



LAUREA
AMMATTIKORKEAKOULU

Uuden edellä

TETRA-toiminnallisuuden integrointi hälytysajoneuvon ICT-järjestelmään

Keller, Jan
Kiiski, Paulus

2014 Leppävaara

Laurea-ammattikorkeakoulu
Laurea Leppävaara

TETRA-toiminnallisuuden integrointi hälytysajoneuvon ICT- järjestelmään

Jan Keller, Paulus Kiiski
Tietojenkäsittely
Opinnäytetyö
Joulukuu, 2014

Jan Keller, Paulus Kiiski

TETRA-toiminnallisuuden integrointi hälytysajoneuvon ICT-järjestelmään

Vuosi 2014 Sivumäärä 67

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa Suomen poliisin hälytysajoneuvon ICT-alustaa simuloiva testiympäristö TETRA-toiminnallisuuden integrointia ja käytettävyydestä varten. Työn toimeksiantaja oli eurooppalaiseen Airbus Group-konserniin kuuluva puolustusteollisuusyhtiö Airbus Defence and Space Oy. Testiympäristön TETRA-toiminnallisuus toteutettiin toimeksiantajan Radio Console System 9500-tuotteella.

Opinnäytetyössä on erityisesti keskitytty tuottamaan toimeksiantajalle erityyppistä mittausdataa, sekä pyritty tarkaan visuaalisen suunnittelutyön avulla luomaan mahdollisimman autenttinen testiympäristö. Testeistä dokumentoitava tieto määriteltiin työn toimeksiantajan puolesta, jonka avulla kartoitettiin tarvittavan mittausdatan saamiseksi vaadittavat ohjelmistot ja lisälaitteet. Mittausdataa tuotettiin tutkimalla Airbus Defence and Space Oy:n Radio Console System 9500-ohjelman vaikutuksista simulaattorin laitteiston suorituskykyyn ja virrankulutukseen, sekä vertaamalla hälytysajoneuvokäyttöön suunniteltuja Sunit Oy:n FD- ja FD2-ajoneuvotietokoneita. Työssä analysoitiin testien tuloksia ja pohdittiin kuinka työn toimeksiantaja, sekä muut toimijat voisivat hyödyntää tätä tuotettua dataa.

Tässä opinnäytetyössä tuotetun simulaattorikokoonpanon autenttisuus ja eheys olivat ensisijaisia tavoitteita simulaattorin suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Rakenteellisen osuuden valmistuttua, järjestelmän toiminnallisuus verifioitiin siihen tarkoitetuilla toimeksiantajan toimittamilla testi-asiakirjojen avulla. Verifioimalla järjestelmän toiminta, varmistuttiin simulaattorin valmiudesta toimia testialustana Airbus Defence and Space Oy:n Radio Console System 9500-ohjelman käytettävyydestä tutkimuksessa, jossa tutkittiin ohjelman graafisen käyttöliittymän hyödyntämistä puheryhmien hallintaan poliisin kenttäjohtotilanteessa.

Tämän opinnäytetyön toteuttajat eivät itse osallistuneet käytettävyydestä tutkimuksen suorittamiseen vaan toimivat laitteiston toimintaan erikoistuneina tukihenkilöinä kunnes käytettävyydestä tutkimus oli kokonaan suoritettu.

Toteutettu hälytysajoneuvosimulaattori on prototyyppi, koska Radio Console System 9500-tuotetta ei ole aiemmin integroitu opinnäytetyössä toteutettua hälytysajoneuvojärjestelmää vastaavaan ympäristöön. Simulaattorin ainutlaatuisuuden vuoksi kaikki siitä saatu ja sen avulla tuotettu mittausdata, sekä johtopäätökset ovat uutta tietoa.

Jan Keller, Paulus Kiiski

Integrating TETRA-Functionality into Emergency Response Vehicle's ICT-environment

Year	2014	Pages	67
------	------	-------	----

The objective of this thesis was to design and implement a simulating ICT-environment of a Finnish police emergency vehicle and to integrate TETRA-functionality as part of it. The work was commissioned by a defence industry company Airbus Defence and Space Oy, which is part of the European Airbus Group. Testing-environments' TETRA-functionality was implemented with the Radio Console System 9500, a product provided by the commissioner.

This thesis is particularly focused on producing different types of measurement data to the commissioner as well as creating an authentic simulation environment. The data, which was gathered from the tests, was defined by the commissioner. This allowed researching the required software and equipment, which enabled producing the required data. The data was gathered from the tests by studying the effects of the Airbus Defence and Space 9500-program on the simulator's performance and power consumption as well as comparing the Sunit Oy FD- and FD2- in-vehicle computers designed for emergency vehicle use by Sunit Oy. The gathered test results were analyzed and also their benefit to the commissioner and other operators was discussed.

Authenticity and integrity of the simulator implemented in this thesis were primary goals while designing and constructing the simulator environment. After the structural section of the simulator was ready, its basic functionality was tested implementing a system verification test-document, which was provided by the commissioner. By verifying the proof of concept of the simulator, it could be used as a testing platform for a feasibility study of the Airbus Defence and Space Radio Console System 9500-program. It was studied how the program's graphical user interface could help handling voice communications in police field operations.

The authors of this thesis were not involved in the feasibility study, but acted as a specialized technical support team in regard to the simulator equipment until the study was completed.

The implemented emergency response vehicle ICT-simulator is a prototype, because the Radio Console System 9500 has not been previously integrated into a testing environment like the one developed in this thesis. Because of the uniqueness of the simulator, all the measurement data derived from the tests, as well as the conclusions, are new information.

Keywords TETRA, simulator, emergency response vehicle, police, field commander, performance, power consumption

Sisällys

1	Johdanto.....	7
1.1	Tavoitteet	8
1.2	Taustaa/ MOBI	9
1.3	Asiakas - Airbus Defence and Space Oy	9
1.4	Työn rajaus.....	10
1.5	Keskeiset käsitteet.....	10
2	Menetelmät	11
2.1	Opinnäytetyöprosessi.....	11
2.2	Tutkimusmenetelmä.....	12
2.3	Dokumentointi	13
2.4	Kommunikaatiomenetelmät	14
3	Poliisitoimi	15
3.1	Suomen poliisi	17
3.2	Poliisihallitus.....	17
3.3	Poliisin tekniikkakeskus	17
3.4	Operatiivinen kenttäjohtaminen	18
3.5	Tilannejohtaminen	18
3.6	Viestiliikenne.....	18
4	Tietoliikenneverkot	19
4.1	TETRA	20
4.2	VIRVE	21
5	Hälytysajoneuvon ICT-järjestelmän simulaattori.....	21
5.1	Ajoneuvotietokone	24
5.2	TETRA	26
5.3	Monikanavareititin	28
5.4	Akusto	29
5.5	Muut oheislaitteet.....	30
5.6	Valmis kokoonpano.....	30
6	Ohjelmat.....	32
6.1	Radio Console System 9500.....	32
6.2	Akkusofta	34
7	Testit.....	35
7.1	Virrankulutustestit	36
7.2	Suorituskykytestit	39
7.2.1	Process explorer	40
7.2.2	Performance Monitor	45
7.2.3	PassMark PerformanceTest	45

7.2.4	Everest	48
8	Simulaattorin verifiointi ja validointi.....	52
8.1	Verifiointi.....	53
8.2	Validointi	53
9	Pohdinta	53
9.1	Tavoitteiden saavuttaminen	53
9.1.1	Virrankulutustestien tulokset	54
9.1.2	Suorituskykytestien tulokset	56
9.2	Johtopäätökset	61
9.3	Ongelmat	61
9.4	Jatkokehitys.....	62
	Lähteet	63
	Sähköiset lähteet	63
	Kuvat	67

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Suomen poliisin hälytysajoneuvon ICT-alustaa simuloiva testiympäristö TETRA-toiminnallisuuden integrointia ja käytettävyytutkimusta varten. Opinnäytetyön aihe valittiin toteutettavaksi Laurea-ammattikorkeakoulun 00043-opinnäytetyökurssilla esitetyn informaatiotilaisuuden aikana, jossa esitettiin Laurea-ammattikorkeakoulun opinnäytetoimeksiantoja. Työn toimeksiantaja on eurooppalainen Airbus Group-konserniin kuuluva puolustusteollisuusyritys Airbus Defence and Space Oy (ent. Cassidian Finland Oy).

Hälytysajoneuvosimulaattori koostuu useista tietoteknisistä komponenteista, jotka saatiin käyttöön projektin yhteistyökumppaneilta. Rakennettava kokonaisuus koostuu Sunit ajoneuvotietokoneesta, Saft Smart VH Module-akuista, Goodmill Systems monikanavareitittimestä ja Airbus Defence and Space Radio Console System 9500-ohjelmasta, sekä sen toiminnallisuuden liittyvistä oheislaitteista.

