



Petri Hätönen

Internetyhteyden valvontatyökalun kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

1.11.2023

Tiivistelmä

| | |
|-------------------------|--|
| Tekijä: | Petri Hätönen |
| Otsikko: | Internetyhteyden valvontatyökalun kehittäminen |
| Sivumäärä: | 33 sivua |
| Aika: | 1.11.2023 |
| Tutkinto: | Insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma: | Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma |
| Suuntautumisvaihtoehto: | Tietojenkäsittely ja tietoliikenne |
| Ohjaaja: | Janne Salonen, Osaamisaluepäällikkö |

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää operaattorikäyttöön monipuolinen valvontatyökalu, jolla voidaan mitata sekä testata yksittäisen liittymän toimivuutta. Valvontatyökalu suunnitellaan operaattorikäyttöä varten, joten sen tulisi sisältää mahdollisimman laajasti WAN-liikenteen analysointiin tarvittavia ominaisuuksia. Laitteen käyttöliittymän tulisi olla mahdollisimman helpokäyttöinen.

Yritysten käyttämät ohjelmistot ja tietokannat siirtyvät yhä enemmän pilvipohjaisiksi. Tämän vuoksi yhteydet ovat usein myös kriittisiä asiakkaan liiketoiminnan kannalta. Tällöin mahdolliset ongelmatilanteet tulisi korjata mahdollisimman nopeasti. Osa asiakasliittymien vioista on hyvin haastavaa analysoida ilman fyysistä käyntiä asiakkaalla. Ongelma saattaa ilmetä esimerkiksi vain tiettyyn kellonaikaan tai harvakseltaan, joka tekee paikan päällä tehtävästä tutkimisesta hyvin vaikeaa.

Ongelma voi sijaita asiakkaan sisäverkon osassa, joka ei ole operaattorin valvonnassa tai ylläpidossa. Asiakkaan näkökulmasta tällainen vika saattaa kuitenkin vaikuttaa olevan operaattorin verkossa. Tämän kaltaisissa tapauksissa tehokkaan vianrajoituksen mahdollistava työkalu auttaa niin operaattoria kuin asiakastakin. Operaattori saa tehokkaasti rajattua ongelman aiheuttajaa ja asiakasta pystytään mahdollisesti auttamaan ongelman korjaavien toimenpiteiden aloittamisessa.

Markkinoilla olevat laitteet ovat usein kalliita ja niistä löytyy ominaisuuksia, joita operaattori ei välttämättä tarvitse. Tämän opinnäytetyön päämäärä on tuottaa laite sekä ohjelmisto, joka jää yksikköhinnaltaan huomattavasti halvemmaksi kuin markkinoilla olevat laitteet, sisältäen kuitenkin kaikki tietoliikenneoperaattorille tärkeimmät ominaisuudet.

Opinnäytetyö koostuu käytettävän liittymän valvontaan käytettävän tietokoneen valikoimisesta, käyttöliittymän sekä ominaisuuksien suunnittelusta, ohjelmien ja toiminnallisuuksien toteutuksesta.

Avainsanat: Verkonvalvonta, Internet-operaattori, Tietoliikenne

Abstract

Author: Petri Hätönen
Title: Development of network connection monitoring tool
Number of Pages: 33 pages
Date: 1 November 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Information technology
Specialisation option: Information and communication technology
Instructor(s): Janne Salonen, Head of school

The purpose of this thesis is to develop a versatile monitoring tool for an Internet service provider, which can be used to test and measure the functionality of individual internet connections. As the tool is designed for operator use, it should include a wide range of features for WAN traffic testing. The device should also be user-friendly and easy to use.

Software and databases used by companies are increasingly moving to cloud-based solutions. For this reason, connections are often critical to the customer's business. Any potential issues should be resolved as quickly as possible. Some customer internet connection problems are challenging to analyse, without a physical visit to the customer. The problem may only occur at specific times or infrequently, making on-site investigation difficult.

The problem can also exist in a part of the customer's internal network that is not under the operator's monitoring or maintenance. From the customer's perspective, such fault may appear to be within the operator's network. In these cases, a tool that enables quick fault isolation helps both the operator and the customer. The operator can narrow down the cause of the problem, and the customer can be helped in starting the corrective actions.

The devices that are available on the market are often expensive. They also come with features that the operator may not necessarily need. The main goal of this thesis is to produce a device and its software that still is significantly cheaper in unit cost compared to the devices available on the market. It should still include all the essential features for the telecommunications operator.

The thesis consists of selecting the computer to be used, designing the user interface and features, and implementing the programs and functionalities.

Keywords: Network monitoring, Internet service provider, Telecommunications

Sisällys

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 2 | Aihealueen rajaus | 7 |
| 3 | Tutustuminen kaupallisiin sovelluksiin | 8 |
| 3.1 | Paessler PRTG | 8 |
| 3.2 | NetPi | 9 |
| 4 | Tutustuminen kaupallisiin laitteisiin | 10 |
| 5 | Pohdintaa omien kokemusten pohjalta | 11 |
| 5.1 | Laitteen toimittaminen | 12 |
| 5.2 | Asennus | 12 |
| 5.3 | Tarvittavat ohjelmistot | 12 |
| 5.4 | Etäyhteydet | 13 |
| 6 | Laitteen suunnittelu | 13 |
| 6.1 | Tietokoneen valinta | 13 |
| 6.2 | Liitännöiden ja yhteyksien suunnittelu | 14 |
| 7 | 4G yhteyksien rakentaminen laitteeseen | 15 |
| 7.1 | 4G reititin | 15 |
| 7.2 | 4G reitittimen virransyöttö | 17 |
| 7.3 | 4G-reitittimen- sekä testaukseen käytettävä verkkoliitäntä | 18 |
| 7.4 | 4G-reitittimen konfiguraatio | 19 |
| 8 | Valmiin laitteen arviointi | 20 |
| 9 | Toiminnallisuuksien suunnittelu | 20 |
| 9.1 | Ping | 20 |
| 9.2 | Traceroute | 21 |
| 9.3 | MTR | 21 |
| 9.4 | Verkkoliikenteen pakettien seuranta | 21 |
| 9.5 | Nopeustesti | 21 |
| 9.6 | Liittymän toiminnan seuraaminen | 22 |
| 10 | Projektin suunnittelu | 22 |

| | | |
|----|--|----|
| 11 | Käyttöjärjestelmä | 23 |
| 12 | Käyttöliittymän suunnittelu ja ohjelmointi | 23 |
| 13 | Taustalla suoritettava PHP-koodi | 25 |
| 14 | Asennusohjelmisto | 26 |
| | 14.1 Verkkoasetukset | 27 |
| | 14.2 Oheisohjelmistot | 28 |
| | 14.3 Käyttöliittymään tarvittavat ohjelmat sekä HTML-sivut | 28 |
| 15 | Ohjelmiston testaus | 29 |
| 16 | Johtopäätökset ja yhteenveto | 30 |
| 17 | Jatkokehitysehdotukset | 31 |
| | Lähteet | 32 |

1 Johdanto

Toimivista tietoliikenneyhteyksistä on tullut nykyisin itsestäänselvyys ja kriittinen infrastruktuuri kuluttajille, sekä varsinkin yrityksille. Yrityksillä on usein yhteyksiä erilaisiin pilvipalveluihin, verkossa toimiviin ohjelmistoihin sekä sidosryhmiin. Etätyön yleistyttyä työ tehdään usein verkkoyhteyksien yli. Tämän vuoksi jo pienikin katkos internetyhteyksiin voi aiheuttaa yritykselle suurta haittaa taloudellisesti. [1.]

