

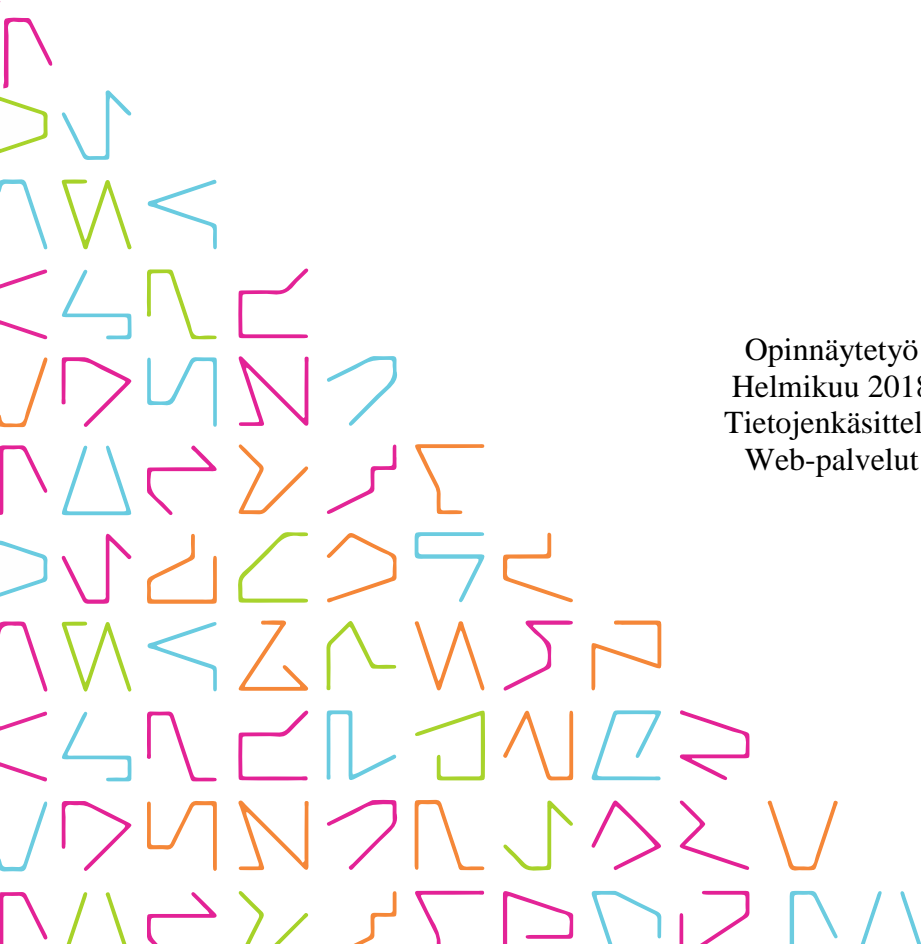


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

RASPBERRY PI -TIEDOSTOPALVELIN JA WEB-KÄYTTÖLIITTYMÄ

Lasse Oksanen

Opinnäytetyö
Helmikuu 2018
Tietojenkäsittely
Web-palvelut



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittely
Web-palvelut

OKSANEN, LASSE:

Raspberry Pi -tiedostopalvelin ja web-käyttöliittymä

Opinnäytetyö 57 sivua
Helmikuu 2018

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Raspberry Pi 3 Model B -nimisen yhden piirilevyn tietokoneen toimintaan yleisesti, sen tarjoamiin mahdollisuuksiin ja markkinoilla oleviin kilpaileviin tuotteisiin sekä selvittää kuinka sen avulla voidaan toteuttaa mediasisällön toistamiseen ja tiedostojen jakamiseen käytettävä lähiverkon NAS-palvelin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa edullinen lähiverkon NAS-palvelin, joka toimisi hyvänä vaihtoehtona kaupallisten palvelimien sijaan. NAS-palvelimen toteutukseen käytettiin Raspberry Pi Model 3 B:tä, yhden piirilevyn tietokonetta.

NAS-palvelinta varten toteutettiin myös graafinen web-käyttöliittymä käyttäen siihen Bootstrap web-kehystä, PHP:ta, jQuery JavaScript-kirjastoa ja Linuxin Shell-skriptejä. Web-käyttöliittymän avulla Raspberry Pi:stä voidaan lukea erilaisia tarpeellisia parametreja, kuten esimerkiksi levytilan ja keskusmuistin käyttöä sekä prosessorin lämpötilaa.

Työn tuloksena tuli toimiva NAS-palvelin, johon voidaan yhdistää kaikki lähiverkon laitteet ja toistaa helposti mediasisältöä sekä jakaa tiedostoja kaikkien lähiverkkoon liitettyjen laitteiden välillä. Tämä opinnäytetyö toimii hyvänä ohjeena niille, jotka haluavat toteuttaa Raspberry Pi -pohjaisen edullisen NAS-palvelimen. Tarvittavat asiat esitellään lukijalle kohta kohdalta, joten sisältö sopii hyvin niin aloitteleville Linux-käyttäjille kuin myös jo hieman kokeneemmillekin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Business Information Systems
Web Services

OKSANEN, LASSE:
Raspberry Pi Fileserver and Web User Interface

Bachelor's thesis 57 pages
February 2018

The objective of this thesis was to investigate Raspberry Pi 3 Model B in general, explore its potential uses, compare the device to competing products and find out how the Raspberry Pi could be used as a local area network NAS server for media streaming and file sharing.

Furthermore, the goal was to implement an affordable NAS server, that would serve as a good alternative to commercial servers. Raspberry Pi Model 3 B, a single board computer was used to implement the server.

A graphical web user interface was also implemented for the NAS server using PHP, jQuery JavaScript library and Linux Shell scripts. The web interface can be used to read various important parameters from Raspberry Pi, such as the disk and system memory usage as well as processor temperature.

The result of this thesis was a working NAS server that can stream media content and share files between all the devices connected in the same local area network. This thesis serves as a good guide for those who want to implement a Raspberry Pi based, low cost NAS server. Necessary things are explained to the reader step by step, so the content is well suited for both novice and slightly more experienced Linux users.

Key words: raspberry pi, nas server, web user interface

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	MIKÄ ON NAS-PALVELIN?.....	10
3	RASPBERRY PI.....	12
3.1	Raspberry Pi 3 Model B:n tekniset tiedot.....	12
3.2	GPIO-pinnit	13
3.3	Raspberry Pi ja Linux	14
3.3.1	Raspbian.....	14
3.3.2	OpenMediaVault.....	15
3.3.3	Lakka.....	15
4	RASPBERRY PI:N KILPAILIJAT	17
4.1	ROCK64	17
4.2	Banana Pi BPI M2 Berry	18
5	RASPBERRY PI VAI VALMIS NAS-PALVELIN?.....	19
5.1	Valmis NAS-palvelin.....	19
5.2	Raspberry Pi 3 Model B NAS-palvelimena.....	20
6	PALVELIMEN TOTEUTUS	22
6.1	Käytettävät komponentit.....	22
6.1.1	MicroSDHC-muistikortti	23
6.1.2	Virtalähde.....	23
6.1.3	USB 2.0 SATA -muuntaja	24
6.2	Komponenttien kytkentä.....	26
6.2.1	Päävirtakytkin	27
6.2.2	LED-merkkivalot	27
6.3	Kotelointi	29
7	TYÖN TOTEUTTAMISEEN KÄYTETYT OHJELMAT.....	31
7.1	Etcher.....	31
7.2	PuTTY	31
7.3	Angry IP Scanner.....	32
8	LÄHIVERKKO.....	33
8.1	Lähiverkon laitteet	33
8.2	Työssä käytetyt laitteet	34
8.3	DHCP:n konfigurointi.....	35
9	KÄYTTÖJÄRJESTELMÄ JA OHJELMAT.....	38
9.1	Raspbian Liten asennus	38
9.2	LED-merkkivalojen käyttöönotto.....	39
9.3	SSH-yhteyden muodostaminen.....	39

9.4 Raspbian Liten konfigurointi	41
9.5 Apachen asennus.....	43
9.6 Kovalevyn alustus	44
9.7 Samba-palvelimen asennus.....	46
10 VERKKOASEMAAN YHDISTÄMINEN	48
11 WEB-KÄYTTÖLIITTYMÄ	50
12 POHDINTA.....	54
LÄHTEET.....	56

LYHENTEET JA TERMIT

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line, parikaapelilla toteutettu digitaalinen tiedonsiirtotekniikka
AJAX	Asynchronous Javascript And XML, web-tekniikka jonka avulla voidaan päivittää osa sivusta suorittamatta sille uudeen latausta
Bootstrap	Twitterin kehittämä avoimen lähdekoodin web-kehys
CSS	Cascading Style Sheets, HTML-tiedostoille tarkoitettu tyyli-määrittely
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, verkkoprotokolla joka määrittää automaattisesti lähiverkon laitteille IP-osoitteen
EXT4	Linux-käyttöjärjestelmissä käytettävä tiedostojärjestelmä
FTP	File Transfer Protocol, tiedonsiirtoon suunniteltu protokolla
HTML	Hypertext Markup Language, web-sivujen ja -sovelluksien toteutukseen suunniteltu merkkäuskieli
IP	Internet Protocol, protokolla, joka reitittää IP-tietoliikennepaketit oikealle laitteelle pakettikytkentäisessä verkossa
JavaScript	Käyttäjän selaimessa ajettava web-ohjelmointikieli
jQuery	Avoimen lähdekoodin JavaScript-kirjasto
LAN	Local Area Network, lähiverkko
LED	Light Emitting Diode, valoa säteilevä puolijohdekomponentti
MicroSDHC	Micro Secure Digital High Capacity, fyysiseltä kooltaan SD-muistikorttiperheen pienin muistikorttimalli
NAS	Network Attached Storage, verkkoon
NTFS	Windows-käyttöjärjestelmissä käytettävä tiedostojärjestelmä
PHP	Hypertext Preprocessor, web-palvelin ohjelmointikieli
RAID	Redundant Array of Independent Disks, tekniikka jolla voidaan yhdistää useampi kovalevy yhdeksi loogiseksi levyksi kasvattaen järjestelmän nopeutta tai vikasietoisuutta
SATA	Serial ATA, muun muassa kovalevyjen ja optisten asemien kytkemiseen suunniteltu sarjaliitäntä
SFTP	SSH File Transfer Protocol, turvalliseen tiedonsiirtoon suunniteltu protokolla

Shell-skripti	UNIX-komentotulkilla ajettava ohjelmaskripti
S.M.A.R.T.	Self-monitoring, Analysis and Reporting Technology, tietokoneen kunnon seurantajärjestelmä, joka ilmoittaa käyttäjälle mahdollisista kovalevyn virheistä
SMB	Server Message Block, tiedonsiirtoprotokolla
SSH	Secure Shell Connection, salattuun tietoliikenteeseen suunniteltu protokolla
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläliitäntä jolla tietokoneisiin voidaan liittää ulkoisia laitteita muun muassa ulkoisia kovalevyjä
VDSL	Very High Bitrate Digital Subscriber Line, nopea parikaapellilla toteutettu digitaalinen tiedonsiirtotekniikka
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko
ZIP	Tietotekniikassa käytetty tiedonpakkausmenetelmä

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö syntyi tarpeesta toteuttaa ratkaisu mediatiedostojen, kuten myös muun tyyppisten tiedostojen jakamiseen ja säilyttämiseen lähiverkon laitteiden välillä. Tutkimusmenetelmänä tässä opinnäytetyössä käytettiin konstruktivistista tutkimusta ja metodina tekstianalyysiä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Raspberry Pi 3 Model B -nimisen yhden piirilevyn tietokoneen toimintaan yleisesti, sen tarjoamiin mahdollisuuksiin ja markkinoilla oleviin kilpaileviin tuotteisiin, sekä selvittää kuinka sen avulla voidaan toteuttaa lähiverkon tiedostojen jakamiseen käytettävä NAS-palvelin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Raspberry Pi 3 Model B:n avulla lähiverkossa toimiva NAS-palvelin, johon kaikki talouden lähiverkon laitteet voidaan yhdistää ja helpottaa tiedostojen jakamista eri laitteiden välillä. NAS-palvelimelle toteutettiin myös graafinen web-käyttöliittymä, jonka avulla palvelimelta voidaan lukea tarpeellisia parametreja, kuten esimerkiksi levytilan käyttöä, keskusmuistin käyttöä ja Raspberry Pi:n prosessorin lämpötilaa. Opinnäytetyön päätarkoituksena olikin koota aivan alusta alkaen edullinen ja toimiva NAS-palvelin, joka toimisi hyvänä vaihtoehtona kaupallisten palvelimien sijaan. Tätä opinnäytetyötä voivat aiheesta kiinnostuneet käyttää halutessaan oppaana ja toteuttaa itselleen vastaavanlaisen NAS-palvelimen.

Opinnäytetyön alussa lukijalle selvitetään mikä on NAS-palvelin ja mitä sillä voidaan tehdä. Tämän jälkeen lukijalle esitellään Raspberry Pi Model 3 B -yhden piirilevyn tietokone ja sen tekniset tiedot sekä tutustutaan kahteen kilpailevaan tuotteeseen ja verrataan Raspberry Pi:n ominaisuuksia valmiisiin NAS-palvelimiin.

Työn edetessä lukijalle esitellään kohta kohdalta palvelimen kokoaminen, toteutukseen käytetyt komponentit ja niiden kytkeminen piirikaavion avulla. Työn aikana tutustutaan myös muutamisiin eri Linux-käyttöjärjestelmiin, jotka sopivat Raspberry Pi:lle. Työssä asennettavaksi ja konfiguroitavaksi käyttöjärjestelmäksi valitaan Raspbian Lite -niminen Linux-käyttöjärjestelmä.

Konfigurointi toteutetaan tekstipohjaisena käyttäen siihen etäyhteyttä. Samalla perehdytään työn osalta tarpeellisten ohjelmien asennukseen ja niiden konfigurointiin sekä lähiverkon konfigurointiin, jotta palvelimeen voidaan muodostaa etäyhteys ja liittää se Windows-ympäristössä toimivaksi verkkolevyksi. Samalla lukijalle tulevat tutuksi myös useat eri Linux-komennot.

Työn loppuvaiheilla lukijalle esitellään palvelinta varten toteutettu web-käyttöliittymä ja sen peruseräkkeet, kuin myös sen toteuttamiseen käytetyt eri web-tekniikat. Työn lopuksi pohditaan syntyneitä tuloksia ja niiden mahdollisia jatkokehittämissä.

2 MIKÄ ON NAS-PALVELIN?

Tässä kappaleessa esitellään mikä on NAS-palvelin ja mihin eri käyttötarpeisiin sitä voidaan hyödyntää.

NAS (Network Attached Storage) -palvelimet saivat alkunsa, kun 1980-luvulla brittiläinen tietojenkäsittelijä nimeltä Brian Randell kehitti ohjelmiston, joka yhdisti useita UNIX-järjestelmiä niin, että ne pystyivät toimimaan toisistaan erottamattomina. Tästä alettiin käyttää nimitystä Newcastle Connection, joka johti erilaisten tiedonsiirtoprotokollien kehitykseen. Verkostoitumisen kehittyttyä yhä useammat yhteysprotokollat alkoivat mahdollistaa tiedostojen helpon jakamisen eri käyttäjien välillä ja pian tämän jälkeen kehitettiin ensimmäiset NAS-järjestelmät. (Red Hat, Inc. 2017.)

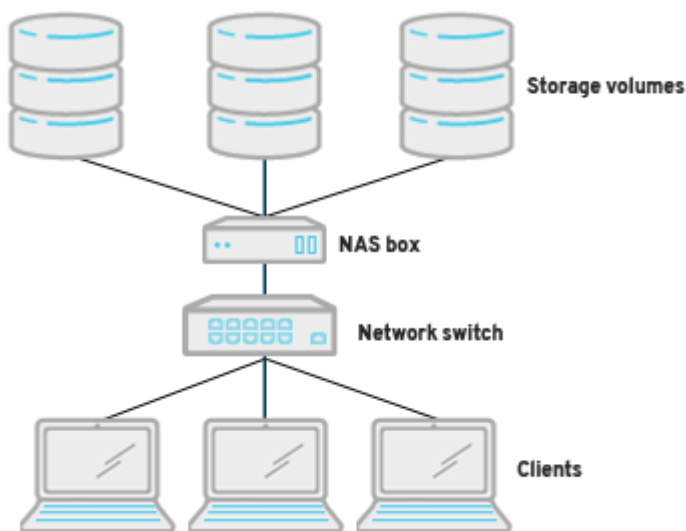
NAS-palvelin on tiedontallennukseen suunniteltu palvelin, jonne yksi tai useampi käyttäjä voi tallentaa tiedostojaan saman verkon sisällä. NAS-palvelin myös jakaa tiedostoja eteenpäin muille käyttäjille, jolloin ne ovat keskitetysti saataville kaikille käyttäjille samassa verkossa. NAS-palvelin sisältää käyttäjän tarpeiden mukaan joko yhden tai useamman kovalevyn, prosessorin ja keskusmuistia, aivan kuten tavallisetkin palvelimet. Yleensä tallennustilaa on mahdollista kasvattaa jälkeenpäin, jos käyttäjä lisää palvelimeen kovalevyjä. (Red Hat, Inc. 2017.)

Tiedostojen jakamiseen NAS-palvelin käyttää standardia tiedostojen jakamiseen suunniteltua protokollaa, kuten Network File System (NFS), Server Message Block (SMB), Common Internet File System (CIFS) ja Apple Filing Protocol (AFP), jotka ovat suunniteltu toimimaan Linuxin, UNIXIN ja Microsoft Windowsin sekä Applen laitteiden kanssa. (Red Hat, Inc. 2017.)

NAS-palvelimien suosio on ollut kasvussa. Suosioon on vaikuttanut ihmisten kasvava tarve päästä käyttämään mediakirjastojaan kodin eri laitteilla, kuten esimerkiksi tietokoneilla, älytelevisioilla erilaisilla mediatoistimilla ja Blu-ray-soittimilla. (Barb Gonzales 2017.)

NAS-palvelimien avulla käyttäjät voivat luoda automaattisia tai manuaalisia kopioita tietokoneensa tiedostoista, jolloin tiedostot ovat turvassa palvelimella tietokoneen rikkoutuksessa. Automaattisten varmuuskopioiden luominen saattaa usein kuitenkin vaatia NAS-palvelimen mukana toimitetun ohjelmiston asentamista. (Barb Gonzales 2017.)