Työssä on erityisesti keskitytty tuottamaan toimeksiantajalle erityyppistä mittaustietoa, joka on simulaattorikokoonpanoon liitetyn laitteiston johdosta ainutlaatuista, sekä pyritty tarkaan visuaalisen suunnittelutyön avulla luomaan mahdollisimman autenttinen testiympäristö. Testeistä dokumentoitava tieto määriteltiin työn toimeksiantajan puolesta, jonka avulla kartoitettiin tarvittavan mittaustietoon saamiseksi vaadittavat ohjelmat, sekä lisälaitteet. Mittaustietoa keskityttiin tuottamaan Airbus Defence and Space Oy:n Radio Console System 9500-ohjelman vaikutuksista simulaattorikokoonpanoon. Työssä suoritettavat testit vertailivat myös Sunit Oy:n FD2- ja FD-ajoneuvotietokoneiden eroavaisuuksia. Simulaattorin rakenteellisen osuuden valmistuttua sen toiminnallisuus verifioitiin toimeksiantajan toimittamalla testi-asiakirjojen avulla.

Toiminnaltaan ja ulkoasultaan valmis simulaattoriympäristö toimii Airbus Defence and Space Oy:n Radio Console System 9500-ohjelman käytettävyytutkimuksen alustana. Käytettävyytutkimuksen suoritti kolmas osapuoli. Käytettävyytutkimuksessa tutkittiin kuinka poliisin kenttäjohtotehtäviin erikoistunut poliisihenkilö voi Radio Console System 9500-ohjelman graafisen käyttöliittymän avulla korvata puheryhmien hallintaa vaativan kenttäjohtotilanteen aikana siihen tarkoitettuja radiopuhelimet. Simulaattorissa suoritettiin Radio Console System 9500-ohjelmaa, sekä haastateltiin poliisin kenttäjohtotehtäviin erikoistuneita poliiseja. Käytettävyytutkimuksesta saatu tutkimustieto on ensiarvoisen tärkeää asiakkaalle, joten simulaattorikokoonpanon autenttisuus ja eheys olivat ensisijaisia tavoitteita simulaattorin suunnittelu- ja rakennusvaiheen aikana. Tämän opinnäytetyön toteuttajat eivät itse osallistuneet käytettävyytutkimuksen suorittamiseen vaan toimivat laitteiston toimintaan erikoistuneina tukihenkilöinä kunnes käytettävyytutkimus oli kokonaan suoritettu.

1.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on implementoida toimiva, sekä todenmukainen hälytysajoneuvon ICT-alustaa simuloiva testiympäristö Laurea-ammattikorkeakoulun tietoliikennelaboratorioon. Toimivalla simulaattoriympäristöllä on tavoitteena tuottaa erilaisia testituloksia liittyen laitteiston käytettävyyteen, suorituskykyyn ja virrankulutukseen, sekä Airbus Defence and Space Radio Console System 9500-tuotteen vaikutuksiin näihin edellä mainittuihin aspekteihin. Testeistä saatu data, tutkimustulokset, sekä mittaukselliset tulokset ovat ainutlaatuista informaatiota Airbus Defence And Space-yritykselle. Testitulosten avulla asiakas saa tärkeitä tietoja niiden tuotteensa toimii tämänhetkisen käytössä olevan poliisiauton laitteiston; pääosin uuden Sunit FD2- ajoneuvotietokoneen kanssa.

Simulaattorin toiminnallinen eheys on ensiarvoisen tärkeää, sillä se tulee toimimaan testiympäristönä Airbus Defence And Space Radio Console System 9500-ohjelman käyttöliittymän käytettävyydetutkimuksessa. Simulaattorilla suoritettavat testit ja niiden tulokset ovat opinnäytetyön asiakkaalle erittäin arvokasta tietoa, sillä tämännäytetyön testin organisointi on aikaa vievä prosessi, jonka suorittaminen kuluttaa paljon resursseja.

Työn alkuvaiheessa asiakas määritteli meille minkälaista tietoa he odottavat saavansa työn valmistuttua. Tämän perusteella suunniteltiin työssä suoritettavat erityyppiset laitteisto-, sekä ohjelmistotestit. Kun asiakkaan tarpeet oli ymmärretty, oli työ mahdollista rajata tiettyyn kokonaisuuteen. Asiakkaan tarpeiden tiedostaminen, sekä ymmärtäminen edesauttoi myös syvempään tutkimuksellisuuden toteuttamiseen.

Asiakas oli myös kiinnostunut opinnäytetyöryhmän näkemyksistä ja mielipiteistä liittyen Radio Console System 9500-ohjelmaan, sekä simulaattorin kokoonpanon vuorovaikutuksista. Asiakas voi tuotetun tiedon avulla pohtia Radio Console System 9500-tuotteelleen mahdollisesti muita käyttökohteita, kuin tässä toimeksiannossa on määritelty. Näin ollen opinnäytetyön työryhmän tekemä testaustyö tukee pohdintaa asiakkaan kannalta. Testitulokset ovat myös potentiaalista apua asiakkaan markkinoinnille, sillä näillä voidaan esittää faktatietoa mahdolliselle uudelle asiakkaalle Radio Console System 9500-tuotteen vaikutuksista laitteiston suorituskykyyn, sekä virrankulutukseen.

1.2 Taustaa/ MOBI

MOBI (Mobile Object Bus Interaction)- projekti on 1.9.2010 käynnistynyt hälytysajoneuvojen tieto- ja viestiliikennealustan ICT-integraatioon, sekä demoajoneuvon tuottamiseen pyrkivä hanke, joka loppui 31.3.2014. MOBI-tutkimusprojektin alkuperäinen tavoite oli luoda pohja vientiin tähtäävälle viranomais- ja hälytysajoneuvokonseptille. Projektin tarkoituksena oli saada alkuun alan standardoituskehitys samoin ajattelevien maiden ja organisaatioiden kanssa. (Laurea MOBI WIKI 2013.)

Koko projektin budjetti on ollut n. 800 000 € ja sen rahoittajana toimi Tekes. Yhteistyökumppaneina ovat toimineet mm. eri viranomais- ja koulutusorganisaatioita, sekä laite- ja järjestelmätoimittajia kuten Ajeco, Insta, Airbus Defence and Space (ent. Cassidian Finland), Sunit, Suomen Poliisi ja Tekes. (Yhteistyökumppanit MOBI 2013.) Projektin tulokset hyödyttivät hälytysajoneuvoja käyttäviä organisaatioita sekä teollisuutta.

Tämän opinnäytetyön aihe juontaa juurensa MOBI-projektiin, mutta ei varsinaisesti ollut osa sitä.

1.3 Asiakas - Airbus Defence and Space Oy

Vuonna 2000 perustettu European Aeronautic Defence and Space Company (EADS) muodostui yhteyttämällä ranskalainen Aérospatiale-Matra, saksalainen DaimlerChrysler Aerospace (DASA) ja espanjalainen Construcciones Aeronáuticas (CASA).

Vuonna 2005 EADS osti Nokian Professional Mobile Radio -yksikön, joka valmisti TETRA- puhelinjärjestelmiä. Silloin Suomen yhtiö kuului EADS:n Cassidian-divisioonan nimellä EADS Secure Networks Oy. Vuonna 2011 yhtiön Suomen nimi muuttui Cassidian Finland Oy:ksi. (EADS History 2003).

Vuonna 2014 EADS-yhtiö muuttui Airbus Group:iksi, sekä yhtiö jaettiin kolmeen eri divisioonan; Airbus, Airbus Helicopters ja Airbus Defence and Space. (Defence news 2014). Cassidian Finland Oy muuttui tämän johdosta Airbus Defence and Space Oy:ksi.

Yhtiön toimialana on kehittää, valmistaa, markkinoida, myydä, huoltaa ja ylläpitää yleiseen turvallisuuteen käytettäviä PMR (Professional Mobile Radio) -järjestelmiä, sekä muu siihen liittyvä toiminta. Yrityksen liiketoiminta kattaa TETRA - radiopuhelinverkot ja niiden pääte-laitteet, kyberturvallisuusratkaisut sekä raja-, rannikkovalvonta- ja ilmavalvontapuolustusjärjestelmät (Kauppalehti 2014).

1.4 Työn rajaus

Työn rajaus määritettiin kattamaan hälytysajoneuvosimulaattorin rakenteellisen kokoonpanon yhdistämisen kokonaisuudeksi, sekä kokonaisuudelle suoritettavien suorituskyky-, virrankulutus- ja muitten toiminnallisuuden vaikuttavien parametrien dokumentointiin suunniteltujen ohjelmien implementointiin ja testitulosten analysointiin. Rakenteellinen kokoonpano pitää sisällään simulaattorin toimintakuntoon saattamiseksi tarvittavat tietotekniset laitteet ja ohjelmat. Ohjelmat koostuvat erityyppisten suorituskykyyn vaikuttavien parametrien seurantaan ja esittämiseen mahdollistavista ohjelmista. Simulaattorilla suoritettava Radio Console System 9500-ohjelman käytettävyystudkimus, sekä sen tulokset on rajattu ulos tästä opinnäytetyöstä sillä ne suoritetaan kolmannen osapuolen toimesta.