Yhteysongelma voi jäädä asiakkaan sisäverkkoon tai operaattorin vastuulla olevaan yhteyteen. Operaattori pystyy melko hyvin etänä tehtävillä toimenpiteillä paikallistamaan viat omassa verkossaan ja laitteissaan. Mikäli ongelma jää asiakkaan sisäverkkoon, operaattorin on todella vaikea tutkia omien laitteidensa ulkopuolella olevaa verkkoa. Asiakkaalle saatetaan vastata vain, että vikaa ei löydy operaattorin vastuulla olevasta verkon osuudesta. [2.]

Mikäli asiakas ei löydä omista laitteistaan vikaa tai asiakas kuitenkin epäilee vian olevan operaattorilla, niin ainoana vaihtoehtona on lähettää asentaja asiakkaan tiloihin tutkimaan ongelmaa. Tällöin asentaja testaa yhteyden toimivuuden ja yrittää paikallistaa vian syyn. Mikäli vikatilanne on poistunut, vika ilmenee vain ajoittain tai se on erittäin vaikea tutkia voi vian syyn paikantaminen olla lähes mahdotonta. [3]

Omien kokemuksieni pohjalta markkinoilta löytyy paljon verkon analysointiin tarkoitettuja laitteita ja ohjelmistoja. Näissä on ainakin osa tarvittavista ominaisuuksista, mutta myös paljon tarpeettomia toiminnallisuuksia. Operaattorien ja yritysten käyttöön suunnatut laitteet ovat myös usein hinnaltaan huomattavan kalliita. Arvelen että laitteiden hinnan saattaa selittää se, että niiden markkinat ovat hyvin pienet tai että tämän kaltaisille laitteille ei ole markkinoilla paljon kilpailevia tuotteita.

Tämän työn tavoitteena on selvittää, löytyykö markkinoilta jo valmiiksi käyttötarkoitukseen sopiva laite tai ohjelmisto. Mikäli tällaista laitetta tai ohjelmistoa ei löydy, niin työ jatkuu laitteen kehitysohjelmaksi. Tarkoituksena on kehittää laite, jonka voi jättää asiakkaalle valvomaan internetyhteyden toimintaa. Operaattori saa kattavaa ja varmaa tietoa liittymän toiminnasta ja tätä tietoa voidaan verrata asiakkaan kokemaan vikatilanteeseen.

Laitteen tulisi olla myös yksilöhinnaltaan huomattavasti edullisempi markkinoilla oleviin laitteisiin verrattuna. Sen tulisi myös kattaa paremmin operaattorin tarvitsemat ominaisuudet. [4.]

On myös mahdollista, että laitteeseen rakennetaan myöhemmin lisää ominaisuuksia. Nämä ominaisuudet voisivat mahdollistaa esimerkiksi liittymän telemetriatietojen graafisen raportoinnin tai tarjota reaaliaikaisen näkymän liittymän toimintaan. Tämän kaltainen palvelu voisi kiinnostaa asiakkaita, joiden yhteydet esimerkiksi pilvipalveluihin, ulkomaille tai konesaleihin ovat kriittisiä liiketoiminnan kannalta.

Laitteeseen voidaan rakentaa myös ominaisuus, joka antaa operaattorille mahdollisuuden kytkeä ulkoisen hallintayhteyden asiakkaan tiloissa oleviin laitteisiin. Vaikka yhteys päätelaitteeseen olisi poikki, niin operaattori pääsee kirjautumaan siihen ja tutkimaan vikaa yhteyden molemmista päistä. [5.]

2 Aihealueen raja

Opinnäytetyö rajataan laitteen suunnitteluun, sen tietoturvaan sekä tarvittavan ohjelmistojen laatimiseen. Koska kyseessä on julkiseen verkkoon kytkeytyvä laite, niin työssä kiinnitetään erityistä huomiota laitteen tietoturvaan.

Työssä kuvataan vastaavan laitteen rakentamiseen tarvittavat vaiheet sekä asennusohjelmiston sisältö. Työssä ei ole tarpeen avata kaikkea ohjelmiston toimintaan liittyvää koodia, muutamia esimerkkejä lukuun ottamatta.

3 Tutustuminen kaupallisiin sovelluksiin

Käytän itse työssäni jonkin verran verkkojen analysointiin ja monitorointiin soveltuvia ohjelmia, joten osa niistä oli minulle jo ennestään tuttuja. Tämän vuoksi osasin rajata ulos osan ohjelmista, jotka tiesin huonosti käyttötarkoitukseen soveltuviksi.

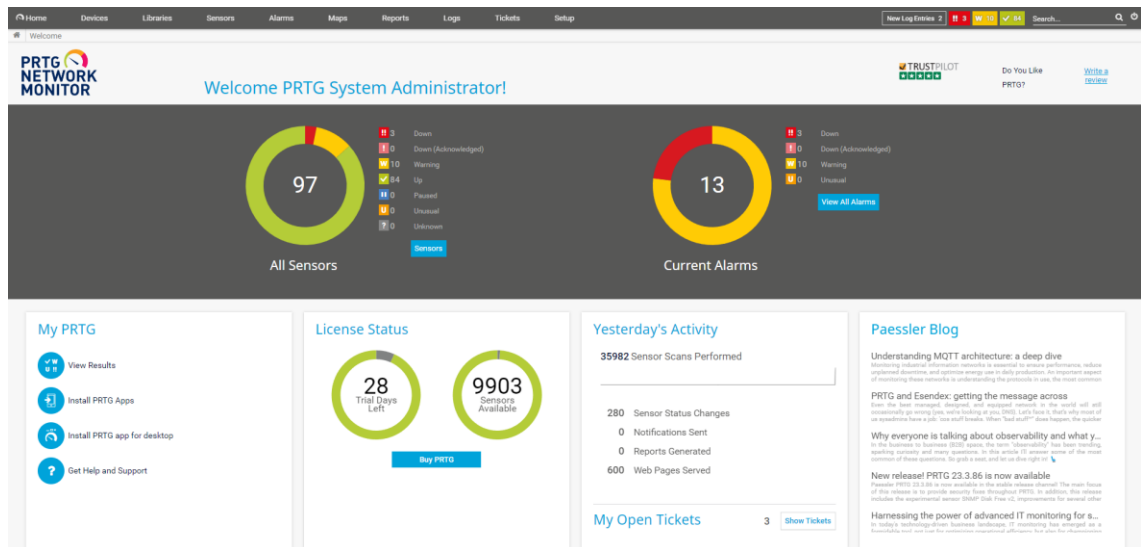
Etsin verkosta kaupallisia ohjelmia, jotka soveltuisivat internetyhteyksien valvontaan. Mikäli tällainen ohjelmisto löytyisi valmiina ja olisi kohtuullisen hintainen, niin omaa ohjelmiston tekemiseen ei välttämättä kannattaisi ryhtyä.

Verkossa tekemäni tutkimukset vahvistivat epäilyni siitä, että asiakasyhteyksien valvontaan soveltuvia ohjelmia ei juurikaan ole. Pääsääntöisesti kaikki ohjelmat myös edellyttävät sen ostamista tai lisenssin hankkimista. Joitakin ohjelmia tarjotaan myös ilmaisversioina, mutta niiden kaupallinen käyttö saattaa olla kielletty tai niistä puuttuu huomattavasti tärkeitä ominaisuuksia.

3.1 Paessler PRTG

Tutustuin kaupallisista ohjelmista tarkemmin Paessler PRTG:hen. Paessler PRTG Network Monitor mainostaa sivuillaan olevansa monipuolinen koko verkon ja sen laitteiden valvontaan tarkoitettu ohjelmisto. Paesslerin sivuilta löytyy myös maininta, että ohjelmalla pystyy myös valvomaan Internetyhteyttä. Tämän vuoksi valikoin ohjelman tarkempaan tutkintaan. [6.]