Tallentamalla NAS-palvelimelle esimerkiksi kuvat ja videot kaikilta lähiverkon laitteilta, tiedostot voidaan keskittää, jolloin ne ovat tarpeen tullen kaikkien verkossa olevien laitteiden saatavilla. Joihinkin NAS-palvelimiin on myös mahdollista yhdistää etänä internetin ylitse käyttämällä tietokoneen tai puhelimen selainta, jolloin käyttäjä voi esimerkiksi kuunnella palvelimelle tallentamiaan musiikkikappaleita tai katsella kuvatiedostojaan. (Barb Gonzales 2017.)



KUVA 1. NAS-palvelimen toiminta lähiverkossa (Red Hat, Inc. 2017)

3 RASPBERRY PI

Tässä kappaleessa tutustutaan työssä käytetyn Raspberry Pi 3 Model B:n teknisiin tietoihin ja ominaisuuksiin sekä sen tarjoamiin liitännöihin. Samalla esitellään myös sille suunniteltu muutama eri Linux-käyttöjärjestelmä.

Raspberry Pi, eli niin kutsuttu yhden piirilevyn tietokone on luottokortin kokoinen tietokone, joka suunniteltiin alun perin opetustarkoitukseen. Raspberry Pi:n keksijän Eben Uptonin alkuperäisenä tarkoituksena oli luoda hinnaltaan edullinen laite, joka olisi auttanut kehittämään nuorten ohjelmointitaitoja ja samalla lisäämään heidän ymmärrystään laitetasolla. Halvan hintansa ja pienen kokonsa ansiosta siitä kiinnostuivat kuitenkin myös elektroniikka-alan harrastajat. (Opensource.com n.d.)

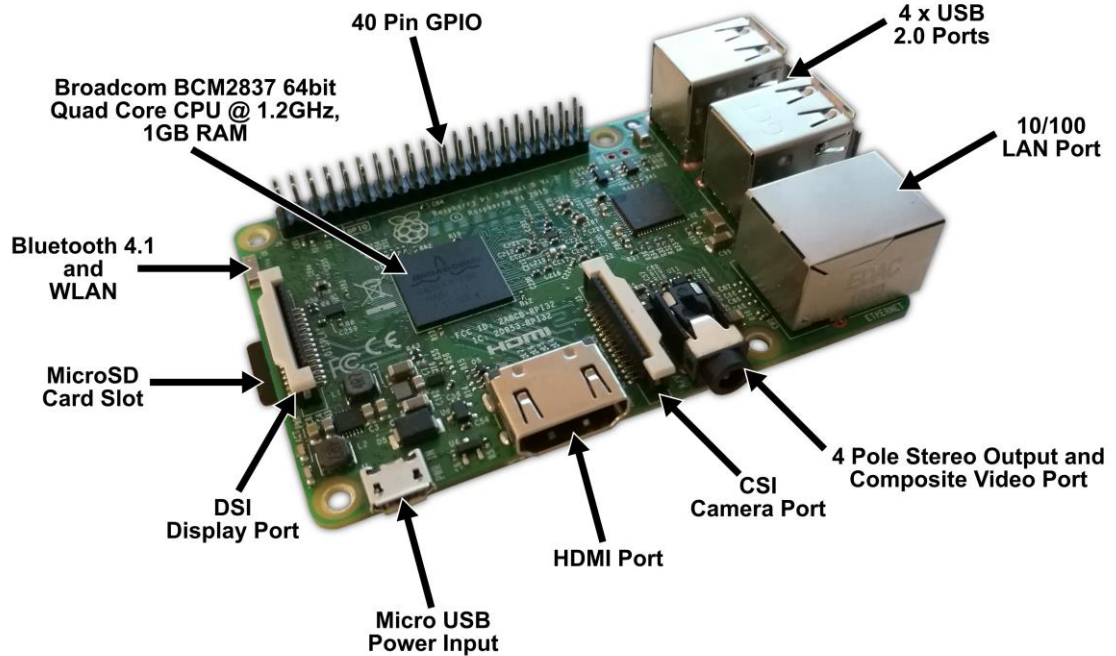
Raspberry Pi:stä on tehty useita eri malleja ja osa niistä on jo poistunut markkinoilta. Tällä hetkellä saatavilla on kuutta eri mallia, jotka ovat Raspberry Pi Model A+, Raspberry Pi Model B+, Raspberry Pi 2 Model B, Raspberry Pi 3 Model B, Raspberry Pi Zero ja Raspberry Pi Zero W. Uusin ja tehokkain näistä on Raspberry Pi 3 Model B, joka julkaistiin helmikuussa 2016. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

3.1 Raspberry Pi 3 Model B:n tekniset tiedot

Raspberry Pi 3 Model B on edeltäjänsä Raspberry Pi 2 Model B:tä tehokkaampi. Se sisältää 64-bittisen ARM Cortex-A53 -neliydinprosessorin, jonka kellotaajuus on vakiona 1,2 GHz. Keskusmuistia laitteessa on yksi gigatavu. Laitteeseen on myös aiemmista versioista poiketen lisätty sisäänrakennettu 802.11n standardin langaton verkkoyhteys ja Bluetooth 4.1 -yhteys. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

Näytönohjaimena Raspberry Pi 3 Model B:ssä toimii Broadcomin Videocore 4, joka käyttää hyödykseen laitteen jaettua yhden gigatavun keskusmuistia. Videocore 4 -näytönohjain tarjoaa OpenGL ES 2.0 -tuen ja laitteistokiihdytetyn OpenVG-tuen sekä H.264 purkamisen ja pakkauksen. Raspberry Pi 3 Model B pystyy tuottamaan Blu-ray-tasoista Full HD -videokuvaan HDMI-liitännänsä kautta. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

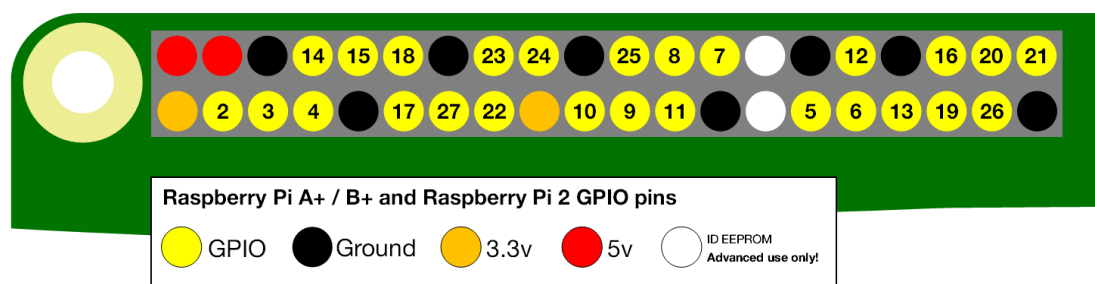
Raspberry Pi 3 Model B on vähävirtainen laite ja sen virtalähteenä voidaan käyttää 5 voltin Micro-USB-liitäntäistä laturia. On kuitenkin suositeltavaa, että virtalähde pystyisi syöttämään Raspberry Pi 3 Model B:lle jatkuvasti vähintään 2,5 ampeeria. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)



KUVA 2. Raspberry Pi 3 Model B ja sen liitännät

3.2 GPIO-pinnit

Raspberry Pi:n yksi parhaimmista ominaisuuksista ovat sen tarjoamat GPIO (General Purpose Input/Output) -pinnit. GPIO-pinnien avulla on mahdollista ohjata muun muassa muita elektroniikkalaitteita ohjelmallisesti. Pinnejä on yhteensä 40 kappaletta, joista 26 on GPIO-pinnejä ja kaksi ovat niin kutsuttuja ID EEPROM -pinnejä. Loput jäljelle jäävät ovat joko virta- tai maadoituspinnejä. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)



KUVA 3. Raspberry Pi 3 Model B:n GPIO-pinnit (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

GPIO-pinnien avulla on mahdollista lähettää ja vastaanottaa signaaleja sekä dataa sensoreilta ja muilta laitteilta. Jos Raspberry Pi on kytketty verkkoon, käyttäjä voi hallita etänä pinneihin kytkettyjä laitteita joko internetin tai lähiverkon ylitse. Muita käyttötarkoituksia pinneille on esimerkiksi LED-valojen ohjaus. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

Yksinkertaisuudessaan GPIO-pinnien toiminta voidaan verrata kytkimen toimintaan, pinnit ovat joko päällä tai pois päältä. Päällä olleessaan ne syöttävät 3,3 voltin jännitteen ja kun ne ovat pois päältä, jännite on 0 voltia. Ohjelmointikielessä syöttöjännitteistä käytetään termejä HIGH (3,3 V) ja LOW (0 V). (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

3.3 Raspberry Pi ja Linux

Tarjolla on monia eri Linux-käyttöjärjestelmiä, jotka tukevat Raspberry Pi:tä. Käyttöjärjestelmä kannattaakin valita sen mukaan, mikä Raspberry Pi:n käyttötarkoitus tulee olemaan, palveleeko se käyttäjää tavallisena tietokoneena, palvelimena tai kenties retropeilien emulointialustana. Tarjolla on erittäin suuri valikoima ja jokaiselle löytyy varmasti haluamansa Linux, joka palvelee käyttötarkoituksessaan.

3.3.1 Raspbian

Tämän hetken suosituin Raspberry Pi:lle saatava Linux on Raspbian, jonka nimi muodostuu sanoista Raspberry Pi ja Debian (Embedded Linux Wiki 2017). Raspbian on ilmainen käyttöjärjestelmä, joka pohjautuu Linux Debianiin. Raspbian on kehitetty Raspberry Pi:tä varten, joten se on optimoitu toimimaan laitteella hyvin. Raspbian ei ole kytköksissä The Raspberry Pi Foundationiin, vaan sitä kehittää pieni ryhmä, joka koostuu Raspberry Pi ja Linux Debian faneista. (Raspbian n.d.)

Raspbianista on saatavilla tekstipohjaisella käyttöliittymällä varustettu versio, jota kutsutaan Raspbian Liteksi ja esiasennetun työpöydän sisältävä graafinen versio, jota kutsutaan pelkästään Raspbianiksi. Tekstipohjainen käyttöliittymä ei sisällä lainkaan esiasennettua työpöytää, vaan käyttäjä voi asentaa sen halutessaan itse. (Raspbian n.d.)

Tässä työssä käytettiin Raspbian Lite -versiota, koska graafiselle työpöytäkymälle ei ollut tarvetta palvelin käytössä, se olisi ainoastaan kuluttanut turhaan laiteresursseja. The Raspberry Pi Foundation suosittelee aloittelijoille Raspbian käyttöjärjestelmää, joka on suoraan ladattavissa yhteisön sivuilta. Raspbianilla on myös vahva yhteisö internetissä, joten sille on helposti saatavilla ohjeita sekä oppaita.

3.3.2 OpenMediaVault

OpenMediaVault on suunniteltu niille käyttäjille, jotka haluavat tehdä Raspberry Pi:stä NAS-palvelimen helposti ja nopeasti. OpenMediaVault pohjautuu Linux Debianiin ja se sisältää monia käytännöllisiä esiasennettuja ominaisuuksia. Esiasennettuihin ominaisuuksiin kuuluvat esimerkiksi kovalevyjen virranhallinta, jonka avulla on mahdollista ajoittaa kovalevyt sammumaan virran säästämiseksi, kovalevyjen S.M.A.R.T-seurantajärjestelmä, jolla voidaan tarkastaa kovalevyn toiminta, sekä SSH, FTP ja SMB-yhteydet (OpenMediaVault n.d.)

Niin kutsutun modulaarisen rakenteensa vuoksi OpenMediaVaultiin on helppo lisätä ominaisuuksia asentamalla siihen lisäosia. Lisäosien avulla käyttäjät voivat tehdä esimerkiksi automaattisia varmuuskopioita tärkeistä tiedostoistaan ulkoisille USB-massamuisteille, asentaa virustorjunnan parantamaan järjestelmän suojausta ja lisätä SFTP-tuen suojattuja tiedonsiirtoja varten (OpenMediaVault n.d.)

3.3.3 Lakka

Lakka on helppokäyttöinen LibreELEC jakeluun pohjautuva Linux-käyttöjärjestelmä, joka on suunniteltu retropelien emulointiin. Lakka sisältää graafisen käyttöliittymän, jonka avulla käyttäjät voivat käynnistää haluamiaan peliemulaattoreita ja pelejä. Se sisältää myös valmiin ohjaintuen, joten käyttäjien ei tarvitse huolehtia ohjainasetusten konfiguroinneista (Lakka n.d.)

Lakka on alun perin kehitetty Raspberry Pi:tä ja muita pientietokoneita varten, mutta sen käyttö ei rajoitu ainoastaan niihin, vaan se voidaan myös asentaa aivan tavallisille pöytä-tietokoneille tai kannettaville tietokoneille, jotka täyttävät tehoiltaan Lakan vaatimukset (Lakka n.d.)

4 RASPBERRY PI:N KILPAILIJAT

Tässä kappaleessa tutustutaan Raspberry Pi 3 Model B:n kahteen kilpailijaan. Kilpailevia tuotteita on nykyään olemassa monia, mutta vertailuun otettiin PINE64:n valmistama ROCK64 ja Banana Pin valmistama Banana Pi BPI M2 Berry, jotka kilpailevat Raspberry Pi 3 Model B:n kanssa samoissa hintaluokissa. Vaikka markkinoilla on tarjolla monia hinnaltaan ja ominaisuuksiltaan mielenkiintoisia vaihtoehtoja, niin Raspberry Pi:n ympärillä oleva yhteisö on kuitenkin vahvin ja sen käyttöön löytyykin eniten ohjeita ja oppaita. Kumpaakaan kappaleessa esiteltyä tuotetta ei ole vielä tällä hetkellä saatavilla suomalaisista elektroniikka-alan liikkeistä tai verkkokaupoista.

4.1 ROCK64

ROCK64 on PINE64:n valmistama luottokortin kokoinen pienoistietokone, joka on valmistettu kilpailemaan Raspberry Pi Model 3B:n kanssa. Raspberry Pi:llä ja ROCK64:lla on paljon yhtäläisyyksiä tehojen ja ominaisuuksiensa puolesta, mutta ROCK64 tarjoaa käyttäjilleen nopeamman tiedonsiirtomahdollisuuden ulkoisten tallennusmedioiden kanssa, koska se sisältää USB 2.0 -liitäntöjensä lisäksi myös yhden USB 3.0 -liitännän. (PINE64 2018.)

ROCK64:stä löytyy myös 1000 Mb/s verkkoportti, joka on huomattava parannus Raspberry Pi Model 3 B:n 100 Mb/s sisältämään verkkoporttiin. ROCK64:ää kaupataan erityisesti mediatietokoneeksi, sillä se pystyy toistamaan 60 kuvaa sekunnissa olevaa 4K-tasoista videosisältöä. (PINE64 2018.) 4K-videosisältö on neljä kertaa tarkempaa kuin Raspberry Pi Model 3 B:n toistama Full HD -videolaatu.

ROCK64:n 1 Gt:n keskusmuistilla varustetun version voi tilata valmistajan sivuilta noin 20 euron hintaan. Postimaksuineen laitteen lopullinen hinta on kuitenkin noin 30 euron hintaluokassa. Laitteesta on myös saatavilla 2 Gt:n ja 4 Gt:n keskusmuistilla varustetut versiot. ROCK64 ei ole vielä tilattavissa tai ostettavissa suomesta. (PINE64 2018.)

ROCK64 on erityisesti mielenkiintoinen niille henkilöille, jotka haluavat toteuttaa pienikokosein mediatoistimen itselleen. 4K-tuki myös takaa sen, että laite tulee kestäväksi tulevaisuudessakin vielä pitkälle.

4.2 Banana Pi BPI M2 Berry

Banana Pi BPI-M2 Berry on Banana Pi:n valmistama pienoistietokone, joka kilpailee ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan Raspberry Pi 3 Model B:n kanssa. Laite vastaakin tehoiltaan hyvin pitkälti Raspberry Pi Model 3 B:tä, mutta se sisältää nopeamman verkkoportin, joka on 1000 Mb/s. (Banana Pi 2018.)

Banana Pi sisältää myös SATA-portin, johon voidaan kytkeä 2,5” tai 3,5” kovalevy. Tämä takaa teoriassa nopeamman tiedonsiirtonopeuden kuin Raspberry Pi:n tarjoama USB 2.0 -portti. Banana Pi ei tarjoa ROCK64:n tapaan 4K-tukea, vaan se pystyy toistamaan maksimissaan Full HD -tasoista videota, aivan kuten Raspberry Pi Model 3 B. Banana Pi BPI-M2 Berry voi tilata ulkomailta halvimmillaan noin 29 euron hintaan. Hinnan lisäksi maksettavaksi tulee vielä erilliset postikulut. (Banana Pi 2018.)

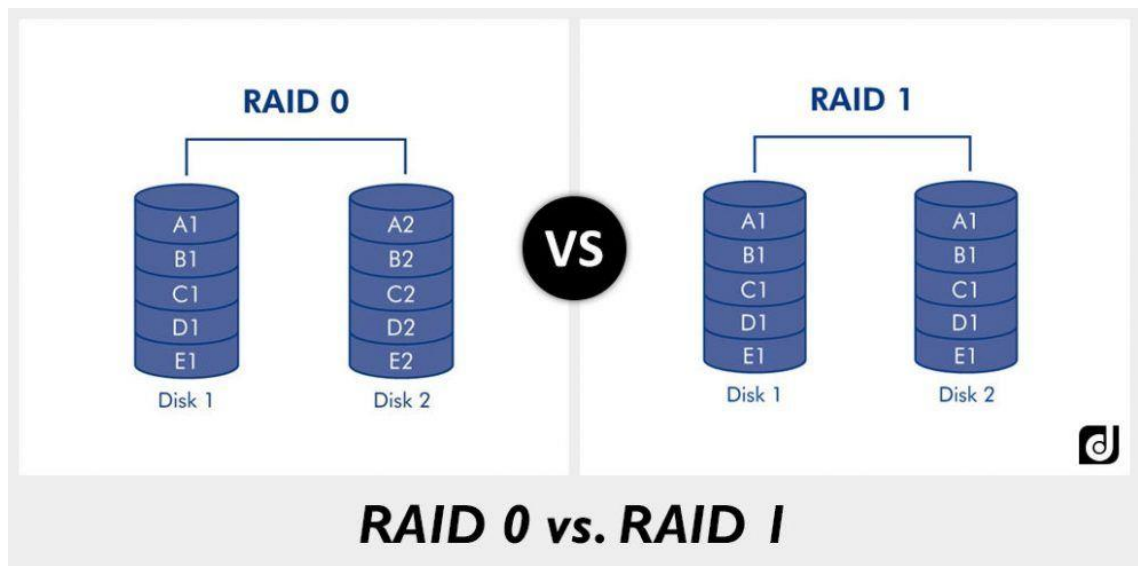
5 RASPBERRY PI VAI VALMIS NAS-PALVELIN?