Simulaattorin suunnitteluvaiheessa nousi esille paljon erilaisia ideoita, kuinka rakentaminen tultaisiin toteuttamaan, sekä minkälaisia ratkaisuja siinä käytettäisiin laitteiston integroinnissa. Mahdollisena toteuttamistapana oli käyttää ajoneuvon kojelautaa, sekä kehikkoa pöydän ylle, jossa sijaitisivat kaiuttimet. Opinnäytetyöprosessin edetessä keskusteltiin myös mahdollisuudesta ottaa käyttöön poliisin kenttäjohtamisjärjestelmä POKE, sekä tuottaa tutkimusdataa POKE:n ja RCS9500:n käytettävyydestä suorittamalla kumpaakin ohjelmaa simulaattorin eri näytöiltä. Työssä päädyttiin jättämään POKE-järjestelmä pois testeistä, sillä demoversion hankinta osoittautui hankalaksi. Myös ajoneuvon kojelauta, sekä kehikko jätettiin pois simulaattorin rakenteellisesta osuudesta, sillä sopivan tyyppistä kojelautaa ei saatu käyttöön yrityksistä huolimatta.

Työn edetessä pohdittiin myös SNMP(simple network management protocol)-tietoliikenneprotokollaa hyödyntävän ohjelman käyttöä, millä olisi mahdollista seurata ajoneuvotietokoneen suorituskykyyn ja virrankulutukseen liittyviä arvoja ulkopuolisella laitteella. Työn loppuvaiheessa tämä vaihtoehto päätettiin jättää pois opinnäytetyöstä ajanpuutteen takia.

1.5 Keskeiset käsitteet

RCS9500	Airbus Defence and Space-yrityksen Radio Console System 9500-tuote
Smart VH module	Saft yhtiön kehittämä älykäs akkumoduuli, josta on mahdollista tulkita ja tallentaa erityyppistä dataa.
TETRA	Terrestrial Trunked Radio on viranomaisverkko käyttöön tarkoitettu digitaalinen puheradioverkko.

3G	Kolmannen sukupolven verkko matkapuhelinteknologialle
VoIP	Voice over Internet Protocol on IP-puheteknologiaa jonka avulla voi siirtää puhetta reaaliaikaisesti käyttäen IP-protokolla verkkoa. Puhe muutetaan digitaaliseksi ja se siirtyy paketteina verkon yli.
MKR	Monikanavareititin
ARG	Analog radio gateway
SAM	Sound arbitration module
TMR	Trunked mobile radio
DMO	Direct Mode Operation
TMO	Trunked Mode Operation
PTT	Push-to-talk
MIP	Mobile IP protocol

2 Menetelmät

Tässä luvussa käydään läpi opinnäytetyö prosessin eteneminen, sekä tutkimukselliset menetelmät, joita on käytetty työn toteuttamisessa.

2.1 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyöprosessi alkoi aiheen valitsemisella. Toimeksianto aiheeseen saatiin opinnäytetyön aloitukseen valmistavalta 00043-kurssilta. Työn aiheen liittyminen poliisin toimintaan, sekä simulaattorin toimintaa valmistelevan rakennustyö olivat ne aihealueet, jonka takia opinnäytetyön aihe valittiin. Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla erityyppisiin aihealuetta käsitteleviin tiedonlähteisiin, joita oli saatavilla myös asiakkaan taholta. Tiedonlähteisiin tutustumalla on mahdollista rajata työ aihealue ja mahdolliset tutkimusongelmat, sekä havainnoida työn luonteeseen sopiva näkökulma ja lähestymistapa. Opinnäytetyön alkuvaiheeseen kuuluvassa aiheanalyysissä määritettiin toimintasuunnitelma, jossa rajattiin työn laajuus sekä

tavoitteet yksityiskohtaisesti. Näiden tietojen perusteella pystyttiin laatimaan toimintasuunnitelman työn eteenpäin viemiselle.

2.2 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön työmetodiksi valittiin suunnittelutieteellisen tutkimusmenetelmän. Suunnittelutieteellisen tutkimusmenetelmän keskeisinä tavoitteina on tuottaa tietämystä. Suunnittelutieteen avulla pyritään luomaan uusia tuotoksia, joista on konkreettista hyötyä kohdeorganisaatioille ja henkilöille. Tässä opinnäytetyössä tämä tuotos on hälytysajoneuvosimulaattori TETRA-toiminnallisuudella ja sen oheislaitteet kokonaisuudessaan.

Suunnittelutietämys muodostuu kolmen suunnittelukohteen tarkastelusta. Näitä ovat kohteen, toteutuksen ja prosessin suunnittelu. Kohteen suunnittelu määrittelee kohteen lopputuloksen tavoitteet. Prosessin suunnittelussa tutkitaan ja määritellään miten ja millä keinoilla lopputulos saadaan aikaan. Toteutuksen suunnittelussa suunnitellaan vaadittavia toimenpiteitä, joilla päästään tavoiteltuun lopputilaan (Järvinen & Järvinen 2004).

Tässä työssä pyritään ratkaisemaan asiakkaan ongelma, jossa asiakas saisi työn avulla tuotetusta tiedosta tarvittavaa informaatiota. Kehittämällä konstruktion, joka poikkeaa kaikesta jo olemassa olevasta, luodaan jotain aivan uutta: uudenlaiset konstruktiot itsessään kehittävät uutta todellisuutta (Lukka 2001).

Suunnittelutieteellinen tutkimustyö voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

1. Etsi käytännön ongelma, joka on tarpeellista ratkaista ja se on tieteellisesti merkittävä.

Opinnäytetyössä on pyritty ratkaisemaan Airbus Defence and Space Oy:n tarve saada dataa erilaisista mittaustuloksista Radio Console System 9500-ohjelman vaikutuksista Suomen poliisin hälytysajoneuvon laitteistoa vastaavassa ympäristössä.

2. Hanki ongelman ratkaisun kannalta oleellista teoreettista tietämystä

Testitulosten tuottamiseksi oli tarpeellista tutkia erilaisten ohjelmistojen ja lisälaitteitten käyttömahdollisuuksia tarvittavan tiedon tueksi, sekä perehtyä Suomen poliisin toimintaan.

3. Luo konstruktio, joka tuottaa esitettyyn ongelmaan ratkaisun

Opinnäytetyössä luodaan hälytysajoneuvosimulaattori, joka koostuu hälytysajoneuvon laitteistosta. Simulaattorilla voidaan alkaa tuottamaan asiakkaan tarvitsemaa dataa suorittamalla suorituskyky ja virrankulutustestejä.

4. Testaa konstruktioita ja arvioi sen käytännön toimivuutta

Simulaattorin ollessa rakenteellisesti valmis sen toimivuus testattiin Radio Console System 9500-ohjelman verifiointitesteillä.

5. Osoita konstruktion ja tutkimuksen arvo tieteelle

Opinnäytetyössä rakennettua simulaattoria voidaan pitää eräänlaisena prototyypinä, sillä vastaavanlaista tuotosta ei ole aikaisemmin tuotettu. Simulaattorista saatu mittausdata ja tutkimustulokset ovat uutta tietoa.

6. Reflektoi konstruktion sovellettavuuden laajuutta ja esitä parannuksia testaamisessa saatujen löydösten perusteella

Asiakkaan pyynnöstä esitettiin myös omia kehitysehdotuksia ja ideoita liittyen Radio Console System 9500-ohjelmaan, sekä tuotettiin käyttöliittymä ulkoasuja asiakkaalle. Kun asiakas saa ideoita ulkopuolisilta henkilöiltä voi asiakkaan oma tarve ja näkemys muuttua.

7. Välitä tutkimuksen tulokset yritys yhteisölle

Tutkimuksista tuotettu data esitettiin asiakkaalle. Simulaattorilla suoritettiin myös kolmannen osapuolen puolesta Radio Console System 9500-ohjelman käytettävyystudkimus missä oli osallisena Suomen poliisin poliisihenkilöitä. Käytettävyystudkimuksen tulokset esitettiin asiakkaalle.

2.3 Dokumentointi

Opinnäytetyössä rakennettavan simulaattorin monimuotoisuuden, sekä simulaattorin rakennusvaiheessa tapahtuvien muutosten dokumentoinnin avuksi otettiin käyttöön menetelmä, jossa jokainen tapaaminen ja rakennusvaiheessa tapahtuva muutos dokumentoitiin tarkasti.

Koska simulaattorin rakennukseen käytettävien lähipäivien määrä oli suuri, sekä rakennus- ja testaustyöhön vaadittava ajankäyttö pitkä, oli ensiarvoisen tärkeätä dokumentoida jokainen simulaattoriin tehtävä muutos ja testi äärimmäisellä huolellisuudella. Tällä menetelmällä pys-

tyttiin aina palaamaan takaisin tarkistamaan mahdollisten muutosten tapahtumisajankohtaa, sekä pohtimaan tapaamisissa suunniteltuja muutoksia ja uusia ideoita.

Jokaisen lähipäivän jälkeen, siltä päivältä koostettu muistiinpano ladattiin Google Drive:iin työryhmän jäsenten saataville. Näin menettelemällä voitiin taata tallennetun tiedon saatavuus myös mahdollisissa poikkeustilanteissa, joissa vain yksi jäsen pääsisi jatkamaan työn etenemistä.