Testasin ohjelmaa omassa kotiverkossani ja totesin ohjelman olevan hyvin monimutkainen ja sisältävän enemmän laitteiden sekä käyttöjärjestelmien valvontaan liittyviä ominaisuuksia. Ohjelmiston halvin 12 kuukauden lisenssi maksaa 1449 € ja tällä lisenssillä pystyy valvomaan 500 kohdetta 50 laitteessa. Korkean hinnan, ohjelman monimutkaisuuden sekä sen turhien ominaisuuksien vuoksi Paessler PRTG ei mielestäni sovi hyvin pelkästään internetyhteyksien valvontaan.



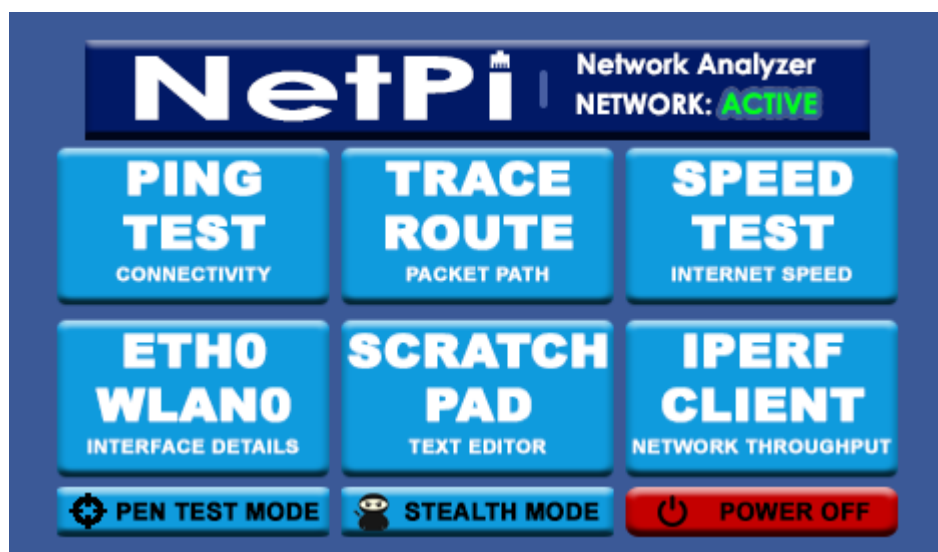
Kuva 1. Paessler PRTG hallintanäkymä

3.2 NetPi

Löysin verkosta avoimen lähdekoodin ohjelman nimeltä NetPi. Se on hyvin lähellä samanlaista kokonaisuutta, jonka olin suunnitellut tekeväni. Ohjelma löytyi etsiessäni tarkasti Raspberry Pi minitietokoneelle laadittuja verkon testauksiin soveltuvia ohjelmia.

Kyseinen ohjelmistoprojekti on nykyään jo lopetettu. Projektiä ylläpidettiin aikaisemmin omilla verkkosivuillaan, mutta nykyisin sivusto on suljettu. Ohjelmiston kehitystyötä ei enää tapahdu. Viimeisin päivitys GitHubista löytyvään projektiin on tehty 8 vuotta sitten. [7.]

Löysin kuitenkin NetPi:n ohjelmiston internetistä ja asensin sen omalle testipalvelimelleni. Siitä kuitenkin puuttui ominaisuus suorittaa testejä taustaprosessina ja kaikki testit olivat kertatestejä. Tämä ohjelmisto olisi voinut käyttötarkoitukseen hyvä, mutta koska sitä ei enää kehitetä, niin hylkäsin sen käyttämisen projektissa.



Kuva 2. Avoimen lähdekoodin NetPi ohjelman käyttövalikko

4 Tutustuminen kaupallisiin laitteisiin

Tutustuin markkinoilta löytyviin laitteisiin, joita voisi käyttää verkkoyhteyksien valvontaan ja analysointiin. Useiden laitteiden ongelmaksi muodostui, että ne olivat lähinnä tarkoitettu kaapeloinnin, lähiverkon tai yksittäisen lähiverkon ominaisuuden testaukseen. Näistä ei löytynyt välttämättä lainkaan internetyhteyksien valvontaan tarvittavia ominaisuuksia tai ominaisuudet olivat puutteellisia.

Verkkojen analysointiin ja testaamiseen tarkoitettuja laitteita olivat esimerkiksi LanXPLOREER PRO ja netAlly LinkRunner G2. Laitteissa on jonkin verran yhteyksien analysointiin tarvittavia ominaisuuksia. Nämä laitteet ovat huomattavan kalliita. LanXPLOREER PRO maksaa kirjoitushetkellä Elfa Distrelec-verkkokaupassa 3573 € ja netAlly LinkRunner G2 3195 €. Laitteet eivät ominaisuuksiensa puolesta sovellu operaattorille tarkoitettuun yhteyksien valvontaan lainkaan. [8.]



Kuva 3. LanXPLORER PRO ja netAlly LinkRunner G2 laitteet

5 Pohdintaa omien kokemusten pohjalta

Olen työssäni aiemmin käyttänyt verkkoanalysointilaitteita sijasta kannettavaa tietokoneita erilaisiin vianrajauksiin. Tämä onkin usein ainoa vaihtoehto tarvittavien testien tekemiseen. Joskus testit voidaan kuitenkin tehdä esimerkiksi asiakkaan yhteyden päätelaitteena toimivasta reitittimestä, mutta kaikissa tapauksissa tämä ei ole mahdollista.

Kannettava tietokone on yleensä jätetty asiakkaan tiloihin testejä varten päälle. Tarvittavat testit on käynnistetty komentoriviltä etäyhteyden kautta ja testien tulos on konfiguroitu tallentumaan tekstitiedostoon. Tällä on varmistettu, että tulokset jäävät talteen, jos kone esimerkiksi käynnistyy uudelleen tai jotain muuta odottamatonta tapahtuu.

Vaikka tämä tapa on toimiva, niin olen huomannut useita ongelmia kannettavan tietokoneen käytössä. Nämä ongelmat olisivat erillisellä tarkoitukseen suunnitellulla laitteella vältettävissä.

5.1 Laitteen toimittaminen

Asiakkaat saattavat sijaita maantieteellisesti missä tahansa. Kannettava tietokone on hankala toimittaa asiakkaalle postitse, sekä se saattaa vaurioitua kuljetuksen yhteydessä. Kannettavassa tietokoneessa täytyy usein käyttää ulkoisia liitäntäkortteja tai laitteita esimerkiksi etäyhteyden ja varsinaisen mittausliitännän toteuttamiseksi. Näiden liitäntöjen kiinnittäminen etukäteen tekisi laitteesta kuljetuksessa helposti rikkoontuvan. Erillisestä tarkoitukseen suunnitellusta laitteesta on mahdollista tehdä huomattavasti kuljetusta kestävämpi.

5.2 Asennus

Laitteen voi joutua asentamaan tietokoneisiin tai tietoliikenteeseen perehtymätön henkilö. Tämän vuoksi asennuksesta tulisi tehdä hyvin helppoa ja selkeää.

Erillisellä laitteella asennuksesta saadaan helppoa, kun tarvittavat liitännät ovat valmiiksi paikallaan. Asiakkaan tehtäväksi jää vain liittää sähkö laitteeseen sekä esimerkiksi RJ-45 liitin johonkin ennalta määriteltyyn laitteeseen.

5.3 Tarvittavat ohjelmistot

Yhteyden valvomista varten omistettuun laitteeseen pystytään asentamaan valmiiksi kattavat testiohjelmistot sekä rakentamaan helposti käytettävä käyttöliittymä. Tämä mahdollistaa sen, että analysaattoria pystyy käyttämään muutkin kuin vain laitteen toimintaan perehtyneet henkilöt. Pelkässä Linux käyttöjärjestelmässä testien suorittajan tulisi tuntea Linuxin toiminta, sekä osata ajaa tarvittavat komennot komentoriviltä.

5.4 Etäyhteydet

Käyttötarkoitusta varten suunniteltuun laitteeseen voidaan etukäteen rakentaa liitännät ja toiminnallisuudet tarvittavia etäyhteyksiä varten. Tällöin etäyhteyksiä tarvitse räätälöidä testattavan liittymän ominaisuuksien mukaan tai muuttaa päätelaitteiden konfiguraatiota.