Tässä työssä toteutettiin NAS-palvelin alusta lähtien, käyttämällä siihen Raspberry Pi 3 Model B:tä. Vaihtoehtona olisi myös ollut ostaa valmis NAS-palvelin joltain tunnetulta tietotekniikka-alan valmistajalta, kuten esimerkiksi Zyxeliltä, Buffaloilta, Western Digitalilta tai QNAPilta. Molemmissa vaihtoehdoissa oli kuitenkin omat hyvät ja huonot puolensa ja tässä kappaleessa perehdytäänkin Raspberry Pi Model 3 B:n ja valmiiden NAS-palvelimien tarjoamiin ominaisuuksiin sekä mahdollisuuksiin.

5.1 Valmis NAS-palvelin

Hintoja vertailtaessa halvimmat suomesta saatavat NAS-palvelimet alkavat hieman päälle 100 euron hintaluokasta. Tähän hintaan ei kuitenkaan sisälly kovalevyä, vaan hinta kattaa ainoastaan NAS-palvelinkotelon, johon käyttäjä voi itse halutessaan ostaa palvelimen salimissa puitteissa yhden tai useamman kovalevyn. Melkein kaikissa tämän hintaluokan NAS-palvelimissa on liitännä vain yhdelle kovalevylle, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Noin 120 euron hintaluokasta ylöspäin jotkin valmistajat tarjoavat myös käyttäjilleen palvelimia joihin on mahdollista kytkeä maksimissaan kaksi kovalevyä.

Suurin osa NAS-palvelimista, joihin saa kytkettyä kaksi kovalevyä, sisältävät RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) 0, ja 1 -tuen. RAID 0 -tuella data voidaan lomitaa useammalle kovalevylle, jolloin luku- ja kirjoitusnopeudet kasvavat. Yhden kovalevyn hajotessa kaikki data kuitenkin menetetään, joten RAID 0:n käyttäminen ei lisää palvelimen vikasietoisuutta. RAID 1 -tuella sen sijaan voidaan kasvattaa palvelimen vikasietoisuutta, koska RAID 1 peilaa kaiken datan kovalevyjen välillä ja jos palvelimesta hajoaa yksi kovalevy, käyttäjän tallentama data kuitenkin säilyy toisella kovalevyllä. (Samara Lynn 2014.)



KUVA 4. RAID 0:n ja RAID 1:n väliset toimintaerot kuvana (Difference Between 2016)

Kaikki noin 100 euron hintaluokan ja siitä ylöspäin olevat NAS-palvelimet sisältävät 1000 Mb/s -verkkoportin, joka takaa nopean tiedonsiirron kiinteässä lähiverkossa. Useimmat NAS-palvelimet, jotka maksavat 120 euroa tai enemmän sisältävät myös vähintään yhden USB 3.0 -liitännän ulkoisia laitteita, kuten muistitikkuja tai kovalevyjä varten. Kaikki NAS-palvelimet sisältävät myös sisäisen SATA-liitännän kovalevyjä varten.

Kaikki valmiit NAS-palvelimet sisältävät myös jonkinlaisen käyttöliittymän, joka on heti käyttövalmis. Käyttöliittymillä voidaan yleensä lukea laitteen parametreja ja laitetta voidaan hallita sen avulla, esimerkiksi määrittämällä käyttäjiä ja salasanoja. Jotkin käyttöliittymät tarjoavat käyttäjille myös mahdollisuuden asentaa lisäsovelluksia NAS-palvelimeensa.

5.2 Raspberry Pi 3 Model B NAS-palvelimena

Raspberry Pi 3 Model B:n on saanut suomessa halvimmillaan 29,95 euron hintaan. Raspberry Pi kuitenkin vaatii tämän lisäksi vielä MicroSD- tai MicroSDHC-muistikortin, jolle käyttäjän tulee asentaa valitsemansa Linux-käyttöjärjestelmä. Edullisessa hinnassa tulee myös ottaa huomioon, että Raspberry Pi vaatii virtalähteen ja ulkoisen kovalevyn, jotta käyttäjä saa lisää tallennustilaa.

Raspberry ei myöskään tarjoa käyttäjille yhtä nopeaa tiedonsiirtoa, kuin valmiit NAS-palvelimet, koska se sisältää ainoastaan USB 2.0 -portteja ja 100 Mb/s -verkkoportin. Tiedonsiirtonopeudet jäävät siis alhaisemmiksi käytettäessä Raspberry Pi:tä NAS-palvelimena. Siirtonopeuksia rajoittaa myös se, että Raspberry Pi:n tiedonsiirtokaista on jaettu USB 2.0 -porttien ja verkkoportin kesken. Raspberry Pi:ssä ei myöskään ole RAID 0 - tai RAID 1 -tukea.

Raspberry Pi:n etuina verrattuna valmiiseen NAS-palvelimeen voidaan pitää sen laajennettavuutta. Raspberry Pi:stä on mahdollista tehdä esimerkiksi web-palvelin, jossa käyttäjä voi pitää omia verkkosivujaan, kotiautomaation ohjainyksikkö, jolla voidaan ohjata älyvaloja tai vaikka sääasema. Raspberry Pi:n käyttökohdetta ei siis tarvitse sitoa ainoastaan yhteen asiaan kerrallaan.

Raspberry Pi on varteenotettava vaihtoehto niille, jotka haluavat toteuttaa jonkin projektin, kuten NAS-palvelimen kevyttä käyttöä varten esimerkiksi kodin lähiverkkoon. Jos palvelinta varten on olemassa ylimääräiseksi jääneitä komponentteja, kuten esimerkiksi virtalähde, ulkoinen kovalevy ja MicroSD- tai MicroSDHC-muistikortti, palvelimen saattaa saada toteutettua hyvinkin halvalla.

6 PALVELIMEN TOTEUTUS

Tässä kappaleessa selvitetään, mitä komponentteja työn toteutus on vaatinut ja kuinka kyseiset komponentit tuli kytkeä, jotta niistä saatiin muodostettua toimiva kokonaisuus. Osa komponenteista oli jo valmiiksi saatavilla, mutta suurin osa täytyi ostaa. Tässä osiossa tehdään myös katsaus siihen, kuinka paljon toteutus tuli maksamaan.

6.1 Käytettävät komponentit

Työssä käytettävät komponentit pyrittiin hankkimaan mahdollisimman halvalla, jotta valmiin NAS-palvelimen kokonaishinta pysyisi edullisena. Komponenttien hinnat perustuvat niiden sen hetkisiin hankintahintoihin. Hankinnat on tehty syys- ja lokakuussa 2017. Jo olemassa oleville komponenteille ei ole määritelty hintaa.

TAULUKKO 1. Lista työssä käytetyistä komponenteista ja niiden hinnoista

Komponentti	Hinta €
Raspberry Pi 3 Model B -pienoistietokone	29,95
SanDisk Ultra 16 Gt -muistikortti	9,95
Sweex USB 2.0 SATA -muuntaja	9,90
Phobya 12 V / 5 V, 70 W -virtalähde	31,90
Seagate Barracuda 1 Tt -kovalevy	50,00
Kingston 2,5” –3,5”-sovitinrauta	8,90
LEDit ja vastukset	2,00
On-off-keinukytkin	2,00
Cisco 800 -series (kotelo)	-
WAGO-rasialiitin 3-napainen	-
Kaapelit	-

6.1.1 MicroSDHC-muistikortti

Raspberry Pi 3 Model B käyttää edeltäjänsä tapaan käyttöjärjestelmän ja ohjelmien oletus tallennustilana MicroSD- tai MicroSDHC-korttia. Tähän työhön valittiin SanDiskin valmistama 16 Gt:n MicroSDHC-muistikortti, jonka maksimi luku- ja kirjoitusnopeudeksi valmistaja on ilmoittanut 98 MB/s. Todellinen nopeus jää kuitenkin molemmissa tapauksissa alhaisemmaksi, kuin on ilmoitettu.

The Raspberry Pi Foundation suosittelee käytettäväksi vähintään 4 Gt:n kokoista muistikorttia kevennetylle Raspbian Lite -versiolle. Suosituskoot kuitenkin vaihtelevat käyttöjärjestelmittäin. Vähimmäisvaatimuksena muistikortin kirjoitusnopeudelle on suositeltu Class 6 -luokitusta, joka vastaa 6 MB/s kirjoitusnopeutta. (The Raspberry Pi Foundation n.d.)

Muistikortti valittiin edullisen hintansa takia, kuin myös luotettavuuden ja hyvien käyttökokemusten ansiosta. Kyseinen muistikorttimalli oli myös pärjännyt nopeustesteissä hyvin muiden valmistajien muistikortteja vastaan, kun sen luku- ja kirjoitusnopeuksia oli testattu Raspberry Pi 3 Model B:llä. Lukunopeudeksi kyseinen muistikortti oli saanut parhaimmillaan 20,79 MB/s. (Raspberry Pi Dramble n.d.)

6.1.2 Virtalähde

Virtalähteeksi tähän työhön valittiin Phobyan valmistama virtalähde. Kyseinen virtalähde pystyy syöttämään saman aikaisesti 12 voltin ja 5 voltin jännitettä. Virtalähde tuottaa molempiin linjoihin 4 ampeerin virranannon. Virtalähteessä on standardimallinen neljäpininen Molex-liitin, jollaista käyttävät muun muassa vanhemmat tietokoneiden kovalevyt ja optiset levyasemat.

Virtalähde valittiin sen perusteella, että se tarjosi sekä 5 voltin että 12 voltin jännitelinjat. Tämä vähensi ylimääräistä työtä, sillä ilman 5 voltin erillistä linjaa, olisi täytynyt toteuttaa tai hankkia erillinen muuntaja, jolla olisi voinut laskea jännitteen 12 voltista 5 volttiin. Valintaan vaikuttivat myös virtalähteen halpa hinta ja sen helppo saatavuus.

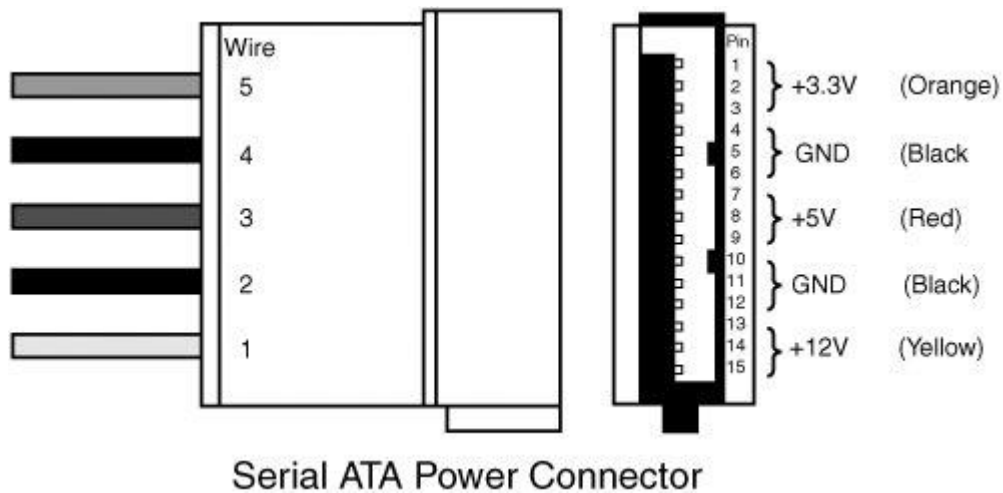
Virtalähde pystyy tuottamaan molempiin linjoihin 4 ampeerin virranannon, joka on tässä työssä tarpeen, sillä jo yksinään pelkkä Raspberry Pi 3 Model B vaatii virtalähteeltä jatkuvan 2,5 ampeerin virranannon. Tähän täytyy myös laskea mukaan palvelimen kovalevynä toimivan Seagate Barracudan vaatima virtamäärä, joka valmistajan mukaan on 5 voltin linjassa 0,72 ampeeria ja 12 voltin linjassa 0,52 ampeeria. Virtalähteelle on myös hyvä jättää ylimääräistä kapasiteettia, koska jos virtalähde toimii pitkiä aikoja sen sallimilla raja-arvoilla, se heikentää virtalähteen elinikää.

6.1.3 USB 2.0 SATA -muuntaja

Tähänastisista Raspberry Pi:n eri malleista yksikään ei ole sisältänyt SATA-liitäntää. Käyttäjän ainoat vaihtoehdot tiedon siirtoon ovat laitteen neljä USB 2.0 -porttia. Tämän takia työtä varten täytyi hankkia erillinen USB 2.0 SATA -muuntaja, jolla on mahdollista liittää erillinen 2,5” tai 3,5” SATA-kovalevy Raspberry Pi:hin.

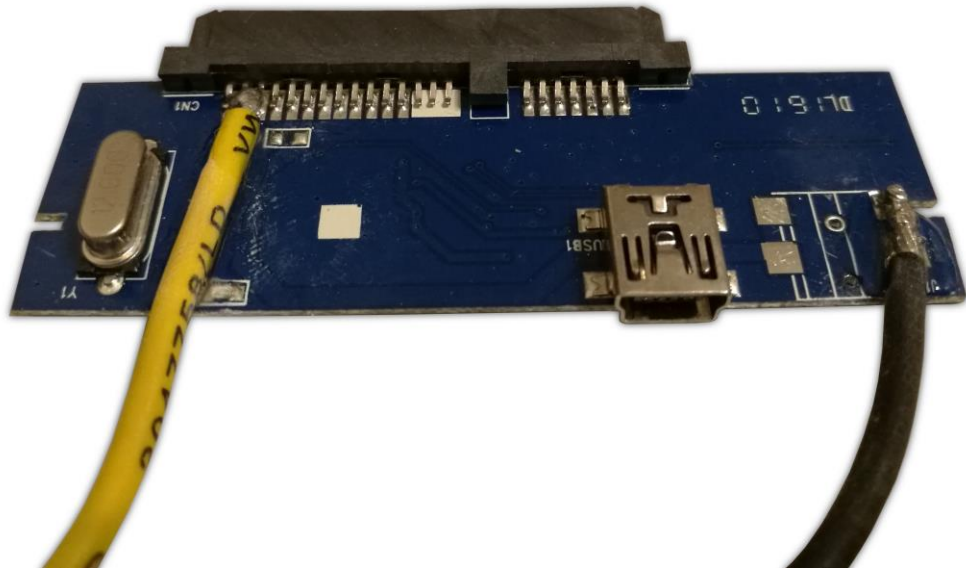
Tähän tarkoitukseen hankittiin Sweexin valmistama USB 2.0 SATA -muuntaja, jossa on Mini-USB-liitin tiedonsiirtoa ja virransyöttöä varten. Muuntaja on suunniteltu käytettäväksi 2,5” kovalevyillä, joita käyttävät pääsääntöisesti kannettavat tietokoneet. Pöytäietokoneissa käytettävät 3,5” kovalevyt, jollaista tässäkin työssä käytettiin, tarvitsevat toimiakseen 5 voltin jännitteen lisäksi myös 12 voltin jännitteen, mutta kyseinen muuntaja pystyy tarjoamaan kytkettynä olevalle kovalevylle ainoastaan 5 voltin jännitteen USB-liitäntänsä kautta.

Työssä käytettävälle 3,5” kovalevylle täytyi pystyä syöttämään myös puuttuva 12 voltin jännite, joten ohjainpiirille oli liitettävä kaapeli, jolla puuttuva jännite oli mahdollista syöttää. Tätä varten täytyi selvittää SATA-virtaliittimen pinnijärjestys (Kuva 5).



KUVA 5. SATA-virtaliittimen pinnit (Overlock.net 2014)

Kaapelin liittäminen ohjainkortille tapahtui juottamalla, jonka jälkeen paljaaksi jääneen kaapelin päälle lisättiin kutistesukka suojaamaan. Juotoksen päälle ja kaapelin alle lisättiin vielä pikaliimaa, joka toimii vedonpoistona ja estää juotoksen mahdollisen irtoamisen. Kaapelina käytettiin keltaisen väristä kaapelia, joka tyypillisesti merkitsee 12 voltin jännitettä. Kaapeli oli hyödynnetty vanhasta kierrätykseen päätyneestä tietokoneen virtalähteestä.



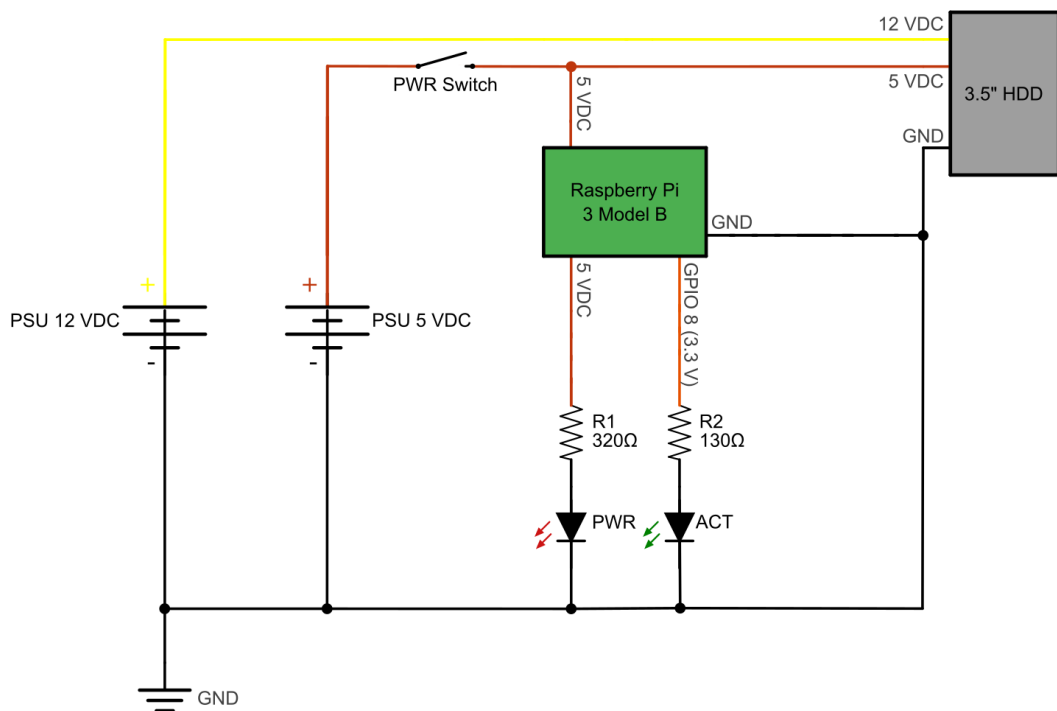
KUVA 6. 12 voltin kaapeli ja maadoituskaapeli juotettuna USB 2.0 SATA -muuntimen ohjainkortille

6.2 Komponenttien kytkentä

Komponenttien kytkemistä varten luotiin piirikaavio (Kuva 7). Kaavio toteutettiin Fritzing-nimisellä avoimen lähdekoodin suunnitteluohjelmalla. Piirikaaviossa olevien piirrosmerkkien avulla voidaan esittää, kuinka komponentit tulisi liittää toisiinsa. Kaavion tarkoituksena ei kuitenkaan ole kuvata sitä, kuinka komponentit tulisi käytännössä kytkeä toisiinsa. (Wikipedia 2016.)