Myös tapaamiset projektipäällikön kanssa dokumentoitiin, jotta päällikön kehitysideat ja neuvot työn oikeanlaiselle edistymiselle olisivat jälkeensä katselmoitavissa. Tämä oli tärkeää, jotta opinnäytetyö pysyi sille asetetuissa rajoissa.

2.4 Kommunikaatiomenetelmät

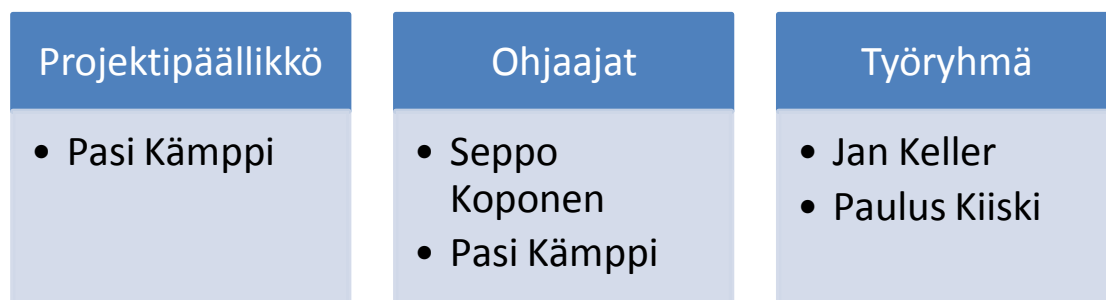
Opinnäytetyötä aloittaessa sovittiin työn esittelijän kanssa, että työn eteneminen aloitetaan projektiluontoisesti. Työlle päätettiin projektijohtaja, jolle raportoitaisiin tilannekatsauksia työn edetessä. Työn aloitusta, sekä kartoitusta ja rajausta varten tehtiin projektisuunnitelma. Opinnäytetyöprosessia aloittaessa sovittiin projektipäällikön kanssa Google Drive:iin perustetavasta Google Docs edistymisraportti-hakemistosta, jossa voitaisiin projektin edetessä päivittää ja kommentoida työn edistymistä. Projektin sisäistä kommunikointi varten perustettiin Microsoft Outlook- sähköpostitili. Sähköpostitilille pääsy oli kummallakin työryhmän jäsenellä. Tiliä käytettiin myös uusien ja päivitettyjen opinnäytetyöversioiden, sekä dokumenttien säilytykseen.

Simulaattorin rakentamisen aikana oltiin jatkuvasti yhteydessä eri toimijoiden kanssa. Sujuva kommunikointi oli edellytys työn esteettömälle etenemiselle. Opinnäytetyöprosessin aikana kommunikointiin eri tahojen välillä käytettiin pääosin sähköpostia. Suurempien ongelmien ratkaisut pyrittiin aina ratkaisemaan soittamalla asiasta vastaaville henkilöille. Myös tärkeimmät suunnitelmat, sekä tapaamisten sopimiset hoidettiin puhelimen välityksellä.

Opinnäytetyön edetessä projektin toimintaan liittyville henkilöille järjestettiin asiakkaan ja muiden yhteistyökumppaneiden osalta koulutustapahtumia liittyen ohjelmistojen ja laitteiston toimintaan. Projektiryhmä kävi Airbus Defence and Space Oy:n järjestämässä koulutustilaisuudessa tutustumassa yrityksen toimitiloihin, jossa meille järjestettiin esittelyjen lisäksi myös ohjattua opastusta Radio Console System 9500-ohjelman käyttöön ja muokkaukseen. Koulutus kesti kaksi päivää ja oli opinnäytetyöprosessin kannalta merkittävä tapahtuma. Airbus Defence and Space-yrityksen yhteyshenkilöt olivat tiiviisti mukana opinnäytetyöprosessin eri vaiheissa. Yrityksen henkilöstö kävi useaan otteeseen vierailmassa Laurea Leppävaaran tiloissa ja näin ollen edesauttoi simulaattorin rakentamisen etenemistä.

Goodmill Systems Oy osallistui simulaattorin toimintaan järjestämällä heidän henkilöstön pitämän koulutuksen Laurea Leppävaarassa liittyen w24e-R-monikanavareitittimen toimintaan, sekä ominaisuuksiin. Reitittimen toimintaan liittyvää koulutusta järjestettiin kahtena eri päivänä.

Opinnäytetyön projektiryhmä kuvattuna (Kuva 1.):



Kuva 1: Projektiryhmä

Työn onnistunut suorittaminen kahdestaan vaati kummaltakin työryhmän jäseneltä hyvää suunnitelmallisuutta, sekä aikataulutusta. Työn suorittamisen aikana kumpikin työryhmän jäsen oli aktiivisesti mukana työelämässä, joten yhdenaikainen simulaattorin rakennukseen ja testaukseen osallistuminen oli haastavaa.

Opinnäytetyössä päätettiin ottaa käyttöön aikataulutus-järjestelmän, jolla voitiin sopia etukäteen koululla tapahtuvista lähipäivistä (Kuva 2). Näin ollen kumpikin ryhmän jäsen pystyi osallistumaan simulaattorin kehitykseen, testaukseen, sekä ideointiin yhtäaikaaisesti.

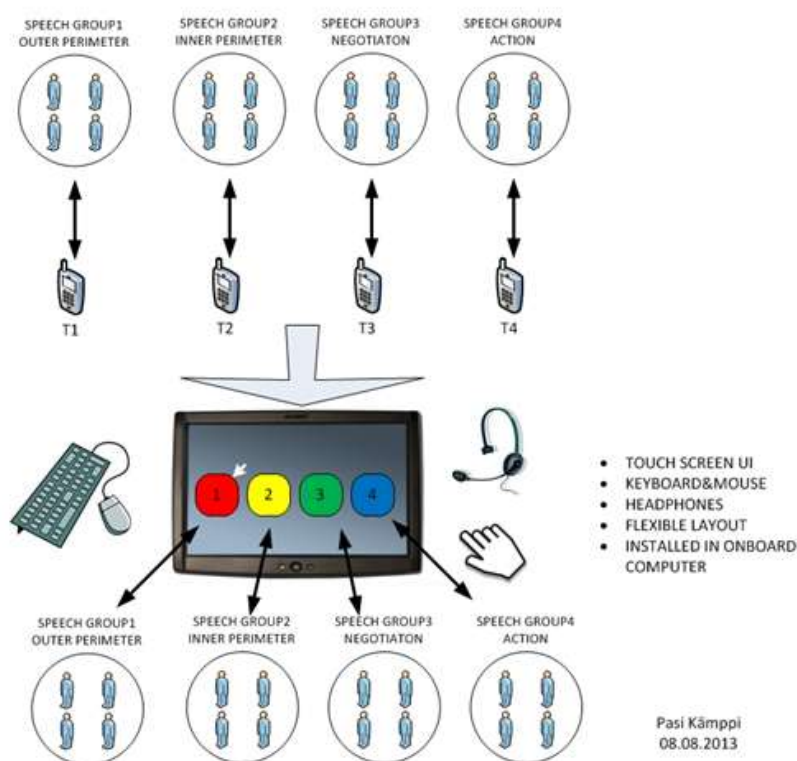
	MA	TI	KE	TO	PE		MA	TI	KE	TO	PE
	30.syys	1.loka	2.loka	3.loka	4.loka		7.loka	8.loka	9.loka	10.loka	11.loka
Jan	x	x	o	x	o		x	x	o	x	o
Paulus	o	o	o	x	o		o	o	o	x	o
x = tapaaminen ei sovi ennen klo 15.30											
o = tapaaminen ok											

Kuva 2: Aikataulu

3 Poliisitoimi

Toiminnallisen hälytysajoneuvosimulaattorin avulla suoritettava käytettävyystudkimus Airbus Defence and Space Radio Console System 9500-ohjelmasta liittyi asiakkaalta saatuun pyyntöön tutkia kuinka Suomen poliisin kenttäjohtaja voisi kenttäjohtamista vaativan tilanteen aikana

ohjata eri puheryhmiä tällä hetkellä käytössä olevien radiopuhelinten sijaan Radio Console System 9500-ohjelman graafisen käyttöliittymän avulla simulaattorin kosketusnäytöltä. Kuva 3 havainnoi tilanteen.



Kuva 3: Dispatcher feasibility study (Kämpä 2013).

Simulaattorin rakenteellisen suunnittelun tueksi tutustuttiin Suomen poliisin organisaatioon, sekä operatiivisen kenttäjohtamisen toimintamalleihin. Operatiivinen kenttäjohtaminen, sekä siihen liittyvät toiminnot oli tarpeellista ymmärtää, jotta simulaattori olisi mahdollista rakentaa laitteiston asetteluun, sekä kokoonpanon osalta totuudenmukaiseksi.

Hälytysajoneuvoissa on yhä enemmän erilaisia tieto- ja viestiliikenneteknisiä ratkaisuja, rajapintoja ja sovelluksia. Nämä kuluttavat paljon sähköä ja niitä käytetään haastavissa olosuhteissa ja tilanteissa. Hälytysajoneuvojen ICT-ratkaisujen dokumentointi on vaihtelevaa ja standardointityötä ei ole juurikaan tehty. (Tikanmäki 2013).