6 Laitteen suunnittelu

Kehitystyö alkoi laitteen valinnalla sekä sen yhteyksien ja topologian suunnittelulla. Aloin järjestelmällisesti valitsemaan komponentteja saatavuuden sekä kustannusten mukaan.

6.1 Tietokoneen valinta

Olin alustavasti suunnitellut käyttäväni tietokoneena pienikokoista Raspberry Pi tietokonetta, mutta komponenttipulan vuoksi niitä oli hyvin vaikeaa saada. Tämän vuoksi valitsin laitteeksi hieman kalliimman HP Prodesk 600 G3 minitietokoneen. Kyseisen koneen valintaan vaikutti myös oleellisesti se, että tietokone on melko pienikokoinen ja niitä oli paljon saatavilla.

Hankin tietokoneen käytettynä, jolloin sen hinta oli noin 150 €. Mielestäni laitteen hinta on hyvin edullinen, kun hintaa vertaa markkinoilla oleviin testauslaitteisiin.

Laitteessa on kattavasti USB-liitäntöjä mahdollisten lisälaitteiden liittämiseen sekä laitteen sisältä löytyy sopivasti tilaa mahdollisille johdoille ja adaptereille.

Laitoin tietokoneen BIOS-asetuksista päälle ominaisuuden, jolla kone käynnistyy uudelleen esimerkiksi sähkökatkon tapahtuessa. Tällä estetään, että testipalvelu jäisi alas esimerkiksi sähkökatkon tapahtuessa.



Kuva 4. Pilottilaitetta varten hankittu minitietokone

6.2 Liitännöjen ja yhteyksien suunnittelu

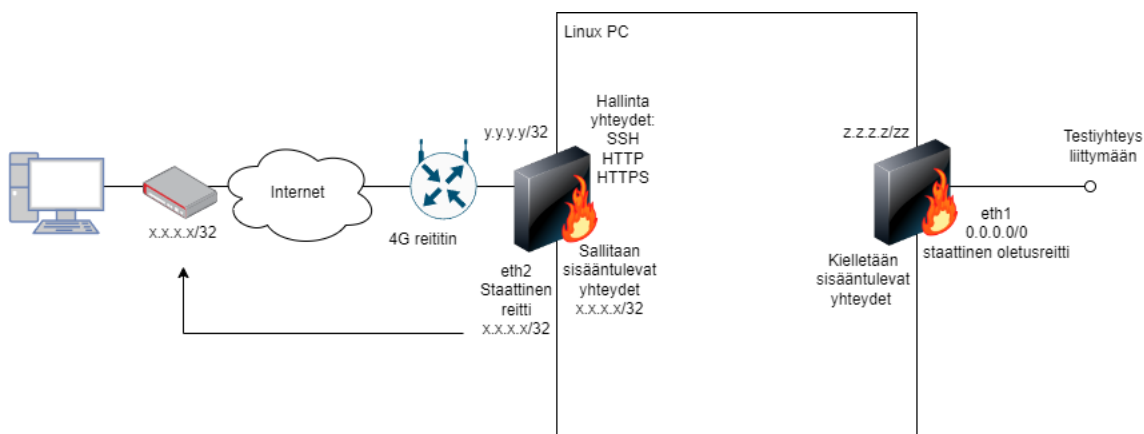
Suunnittelin laitteeseen tulevan verkkotopologian tietoturvan sekä käytännöllisyyden kannalta. Laite asennetaan operaattorin omaan verkkoon, joten hallintayhteys ei kulje muiden operaattoreiden tai verkkojen kautta. Tällöin yhteyttä on melko turha suojata liikenteen salauksella. Pelkät staattiset reitit, laitteeseen tuleva palomuri ja palveluihin tuleva salasana riittävät mielestäni kattamaan laitteen tietoturvan vaatimukset.

Hallintaverkon suunnasta avataan vain tarvittavat palvelut ja näiden portit sekä sallitaan niihin kirjautuminen laitteeseen vain yksittäisistä IP-osoitteista. Kaikki muu laitteeseen hallintayhteyteen kohdistuva liikenne kielletään ja tiputetaan pois laitteen palomuurilla.

Oletusreitit liikenteelle määritellään testiyhteyteen, joka on yhdistetty operaattorin tai asiakkaan laitteeseen. Tämä testiyhteys on myös syytä suojata palomuurilla, vaikka siihen ei olekaan avattu palveluita. Tämä on mielestäni tarpeen,

koska laitteeseen voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia ja asentaa lisää ohjelmistoja, esimerkiksi sen ollessa asiakkaalla. Nämä uudet ohjelmat voivat avata palveluja testiyhteyden puolelle ja tehdä laitteen alttiiksi verkkohyökkäyksille.

Mielestäni hallintayhteys on oletuksena paras toteuttaa 4G yhteydellä, jossa on kiinteä IP-osoite. Tällöin laitteen voi lähettää tai viedä aina tarvittavaan kohteeseen ja hallintayhteys kulkee sen mukana. Tätä varten tarvitaan erillinen 4G reititin sekä 4G liittymä varsinaisen testilaitteen lisäksi. Laitteeseen voidaan rakentaa hallintayhteys tarvittaessa myös asiakkaan käytössä olevan liittymän kautta.



Kuva 5. Topologiakuva suunnitelluista laitteen yhteyksistä.

7 4G yhteyksien rakentaminen laitteeseen

Kun olin hahmotellut laitteen verkkotopologian, niin aloitin suunnittelemaan hallintayhteyttä sekä siihen tarvittavia laitteita ja liitäntöjä.

7.1 4G reititin

Aloitin työn 4G-reitittimen valinnalla. Suunnittelin ensin, että asentaisin 4G-tikun laitteen sisälle ja antenni olisi kaapeloitu laitteen päälle. Testasin yhteyksiä kolmella vanhalla USB tikulla. Ongelmaksi muodostui, että Linux tuki suoraan vain

yhtä testaamaani tikkua. Nämä tikut olisi pitänyt myös ostaa uutena, joka olisi lisännyt laitteen hintaa ja viivästyttänyt työn valmistumista.

Pohtiessani asiaa, kollegani ehdotti, että laitteessa voisi käyttää asiakaskäytöstä poistunutta 4G-reititintä. Näitä 4G-reitittimiä on poistunut käytöstä suuria määriä, koska ne eivät tue uusia 4G kategorioita.

Päädyin käyttämään Teltonika RUT240 4G-reititintä koska, niitä on varastossa runsaasti ja ne eivät tarvitse uutta investointia. Laitteessa on kaksi Ethernet-porttia sekä kaksi paikkaa 4G-antenneille. Aluksi suunnittelin purkavani laitteen ja asettavani vain laitteen piirilevyn tietokoneen kotelon sisään. Antenniliittimille olisi voinut porata reiät kotelon kylkeen. Hylkäsin kuitenkin idean koska en halunnut fyysisesti muokata laitteen koteloa. Päädyin asentamaan laitteen kotelon päälle kaksipuoleisella teipillä. [9]

Reitittimen asentaminen tietokoneen kotelon ulkopuolelle lisää hieman laitteen fyysistä kokoa. Toisaalta reititin on tällöin helposti tarvittaessa vaihdettaessa sekä antenniliittimet ovat helposti käsiteltävissä.

Tietokoneessa oli ostettaessa asennettuna vanha VGA-portti ulkoista näyttöä varten. Portti oli kiinnitetty muutamalla ruuvilla emolevyyn ja se oli suhteellisen helppo poistaa. VGA-portin liittimen reiästä sain helposti tarvittavan läpiviennin kaapeleille.