Piirikaaviossa on erilaisin lyhentein ilmaistu seuraavia termejä:

- VDC = tasajännite
- GND = maadoituspiste
- PSU = virtalähde
- GPIO 8 = GPIO-pinnin numero 8
- PWR Switch = päävirtakytkin
- R = vastus
- PWR = päävirtaa ilmaiseva punainen LED-merkkivalo
- ACT = Käyttöjärjestelmän aktiivisuutta ilmaiseva vihreä LED-merkkivalo



KUVA 7. Piirikaavio komponenttien kytkennästä

6.2.1 Päävirtakytkin

Palvelimeen haluttiin toteuttaa päävirtakytkin, koska Raspberry Pi:ssä ei itsessään ole minkäänlaista virtakytkintä. Kytkin sijoitettiin palvelinkotelon takaosaan. Sen avulla palvelimesta on mahdollista tarpeen tullen katkaista virrat tai kytkeä ne takaisin. Virtakytkimenä käytettiin perinteistä merkkivalolla varustettua on–off-mallin keinukytkintä.

Kytkin liitettiin 5 voltin linjaan, jolloin se joko kytkee tai katkaisee sekä Raspberry Pi:lle, että palvelimen kovalevylle johtavan 5 voltin linjan. Tällöin Raspberry Pi sammuu ja myös kytkettynä oleva kovalevy, koska Raspberry Pi ei pysty enää syöttämään sille 5 voltin jännitettä USB-liitännän kautta ollessaan sammuksissa.

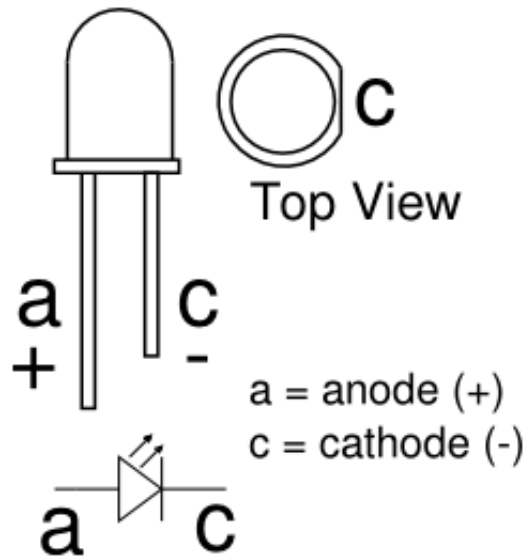
Päävirtakytkin on kuitenkin tarkoitettu käytettäväksi ainoastaan silloin, kun palvelimen käyttöjärjestelmä on ajettu alas hallitusti. Muissa tapauksissa se saattaa korruptoida MicroSDHC-muistikortilla olevia käyttöjärjestelmän tiedostoja. Mahdollinen muistikortin korruptoituminen voi estää käyttöjärjestelmän käynnistymisen tai normaalin toiminnan.

6.2.2 LED-merkkivalot

Palvelinkotelon etuosaan toteutettiin LED-merkkivalot. LEDien väreiksi valittiin punainen ja vihreä. Punainen LED ilmaisee käyttäjälle, onko palvelimen päävirta päällä ja vihreä LED ilmaisee käyttäjälle, onko palvelimen käyttöjärjestelmä käynnissä. LEDit kytkettiin Raspberry Pi:hin kappaleessa 6.2 olleen kytkentäkaavion mukaisesti. Kytkemiseen käytettiin kappaleessa 3.2 mainittuja GPIO-pinnejä.

LEDejä kytkiessä tulee ottaa huomioon niiden käyttämä jännitealue sekä virtamäärä mitä LED tarvitsee, jotta se pystyy tuottamaan valoa. Edellä mainittuihin asioihin vaikuttavat LEDin väri sekä sen koko. On olemassa myös niin kutsuttuja super kirkkaita LEDejä, jotka vaativat korkeamman jännitteen sekä virtamäärän toimiakseen (John Hewes 2017). Tässä työssä käytettiin kuitenkin perinteisiä 5 mm LEDejä.

Kytkeessä tulee ottaa myös huomioon, että LED kytetään oikeinpäin. LEDin pidempi jalka, eli anodi tulee kytkeä positiiviseen jännitteeseen, eli tässä tapauksessa joko 3,3 voltin tai 5 voltin GPIO-pinniin. LEDin lyhyempi jalka eli anodi, tulee taas kytkeä maadoitukseen. (Starting Electronics 2012.)



KUVA 8. LEDin tekninen piirros (Starting Electronics 2012)

LEDeille tulee myös laskea tarvittava vastus. Vastuksen tarkoituksena on rajoittaa virran kulkua LEDin läpi. Jos LED kytetään Raspberry Pi:hin ilman vastusta, LED rikkoutuu välittömästi, koska se saa enemmän jännitettä ja virtaa, kuin sen pitäisi ohjearvojen mukaan saada. Myös Raspberry Pi saattaa vahingoittua samalla.

Tarvittava vastus, eli resistanssi voidaan laskea kaavalla

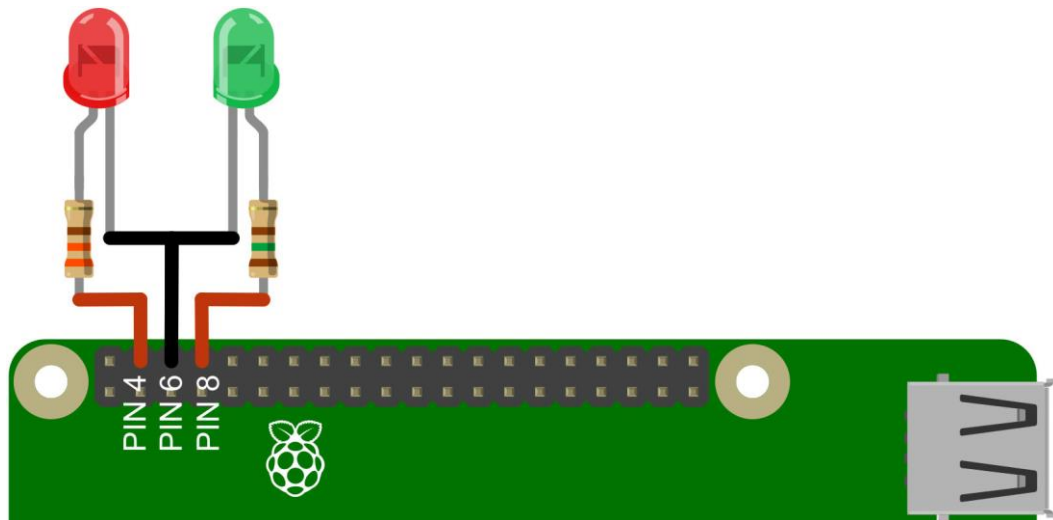
$$R = \frac{U - V_f}{I},$$

jossa U on GPIO-pinnin antama jännite, V_f LEDin vaatima jännite ja I LEDin vaatima virta. Kaavalla saadaan laskettua vastuksen koko, joka voidaan vielä kaksinkertaistaa, jos halutaan että LED palaa himmeämpänä, niin kuin tässä tapauksessa. Alla olevaan taulukkoon on laskettuna työssä käytettävien vastuksien koot kaksinkertaisina, käyttäen LEDien ohjearvoja niiden värien mukaan (Taulukko 2).

TAULUKKO 2. Vastukset laskettuna kaksinkertaisina LEDien värin ja ohjearvon mukaan

LEDin väri	Jännite U	Jännite V_f	Virta I	Resistanssi R
Punainen	5 V	1,8 V	20 mA	320 Ω
Vihreä	3,3 V	2,0 V	20 mA	130 Ω

Päävirtaa ilmaiseva punainen LED kytkettiin pinniin numero 4, josta tulee 5 voltin jännite. Käyttöjärjestelmän valmiutta ilmaiseva vihreä LED kytkettiin pinniin numero 8, josta tulee 3,3 voltin jännite. Molemmille LEDeille otettiin maadoitus pinnistä numero 6 (Kuva 9). Jotta käyttöjärjestelmän valmiutta ilmaiseva LED toimisi, täytyi sitä varten muokata Raspbian Liten konfiguraatiodostoa, josta kerrotaan lisää kappaleessa 9.2 LED-merkkivalojen käyttöönotto.



KUVA 9. LED-merkkivalojen kytkentä Raspberry Pi 3 Model B:n GPIO-pinneihin

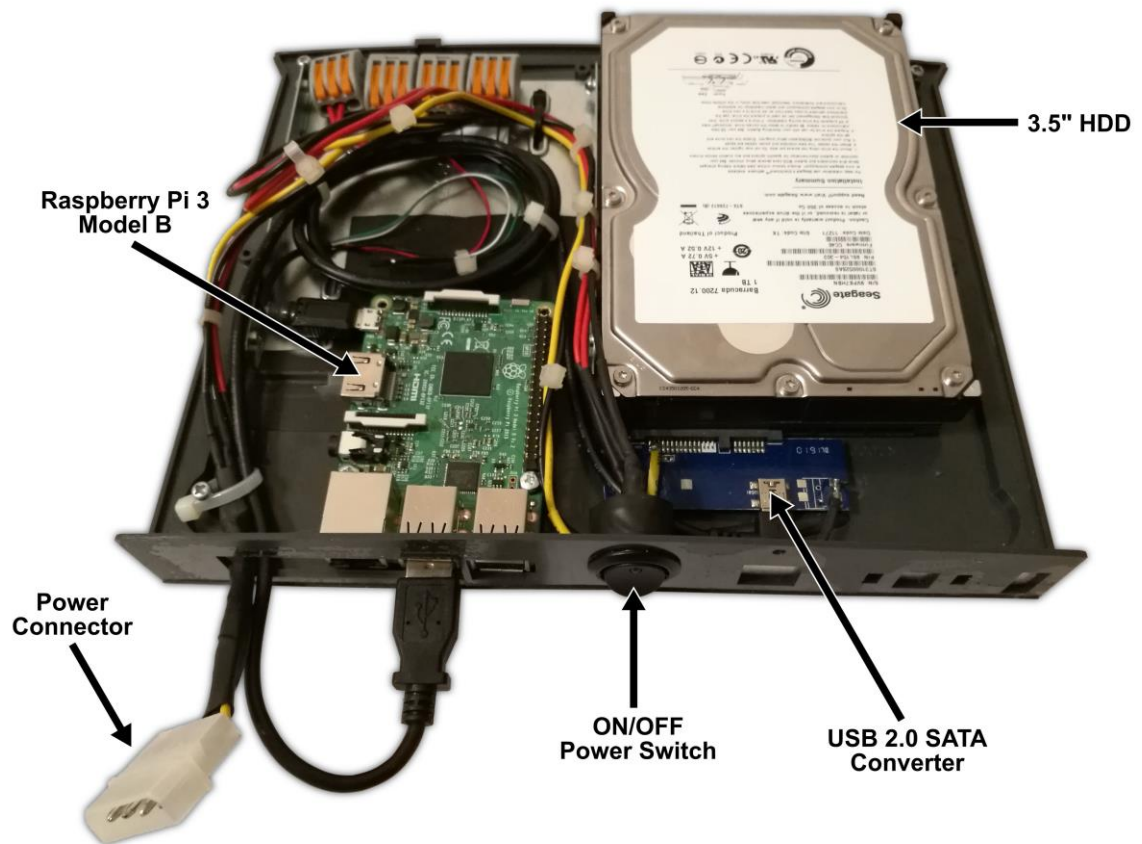
6.3 Kotelointi

Valmiista palvelimesta haluttiin luoda ulkoisesti siisti kokonaisuus, joten komponentit mahdutettiin yhteen koteloon. Koteloksi valittiin vanha käyttämätön Cisco Systemsin valmistama Cisco 800 Series -reititin. Reitittimestä poistettiin kaikki sen sisältämä alkupe-
räinen elektroniikka ja tilalle kiinnitettiin palvelimen komponentit.

Kotelo oli kooltaan juuri sopiva ja sinne sai mahdutettua kaiken tarvittavan ja tilaa jäi vielä tarpeeksi siistin kaapeloinnin toteuttamiselle. Koteloon täytyi kuitenkin tehdä joitakin muutoksia kuten porata reikä päävirtakytkimelle ja liimata kotelon pohjaan kovalevyn resonointia vaimentavat kumitassut.

Myös Raspberry Pi:n kiinnitysruuveja varten täytyi porata kaksi kappaletta 3,0 mm kokoisia reikiä. Samalla suurennettiin myös Raspberry:ssä olevia kiinnitysreikiä, joihin käy kooltaan maksimissaan 2,5 mm ruuvit eli M2.5-tyypin ruuvit. Suurennuksen jälkeen kiinnityksessä voitiin käyttää 3,0 mm kokoisia M3.0-tyypin ruuveja, jotka ovat yleisempiä ja helpommin saatavilla.

Koteloon kiinnitettiin Kingstonin valmistama 2,5”–3,5”-sovitinrauta, johon palvelimen kovalevynä toimiva Seagate Barracuda saatiin kiinnitettyä jämäkästi. Kovalevyn resonoinnin vähentämiseksi, sen alle liimattiin vaahtomuovia. Jännite- ja maalinjoja varten käytettiin WAGO-rasialittimiä, joihin kaapelit voitiin kytkeä kätevästi.



KUVA 10. Koteloitu NAS-palvelin avonaisena

7 TYÖN TOTEUTTAMISEEN KÄYTETYT OHJELMAT

Tässä kappaleessa käsitellään ohjelmia, joita käytettiin tämän projektin toteuttamiseen. Kaikki tässä kappaleessa esiteltävät ohjelmat ovat ilmaiseksi saatavissa internetistä ja jokaisen kappaleen lopussa on linkki ohjelman kotisivuille, josta kyseisen ohjelman voi ladata. Näiden ohjelmien sijaan, lukija voi myös halutessaan käyttää muita vastaavanlaisia ohjelmia. Tässä kappaleessa esitellyt ohjelmat ovat kuitenkin koettu toimiviksi.

7.1 Etcher

Etcher on avoimen lähdekoodin ohjelma, joka on suunniteltu levynnäköistiedostojen kirjoittamiseen ulkoisille medioille, kuten USB-muistitikuille ja SD-muistikorteille. Ohjelma on helppokäyttöinen ja nopea. Käyttäjä voi kirjoittaa levynnäköistiedoston haluamalleen ulkoiselle medialle muutamalla hiiren klikkauksella. Ohjelma toimii Windowsilla, Linuxilla ja macOS:lla. (Resin.io 2017.) The Raspberry Pi Foundation suosittelee kyseistä ohjelmaa käytettäväksi virallisessa asennusoppaassaan. Ohjelman voi ladata sen virallisilta sivuilta osoitteesta www.etcher.io.

7.2 PuTTY

PuTTY on SSH- ja Telnet-yhteyksien muodostamiseen tarkoitettu avoimen lähdekoodin ohjelma, joka on suunniteltu alun perin Windows-käyttöjärjestelmille, mutta ohjelmasta on kuitenkin saatavilla nykyään myös Linux- ja UNIX-käyttöjärjestelmillä toimiva versio. PuTTYlla voidaan etäohjata sisä- ja ulkoverkon tietokoneita ja täten ajaa esim. erilaisia komentoja Linux-palvelimella käyttäen Windows-käyttöjärjestelmää. (Simon Tatham 2017.) Ohjelman voi ladata sen virallisilta sivuilta osoitteesta www.putty.org.

7.3 Angry IP Scanner

Angry IP Scanner, jota kutsutaan myös pelkästään nimellä ipscan, on avoimen lähdekoodin ohjelma, jolla käyttäjät voivat etsiä lähiverkon laitteiden IP-osoitteita ja tietoliikenneportteja. Ohjelmalla voidaan myös selvittää laitteiden isäntänimet ja MAC-osoitteet. Hakutulokset voidaan tallentaa erilliseen csv-, txt- tai xml-tiedostoon. Angry IP Scanner toimii Windows-, Linux- ja macOS-käyttöjärjestelmillä ilman erillistä asennusta. Ohjelma vaatii kuitenkin, että koneessa on Java-tuki. (Anton Keks n.d.) Ohjelman voi ladata sen virallisilta sivuilta osoitteesta www.angryip.org.

8 LÄHIVERKKO

Tässä kappaleessa käsitellään tarvittavien asetusten muuttaminen reitittimeen, jotta valmiille NAS-palvelimelle voitaisiin määrittää ilman ongelmia kiinteä IP-osoite, jonka avulla siihen voidaan myöhemmin yhdistää SSH-yhteydellä ja siirtää tiedostoja eri laitteiden välillä lähiverkossa. Samalla tutustutaan myös yleisesti muutamiin eri verkkolaitteisiin ja siihen, millaisia laitteita työssä käytetty lähiverkko sisältää ja mitä eri laitteita valmis NAS-palvelin tulee palvelemaan.

8.1 Lähiverkon laitteet

Markkinoilla on tarjolla monen eri valmistajan reitittimiä ja niiden hinnat sekä ominaisuudet vaihtelevat joskus hyvinkin paljon. Suurimmat valmistajat tällä hetkellä ovat kuitenkin ASUS, Zyxel ja Telewell. Myös useat operaattorit tarjoavat käyttäjilleen liittymiensä mukana joko reitittimiä tai modeemeita. Usein kuitenkin operaattorien tarjoamat verkkolaitteet ovat hyvin rajoittuneita asetusmahdollisuuksien puolesta, koska operaattorit ovat asentaneet laitteisiin oman käyttöjärjestelmänsä, joka poistaa usein monia ominaisuuksia.