Simulaattorin laitteistosta saatavat suorituskyky- ja virrankulutustestien tulokset ja vertailu-data ovat myös arvokasta tietoa Suomen poliisin käyttöön. Testien tulokset ja tulosten analysoinnit esitetään kappaleessa 7. Testit.

3.1 Suomen poliisi

Poliisin tehtävänä on oikeus- ja yhteiskuntajärjestyksen turvaaminen, yleisen järjestyksen ja turvallisuuden ylläpitäminen sekä rikosten ennalta estäminen, paljastaminen, selvittäminen ja syyteharkintaan saattaminen. Poliisi toimii turvallisuuden ylläpitämiseksi yhteistyössä muiden viranomaisten sekä yhteisöjen ja asukkaiden kanssa ja huolehtii tehtäviinsä kuuluvasta kansainvälisestä yhteistyöstä. Poliisimiehiä ovat valtioneuvoston asetuksella tarkemmin säädettyvät päällystään, alipäällystään ja miehistään kuuluvat virkamiehet. (Poliisilaki 2011).

3.2 Poliisihallitus

Poliisihallitus johtaa ja ohjaa operatiivista poliisitoimintaa. Poliisihallituksen alaisuudessa toimivat 24 poliisilaitosta, sekä poliisin valtakunnalliset yksiköt Poliisiammattikorkeakoulu, Keskusrikospoliisi, Liikkuva poliisi, Suojelupoliisi sekä Poliisin tekniikkakeskus. Poliisihallituksen päätoimipaikka on Helsingissä. (Poliisi Suomessa 2011).

3.3 Poliisin tekniikkakeskus

Poliisin tekniikkakeskus on logistiikan asiantuntijayksikkö, joka hankkii, ylläpitää ja kehittää poliisin kalustoa, välineitä ja varusteita. Poliisin tekniikkakeskuksen tehtäviin kuuluu mm. poliisiajoneuvojen hankinta. Kehittämishankkeiden avulla pyritään saamaan poliisin käyttöön tutkittuja sekä pohjoismaisiin olosuhteisiin sopivia välineitä ja varusteita. (Poliisi Suomessa 2011).

Poliisiautoissa on tulevaisuudessa mahdollista suorittaa myös sellaiset palvelut, jotka nyt vaativat siirtymistä poliisilaitokselle tietokoneen ääreen. Hälytystoiminnassa käytettäviin autoihin hankitaan ajoneuvotietokoneet ja otetaan käyttöön poliisin kenttäjärjestelmä (POKE). Partioiden itsenäinen toimintakyky kentällä paranee ja poliisin näkyvyys lisääntyy. Asioita ei tarvitse tehdä enää kahteen kertaan, esimerkiksi sakot saadaan kirjoitettua paikan päällä. (Tiainen 2009).

Työn suunnitteluvaiheessa oli hyvä ymmärtää, minkälainen tarve Suomen poliisilla on uuden hälytysajoneuvoteknologian suhteen. Opinnäytetyössä simulaattorin keskusyksikköinä toimivat Sunit FD- ja FD2-ajoneuvotietokonemallit ovat hälytysajoneuvokäyttöön suunniteltuja malleja, joista FD-malli on käytössä Suomen poliisilla, sekä FD2-malli on korvaamassa vanhemman FD-mallin. Opinnäytetyön alkuvaiheessa pidettiin mahdollisena integroida poliisilla käytössä oleva POKE-järjestelmä simulaattoriin. Näin olisi ollut mahdollista tuottaa tutkimustietoa myös POKE:n ja Radio Console System 9500-ohjelman yhdenaikaisesta toiminnallisuudesta, sekä kuinka kahta näyttöä on mahdollista hyödyntää toiminnallisuuden parantamisessa.

3.4 Operatiivinen kenttäjohtaminen

Poliisin päivittäistä kenttätoimintaa johtaa kenttäjohtaja. Poliisin kenttäjohtaja toimii vuoronsa esimiehenä. Hänen alaisuudessaan työskentelee yleensä neljä tai viisi partiota, joissa yhteensä noin 10-15 poliisimiestä. Kenttäjohtaja asettaa hälytystehtävät kiireellisyysjärjestykseen ja lähtee johtamaan tilannetta tapahtumien keskipisteeseen. Kenttäjohtaja muodostaa kokonaiskuvan tilanteesta ja jakaa tehtävät. Häneltä edellytetään nopeita, itsenäisiä päätöksiä. (Nieminen & Johansson 2002).

Opinnäytetyössä tutkimuskohteena olevan Airbus Defence and Space Radio Console System 9500-ohjelman graafisen käyttöliittymän avulla on mahdollista korvata kenttäjohtajan tarve hoitaa tilanteen aikana kehittyvä monen eri puheryhmän ohjaus erikseen määrätyillä radiopuhelimilla. Kolmannen osapuolen suorittaman käytettävyystudkimuksen tuloksilla voidaan arvioida kuinka ohjelman avulla mahdollisesti voidaan helpottaa kenttäjohtotilanteen puheryhmien kontrollointia. Käytettävyystudkimuksen sisältö ja sen tulokset ovat jätetty pois tästä opinnäytetyöstä.

3.5 Tilannejohtaminen

Tilannejohtamistilanne muodostuu silloin kun tapahtuu normaalista poikkeava yleistä turvallisuutta ja -järjestystä uhkaava, sekä vaarallinen poikkeustilanne. Tällaisia tilanteita voivat olla esim. piiritystilanne ja suuronnettomuus, jotka vaativat luonteensa vuoksi huomattavan määrän poliisin, sekä muitten viranomaisten miehistöä paikanpäälle. Tämä tilanne vaatii usein erillisen organisaatioyksikön perustamisen normaalitoiminnan rinnalle. Tämän tyyppisessä yksittäisessä operatiivisessa tilanteessa kenttätoimintaa johtaa tilannejohtaja. Tilannejohtaja on lähtökohtaisesti kenttäjohtajan alainen. (Poliisi Suomessa 2011).

Ymmärtämällä tilannejohtamisen aikana tapahtuva puheryhmien hallinta, sekä mahdolliset lisätoiminnot joita vaaditaan tehokkaan johtamistilanteen hallitsemiseksi, oli mahdollista suunnitella Radio Console System 9500-ohjelman käyttöliittymäulkoasuja, joissa nämä kaikki toiminnot olisivat helposti saatavilla, sekä esitettävissä.

3.6 Viestiliikenne

Viestiliikenteessä hälytyskeskuspäivystäjä määrää toimintakanavan. Viestiliikenteen tulee olla päivystäjän valvomaa, kurinalaista ja pääasiassa yleis- kenttä- ja tilannejohtajan välistä. Muut toimintaan mahdollisesti osallistuvat partiot ilmoittavat lyhyesti sijaintinsa ja varustuksensa sekä kuittaavat annetut tehtävät. Partioiden välisen viestiliikenteen tulee olla mahdollisimman niukkaa. (Poliisilaki 2011).

Hälytyskeskuspäivystäjän ja kenttä- sekä tilannejohtajan välisen tehokkaamman kommunikation mahdollistaminen on mahdollista tutkia simulaattorilla suoritettavan käytettävyytutkimuksen tulosten avulla.

4 Tietoliikenneverkot

Monikanavareititin on päätelaite jolla data lähetetään useamman tiedonsiirtorajapinnan kautta ja eri verkkojen välittämä data kootaan vastapäässä jälleen yhdeksi tiedoksi. Rajapinnan ei tarvitse olla pelkästään IP-rajapinta, vaan rajapintana voi olla esimerkiksi TETRA, 3G, 4G, tai GPRS. (Goodmill Systems 2013) . Simulaattorissa tietoliikenneverkkolaitteena oli Goodmill Systems Oy:n w24e-R. Laite mahdollisti ympäristön yhdistämisen erityyppisiin verkkoihin.

GSM (Global System for Mobile communication), voidaan myös sanoa toisen sukupolven matkapuhelinteknologiaksi (2G). GSM on digitaaliseen ISDN-siirtotekniikkaan perustuva matkapuhelinjärjestelmä ja se on yleisin Euroopassa käytetty langaton verkkotekniikka. Amerikassa vastaava tekniikka on IS-95. GSM tekniikka oli ensimmäinen askel digitaaliseen matkapuhelinjärjestelmään, kuin edeltäjänsä olivat analogista. (ETSI 2014).

3G (3rd generation), on kolmannen sukupolven langaton teknologia joka pystyy tarjoamaan nopeita datayhteyksiä. Suurimmat erot 3G:ssä verrattuna aiemman sukupolven verkkoihin ovat tiedonsiirtonopeus ja siihen liittyvät tavat. 3G:stä on käytössä kuusi eri standardia. UMTS, EDGE, CDMA2000, FOMA ja HSDPA. Suomessa näistä standardeista on käytössä UMTS eli Universal Mobile Telecommunications System. (ETSI 2014).