Kuva 6. 4G-reititin tietokoneen päällä

7.2 4G reitittimen virransyöttö

4G reititin hyväksyy 9-30VDC virransyötöksi ja sen kuluttama teho on huomattavan pieni - vain muutamia watteja. Mieleeni tuli, että ulkoisen virransyötön sijaan voisin käyttää laitteessa tietokoneen emolevyiltä löytyvää virransyöttöä. Et sin koneesta reitittimeen sopivaa jännitettä. USB-väylä tuli ensimmäisenä mieleen, mutta dokumentaatioon tutustuttuani totesin, että siitä ei saa kuin 5VDC jännitteen.

Toinen vaihtoehto olisi ollut koneesta löytyvä massamuistin liittämiseen tarkoitettu SATA-väylä, jossa olisi pitänyt dokumentaation mukaan olla myös 12VDC ulostulo. Tutkiessani piirilevyllä ollutta SATA liitintä totesin, että siitä puuttuvat 12VDC koskettimet kokonaan.

Pohtiessani ongelmaa löysin verkosta USB-väylän jännitteen nostoon tarkoitettuja adaptereita, joilla pystyy nostamaan USB-jännitteen 5VDC -> 12VDC. Löysin Partcon verkkokaupasta kyseisen adapterin ja sen hinta ostohetkellä oli 11.50 €. Johdossa oli tosin väärä liitin, joten katkaisin molempien virtajohtojen kaapelit ja juotin ne siististi toisiinsa. Liitoksien päälle laitoin mustaa kutistesukkaa estämään oikosulun. [10.]

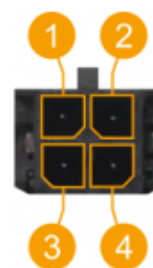
4G-reititin toimi boosterilla moitteettomasti ja päätin asentaa boosterin siististi tietokoneen kotelon sisäpuolelle.

Power socket

The router has a 4 pin power socket and can be powered by a 9-30 VDC power supply unit (PSU).

Power Socket Pinout

| No. | Description | Wire color |
|-----|-------------|------------|
| 1 | Power | Red |
| 2 | Ground | Black |
| 3 | Input | Green |
| 4 | Output | White |



Kuva 7. Reitittimen virransyöttö

| Test type | Current (mA) | Power consumption (W) |
|--|--------------|-----------------------|
| Mobile data on ¹ + 1 LAN device connected ² (9 V) | 163 | 1.47 |
| Mobile data on ¹ + 1 LAN device connected ² (12 V) | 125 | 1.50 |
| Mobile data on ¹ + 1 LAN device connected ² (24 V) | 64 | 1.54 |

Kuva 8. Reitittimen tehonkulutus

7.3 4G-reitittimen- sekä testaukseen käytettävä verkkoliitäntä

4G-reitittimessä on Ethernet-liittimet, joten helpoin tapa yhdistää se tietokoneeseen oli asentaa tätä varten erillinen USB-väylään kiinnitettävä verkkokortti. Tällöin myös laitteen takana oleva kiinteä verkkokortti jää vapaaksi testiyhteyttä varten.

Halusin että laitteen ulkopuolelle ei jää tarpeettomia johtoja, joten asensin myös verkkokortin tietokoneen kotelon sisäpuolelle. Johdot, verkkokortti ja USB-virta-adapteri mahtuivat siististi kotelon sisäpuolella olevaan kovalevyn kiinnityskelkkaan.



Kuva 9. Johdotukset valmiina kotelon sisällä

7.4 4G-reitittimen konfiguraatio

Konfiguroin 4G-reitittimen passthrough-tilaan, jolloin se jakaa julkisen IP-osoitteen suoraan tietokoneen verkkokortille DHCP palvelulla. Lisäksi poistin laitteesta palomuurin sekä internetin puolella olevan hallintayhteyden.

Tarvittaessa laitteeseen pääsee kuitenkin vielä kirjautumaan erillisen hallintaverkon kautta Ethernet-porteista.

8 Valmiin laitteen arviointi

Mielestäni laitteesta tuli sopivan pieni, vaikka 4G reititin onkin kiinnitetty kotelon ulkopuolelle. Johdotukset sai kiinnitettyä siististi nippusiteillä pääosin laitteen sisälle ja antennit saa tarvittaessa kuljetuksen ajaksi irti.

Laite voidaan joutua asiakastiloissa asentamaan esimerkiksi metalliseen kaappiin. Tällainen kaappi estää 4G signaalin pääsyn kaapin sisään. Tällöin antenniliittimet myös mahdollistavat erillisten pidemmillä johdolla olevien ulkoisien antennien kytkennän kaapin ulkopuolelle.

4G-reititin on myös mahdollista siirtää pois kotelon päältä, mikäli testattava liitymä sijaitsee paikassa, jossa ei ole 4G-kenttää. Tällöin tietokoneen ja 4G-reititimen välinen yhteys voidaan kuljettaa myös sisäverkon läpi kauempaa. Tulevaisuudessa 4G-reitin voidaan myös helposti korvata esimerkiksi vastaavalla 5G-reitittimellä.

9 Toiminnallisuuksien suunnittelu

Suunnittelin laitteeseen tarvittavia ominaisuuksia omiin kokemuksiini perustuen. Järjestin myös lyhyen suunnittelupalaverin työpaikallani, jossa yhdessä pohdimme tärkeimpiä tarvittavia ominaisuuksia.

Tulimme siihen tulokseen, että laitteen tulisi sisältää ainakin seuraavat alaotsikoissa kuvatut ominaisuudet.

9.1 Ping

Ping lähettää ICMP-viestejä kahden IP-osoitteen välillä ja mittaa kuinka pitkä aika paketin lähettämisestä vastauksen saapumiseen kestää. Ping-toimintoa käytetään usein verkon yhteyksien testaamiseen ja toiminnan valvomiseen. Mikäli kohdeosoite ei vastaa ICMP-pakettiin niin se voi tarkoittaa, että yhteydessä

on ongelmia tai kohde laitetta ei ole konfiguroitu vastaamaan näihin ICMP-pyyntöihin. Ping-testin lähetys ja vastausajan viivettä voidaan käyttää myös mittaamaan verkkojen suorituskykyä sekä kuormitusta. [11.]

9.2 Traceroute

Traceroute on tekniikka, jolla selvitetään mitä reittiä tietoliikenne tapahtuu verkon yli kahden IP-osoitteen välillä. Traceroute toimii lähettämällä ICMP-viestejä yhteyden lähde ja kohde osoitteiden välillä. Vastauksista voidaan selvittää laitteet, joiden läpi paketit kulkevat ja saadaan muodostettu kuva reitistä. [12.]

9.3 MTR

MTR eli Matt's TraceRoute on ohjelma, joka yhdistää ping- ja traceroute-ominaisuudet. Sillä voi seurata yhteyden vasteaikaa verkkoreitin laitteille. MTR ohjelmalla on mahdollista löytää vika verkkoreitillä olevassa laitteessa. [13.]

9.4 Verkkoliikenteen pakettien seuranta

Linuxille löytyy ohjelma TCPDUMP, jolla voidaan valvoa verkkoyhteyden lähettämien ja siihen saapuvia paketteja. Tallainen pakettien seuranta on erittäin tärkeää tietyissä verkon ongelmanrajauksissa. [14.]

9.5 Nopeustesti

Yhteyden nopeuden mittaaminen on oleellinen osa liittymän testausta, koska liittymän hinta riippuu usein sen nopeudesta. Kokemukseni mukaan asiakkaat ottavat hyvin usein operaattoriin yhteyttä liittymän nopeusongelmien vuoksi. Usein ongelma ei kuitenkaan jää verkon osaan, joka on operaattorin vastuulla.