Modeemin tai reitittimen tarkoituksena on luoda käyttäjille pääsy ulkoverkkoon sekä mahdollistaa lähiverkon laitteiden keskustelu keskenään. Yleensä modeemia tarvitaan silloin, jos asunnossa ei ole yleiskaapelointia, vaan yhteystekniikka on toteutettu joko ADSL- tai VDSL-tekniikalla, jolloin modeemi mahdollistaa RJ11-liittimellä varustetun puhelinkaapelin käytön datan siirtoon. Reitittimet sisältävät ainoastaan RJ45-liitäntäisiä portteja ja täten ne toimivat asunnoissa, joissa on CAT-yleiskaapeloinnilla toteutettu tiedonsiirtotekniikka.

Hyvin usein reititin tai modeemi sisältää myös WLAN-tuen, jonka avulla käyttäjät voivat yhdistää laitteensa langattomasti reitittimeen tai modeemiin. WLAN-nopeudet jaetaan eri luokkiin, jotka ovat 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n ja 802.11ac, joista jälkimmäinen on viimeisin ja nopein luokka. Langattoman tiedonsiirron maksiminopeudet ovat yleensä teoreettisia ja todelliset nopeudet jäävät ilmoitettua alhaisemmaksi. Alle on listattuna eri WLAN-standardien teoreettiset maksiminopeudet (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Eri WLAN-standardien teoreettiset maksiminopeudet ja niiden käyttämät langattomat taajuudet (Intel 2017)

Standardi	Taajuus (GHz)	Teoreettinen maksiminopeus (Mb/s)
802.11a	5	54
802.11b	2,4	11
802.11g	2,4	54
802.11n	2,4/5	450
802.11ac	5	1730

Verkkokytkimien avulla voidaan laajentaa sisäverkkoa ja näin ollen kasvattaa käytettävien laitteiden määrää. Kytkimet sisältävät yleensä vähintään neljä tietoliikenneporttia ja niiden siirtonopeudet ovat nykyään joko 100 Mb/s tai 1000 Mb/s luokkaa. Kytkimet ovat pääsääntöisesti korvanneet aiemmin käytetyt keskittimet. (Wikipedia 2015.)

Keskittimet eivät ole niin sanotusti älykkäitä laitteita, vaan niiden toimintaperiaate perustuu siihen, että ne kaiuttavat tietoliikennepaketit jokaiseen porttiin, mikä saattaa aiheuttaa isomman kokoluokan verkoissa ruuhkautumista ja samalla myös tietoturvaongelmia. (Wikipedia 2013.)

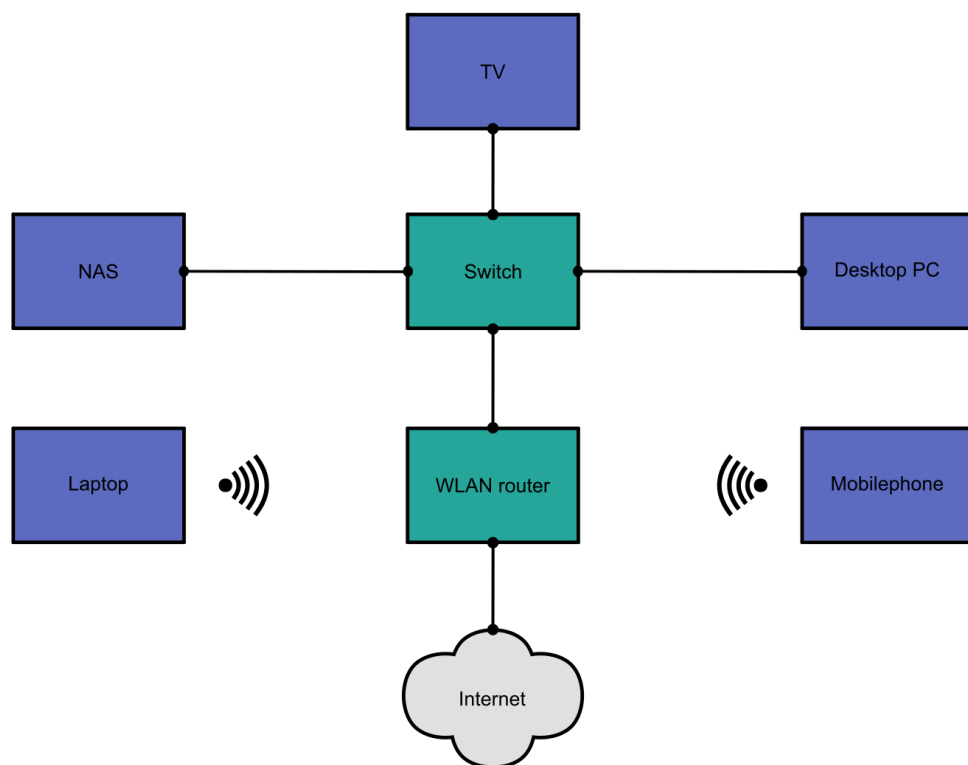
8.2 Työssä käytetyt laitteet

Modeemina tässä työssä käytettiin ASUS DSL-N16 -modeemia. Se tarjoaa käyttäjälleen neljä kappaletta 100 Mb/s nopeuksista LAN-porttia. Modeemista löytyy portti ADSL/VDSL-yhteydelle, jolla se voidaan kytkeä ulkoverkkoon, sekä 2,4 GHz:n N-standardin WLAN-verkko langattomia yhteyksiä varten. ASUS ilmoittaa työssä käytetyn modeemin WLAN-verkon maksinopeudeksi 300 Mb/s. Todellinen tiedonsiirtonopeus on kuitenkin nopeusmittauksien perusteella noin 50 Mb/s luokkaa.

Reitittimeen on kytketty TP-Link TL-SG108E -kytkin, joka sisältää kahdeksan kappaletta 1000 Mb/s nopeuksista porttia. Kaikki talouden kiinteät yhteydet kulkevat kytkimen kautta, ja näin ollen kiinteästi kytkettyjen laitteiden välille muodostuu nopea 1000 Mb/s

lähiverkko. Tiedonsiirtonopeudet kuitenkin määräytyvät laitteiden hitaimman verkkokortin nopeuden mukaan. Esimerkiksi jos laitteelta, jossa on 1000 Mb/s verkkokortti, lähetetään dataa laitteelle, jossa on 100 Mb/s verkkokortti, maksimi tiedonsiirtonopeudeksi määrittyy hitaamman verkkokortin nopeus.

Työssä toteutetulle Raspberry Pi NAS-palvelimelle voidaan keskittää haluttu data, kuten esimerkiksi erilaiset mediatiedostot, jolloin niitä voidaan toistaa helposti TV:n tai matkapuhelimen kautta. Myös laitteiden välinen tiedonsiirto helpottuu, kun matkapuhelimelta tai kannettavalta tietokoneelta halutaan siirtää tiedostoja, jotta ne olisivat käytettävissä pöytätietokoneella. Työssä toteutettu NAS-palvelin tuleekin palvelemaan useampaa eri laitetta lähiverkossa, niin kiinteän kuin langattoman yhteyden kautta.



KUVA 11. Verkkokaavio työssä käytetystä lähiverkosta ja siihen kytketyistä laitteista

8.3 DHCP:n konfigurointi

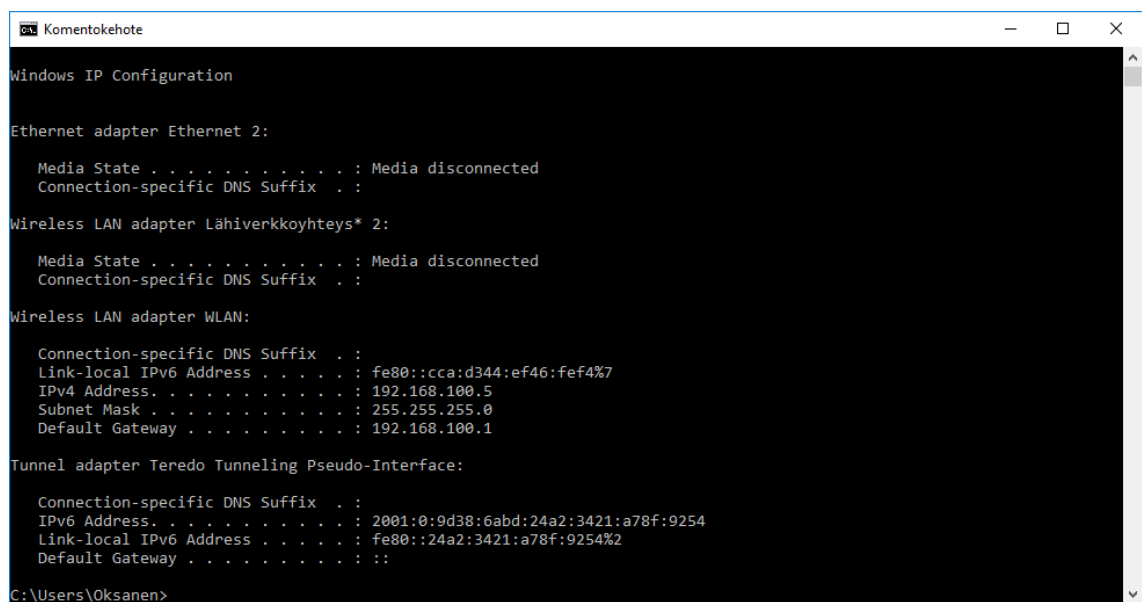
Reitittimissä ja modeemeissa on poikkeuksetta melkein aina DHCP-optio päällä. Lyhenne tulee sanoista Dynamic Host Configuration Protocol. DHCP:n on tarkoitus määrittää automaattisesti uniikit IP-osoitteet lähiverkon eri laitteille. DHCP onkin kätevä omi-

naisuus, jos lähiverkon IP-osoitteet halutaan määrittää automaattisesti. Jos käyttäjä kuitenkin haluaa yhdistää usein johonkin tiettyyn laitteeseen, esimerkiksi palvelimeen tai verkossa olevaan tulostimeen, DHCP on haitaksi, sillä IP-osoite saattaa vaihtua tietyin väliajoin, jolloin laite saattaa olla tavoittamattomissa. (Tim Fisher 2017.)

DHCP saattaa myös aiheuttaa ristiriitaisuuksia kiinteiden IP-osoitemäärytyksien kanssa, jos DHCP on jo varannut kiinteäksi määritetyn IP-osoitteen jollekin muulle laitteelle. Tällöin saattaa käydä niin, että laite jolle kiinteä IP-osoite halutaan antaa, saakin jonkin muun vapaana olevan IP-osoitteen ja siihen ei pysty yhdistämään kiinteäksi määritetyllä IP-osoitteella. Näissä tapauksissa DHCP tulisi kytkeä joko pois päältä, tai muuttaa sen käyttämää IP-osoitealuetta, niin kuin tässä työssä.

Reitittimen asetuksia pystyi muuttamaan selaimen välityksellä, kirjoittamalla modeemin IP-osoitteen selaimen osoitekenttään ja kirjautumalla modeemiin sisään pääkäyttäjätunnuksilla. Reitittimien ja modeemien IP-osoitteet ovat yleensä oletuksena muotoa 192.168.100.1 tai 192.168.1.1, riippuen kuitenkin aina valmistajasta ja mallista.

Modeemin IP-osoite saatiin selvitettyä käyttämällä Windowsin komentokehotetta (CMD) ja käyttämällä komentoa *ipconfig*, jonka avulla saatiin selville oletusyhdyskäytävän (Default Gateway) IP-osoite, joka tässä tapauksessa vastasi modeemia (Kuva 12).



```

Komentokehote
Windows IP Configuration

Ethernet adapter Ethernet 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . :

Wireless LAN adapter Lähiverkkoyhteys* 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . :

Wireless LAN adapter WLAN:

    Connection-specific DNS Suffix . :
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::cca:d344:ef46:fef4%7
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.100.5
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.100.1

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix . :
    IPv6 Address. . . . . : 2001:0:9d38:6abd:24a2:3421:a78f:9254
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::24a2:3421:a78f:9254%2
    Default Gateway . . . . . : ::

C:\Users\Oksanen>

```

KUVA 12. IP-konfigurointityökalun käyttö Windowsin komentokehoteessa

Tässä työssä käytettiin Asuksen valmistamaa DSL-N16 modeemia. Kirjautumisen jälkeen DHCP-asetuksia pääsi muuttamaan sivuvalikosta LAN ja välilehdeltä DHCP Server. DHCP:n IP-osoitealue (IP Pool Starting Address) muutettiin niin, että ensimmäinen DHCP:n antama automaattinen IP-osoite on 192.168.100.4 (Kuva 13). Kolme ensimmäistä IP-osoitetta haluttiin määrittää kiinteinä reitittimelle, WLAN-toistimelle ja työssä toteutetulle NAS-palvelimelle.

The screenshot displays the ASUS DSL-N16 web management interface. The top navigation bar includes 'ASUS DSL-N16', 'Logout', 'Reboot', and 'English'. The left sidebar contains various configuration categories: 'Quick Internet Setup', 'General' (Network Map, Guest Network, Traffic Manager, Parental Controls), 'Advanced Settings' (Wireless, LAN, WAN, IPv6, VPN, Firewall, Administration, System Log, Network Tools), and 'LAN - DHCP Server' (selected). The main content area is titled 'LAN - DHCP Server' and provides a brief description of DHCP. Below this, the 'Basic Config' section contains the following settings:

Setting	Value
Enable the DHCP Server	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
IP Pool Starting Address	192.168.100.4
IP Pool Ending Address	192.168.100.254
Lease Time	86400 seconds
Default Gateway	

The 'DNS and WINS Server Setting' section includes the following fields:

Setting	Value
DNS Server 1	
DNS Server 2	
WINS Server	

At the bottom, the 'Manually Assigned IP around the DHCP list (Max Limit : 32)' section features a table with the following structure:

MAC Address	IP Address	Add / Delete
		<input type="button" value="Add"/>

An 'Apply' button is located at the bottom right of the configuration area. The footer contains links for 'Help & Support', 'Manual', 'Utility', 'Feedback', 'Product Registration', and 'FAQ'.

KUVA 13. DHCP-alueen muuttaminen ASUS DLS-N16 modeemissa

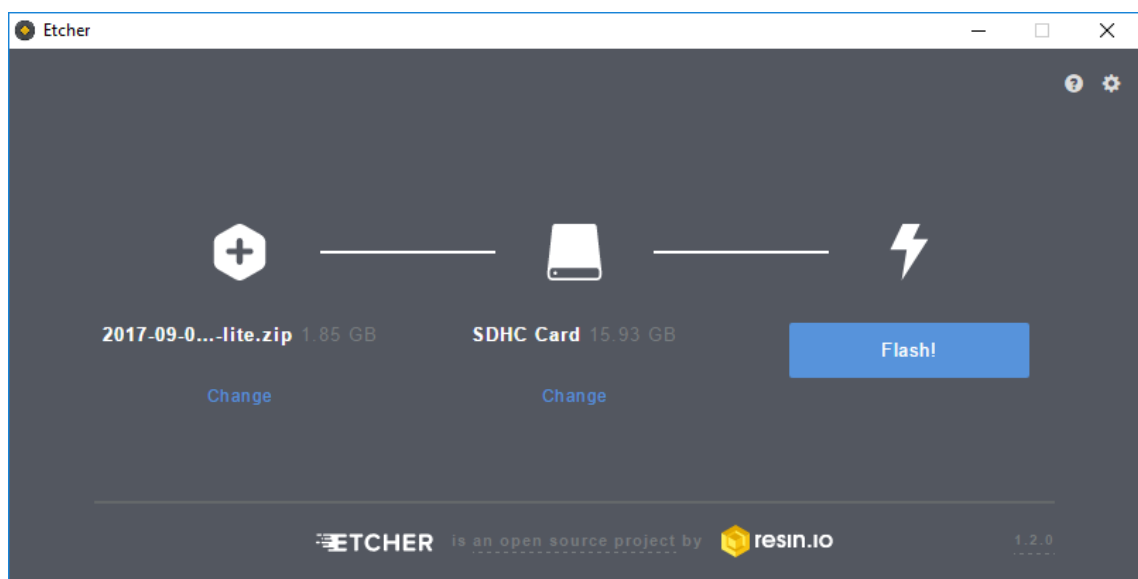
9 KÄYTTÖJÄRJESTELMÄ JA OHJELMAT

Tässä kappaleessa käsitellään käyttöjärjestelmän ja tarvittavien ohjelmien asennusta. Käyttöjärjestelmänä käytettiin Raspbian Lite -nimistä käyttöjärjestelmää, johon tutustuttiin kappaleessa 3.3.1 Raspbian. Tässä kappaleessa esitellään myös käyttöjärjestelmän tarvittavien konfiguraatioiden määrittäminen, niiltä osin kuin se on tarpeellista. Käyttöjärjestelmän asennus ja sen etähallinta sekä konfigurointi toteutettiin tässä työssä Windows-ympäristössä.

9.1 Raspbian Liten asennus

Raspbian Lite -käyttöjärjestelmän asennus aloitettiin kirjoittamalla Raspbianin levynnäköistiedosto SanDisk Ultra MicroSDHC -muistikortille. Levynnäköistiedoston kirjoittamiseen käytettiin kappaleessa 7.1 esiteltyä Etcher-nimistä ohjelmaa. Levynnäköistiedostoa ei tarvitse purkaa zip-paketistaan, sillä Etcher pystyy myös käsittelemään zip-paketteja ja täten kirjoittamaan levynnäköistiedoston ulkoiselle medialle paketin sisältä.

Raspbianin zip-paketti etsittiin Windowsin resurssienhallinnalla Etcheriin, jonka jälkeen valittiin haluttu ulkoinen media kirjoittamista varten. Lopuksi aloitettiin tietojen kirjoittaminen muistikortille painamalla *Flash!* (Kuva 14).