4G (4th generation), on neljännen sukupolven mobiililaajakaista teknologia joka pystyy tarjoamaan vielä nopeampia datayhteyksiä kuin edeltäjänsä 3G. 4G on ip-protokollaan pohjautuva ja ip-pakettivälityksen evoluutio 3G teknologioista. 4G teknologioiksi lukeutuvia standardeja on monta ja näihin kuuluu esimerkiksi Long Term Evolution (LTE), Ultra Mobile Broadband (UMB) and the IEEE 802.16 (WiMax) standardit. 4G kohdistuu langallisiin, langattomiin verkkoihin ja langattomiin tekniikoihin kuten GSM, WLAN ja Bluetooth sekä myös tietokoneisiin, kulutuselektronikkaan, viestintäteknologiaan ja moniin muihin ratkaisuihin. (Vangie 2009; Preeti 2012).

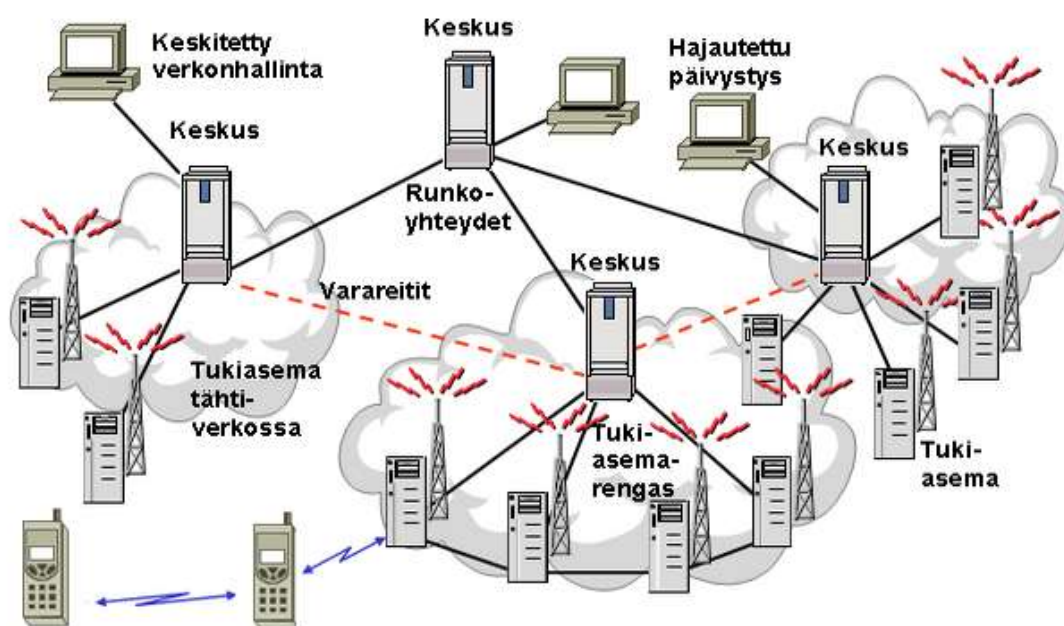
GPRS (General Packet Radio Service), on langaton päätelaitetekniikka, sillä yhdistetään liikkuvien työasemaverkkojen ja kiinteiden verkkojen protokollat liikkuviin päälaitteisiin. GPRS soveltuu esim. IP-liikenteeseen koska se mahdollistaa pakettimuotoisen jatkuvan datasiirron. Suomessa GPRS otettiin käyttöön vuonna 2001 ja sen yhteyden nopeus on maksimissaan 115 kbps. (3GPP 2014).

Wlan (Wireless Local Area Network) on langaton lähiverkkoteknologia. Wlan:illa voi yhdistää langattomasti erilaisia verkkolaitteita, jotka tukevat kyseistä teknologiaa. (Wi-Fi 2013).

4.1 TETRA

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) on standardi (digital trunked mobile radio standard), jonka on kehittänyt Euroopan telealan standardisointilaitos (ETSI). TETRA on ratkaisu ryhmille, jotka käyttävät private/professional mobile radio (PMR)- tai public access mobile radio (PAMR)-teknologioita ja kaikki nämä ryhmät ovat korkean tason käyttäjiä kyseisissä teknologioissa.

TETRA-infrastruktuuri (Kuva 4.) on suunnattu ensisijaisesti yleiseen turvallisuuteen liittyvien ryhmien radiopuhelin tarpeisiin eli pääkäyttäjiä digitaalisessa puheradioverkossa TETRA-verkossa ovat viranomaiset. (TETRA Standard 2014). Näitä ryhmiä ovat esimerkiksi yleinen järjestys ja turvallisuus, kuljetus, valtio/valtionjohto, armeija, kaupalliset ja teolliset, öljy ja kaasu.



Kuva 4: TETRA-verkko ja sen elementit (Viranomaisverkot 2013).

TETRA-standardissa sen ominaisuuksia on yhdistetty monesta eri teknologia-alueesta ja näihin alueisiin kuuluu radiopuhelin-, digitaalinen matkapuhelin-, hakulaite-, sekä langattoman datan tekniikat. TETRA-tuotteiden mukana tulee sisäänrakennettuja salausominaisuuksia joiden avulla voidaan varmistaa arkaluonteisten tietojen ja puheviestinnän yksityisyys ja luottamuksellisuus. (TETRA 2014).

4.2 VIRVE

VIRVE on nimitys Suomen viranomaisradioverkosta, joka perustuu TETRA-standardiin. VIRVE-verkon teleoperaattorina ja sen hallitsijana toimii Suomen Erillisverkot Oy, jonka omistaa Suomen valtio. VIRVE:n suunnittelu alkoi 90-luvulla, tuota ennen Suomen poliisilla oli jo käytössään analoginen radioverkko. Ongelmana vanhassa analogisessa radioverkossa oli verkon suuruus, sen vaatimaton verkon kapasiteetti ja verkon helppo kuunneltavuus ulkopuolisilta tahoilta. Vuonna 1997 käynnistettiin tarjouskilpailu, josta valituksi tuli Nokia Networks. Verkon rakentaminen käynnistyi 1998, ja sen otti ensimmäisinä käyttöön Rajavartiolaitos ja Tulli 1999. Vuonna 2002 VIRVE kattoi jo koko maan, ja pelastustoimi, sekä poliisi tulivat mukaan verkon käyttäjiksi. (VIRVE 2014).

VIRVE on tärkeä osa Suomen yleiseen turvallisuuteen liittyvien ryhmien radiopuhelintarpeita. VIRVE:ssä käytettävän verkkotekniikan ansiosta kaikki viranomaiset toimivat samassa verkossa, jossa jokaiselle käyttäjäryhmälle muodostetaan näennäisesti oma virtuaaliverkko. Verkot toimivat kuitenkin itsenäisesti ja toisiaan häiritsemättä.

VIRVE-verkon palveluihin kuuluu:

- Pakettidata ja WAP
- Statusviestit
- Lyhytsanomat
- Ryhmäliikenne
- Suojattu yksilöpuhelu
- Hätäkutsu
- Automaattipaikannus
- Suorakanavatoiminne (DMO-Direct Mode Operation)

5 Hälytysajoneuvon ICT-järjestelmän simulaattori

Simulaattorikokoonpano koostui monesta erityyppisestä laitteesta, jotka mahdollistivat simulaattorin toiminnan soveltamisen mahdollisimman totuudenmukaiseksi. Laitteisto koostui opinnäytetyön eri yhteistyökumppaneilta saaduista tietoteknisistä laitteista. Laitteistokokoonpanon eri elementit oli tarkoitus yhdistää Suomen poliisin hälytysajoneuvosta löytyvää laitteistoa vastaavaksi niin toiminnallisesti, kuin visuaalisesti. Mahdollisimman autenttisen simulaattorin rakentaminen kokonaisuudeksi oli tärkeätä simulaattorilla suoritettavien suorituskyky- ja virrankulutustestien tulosten kannalta. Rakentamalla autenttinen laitteistokokoonpano voitiin asiakkaalle tuottaa tarkkaa tietoa edellä mainittujen testien tuloksia analysoimalla.

Simulaattorin rakentaminen alkoi heti, kun kokoonpanon visuaalisen asettelun alkusuunnitelma oli valmis. Simulaattorin asentamislustaksi valikoitui työpöytä Laurea-ammattikorkeakoulun tietoliikenne-laboratoriosta (Kuva 5.) Työtila, johon simulaattori asennettiin oli lukittu, joten näin ollen välttyttiin laitteiston väärinkäytöltä. Laitteistoa ei kiinnitetty työn alkuvaiheessa vielä kiinteästi paikoilleen, sillä kokoonpanoon oli vielä tulossa lisää komponentteja.



Kuva 5: Simulaattorin asennusalusta, sekä osa laitteistosta työn alkuvaiheessa.