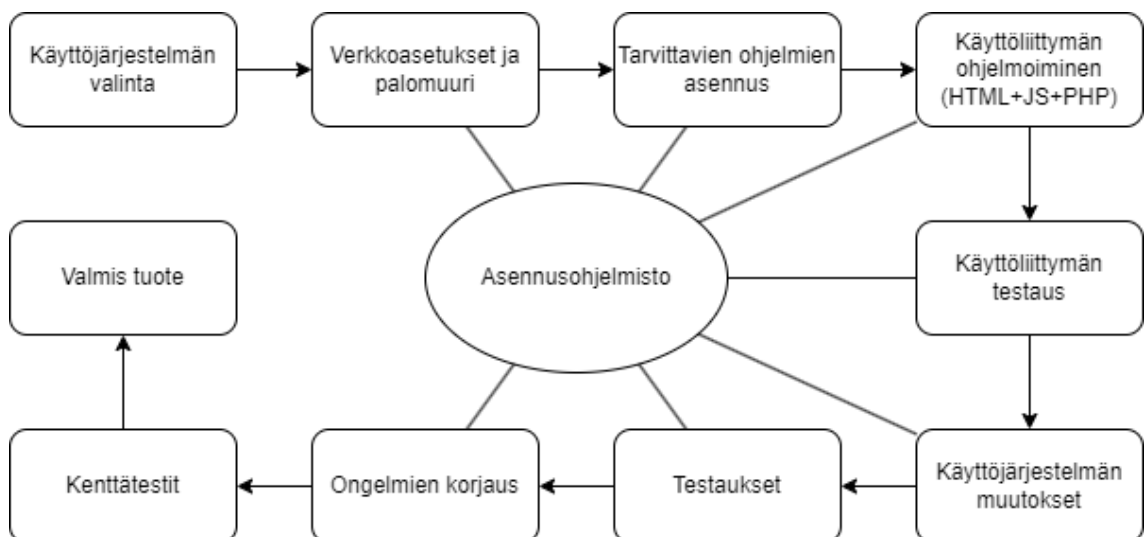
9.6 Liittymän toiminnan seuraaminen

Joskus liittymän ongelma voi näkyä vain ajoittain. Tämän vuoksi laitteeseen tulisi saada ominaisuus, jolla liittymää voisi seurata pidemmällä aikavälillä. Tätä seuranta varten voisi kehittää joko oman ohjelman tai valita siihen jonkin valmiiksi Linuxille löytyvän ohjelman.

10 Projektin suunnittelu

Ohjelmiston suunnittelussa yritin lähteä etenemään loogisesti ajan sekä turhan työn säästämiseksi. En ole ennen ollut tekemisissä ohjelmistoprojektien parissa, joten hahmottelin itselleni mallin, jonka mukaan työ etenisi määrätietoisesti ja vaiheittain.

Olen aiemmin asentanut sekä konfiguroinut omissa projekteissani sekä työssäni useita palvelimia. Arvelin että asennusohjelmiston tekeminen olisi vaativin osa työtä. Asia varmistui projektin toteutusmallin suunnittelun myötä. Kaikki muutokset tulisi tehdä työn edetessä myös asennusohjelmistoon.



Kuva 10. Projektin suunniteltu eteneminen

11 Käyttöjärjestelmä

Ohjelmiston kehittäminen alkoi Linux-jakelun valinnasta. Käyttöjärjestelmän vaihto myöhemmin toiseen Linux-jakeluun tulisi olemaan hankalaa, koska käyttöjärjestelmien välillä on eroja esimerkiksi pakettien lataamiseen käytettävissä sovelluksissa. Tämän vuoksi asennusohjelmistoon joutuu tekemään muutoksia, mikäli Linux-jakelu vaihtuu.

Valitsin käyttöjärjestelmäksi AlmaLinux-jakelun. Minulla on aikaisemmin kokemusta pääsääntöisesti CentOS-jakelusta, mutta päätin valita tähän projektiin AlmaLinuxin, jotta saisin myös siitä kokemuksia. Molemmat pohjautuvat RHEL (Red Hat Enterprise Linux) -jakeluun. [15.]

12 Käyttöliittymän suunnittelu ja ohjelmointi

Tein alustavan rautalankamallin verkkosivusta, kun hahmottelin miltä käyttöliittymän tulisi näyttää. Rautalankamallin jälkeen tein sivun HTML-koodin valmiiksi. Tähän sivuun muokkaisin projektin edistyessä tarpeelliset linkit yksittäisiin testeihin.

Sivun HTML-koodi on hyvin yksinkertainen. Käytin erillistä styles.css tiedostoa, jolla määritellään sivun visuaalinen ulkoasu. Tällöin HTML-koodi jää lyhyemmäksi ja selveemmäksi tulevia muokkauksia varten.

Testit käynnistetään JavaScriptillä. Taustalla suoritettavien testien PHP-koodi on selvyuden vuoksi omissa kansioissaan.

Käyttöliittymässä on linkki sivulle, jossa näytetään laitteen IP-osoitteet, palomuurin säännöt, viimeiset kirjautumiset, avoinna olevat portit sekä verkkojen reititykset. Tältä sivulta on helppo tarkistaa, että laitteen tietoturva on kunnossa.

Sivulla on käytössä Apache HTML-palvelimen htaccess-ominaisuus, joka vaatii käyttäjää syöttämään käyttäjätunnuksen sekä salasanan ennen kuin sivusto aukeaa selaimen. [16.]

The screenshot shows a web-based network analyzer interface. At the top, there's a header 'Network analyzer'. Below it, there are several sections:

- Quick tests:** Includes Traceroute, Ping, Traceping, Background tests, Route monitor, Ping test, and Speedtest.
- Open test results:** A section for viewing test outcomes.
- Launch console:** A button to start the analysis.
- Quick test results:** A large text area displaying the output of a traceroute to 'example.com'. The output shows 11 hops with IP addresses and response times in milliseconds.
- Running tests:** A section with a 'Route monitor' (green indicator) and a 'Ping test' (red indicator).

Kuva 11. Rautalankamalli sivun käyttöliittymästä

The screenshot shows a 'Network Monitor' interface. At the top, there's a header 'Network Monitor' and a navigation bar with 'Quick Tests', 'Service Status', and 'Smokeping'. Below the header, there's a section for 'Quick Tests' with a dropdown menu for 'Select Interface: eno1' and a 'Number of Lines: 40' field. The main area displays a list of network events, including ARP requests and responses, with columns for time, IP addresses, and interface names. At the bottom, there's a 'Service Status' section with a 'Stop SP' button and a 'Start SP' button. The status shows '48 packets captured', '48 packets received by filter', and '0 packets dropped by kernel'.

Kuva 12. Valmis käyttöliittymä pienillä muokkauksilla.

Quick Tests

- [Ping](#)
- [Traceroute](#)
- [PathPing](#)
- [TCPDump](#)
- [Speedtest](#)

Analysis

- [Smokeping](#)
- [Edit targets](#)

Information

- [Tech details](#)

IP Address Details

```

1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
inet 127.0.0.1/8 scope host lo
    valid_lft forever preferred_lft forever
inet6 ::1/128 scope host
    valid_lft forever preferred_lft forever
2: eno1: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP group default qlen 1000
link/ether [REDACTED]:be:be:69 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
altname enp0s31f6
inet 192.168.100.103/24 brd 192.168.100.255 scope global dynamic noprefixroute eno1
    valid_lft 604597sec preferred_lft 604597sec
inet6 [REDACTED]:be:be:69/64 scope link noprefixroute
    valid_lft forever preferred_lft forever
3: enp0s20f0u2: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP group default qlen 1000
link/ether [REDACTED]:19:b5:f8 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
inet [REDACTED] brd [REDACTED] scope global dynamic noprefixroute enp0s20f0u2
    valid_lft 83sec preferred_lft 83sec
inet6 [REDACTED]:19:b5f8/64 scope link noprefixroute
    valid_lft forever preferred_lft forever