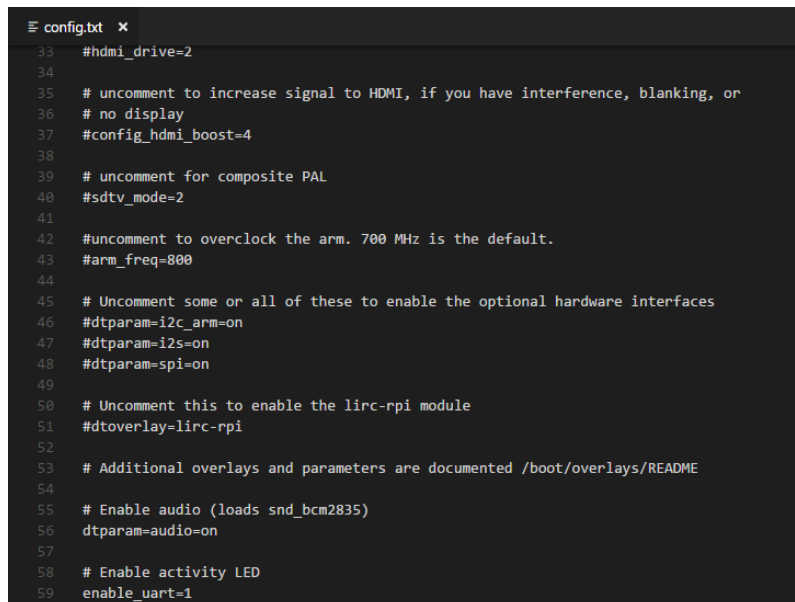


KUVA 14. Levynnäköistiedoston kirjoittaminen Etcherilla

9.2 LED-merkkivalojen käyttöönotto

Kappaleessa 6.2.2 palvelinkotelon etuosaan toteutettiin kaksi merkkivaloa, joista punainen ilmoittaa päävirran olevan käytössä ja vihreä ilmoittaa käyttöjärjestelmän tilan. Käyttöjärjestelmän tilaa ilmaiseva merkkivalo ei kuitenkaan toimi, ellei GPIO-pinnejä aktivoita Raspbianin asetustiedostosta. Toukokuussa 2016 julkaistussa Raspbian Jessiessa ja sitä uudemmissa Raspbianeissa GPIO-pinnit ovat automaattisesti kytketty pois päältä.

GPIO-pinnit kytkettiin käyttöön muokkaamalla muistikortin boot-osiolta löytyvää config-tiedostoa tekstieditorilla. Tiedoston loppuun lisättiin uusi rivi, jolle kirjoitettiin `enable_uart=1` ja tiedosto tallennettiin (Kuva 15). Tämän jälkeen GPIO-pinnit oli aktivoitu ja ne toimivat normaalisti.



```

33 #hdmi_drive=2
34
35 # uncomment to increase signal to HDMI, if you have interference, blanking, or
36 # no display
37 #config_hdmi_boost=4
38
39 # uncomment for composite PAL
40 #sdtv_mode=2
41
42 #uncomment to overclock the arm. 700 MHz is the default.
43 #arm_freq=800
44
45 # Uncomment some or all of these to enable the optional hardware interfaces
46 #dtparam=i2c_arm=on
47 #dtparam=i2s=on
48 #dtparam=spi=on
49
50 # Uncomment this to enable the lirc-rpi module
51 #dtoverlay=lirc-rpi
52
53 # Additional overlays and parameters are documented /boot/overlays/README
54
55 # Enable audio (loads snd_bcm2835)
56 dtparam=audio=on
57
58 # Enable activity LED
59 enable_uart=1

```

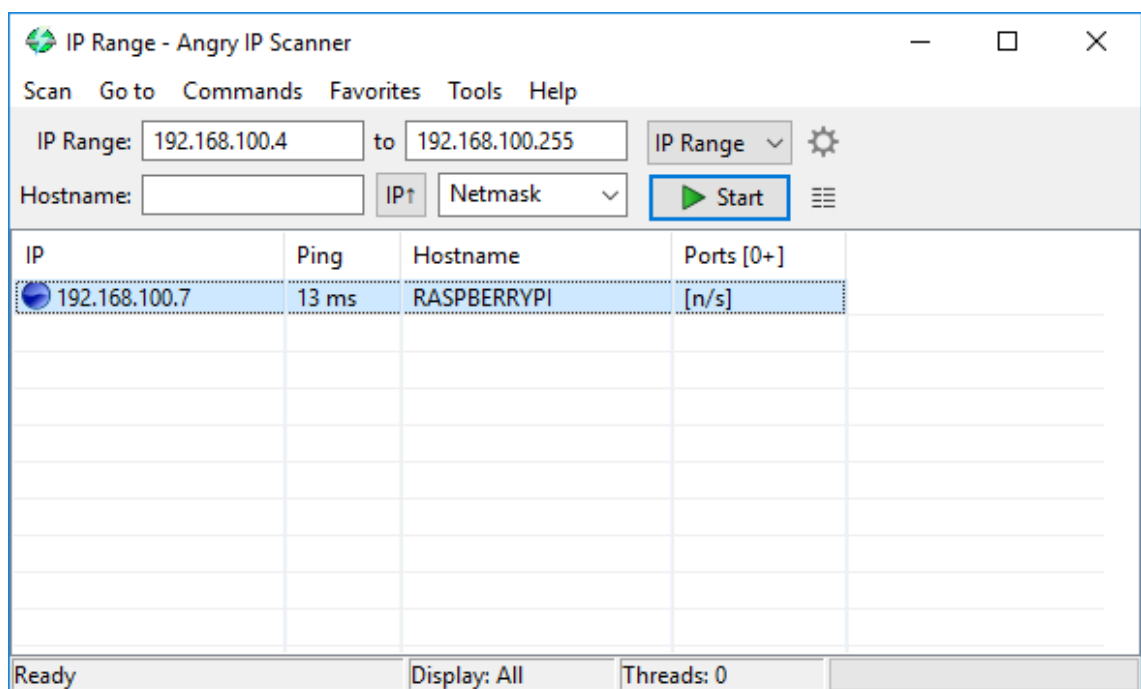
KUVA 15. Config.txt-tiedoston muokkaus

9.3 SSH-yhteyden muodostaminen

Raspberry Pi:hin haluttiin muodostaa yhteys kappaleessa 7.2 mainitulla PuTTY-nimisellä ohjelmalla. Ennen yhteyden muodostamista täytyi kuitenkin sallia SSH-yhteyksien muodostaminen, joka ei ole oletuksena käytössä. Tätä varten luotiin ssh-niminen tyhjä teksti-tiedosto muistikortin boot-osion juureen.

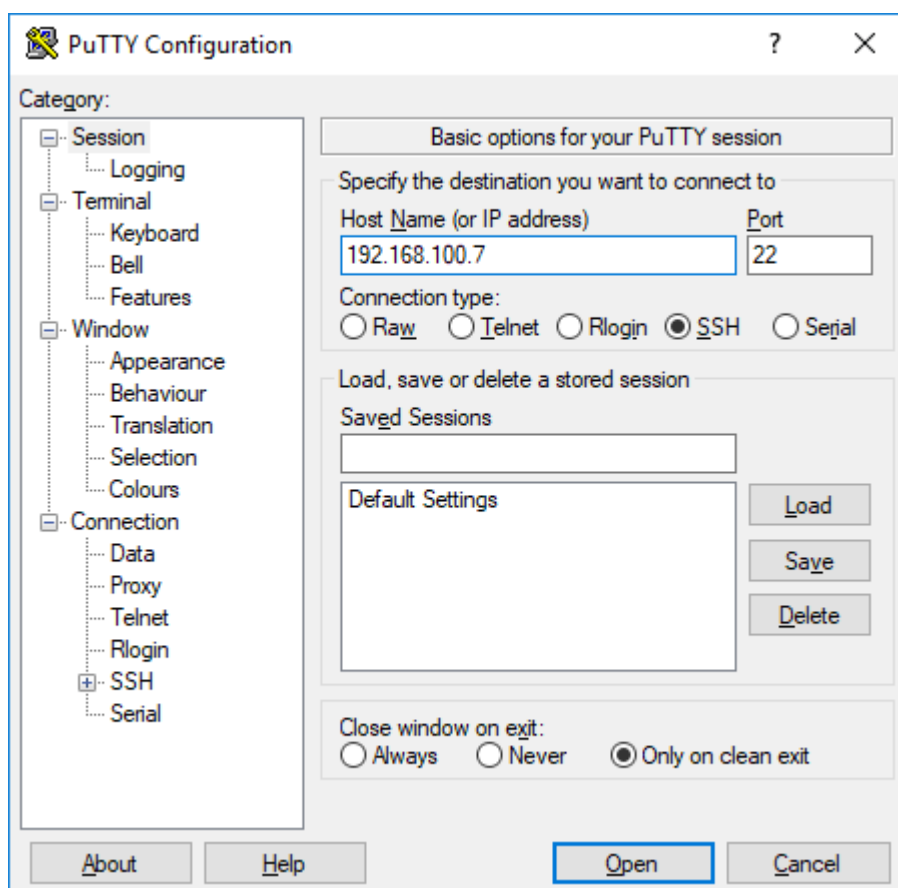
Seuraavaksi täytyi selvittää Raspberry Pi:n lähiverkon IP-osoite, jotta siihen voitiin luoda SSH-yhteys. Tämän pystyi selvittämään käyttämällä kappaleessa 7.3 esiteltyä Angry IP Scanner -ohjelmaa. Ohjelmaan syötettiin IP-alue (IP Range) alkamaan IP-osoitteesta, 192.168.100.4, koska kolme ensimmäistä IP-osoitetta varattiin modeemille, WLAN-toistimelle ja konfiguroidulle NAS-palvelimelle kappaleessa 8.3 (Kuva 16). IP-osoitteiden skannaaminen aloitettiin painamalla *Start*.

Angry IP Scanner -ohjelma listasi kaikki lähiverkon laitteet, joille modeemin DHCP oli antanut IP-osoitteen. Listalta löytyi laite jonka isäntänimi (Hostname) oli *RASPBERRYPI*, ja sen lähiverkon IP-osoite oli *192.168.100.7*.



KUVA 16. Raspberry Pi:n lähiverkon IP-osoitteen selvittäminen Angry IP Scanner -ohjelman avulla

Raspberry Pi:n lähiverkon IP-osoite, joka tässä tapauksessa oli 192.168.100.7, kirjoitettiin PuTTYn Host Name -kenttään (Kuva 17). Port-kentän tieto jätettiin ennalleen, sillä numero 22 on SSH-yhteyksien vakioportti.

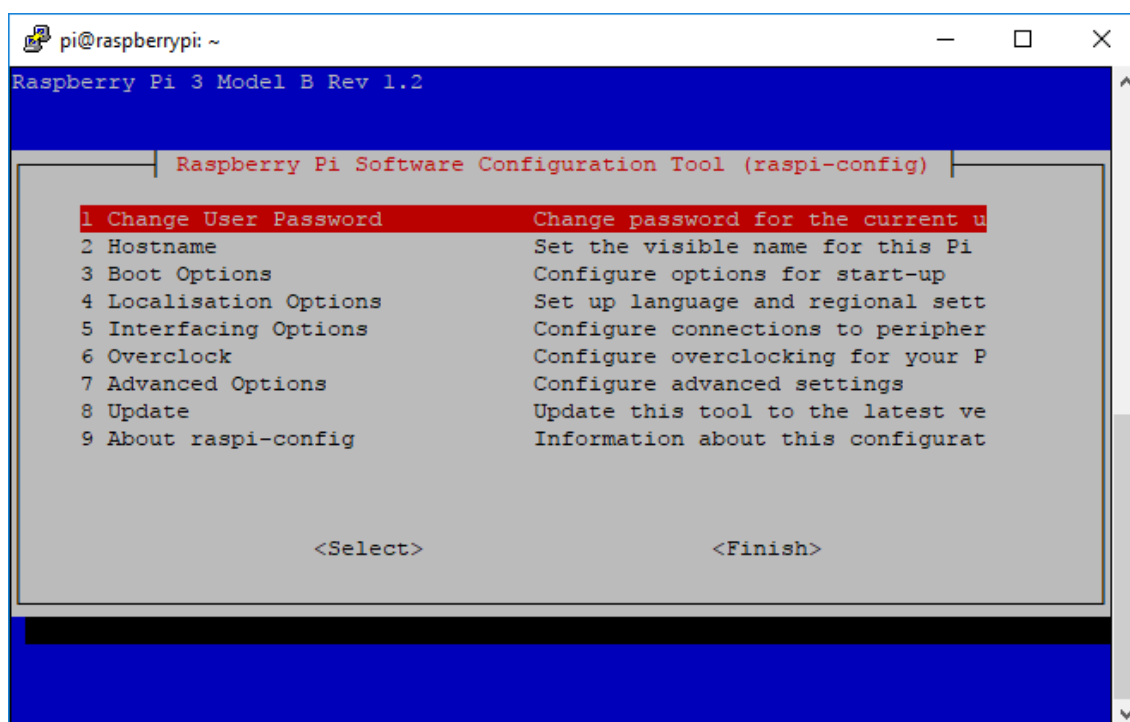


KUVA 17. SSH-yhteyden muodostaminen Raspberry Pi:hin PuTTYn avulla

9.4 Raspbian Liten konfigurointi

SSH-yhteyden muodostamisen jälkeen muokattiin Raspbianin oletusasetuksia. Asetuksia pääsi muokkaamaan kirjoittamalla komennon `sudo raspi-config` terminaaliin. Sudo-komento antaa sisään kirjatun käyttäjän ajaa komentoja tai ohjelmia ylläpitäjän oikeuksilla. Sudo oikeus vaadittiin, jotta Raspbianin konfigurointityökalua voitiin käyttää (Kuva 18).

Työkalun avulla muutettiin Raspbianin oletussalasana (Change User Password) turvallisemmaksi, isäntänimi (Hostname) muotoon server, joka kuvaa laitteen käyttötarkoitusta ja lopuksi asetettiin oikea aikavyöhyke (Localisation Options) valitsemalla kaupungiksi Helsinki. Lopuksi konfigurointityökalu suljettiin (Finish), jonka jälkeen Raspbian uudelleen käynnistyi.

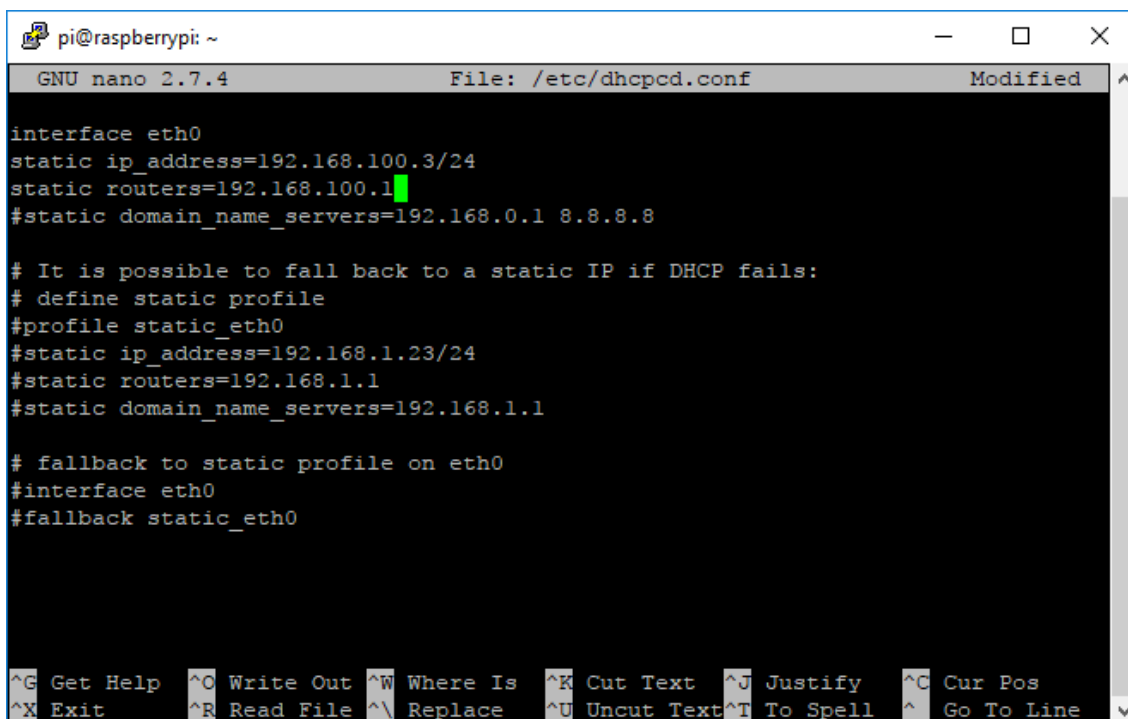


KUVA 18. Raspbianin raspi-config konfigurointityökalu

Uudelleen käynnistyksen jälkeen palvelimelle asetettiin kiinteä lähiverkon IP-osoite, jotta sitä olisi mahdollista ohjata tulevaisuudessa aina samasta IP-osoitteesta. IP-osoitteen asettaminen tehtiin käyttäen komentoa `sudo nano /etc/dhcpd.conf`, joka avasi Raspbianin verkkoasetustiedoston Linuxin Nano-tekstieditoriin.

Verkkoasetustiedostosta etsittiin kohta *interface eht0*, joka määrittää Raspberry Pi 3 Model B:n RJ-45-verkkoportin asetukset. Tiedostoa muutettiin niin, että siinä tuli lukemaan *static ip_address=192.168.100.3/24*, joka on palvelimen kiinteä IP-osoite ja *static routers=192.168.100.1*, joka on reitittimelle määritetty kiinteä IP-osoite (Kuva 19).

Muutoksien jälkeen verkkoasetustiedosto tallennettiin ja Nano-tekstieditori suljettiin näppäinkomennolla `control-x`, jonka jälkeen käyttöjärjestelmä käynnistettiin uudelleen komennolla `sudo reboot`. Uudelleen käynnistyksen jälkeen muutokset tulivat voimaan.



```

pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.7.4 File: /etc/dhcpd.conf Modified
interface eth0
static ip_address=192.168.100.3/24
static routers=192.168.100.1 8.8.8.8
#static domain_name_servers=192.168.0.1 8.8.8.8

# It is possible to fall back to a static IP if DHCP fails:
# define static profile
#profile static_eth0
#static ip_address=192.168.1.23/24
#static routers=192.168.1.1
#static domain_name_servers=192.168.1.1

# fallback to static profile on eth0
#interface eth0
#fallback static_eth0

^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line

```

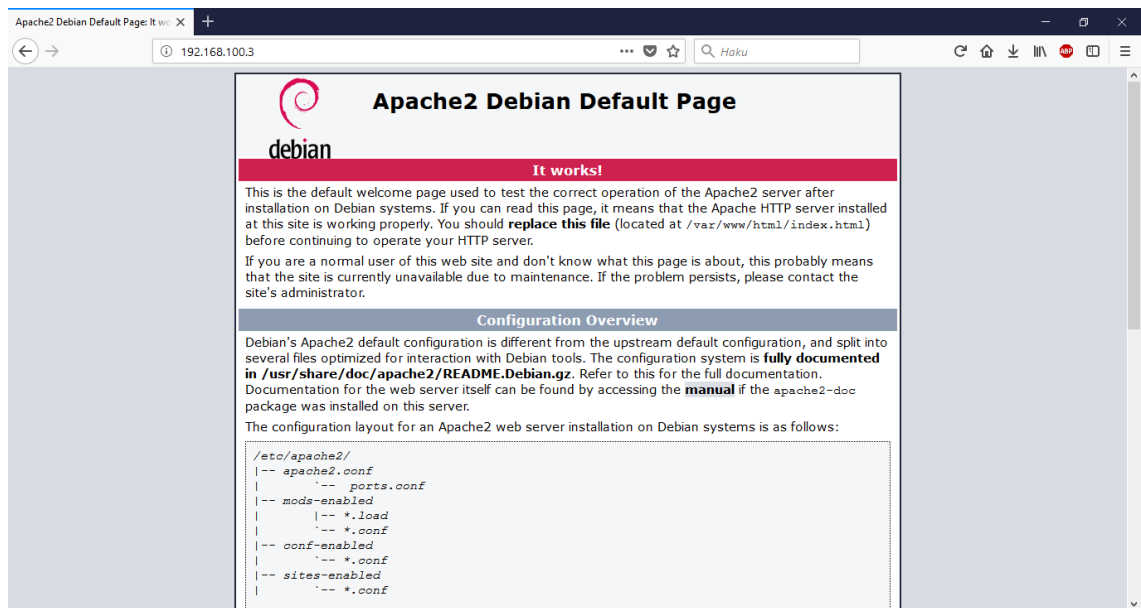
KUVA 19. Kiinteän lähiverkon IP-osoitteen määrittäminen Raspbianissa

9.5 Apachen asennus

Apache on maailman suosituin avoimen lähdekoodin HTTP-palvelinohjelma, joka toimii niin Windows- kuin UNIX-käyttöjärjestelmissä. Apachen tarkoituksena on tarjota käyttäjilleen turvallinen, suorituskykyinen ja tarpeen tullen laajennettava palvelinympäristö, joka tukee tämän hetkisiä HTTP-standardeja. Apache-projektia on tehty vuodesta 1995. (The Apache Software Foundation 2018.)