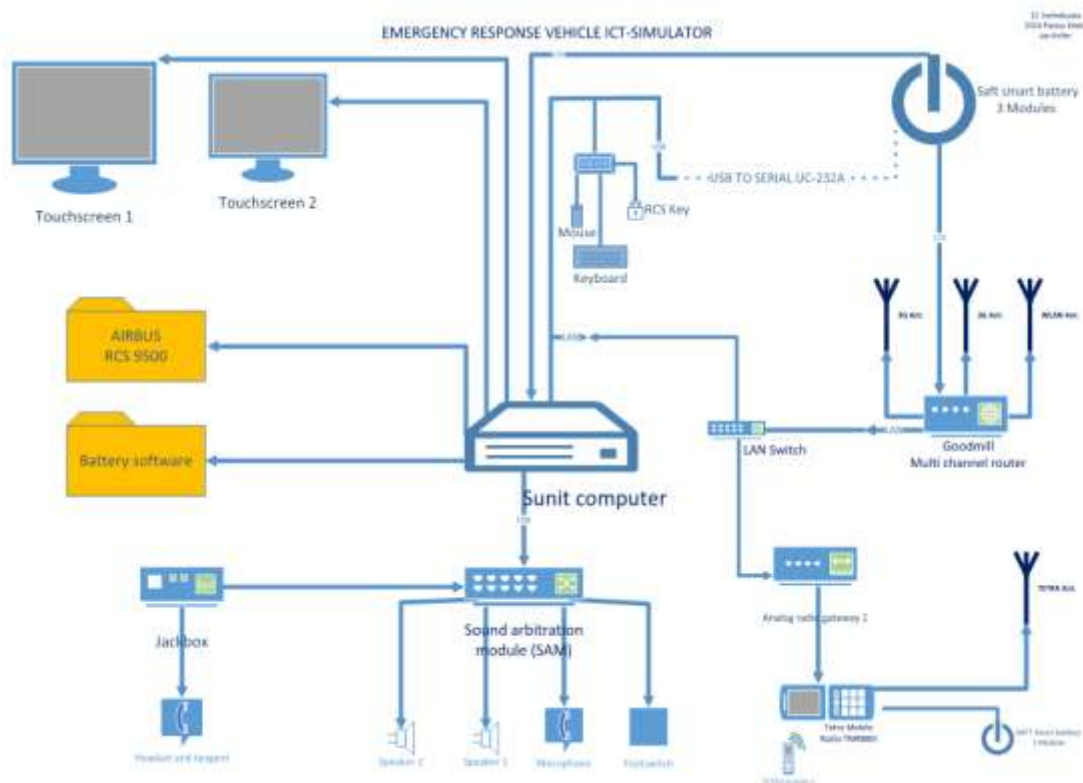
Sunit Oy oli toimittanut uudenmallisen Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen, sekä Sunit 10F-näytön Laurea-ammattikorkeakoululle. Uudempi FD2-ajoneuvotietokone tulee korvaamaan vanhan FD-mallin Suomen poliisin ajoneuvoissa. Myös tähän simulaattorikokoonpanoon otetaan käyttöön FD2-malli vanhalle FD-mallille suoritettujen testien jälkeen.

Goodmill Systems w24e-R monikanavareititin toimitettiin meille Goodmill Systemsin henkilökunnan puolesta. Goodmill Systems järjesti myös työryhmälle monikanavareitittimen toiminnallisuuksiin liittyviä koulutuksia kahtena eri päivänä.

Airbus Defence and Space Oy:n henkilökunta toi työryhmän käyttöön Radio Console System 9500-ohjelman, sekä sen toiminnallisuuteen vaadittavat oheislaitteet. Näitä olivat; Sound Ar-

bitration Module ja siihen liitettävät kaksi kaiutinta, pöytämikrofoni, jalkakytkin (push-to-talk)-pikayhteyteen, kuulokemikrofoni ja sen kytkentälaite, sekä muut laitteet kuten Analog Radio Gateway-moduuli ja HASP-usb-tikku. Rakennusprosessin aikana Airbus Defence and Space järjesti myös laitteiston toimintaan perehdyttävää koulutusta heidän toimipisteessään Helsingissä. Parempi ymmärrys eri komponenttien toiminnasta oli tärkeää kokoonpanon toiminnallisuuden ymmärtämisen kannalta.

Kuvassa 6. esitetään simulaattoriympäristön elementit, sekä kuinka ne ovat kytkettynä toisiinsa.



Kuva 6: Simulaattorin fyysinen laitetopologia

Simulaattorin laitteiston toimintatilaa seurattiin sitä varten tehdyllä raporttikaaviolla, johon merkattiin aina tietyn komponentin toimivuuden tila. Tällä tavalla on mahdollista seurata yksityiskohtaisemmin isomman kokoonpanon yksittäisten komponenttien toimintavalmiutta, sekä pohtia tarvitseeko niille tehdä lisätoimia. Seurantaraportti (Kuva 7.) helpotti työn edetessä kokonaisuuden hahmottamista, sekä raporttia tulkitsemalla pystyttiin systemaattisesti keskitämään toimenpiteet tietyille komponentille.

Laite	Tila	Lisäinfo
RCS9500	OK	Käyttövalmis
Akkusofta	OK	Käyttövalmis
Sunit	OK	Käyttövalmis, testit puuttuvat
Näyttö 1	OK	Puuttuu kiinteä asennus
Näyttö 2	OK	Puuttuu kiinteä asennus
Akku	OK	Puuttuu kiinteä asennus
MKR	OK	3G OK, yhteys Democentteriin ?
SAM	NOK	Kytetty, ei testattu
Jackbox	NOK	Kytetty, ei testattu
ARG 1	NOK	Ei kytketty
ARG 2	NOK	Käytetäänkö ?
TMR880	NOK	Konffattu, ei kytketty
Zabbix	NOK	Käytetäänkö ?

Kuva 7: Laitteiston seurantaraportti

5.1 Ajoneuvotietokone

Sunit Oy on vuonna 1996 perustettu kajaanilainen ajoneuvotietokoneiden, -telematiikan ja -paikannusteknologian suunnitteluun, valmistukseen ja markkinointiin erikoistunut yritys. Sunit kehittää ja valmistaa laadukkaita ja korkeatasoisia Windows -käyttöjärjestelmiin pohjautuvia ajoneuvotietokoneita eri asiakasryhmien käyttöön liikkuvassa kalustossa. (Sunit 2014).

Sunit FD-ajoneuvotietokone

Sunit FD-malli on nykyinen, ja myös poistuva ajoneuvotietokone-malli mm. Suomen poliisin hälytysajoneuvossa käytettävästä tietokoneesta. FD-malli oli aluksi osana simulaattorikokoonpanoa. FD-ajoneuvotietokoneesta suoritettiin erityyppisiä suorituskykytestejä, jotta voitaisiin verrata sen tuloksia uudemman malliseen Sunit FD2 ajoneuvotietokoneeseen. Käyttöjärjestelmänä tässä tietokonemallissa oli Windows XP Professional.

FD-mallin mikroprosessorina on Intel Core 2 Duo L7400. Prosessori toimii 1,5Ghz kellotaajudella. Prosessori on tyypiltään ”Low Voltage”, joka tarkoittaa sitä, että se on tarkoituksenmukaisesti suunniteltu käyttämään vähemmän virtaa. Tämän tyyppinen prosessori on ominaisuuksien puolesta erinomainen ajoneuvokäyttöön, missä virran saanti on aina rajallista ja tarkkaan mitoitettua. Näyttöpiirinä on Intel 945GM. Keskusmuistia koneessa on 2048 megatavua. Muisti on tyypiltään DDR2 (double data rate 2) PC2-5300 ja muistin nopeus on 667 Mhz. (Sunit FD 2014.)

DDR muistin toimintaa ohjataan kellopulsseilla. Kellopulssi määrittelee tarkasti milloin muisti lähettää tietoa ja milloin se ottaa sitä vastaan. Pulssien välistä aikaa mitataan megahertseinä

(MHz), tästä määrittäyty myös muistiväylän kellotaajuus. Tämä määrittelee sen kuinka monta miljoonaa kellopulsssia tapahtuu sekunnissa. Suurempi muistiväylän kellotaajuus tarkoittaa nopeampaa muistia ja tämä mahdollistaa muistin suorittamien operaatioiden määrän kasvun. (DRAM 2014).

Ajoneuvotietokoneen massamuistina oli 64 gigatavun SSD (solid state drive)- levy. Hiljattain kuluttajakäyttöön yleistyneen SSD-levyn etuina vanhemman malliseen HDD (hard disk drive)-kiintolevyyn ovat sen pienempi virrankulutus, tiedon hakuaika levyltä nopeampi, sekä sen iskunkestävyys on myös paljon suurempi, sillä SSD-massamuisti ei sisällä lainkaan mekaanista koneistoa. HDD-kiintolevyssä tiedon siirtonopeus on tyypillisesti noin 90-130 megatavua sekunnissa. SSD-levyssä tämä lukema on noin 100-500 megatavua sekunnissa. Liikkuvassa ajoneuvossa iskunkestävyys ja virheherkkyyden parantaminen on erittäin tärkeä kriteeri, sillä massamuistilta saatavan tiedon on oltava käytettävissä tilanteesta riippumatta.

Nämä ajoneuvotietokoneen tiedot oli tärkeätä dokumentoida, sillä näillä tiedoilla pystyttiin analysoimaan ajoneuvotietokoneiden testisuoriutumisten eroja vertaamalla koneiden komponenttien eroavaisuuksia. Tietojen avulla oli myös mahdollista suunnitella, minkälaisia arvoja suorituskykytesteissä tultaisiin mittaamaan ja vertaamaan.