```

Routing Details

```

default via 192.168.100.1 dev eno1 proto dhcp src 192.168.100.103 metric 101
[REDACTED] via [REDACTED] dev enp0s20f0u2 proto static metric 102
[REDACTED] dev enp0s20f0u2 proto kernel scope link src [REDACTED] metric 102
192.168.100.0/24 dev eno1 proto kernel scope link src 192.168.100.103 metric 101
[REDACTED] via [REDACTED] dev enp0s20f0u2 proto static metric 102

```

Listening Ports

```

tcp LISTEN 0      511      [REDACTED]:80      0.0.0.0:*
tcp LISTEN 0      128      [REDACTED]:22      0.0.0.0:*

```

Last 20 SSH Logins

Firewall Rules

```

table ip mgmtfilter {
    chain input {
        type filter hook input priority filter; policy drop;
        iif "enp0s20f0u2" ip saddr [REDACTED] accept
        iif "enp0s20f0u2" ip saddr [REDACTED] accept
        iif "enp0s20f0u2" drop
        iif "eno1" ct state { established, related } accept
        iif "eno1" drop
    }
}

```

Service State

Smoking:

Kuva 13. Sivulta näkee oleelliset tekniset tiedot

13 Taustalla suoritettava PHP-koodi

Taustalla suoritettavat PHP-koodit, joilla testit tehdään, ovat kaikki lähes samankaltaisia. Alla esimerkki TCPDump ohjelman suorittavasta koodista. Koodi saa tarvittavat parametrit HTML-sivulta käyttäjän syötteen mukaan ja ajaa sen jälkeen Linuxissa komennon. Komennon tuottama teksti syötetään tekstitiedoston. Toinen ajettava PHP-toiminnallisuus lukee tätä tekstitiedostoa ja näyttää sen sisällön käyttöliittymässä.

```

<?php
session_start();
header('Content-Type: text/plain; charset=utf-8');

if ($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {
    $interface = escapeshellarg($_POST['interface']);
    $rivot = escapeshellarg($_POST['rivot']);

    $output = "/tmp/tcpdump_temp";
    $nollaa = "sudo /bin/truncate $output -s0";
    shell_exec($nollaa);
    $suorita = "sudo /usr/sbin/tcpdump -l -i $interface -c $rivot > $output 2>&1";
    $tullos = shell_exec($suorita . " 2>&1");
    echo $tullos;
} else {
    http_response_code(405);
    echo "Virhe";
}
?>

```

Kuva 14. TCPDump ohjelman käynnistävä PHP tiedosto

14 Asennusohjelmisto

Projektin edetessä muutin asennusohjelmistoa lähes jokaisen askeleen kohdalla. Käyn ennen käyttöliittymän suunnitteluun perehtymistä läpi valmiin asennusohjelmiston sisällön, jotta muodostuu kuva mitä asennusohjelmisto sisältää.

Jaoin asennuksen kolmeen Linuxin komentosarjaan, joista jokainen hoitaa yhden osan asennuksesta. Tällä jaottelulla asennusohjelmisto pysyy selvänä ja helposti hallittavana. Nämä osat jakavat saman erillisen konfiguraatitiedoston, jotta asennuksen osalta voidaan helposti määritellä muuttujia, joiden mukaan asennus tapahtuu.

- Verkkoasetukset
- Oheisohjelmistot
- Käyttöliittymään tarvittavat ohjelmat sekä HTML-sivut

Asennusohjelmisto käyttää erillistä konfiguraatitiedostoa, johon ennen asennusta tulee asettaa oikeat parametrit.

14.1 Verkkoasetukset

Verkkoasetuksissa tehdään tarvittavat muutokset käyttöjärjestelmään, palomuu-
riin ja verkkoyhteyksiin.

- Asetetaan SELinux sallivaan tilaan, jotta palveluiden konfiguroiminen olisi helpompaa. SELinuxin tarkoitus on parantaa käyttöoikeuksien hallintaa järjestelmässä. Tietoturvan kannalta en pidä SELinuxia ainakaan ohjelmiston kehitysvaiheessa tarpeellisena, koska se lisää Linuxiin tehtävää konfiguraatiota melko paljon. On mahdollista ottaa SELinux käyttöön myöhemmässä vaiheessa, mikäli siihen ilmenee tarve.
- Asennetaan ja otetaan käyttöön erillinen palvelu, jolla estetään HTTPD (WWW palvelin) ja SSHD (palvelin SSH-etäkäyttöön) palveluiden käynnistyminen ennen kuin verkkokortti on saanut IP-osoitteen 4G-reitittimeltä. Reitittimen käynnistyminen kestää noin 3 minuuttia. Ilman tätä palvelua HTTPD ja SSHD palvelut yrittäisivät käynnistyä liian aikaisin ja menisivät vikatilaan.
- Muutetaan SSHD ja HTTPD palvelut käynnistymään automaattisesti, mikäli palvelut kaatuvat.
- Määritellään SSH palvelin vastaamaan vain asennusohjelmiston konfiguraatitiedostossa määriteltyihin IP-osoitteisiin.
- Muutetaan SSH palvelimen konfiguraatio hyväksymään vain tietyt Linuxiin konfiguroidut käyttäjät asennusohjelmiston konfiguraatitiedostoon määritellyistä IP osoitteista.

- Konfiguroidaan palomuuuri hyväksymään yhteydet vain hallintayhteyden käytössä olevasta verkkokortista ja asennusohjelmiston konfiguraatiodostossa määritellyistä IP-osoitteista tulevat yhteydet laitteelle.
- Luodaan pysyvät ja tarkat reitit hallintayhteyden käytössä olevaan verkkokorttiin. Nämä määritellään konfiguraatiodoston mukaisiin etäkäytön osoitteisiin.

14.2 Oheisohjelmistot

Oheisohjelmiston asennukseen käytettävässä komentosarjassa Linuxiin asennetaan tarvittavat ohjelmistot ja päivitykset.

- Päivitetään käyttöjärjestelmä
- EPEL pakettivarasto. Tämä lisäpakettivarasto sisältää tarvittavia paketteja, jotka eivät kuulu oletuksena AlmaLinuxiin.
- Tekstinkäsittelyohjelma Nano. AlmaLinux sisältää VIM-tekstinkäsittelyohjelman mutta Nano on mielestäni hieman käyttäjäystävällisempi.
- Speedtest-cli. Ooklan ohjelma tarvitaan nopeustestien tekemiseen.
- MTR (Matt's TraceRoute) -ohjelmalla tehdään verkkoreittien seuranta sekä mitataan yhteyden viiveitä reitin matkalla oleviin laitteisiin.
- TCPDump-ohjelma mahdollistaa verkkoliitännänsä saapuvien ja siitä lähtevien pakettien seurannan.

14.3 Käyttöliittymään tarvittavat ohjelmat sekä HTML-sivut

Asennuksen viimeisessä vaiheessa asennetaan kaikki käyttöliittymään tarvittava ohjelmisto ja konfiguraatio.

- Apache HTTP-palvelin.
- Palvelimen testien ajamiseen tarvittavat koodi tehdään PHP-ohjelmointikielillä. Tätä varten asennetaan PHP-kieli sekä siihen liittyvät kirjastot ja komponentit.
- Kopioidaan HTTP-palvelimen tarvitsemat konfiguraatiotiedostot, jotka esimerkiksi määrittelevät mistä laitteen IP-osoitteesta kuunnellaan yhteyspyyntöjä.
- Asennetaan Smokeping ohjelmisto, jota käytetään sekä hallitaan käyttöliittymän kautta. Smokeping mahdollistaa verkon toimintahäiriöiden ja suorituskyvyn seurannan pidemmällä aikavälillä.
- Muokataan Linux käyttöjärjestelmää niin että Apache HTTP-palvelimella on tarvittavat luvat ajaa testejä suoraan käyttöjärjestelmästä.

15 Ohjelmiston testaus

Laite oli päällä kotonani suorittamassa testejä useita viikkoja. Annoin palveluun myös tunnukset muutamille henkilöille yrityksessämme ja pyysin heitä testaamaan palveluja. Näiden testien perusteella ohjelmistosta löytyi muutamia ongelmia, joista suurin osa oli helppo korjata.