Tässä työssä Apachea tarvittiin, jotta NAS-palvelimelta pystyttiin lukemaan sen laitetietoja selaimen välityksellä. Apache asennettiin käyttämällä komentoa `sudo apt-get install apache2 -y`, jonka jälkeen PHP-tuki asennettiin komennolla `sudo apt-get install php libapache2-mod-php -y`. Asennusten päätyttyä onnistuneesti, Apachen toiminta kokeiltiin syöttämällä selaimen osoitekenttään Raspberry Pi:n lähiverkon IP-osoite 192.168.100.3, joka näytti Apachen oletussivun (Kuva 20).

Apachen luoma `index.html`-oletussivu löytyy Raspbianin hakemistosta `/var/www/html`. Korvaamalla oletussivun omalla `index.html`- tai `index.php`-tiedostolla, käyttäjät voivat näyttää omaa sisältöään, kuten web-sivuja Raspberry Pi:n lähiverkon IP-osoitteessa.



KUVA 20. Apachen oletussivu lähiverkon IP-osoitteessa 192.168.100.3

9.6 Kovalevyn alustus

Palvelimen kovalevyksi valittu Seagate Barracuda tuli alustaa, jotta sitä voitiin käyttää tallennustilana. Raspbian tukee monia eri tiedostojärjestelmiä, mutta tässä työssä kovalevy alustettiin käyttämään EXT4-tiedostojärjestelmää (Kuva 21).

Raspbianiin, kuten myös moniin muihin Linuxeihin on myös mahdollista asentaa erillinen tuki Microsoftin luomaa NTFS-tiedostojärjestelmää varten pakettienhallinnan kautta, mutta EXT4-tiedostojärjestelmään päädyttiin, koska kovalevyä ei ole tarkoituksena kuitenkaan käyttää Windows-tietokoneissa tallennustilana ja Raspbianista itsestään löytyy tuki EXT4-tiedostojärjestelmälle. NTFS-tiedostojärjestelmän käyttö voi myös mahdollisesti nostaa laiteresurssien käyttöä.

Komennolla *lsblk* saatiin selville Raspberry Pi:hin liitettyjen tallennusmedioiden nimet. Komennon avulla selvisi, että Raspbian-käyttöjärjestelmässä Seagate Barracuda listautuu *sda*-termillä. Komennolla *sudo mkfs.ext4 /dev/sda -L data*, kovalevy saatiin alustettua EXT4-tiedostojärjestelmäksi. Parametrilla *-L data*, saatiin määritettyä kovalevylle nimi, jolla se näkyy käyttöjärjestelmässä ja levyhallinnassa. Alustamisvaiheessa tulee ottaa huomioon, jos kovalevy on irrotettu jostakin muusta laitteesta ja siellä on tärkeitä tiedostoja, ne tulee ottaa talteen, sillä alustaminen tyhjentää koko kovalevyn sisällön.

```

pi@server: ~
pi@server:~ $ lsblk
NAME        MAJ:MIN RM   SIZE RO TYPE MOUNTPOINT
sda          8:0    0 931.5G  0 disk
mmcblk0     179:0   0  14.9G  0 disk
├─mmcblk0p1 179:1   0   41.8M  0 part /boot
└─mmcblk0p2 179:2   0   14.8G  0 part /
pi@server:~ $ sudo mkfs.ext4 /dev/sda -L data
mke2fs 1.43.4 (31-Jan-2017)
Found a dos partition table in /dev/sda
Proceed anyway? (y,N) y
Creating filesystem with 244190646 4k blocks and 61054976 inodes
Filesystem UUID: 645dc7d4-93c5-438b-99d2-bf55a490b1dc
Superblock backups stored on blocks:
    32768, 98304, 163840, 229376, 294912, 819200, 884736, 1605632, 2654208,
    4096000, 7962624, 11239424, 20480000, 23887872, 71663616, 78675968,
    102400000, 214990848

Allocating group tables: done
Writing inode tables: done
Creating journal (262144 blocks): done
Writing superblocks and filesystem accounting information: done

pi@server:~ $ █

```

KUVA 21. Kovalevyn alustaminen EXT4-tiedostojärjestelmäksi Raspbianissa

Alustamisen jälkeen levy täytyi ottaa käyttöön, joka tehtiin liittämällä (mount) kovalevy käyttöjärjestelmän hakemistopuuhun. Liittämistä varten luotiin liitospiste (mount point) komennolla `mkdir -p /mnt/usb`. Liittäminen tehtiin komennolla `sudo mount /dev/sda /mnt/usb`, jonka jälkeen kovalevyn sisältö oli käytettävissä sijainnissa `/mnt/usb`.

Liitos poistuu käytöstä, aina kun käyttöjärjestelmä käynnistetään uudelleen, joten liittämisestä täytyi tehdä automatisoitua. Tätä varten täytyi muokata Raspbianin `fstab`-asetustiedostoa Linuxin Nano-tekstieditorilla. Tiedoston loppuun lisättiin `dev/sda /mnt/usb ext4 defaults 0 2` (Kuva 22), jonka jälkeen tiedosto tallennettiin ja Nano-tekstieditori suljettiin näppäinkomennolla `control-x`. Tämän jälkeen käyttöjärjestelmä osasi liittää kovalevyn automaattisesti aina uudelleen käynnistyksen jälkeen.

```

pi@server: ~
GNU nano 2.7.4 File: /etc/fstab Modified
proc /proc proc defaults 0 0
PARTUUID=56b3689f-01 /boot vfat defaults 0 2
PARTUUID=56b3689f-02 / ext4 defaults,noatime 0 1
# a swapfile is not a swap partition, no line here
# use dphys-swapfile swap[on|off] for that
/dev/sda /mnt/usb ext4 defaults 0 2
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line

```

KUVA 22. Liitospisteen (mount point) lisääminen fstab-asetustiedostoon

9.7 Samba-palvelimen asennus

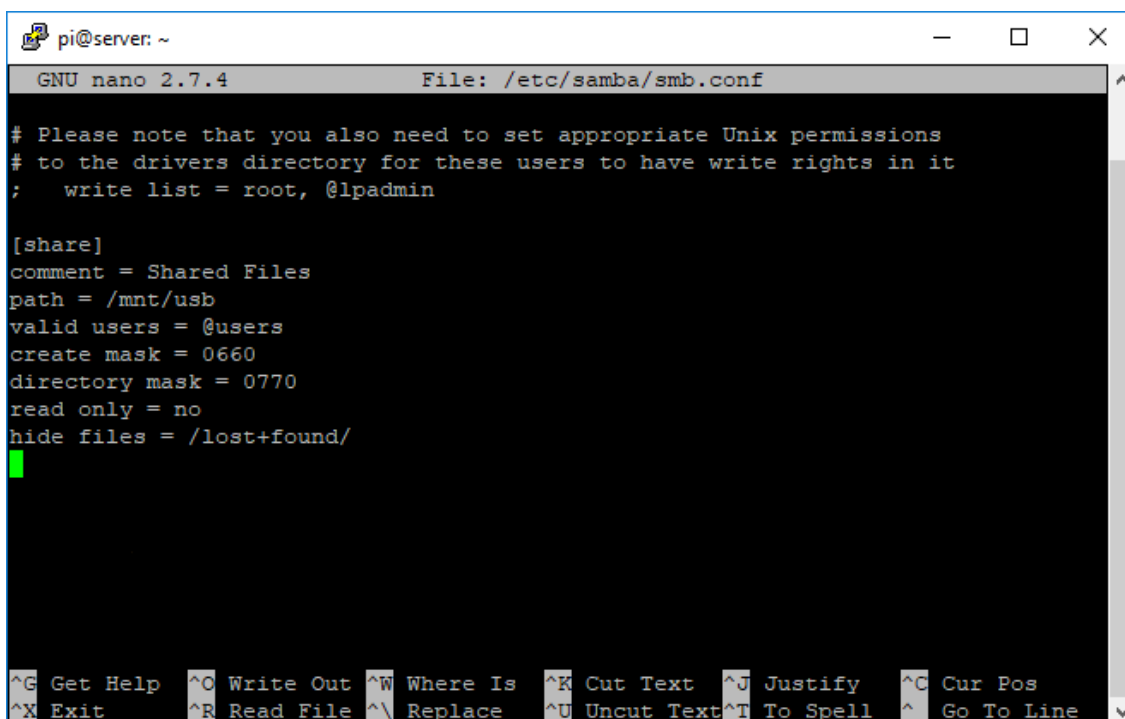
Samba-ohjelmisto on IBM:n 1980-luvulla kehittämään SMB-protokollaan pohjautuva toteutus UNIX-käyttöjärjestelmille. Samban kehitti alun perin Andrew Tridgell. Samban tarkoituksena on mahdollistaa Windows-käyttäjien pääsy UNIX-palvelimella oleviin kansioihin ja tiedostoihin SMB-protokollan välityksellä. Samba toimii nykyään useilla eri käyttöjärjestelmissä, mutta sen suurin käyttäjäkunta löytyy Linux-yhteisöistä. (Rob Sobers 2014.)

Samba-palvelimen asentaminen aloitettiin komennolla *sudo apt-get install samba samba-common-bin*. Onnistuneen asennuksen jälkeen Samba-palvelimen asetuksia täytyi konfiguroida, muuttamalla smb.conf-tiedoston sisältöä Linuxin Nano-tekstieditorilla. Tiedosto saatiin auki käyttämällä komentoa *sudo nano /etc/samba/smb.conf*. Tarvittavat määrittäykset lisättiin asetustiedoston loppuun (Kuva 23).

Asetustiedoston loppuun lisättiin seuraavanlaiset kohdat:

- [share], jaettavan sijainnin nimen määrittäminen, kohde näkyy Windowsissa ja muissa käyttöjärjestelmissä nimellä share
- comment = Shared Files, kuvausteksti jaettavasta kohteesta

- path = /mnt/usb, jaettavan kohteen sijainti
- valid users = @users, ainoastaan ryhmän users käyttäjille annetaan käyttöoikeudet
- create mask = 0660, käyttäjän luomat tiedostot pakotetaan luku- ja kirjoitustilaan automaattisesti
- directory mask = 0770, käyttäjän luomat kansiot pakotetaan luku- ja kirjoitustilaan sekä ajettaviksi
- read only = no, käyttäjälle määritetään jaettavaan sijaintiin myös kirjoitusoikeudet pelkän lukuoikeuden sijaan
- hide files = /lost+found/, piilottaa EXT4-tiedostojärjestelmän järjestelmäkansion Windows-käyttäjiltä



```

pi@server: ~
GNU nano 2.7.4 File: /etc/samba/smb.conf
# Please note that you also need to set appropriate Unix permissions
# to the drivers directory for these users to have write rights in it
; write list = root, @lpadmin

[share]
comment = Shared Files
path = /mnt/usb
valid users = @users
create mask = 0660
directory mask = 0770
read only = no
hide files = /lost+found/

```

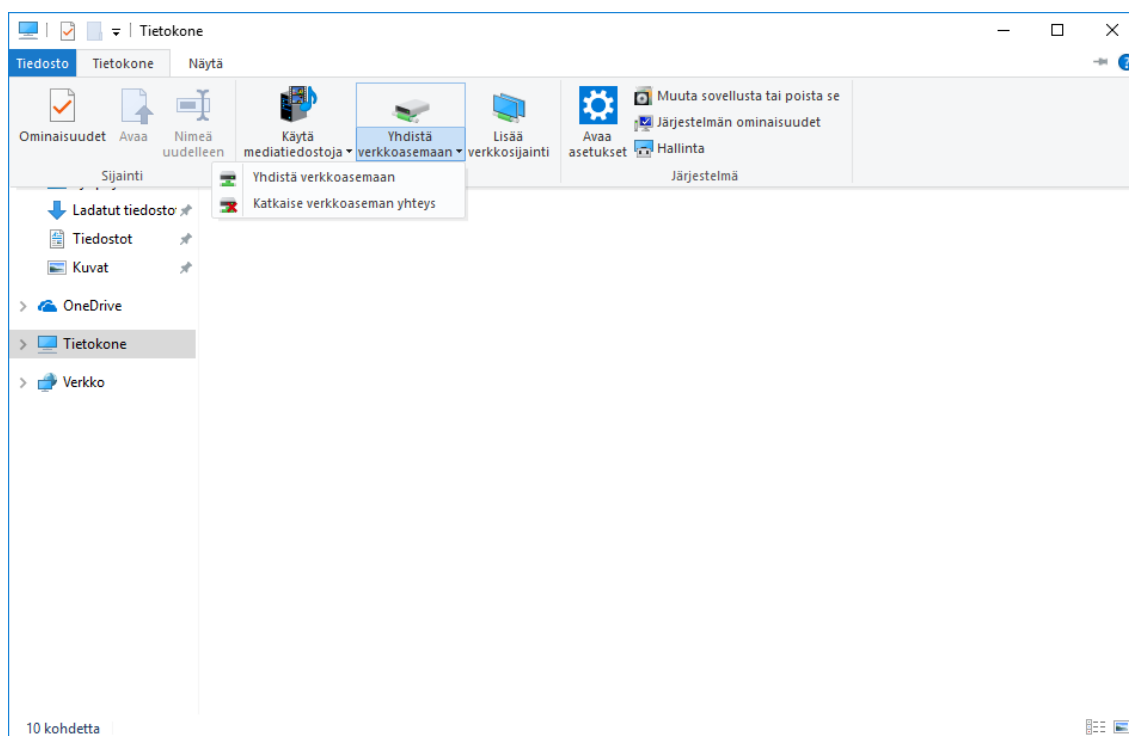
KUVA 23. Jaettavan sijainnin lisääminen Samba-palvelimen asetustiedostoon

Tarvittavien muutoksien jälkeen tiedosto tallennettiin ja Nano-tekstieditori suljettiin näppäinkomennolla *control-x*. Tallennuksen jälkeen oletuskäyttäjälle *pi*, luotiin salasana Samba-palvelimelle kirjautumista varten. Salasana luotiin komennolla *sudo smbpasswd -a pi*, jonka jälkeen haluttu salasana täytettiin kahteen kertaan mahdollisten virheiden välttämiseksi. Lopuksi Samba-palvelin käynnistettiin uudelleen komennolla *sudo service smbd restart*, jotta määritetyt asetukset astuivat voimaan.

10 VERKKOASEMAAN YHDISTÄMINEN

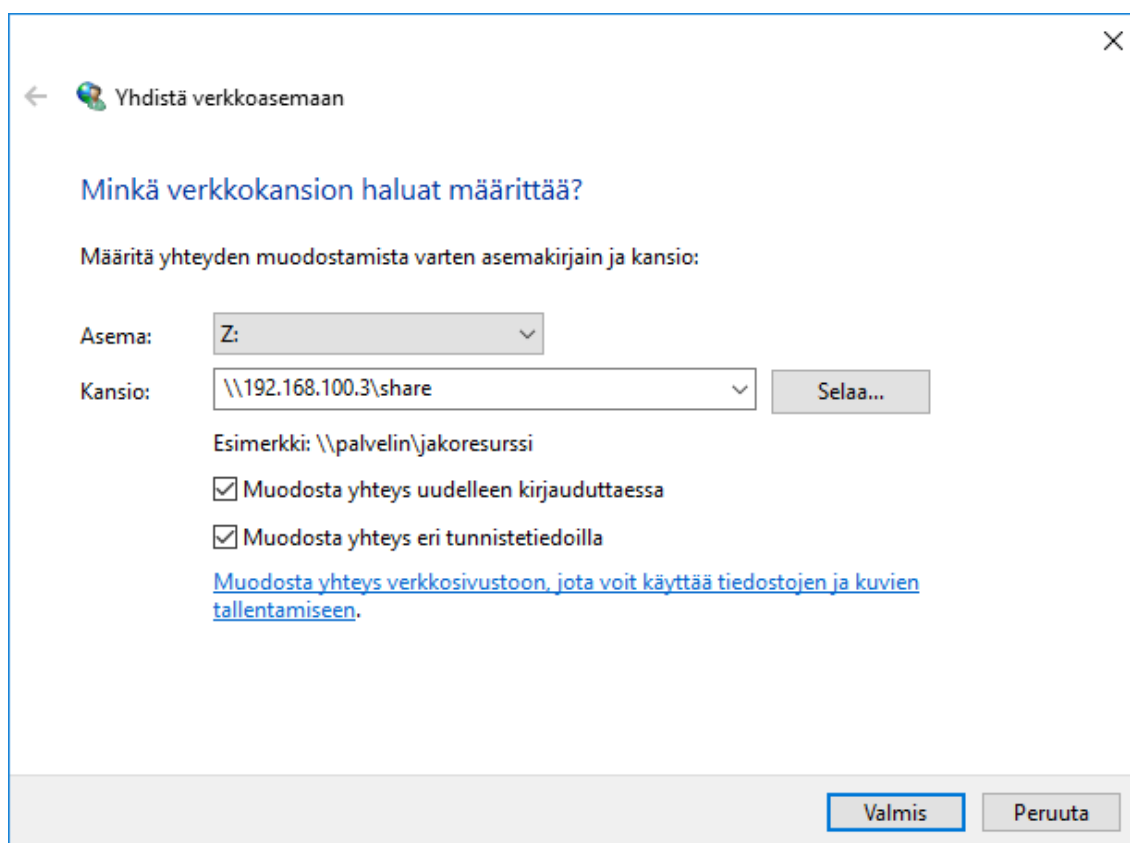
Tässä kappaleessa tutustutaan siihen, kuinka NAS-palvelimeen voitiin yhdistää Windows-käyttöjärjestelmällä, käyttäen esimerkiksi pöytätietokonetta tai kannettavaa tietokonetta. Työssä käytettiin suomenkielistä Windows 10 -käyttöjärjestelmää, mutta nämä ohjeet pätevät yhtä lailla Windows 7 -, Windows 8 - ja Windows 8.1 -käyttöjärjestelmiin.