Suurin vastaan tullut ongelma oli, että ohjelmiston kehitystyön yhteydessä en ollut käynnistänyt tietokonetta uudelleen kertaakaan. Koneen käynnistyessä HTTPD ja SSHD prosessit eivät odottaneet riittävän kauan 4G-reitittimen käynnistymistä ja menivät vikatilaan, kun ne eivät pystyneet sitoa palveluita tiettyyn IP-osoitteeseen.

Kiersin tämän ongelman tekemällä uuden palvelun, joka odottaa, että verkkokortti on saanut IP-osoitteen DHCP:llä. konfiguroin SSHD:n ja HTTPD:n odottamaan tämän palvelun valmistumista. Palvelu ajaa luopilla while-lauseketta, joka valmistuu, kun IP-osoite on saatu. Tämän jälkeen SSHD- ja HTTPD-palvelut käynnistyvät automaattisesti.

```
[Unit]
Description=Wait for network interface
After=network.target

[Service]
Type=oneshot
ExecStart=/usr/bin/bash -c "while ! ip addr show dev $i | grep -q 'inet ' ; do echo 'NO IP[.]..' >> /var/log/wait-for-interface.log; sleep 1; done"
TimeoutStartSec=300
RemainAfterExit=yes

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Kuva 15. IP-osoitteen tarkistavan palvelun sisältö.

16 Johtopäätökset ja yhteenveto

Opinnäytetyön tekeminen oli hyvin mielenkiintoista, koska laadin myös työhöni apuvälinettä liittymien ongelmien tutkimiseen. Opinnäytetyön tekeminen lisäsi huomattavasti osaamistani Linux käyttöjärjestelmästä ja PHP-ohjelmoinnista.

Opinnäytetyö eteni loogisesti ohjelmistoihin ja laitteisiin tutustumisesta. Riittävän tietoperustan kartuttamisen jälkeen siirryin projektisuunnitelman tekemiseen. Tämän jälkeen seurasi suunnitteluvaihe sekä lopuksi varsinainen kehitystyö.

Työn edetessä huomasin, että kehitystyö ohjelmointieineen sekä samaan aikaan tapahtuva asennusohjelmiston päivitys on todella aikaa vievää. Olisikin ehkä järkevä jakaa vastaavan mittakaavan projektit useampaan osaan ja edistää niitä usean henkilön voimin.

Mielestäni valmistunut laite mahdollistaa internetyhteyden ongelmien ja vikojen helpon rajauksen. Sitä pystyy käyttämään myös Linuxin toimintaan perehtymättömät käyttäjät.

Laatimani asennusohjelma mahdollistaa laitteen ominaisuuksien helpon muokkauksen ja lisäämisen. Ohjelmisto pystytään asennusohjelmiston vuoksi asentamaan useaan laitteeseen ja mahdolliset muutokset käyttöympäristössä on helppo muuttaa yhteen konfiguraatitiedostoon.

Suurin yksittäinen ongelma, jonka kohtasin työtä tehdessäni, oli asennusohjelmiston sekä sen vaatimien tiedostojen päivittäminen. Kun tein Linuxiin muutoksia jonkin toiminnallisuuden mahdollistamiseksi, jäivät nämä muutokset muutamia kertoja lisäämättä asennusohjelmaan. Tämä aiheutti turhaa selvitystyötä, kun tein ohjelmiston uudelleen asennuksen, eikä jokin ohjelmiston osa enää toiminutkaan.

17 Jatkokehitysehdotukset

Opinnäytetyön projekti loi hyvän pohjan laitteen tulevalle jatkokehitystyölle. Laite on käytännössä valmis ja se mahdollistaa kaiken tyyppisten testien ajamisen, joita Linuxiin on saatavilla. Nyt valmiina oleviin testeihin voidaan lisätä testien suorittamiseen liittyviä parametrejä.

Myös taustalla suoritettavia testejä pystytään helposti lisäämään joko jo valmiina olevilla ohjelmilla tai ohjelmoimaan näitä toiminnallisuuksia itse. On myös mahdollista tallentaa näiden testien tulokset laitteessa paikallisesti olevaan tietokantaan ja esittää näitä tuloksia graafisina raporteina.

Laitteen mahdollinen jatkokehitys voisi olla sen kaupallistaminen ja myyminen lisäpalveluna asiakkaalle liittymän tilan seurantaan. Asiakas voisi esimerkiksi saada raporteja ja tilastoja liittymän toiminnasta. Laite voisi myös mahdollistaa operaattorille ongelmatilanteissa pääsyn asiakkaan tiloissa olevien laitteiden hallintaan.

Lähteet

- 1 Romil Bahl. 2022. Verkkoaineisto. How To Guard Against The Cost Of Unplanned Downtime And Network Outages. Viitattu 28.8.2023. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/08/26/how-to-guard-against-the-cost-of-unplanned-downtime-and-network-outages/>
- 2 Team Nuggets. 2018. Verkkoaineisto What Makes Networking Difficult? Viitattu 28.8.2023. <https://www.cbtnuggets.com/blog/technology/networking/what-makes-networking-difficult>
- 3 Robert Grimmick. 2019. Verkkoaineisto. Slow Internet? (Maybe) Don't Blame Your ISP Viitattu 28.8.2023. <https://grimmicktechnology.com/slow-internet-maybe-dont-blame-your-isp/>
- 4 Kelsie Anderson. 2018. Verkkoaineisto. How Much Does Network Monitoring Software Cost? Viitattu 29.8.2023. <https://www.capterra.com/resources/how-much-does-network-monitoring-software-cost/>
- 5 Tom Daly. Verkkoaineisto. 10 Things you Need to Know about Out of Band (OOB) Networks. Viitattu 31.8.2023. <https://www.big-network.com/blog/10-things-you-need-to-know-about-out-of-band-networks>
- 6 Paessler AG. 2023. Verkkoaineisto. Monitor your entire IT infrastructure with Paessler PRTG monitoring tools. Viitattu 31.8.2023. <https://www.paessler.com/prtg#products>
- 7 BlameTheNetwork. 2015. Verkkoaineisto. NetPi Network Analyzer – A RaspberryPi Project. Viitattu 1.9.2023. <https://github.com/BlameTheNetwork/NetPi>
- 8 Elfa Distrelec. 2023. Verkkoaineisto. Verkkokauppa. Viitattu 1.9.2023. <https://www.paessler.com/prtg#products>
- 9 Teltonika. 2023. Verkkoaineisto. Teltonikan Wiki sivut. Viitattu 2.9.2023. <https://wiki.teltonika-networks.com/view/RUT240>
- 10 Partco. 2023. Verkkoaineisto. Verkkokauppa. Viitattu 3.9.2023. <https://www.partco.fi/en/power-supplies/dcdc-voltage-converters/step-up-dcdc-voltage-converters/23817-ada2778.html>
- 11 IETF. 1981. Verkkoaineisto. Internet Control Message Protocol. Viitattu 4.9.2023. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc792>
- 12 Fortinet. 2023. Verkkoaineisto. Viitattu 4.9.2023. <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/traceroutesLisa>

- 13 Tim Kearly. 2023. Verkkoaineisto. Viitattu 5.9.2023. <https://www.comparitech.com/net-admin/what-is-mtr/>
- 14 Damon Garn. 2023. Verkkoaineisto. Viitattu 5.9.2023. <https://www.tech-target.com/searchnetworking/tutorial/How-to-capture-and-analyze-traffic-with-tcpdump>
- 15 AlmaLinux Wiki. 2023. Verkkoaineisto. Viitattu 6.9.2023. <https://wiki.alma-linux.org/FAQ.html>
- 16 Apache. 2023. Verkkoaineisto. Viitattu 7.9.2023. <https://httpd.apache.org/docs/2.4/howto/htaccess.html>