Verkkoaseman luominen Windows 10 -käyttöjärjestelmään aloitettiin avaamalla Windowsin resurssienhallinta. Resurssienhallinnasta avattiin välilehti painamalla Tietokone-nappia, jonka jälkeen auenneesta välilehdestä painettiin Yhdistä verkkoasemaan -nappia (Kuva 24).



KUVA 24. Verkkoasemaan yhdistäminen Windowsin resurssienhallinnasta

Uudessa ikkunassa valittiin asemakirjaimeksi Z, jonka Windows näyttää verkkoasemalle resurssienhallinnassa. Kansio kohtaan täytettiin palvelimen IP-osoite ja jaetun SMB-sijainnin nimi, joka oli kokonaisuudessaan `\\192.168.100.3\share` (Kuva 25). Lopuksi, painettiin Valmis-nappia, jonka jälkeen Windows kysyi käyttäjätunnusta ja salasanaa. Käyttäjätunnus ja salasana, olivat samat kuin kappaleessa 9.7 SMB-palvelimelle määritetyt.



KUVA 25. Tarvittavien tietojen täyttäminen verkkoasemaan yhdistämistä varten

Onnistuneen yhteyden muodostamisen jälkeen, palvelimelle luotiin tyhjä tekstitiedosto ja kansio, jotta saatiin kokeiltua, että kappaleessa 9.7 määritetyt oikeudet toimivat ongelmitta.

Lopuksi tehtiin nopeustesti langattomassa ja kiinteässä verkossa. Testi toteutettiin siirtämällä palvelimelle noin 1 Gt:n kokoinen testitiedosto langattomassa ja kiinteässä verkossa, jolla saatiin testattua, mikä tiedonsiirron maksiminopeus on. Hetkelliseksi maksimi siirtonopeudeksi langattomassa verkossa saatiin 8,90 MB/s, mutta tämän jälkeen siirtonopeus tippui ja vaihteli loppuajan noin 7,20 – 7,80 MB/s alueella. Kiinteällä yhteydellä maksiminopeudeksi saatiin noin 11,50 MB/s, joka pysyi tasaisesti yllä koko tiedonsiirron ajan.

11 WEB-KÄYTTÖLIITTYMÄ

Tässä kappaleessa käsitellään web-käyttöliittymää, joka toteutettiin palvelinta varten. Tarjolla olisi myös ollut valmiita vaihtoehtoja, joiden avulla olisi pystynyt lukemaan parametreja palvelimelta, kuten esimerkiksi phpSysInfo, mutta käyttöliittymä haluttiin toteuttaa alusta alkaen itse, jotta samalla oppisi enemmän Linuxin toiminnasta sekä Shell-skriptaamisesta.

Käyttöliittymän web-pohjainen toteutus takaa sen, että käyttöliittymää on mahdollista käyttää käyttöjärjestelmästä riippumatta lähes millä tahansa laitteella, jolla on mahdollista yhdistää langattomaan tai kiinteään lähiverkkoon ja joka sisältää jonkinlaisen selaimen JavaScript-tuella.

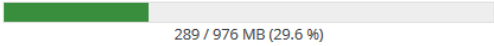
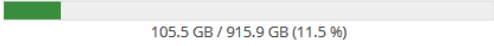
Web-käyttöliittymään haluttiin toteuttaa myös virhe- ja varoitusilmoitukset, jos sitä käytettäessä ilmenee ongelmia. Käyttöliittymä ilmoittaa käyttäjälle, jos tiedostoja puuttuu, eikä ohjelmaa voida suorittaa. Käyttäjälle ilmoitetaan myös, jos Raspberry Pi:n prosessorin lämpötila on liian korkea. Raja-arvoksi asetettiin 70 °C, koska Raspberry Pi:n prosessorin maksimi operointi lämpötilaksi on ilmoitettu 85 °C.

Web-käyttöliittymän avulla palvelimelta voidaan lukea erilaisia parametreja, kuten esimerkiksi Raspberry Pi:n prosessorin lämpötila, käytettävissä olevan tallennustilan määrä liitettyllä kovalevyllä, keskusmuistin käyttö ja palvelimen käynnissäoloaika. Käyttöliittymän avulla on myös mahdollista tallentaa palvelimen tiedot erilliseen tekstitiedostoon napin painalluksella ja tarpeen tullen päivittää näkymä manuaalisesti.

Web-käyttöliittymästä oli tarkoitus tehdä mahdollisimman kevyt, jotta se ei käyttäisi turhaan Raspberry Pi:n laiteresursseja. Tarkoituksena oli myös luoda selkeä ja helppo käytöinen kokonaisuus, niin että se sisältäisi kuitenkin kaiken tarpeellisen informaation laitteesta.

Web-käyttöliittymää varten toteutettiin myös yksinkertainen PHP-muotoinen konfigurointitiedosto, jonka avulla voidaan valita haluttu teema kolmesta eri värivaihtoehdosta, valita prosessorin lämpötila-asteiden esitystapa joko celsius- tai fahrenheit-asteikolla ja

valita päiväyksen muoto joko päivä-kuukausi-vuosi tai vuosi-kuukausi-päivä muotoisena.

RasPiInfo		Help	Save	Reload
System information				
Hostname	server			
Distribution	Raspbian GNU/Linux 9 (stretch)			
Local IP	192.168.100.3			
MAC address	a1:b2:c3:d4:e5:f6			
Uptime	0 d 23 h 55 min			
Last boot	2018-02-16 14:59:53			
Current users	1			
Hardware information				
System model	Raspberry Pi 3 Model B Rev 1.2			
CPU model	ARMv7 Processor rev 4 (v7l)			
CPU speed	1.2 GHz			
Core voltage	1.2438 V			
CPU temperature	59.6 °C			
RAM information				
Total RAM	976 MB			
RAM usage	 289 / 976 MB (29.6 %)			
HDD information /dev/sda				
Model name	ST31000528AS			
Serial number	9VPA7HAN			
Firmware version	CC49			
Mount point	/mnt/usb			
File system type	ext4			
Total HDD	915.9 GB			
HDD usage	 105.5 GB / 915.9 GB (11.5 %)			

KUVA 26. Kuva web-käyttöliittymän työpöytäversiosta

Web-käyttöliittymä toteutettiin käyttäen HTML-merkkäuskieltä ja Twitterin luomaa Bootstrap-kehystä. Bootstrapista käytettiin joitakin sen tarjoamia elementtejä, kuten valmiita taulukkoelementtejä, ikoneita ja varoituselementtejä sekä lataus- ja edistymispalkkeja.

Valmiiden elementtien kustomointiin käytettiin omaa CSS-tyylitiedostoa, jolla voitiin yliajaa tarpeen tullen Bootstrapin valmiita määrittämiä. CSS-tyylitiedosto vastaa myös yleisesti koko hallintakäyttöliittymän ulkoasusta määrittäen esimerkiksi värimaailman ja elementtien asetukset.

Tietojen keräämiseen käytettiin jQuery JavaScript-kirjaston tarjoamia AJAX-funktioita. Dynaamisen tiedon eli esimerkiksi lämpötilan ja keskusmuistinkäytön päivittämiseen ajetaan AJAX-funktio kolmen sekunnin välein, jottei palvelin kuormitu turhaan. Niin kutsuttu staattinen tieto, joka ei muutu, kuten esimerkiksi laitteen isäntänimi ja lähiverkon IP-osoite, ladataan AJAXilla ainoastaan siinä yhteydessä, kun hallintakäyttöliittymä avataan ensimmäisen kerran tai näkymä päivitetään käyttäjän toimesta manuaalisesti.

AJAX-funktiot kutsuvat PHP-funktioita, jotka kutsuvat Shell-skripteissä olevia funktioita. Shell-skripteissä olevat funktiot palauttavat tiedon PHP:lle, joka palauttaa tiedon aina eteenpäin AJAXille ja käyttäjän nähtäville.

```
1  #!/bin/bash
2
3  # Get the system hostname
4  function getHostname {
5      hostname=$(cat /etc/hostname)
6      echo $hostname
7  }
8
9  # Get the distribution
10 function getDistribution {
11     . /etc/os-release
12     echo $PRETTY_NAME
13 }
14
15 # Get the Local Area Network IP address
16 function getIp() {
17     ip=$(hostname -I)
18     echo $ip
19 }
20
```

KUVA 27. Esimerkki staattisten tietojen keräämisestä Shell-skriptin avulla

Toimiakseen hallintakäyttöliittymän tiedostot tuli siirtää palvelimelle SFTP-tiedonsiirto-ohjelmalla Apachen luomaan html-kansioon, joka sijaitsee kohteessa /var/www/html/. Kansiossa oleva Apachen index.html-tiedosto korvattiin hallintakäyttöliittymän index.html-tiedostolla. Tiedosto sijaitti html-kansion juuressa. Muita hallintakäyttöliittymän tiedostoja varten oli luotu kansiot tiedostokohtaisesti. Kansiorakenteesta pyrittiinkin luomaan mahdollisimman selkeä (Kuva 28).

```
root
├── index.html
├── config.php
├── COPYING.txt
├── README.md
├── css
│   ├── base-style.css
│   ├── blue-theme.css
│   ├── grey-theme.css
│   └── teal-theme.css
├── css
├── background.png
├── js
│   ├── animations.js
│   ├── buttons.js
│   ├── config.js
│   ├── error.js
│   ├── get-data.js
│   └── update-data.js
├── php
│   ├── check-eligible.php
│   ├── get-config.php
│   ├── get-data.php
│   ├── get-diskinfo.php
│   ├── get-hwinfo.php
│   ├── get-meminfo.php
│   ├── get-sysinfo.php
│   ├── save-data.php
│   └── update-data.php
├── sh
└── get-data.sh
```

KUVA 28. Web-käyttöliittymän kansiorakenne kuvana

Web-käyttöliittymälle muodostui kokoa noin 269 kilotavua lisenssi- ja ohjetiedostoineen. Pakattuna zip-paketiksi käyttöliittymälle jäi kokoa enää noin 78 kilotavua. Koko saattaa kuitenkin vielä jonkin verran muuttua, jos hallintakäyttöliittymään lisätään uusia ominaisuuksia myöhemmin. Web-käyttöliittymän tiedostot eivät ole vielä nähtävissä, mutta ne julkaistaan mahdollisesti myöhemmin internetissä.

12 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Raspberry Pi 3 Model B -nimisen yhden piirilevyn tietokoneen toimintaan yleisesti, sen tarjoamiin mahdollisuuksiin ja markkinoilla oleviin kilpaileviin tuotteisiin, sekä selvittää kuinka sen avulla voidaan toteuttaa lähiverkossa toimiva NAS-palvelin mediatiedostojen toistamiseen ja tiedostojen jakamiseen.

NAS-palvelimen hankinta oli ollut jo pitkään mielessäni, mutta siirsin sen hankintaa kuitenkin useaan otteeseen, koska sille ei ollut välttämätöntä tarvetta. Lopulta päädyin kuitenkin toteuttamaan palvelimen kokonaan alusta asti itse, koska käytettävissäni oli ylimääräiseksi jääneitä komponentteja ja Raspberry Pi Model 3 B oli myynnissä alennettuun hintaan. Idea palvelimen toteuttamisesta alkoi muodostua myös sikäli hyvään aikaan, että siitä muodostui lopulta mielenkiintoinen opinnäytetyö, jonka toteuttaminen opetti paljon uusia asioita, niin elektroniikasta kuin myös Raspberry Pi:stä, Linuxista ja web-ohjelmoinnista.

Työn toteuttamiseen ja suunnitteluun käytettiin useita tunteja sekä sen toteuttaminen vaati myös paljon selvitystyötä, koska Raspberry Pi 3 Model B oli alustana melko tuntematon, kuin myös Linux-maailma ja sen tekstipohjainen hallinta Shell-skripteineen. Työn aikana selvisikin paljon uusia asioita ja mahdollisuuksia niin Raspberry Pi:n kuin Linuxin osalta, kuten esimerkiksi Raspberry Pi:n monipuoliset käyttökohteet ja Linuxin joustava muokattavuus käyttäjän vaatimien tarpeiden mukaan. Täysin uutena asiana tuli myös parametrien kerääminen Raspberry Pi:stä, hyödyntämällä siihen Linuxin Shell-skriptejä ja muuttamalla ne graafiseen esitysmuotoon hyödyntäen jQuery JavaScript -kirjastoa ja PHP:ta.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi toimiva ja edullinen NAS-palvelin sekä käytännöllinen ja kevyt web-käyttöliittymä, jonka avulla palvelimesta voidaan lukea tarpeellisia parametreja. Valmis NAS-palvelin täyttää sille asetetut vaatimukset ja palvelee hyvin määritetyssä tehtävässään.

Valmiin palvelimen toimintaa ei tarvitse ainoastaan rajoittaa lähiverkkoon, vaan sen käyttökohteita voidaan halutessa laajentaa ja myöhemmin onkin tarkoituksena mahdollisesti

avata tarvittavia tietoliikenneportteja modeemista ja näin ollen käyttää palvelinta pilvipalvelimen omaisesti, jolloin on mahdollista siirtää tiedostoja palvelimen ja ulkoverkon välillä.

NAS-palvelinta varten toteutettu käyttöliittymä on tarkoitus julkaista myöhemmin internetissä avoimen lähdekoodin projektina ja lisätä siihen lisäominaisuuksia, kuten esimerkiksi graafinen asetusvalikko ja mahdollisuus lukea parametreja useammalta ulkoiselta kovalevyltä yhtäaikaisesti.

LÄHTEET

Anton Keks n.d. Angry IP Scanner. Luettu 12.1.2018.

<http://angryip.org/about/>

Banana Pi 2018. What is Banana Pi M2 Berry. Luettu 15.2.2018.

<http://www.banana-pi.org/m2ub.html>

Barb Gonzales 2017. What is a NAS (Network Attached Storage Device)? Luettu 18.1.2017.

<https://www.lifewire.com/what-is-a-nas-1847428>

Difference Between 2016. Difference between RAID 0 and RAID 1. Luettu 14.1.2018.

<https://www.differencebtw.com/difference-between-raid-0-and-raid-1/>

Embedded Linux Wiki 2017. RPi Distributions. Luettu 18.12.2017.

https://elinux.org/RPi_Distributions

Intel 2017. Different Wi-Fi Protocols and Data Rates. Luettu 16.2.2018.

<https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005725/network-and-i-o/wireless-networking.html>

John Hewes 2017. LEDs. Luettu 31.12.2017.

<https://electronicsclub.info/leds.htm>

Lakka n.d. Why Lakka. 16.2.2018.

<http://www.lakka.tv/doc/Why-Lakka/>

OpenMediaVault n.d. What is openmediavault? 15.2.2018.

<https://www.openmediavault.org/>

opensource.com n.d. What is a Raspberry Pi? Luettu 17.12.2017.

<https://opensource.com/resources/raspberry-pi>

Overlock.net 2014. Switch to turn on/off hard drive? Which wire to cut? Luettu 29.12.2017.

<http://www.overclock.net/t/1529695/switch-to-turn-on-off-hard-drive-which-wire-to-cut>

PINE64 2018. ROCK64 4K60P HDR Media Board Computer. Luettu 15.2.2018.

https://www.pine64.org/?page_id=7147

Raspberry Pi Dramble n.d. microSD Card Benchmarks. Luettu 29.12.2017.

<https://www.pidramble.com/wiki/benchmarks/microsd-cards>

Raspbian n.d. Luettu 18.12.2017.

<https://www.raspbian.org/>

Red Hat, Inc. n.d. What is network-attached storage. Luettu 21.12.2017.

<https://www.redhat.com/en/topics/data-storage/network-attached-storage>

Resin.io 2017. Etcher. Luettu 28.12.2017.

www.etcher.io

Rob Sobers 2014. The Difference Between CIFS and SMB (and Samba vs. NFS). Luettu 16.1.2018.

<https://blog.varonis.com/the-difference-between-cifs-and-smb/>

Samara Lynn 2014. RAID Levels Explained. Luettu 14.1.2018.

<http://uk.pcmag.com/storage-devices-reviews/7917/feature/raid-levels-explained>

Simon Tatham 2017. PuTTY: a free SSH and Telnet client. Luettu 28.12.2017.

www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty

Starting Electronics 2012. Light Emitting Diode (LED). Luettu 31.12.2017.

<https://startingelectronics.org/beginners/components/LED/>

The Apache Software Foundation 2018. Apache HTTP Server Project. Luettu 5.1.2018.

<https://httpd.apache.org/>

The Raspberry Pi Foundation n.d. FAQs: What are the differences between models? Luettu 17.12.2017.

<https://www.raspberrypi.org/help/faqs/>

The Raspberry Pi Foundation n.d. GPIO: Models A+, B+, Raspberry Pi 2 B and Raspberry Pi 3 B. Luettu 10.10.2017.

<https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio-plus-and-raspi2/README.md>

The Raspberry Pi Foundation n.d. SD Cards. Luettu 29.12.2017.

<https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/sd-cards.md>

The Raspberry Pi Foundation n.d. What is a Raspberry Pi? Luettu 17.12.2017.

<https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>

Tim Fisher 2017. What is DHCP? (Dynamic Host Configuration Protocol). Luettu 7.1.2018.

<https://www.lifewire.com/what-is-dhcp-2625848>

Wikipedia 2013. Keskitin. Luettu 17.2.2018.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Keskitin>

Wikipedia 2015. Kytkin (tietoliikenne). Luettu 17.2.2018.

[https://fi.wikipedia.org/wiki/Kytkin_\(tietoliikenne\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kytkin_(tietoliikenne))

Wikipedia 2016. Piirikaavio. Luettu 3.1.2018.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Piirikaavio>