Ajoneuvotietokone kytkettiin Saft Smart VH-akkumoduuleihin käyttämällä ajoneuvotietokoneen mukana tullutta johtosarjaa. Johtosarjan turvallista ja luotettavaa kytkentää varten siihen muokattiin rengasliittimet, jotka tulisivat kiinteästi akkumoduulien napoihin kiinni. Herätevirtajohto, joka ajoneuvossa kytkettäisiin virtalukkoon, kytkettiin jatkuvan virran johdon kanssa yhteen. Plus-napaan tulevan virtajohdon väliin asennettiin 10 Ampeerin minisulake. Myös herätevirtajohdon väliin asennettiin 1 A sulake. Sulakkeen asentamisella ehkäistään mahdollisen virtapiikin aiheuttama tuho ajoneuvotietokoneelle. Johtoliitokset suojattiin kuitusukalla oikosulkujen ehkäisemiseksi. Johdot liitettiin käyttämällä uros-naaras tyyppisiä sähköliittimiä.

Sunit FD2 - ajoneuvotietokone

Sunit Oy:n FD2-ajoneuvotietokone on uudempi malli edellä esitetystä FD-mallista. FD2-malli korvaa Suomen poliisin hälytysajoneuvoissa käytettävän Sunit FD-mallin. FD2-mallissa käyttöjärjestelmänä on Windows 7. Tässä mallissa mikroprosessori on malliltaan Intel Core i7 3555LE Low Voltage. Prosessori toimii 2,5 Ghz-kellotaajudella. Koneessa on 4 gigatavua DDR3L PC3-12800 keskusmuistia 1333Mhz nopeudella. Massamuistina koneessa on 60 gigatavun SSD-levy. Ulkoasultaan FD2 on FD-mallin kanssa samanlainen, sisältäen suojaavan ulkokuoren. (Sunit FD2 2014.)

Sunit FD12- näyttö

Sunit FD12-näyttö on käytössä Suomen poliisin hälytysajoneuvon etu-, sekä takaosassa. Näyttö on 12,1-tuuman XGA-1024 x 768 resoluution resistiivinen TFT-laajakuva-kosketusnäyttö. Näytössä on erillinen manuaalinen kirkkaudensäätöön tarkoitettu rullakytkin. Näyttö on kytketty suoraan Sunit-ajoneuvotietokoneen ensimmäiseen näyttöporttiin. (Sunit FD12 2014).

Sunit 10F - näyttö

Sunit 10F on uudemman mallinen 10,4-tuuman TFT-resistiivinen-kosketusnäyttö. Resoluutio XGA (4:3) 1024 x 768. Näyttö on kytketty suoraan Sunit-ajoneuvotietokoneen toiseen näyttöporttiin. (Sunit 2014.)

5.2 TETRA

TETRA-toiminnallisuuden integrointi simulaattoriympäristöön toteutettiin Airbus Defence and Space Oy:n toimittamilla laitteilla. Näitä laitteita ovat:

Hardware Against Software Piracy (HASP)- avain

Airbus Defence and Space Radio Console System 9500- ohjelman digitaalisten käyttöoikeuksien hallintaan tarkoitettu USB-mokkula. HASP-avain sisältää RCS9500-ohjelman vaatiman lisenssitiedoston.

Sound Arbitration Module (SAM)

Sound Arbitration Module ohjaa Radio Console System 9500-ohjelman äänen kulkua ja siihen liittyviä toimintoja. Simulaattorissa SAM kytkettiin Sunit ajoneuvotietokoneen johtosarjan USB-porttiin.

Jackbox

Jackbox on kuulokemikrofonia varten tarkoitettu laite, jossa on erillinen äänenvoimakkuuden säädin. Laitteeseen liitetään kuulokemikrofoni. Jackbox on liitettyä SAM-moduuliin.

Analog Radio Gateway

Analog Radio Gateway muuntaa järjestelmään liitettyjen TETRA-terminaalien äänen VoIP-muotoon.

Kaiuttimet

Simulaattorissa on käytössä kaksi kaiutinta. Äänen tulo oli mahdollista säätää eri puheryhmän mukaan eri kaiuttimelle. Kaiuttimet ovat liitettynä SAM-moduuliin.

Pöytämikrofoni

Pöytämikrofoni on ns. ”gooseneck”-mallinen, sekä siinä on PTT-painike, jolla voidaan ohjata puheen kulkua. Pöytämikrofoni on liitettynä SAM-moduuliin.

Jalkakytkin

Jalkakytkin toimii PTT-painikkeena. Kytkimellä voidaan ohjata puheen kulkua. Jalkakytkin on kytkettynä SAM-moduuliin.

Kuulokemikrofoni

Kuulokemikrofonissa yhdistyivät mikrofoni, sekä kuulokkeet. Laitteessa on myös PTT-painike, jolla voidaan ohjata puheen kulkua. Kuulokemikrofoni on kytkettynä Jackboxiin.

TETRA Mobile Radio 880i (TMR880i)

TMR880i on TETRA-radioyksikkö erillisellä integroidulla käyttölaitteella. Radioyksikössä on GPS-vastaanotin, jota käytetään asematietojen seurantaan. Käyttölaitteessa on näyttö, numeronäppäimistö, mikrofoni, sekä rullakytkin josta on mahdollista selata eri puheryhmiä. Käyttölaitteessa on Nokian kehittämä Series 40-käyttöliittymä.

Simulaattorissa TMR880i oli kytkettynä Analog Radio Gateway:hin, joka muutti äänen VoIP:iksi. Radioyksikköön oli liitetty myös TETRA-antenni.

TETRA Hand Portable Radio 880i (THR880i)

THR880i-päätelaitteessa on integroituna radio- ja matkapuhelimen ominaisuudet. Laitteella voi kommunikoida TETRA- ja yleisissä matkapuhelinverkoissa. Laitteessa on sisäänrakennettu GPS-vastaanotin paikannustietojen hallintaa varten. Kuva 8 esittelee simulaattorikokoonpanoon liitetyt TMR880i ja THR880i laitteet.



Kuva 8: TMR880i & THR880i simulaattorikokoonpanossa

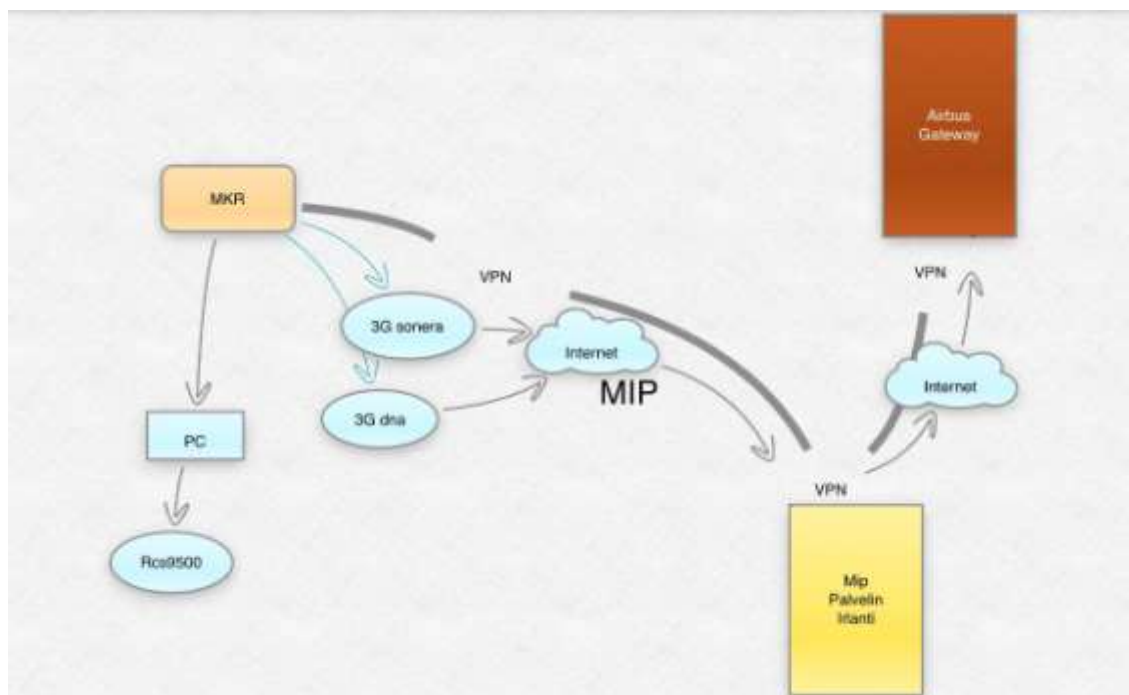
5.3 Monikanavareititin

Goodmill Systems Oy on vuonna 2005 perustettu älykkäiden monikanavaisten reitittimien valmistaja, jonka ratkaisuilla voidaan toteuttaa luotettavat laajakaistayhteydet kriittisiin soveluksiin erityisesti liikkuvissa kohteissa. Tuotteiden pääasiallisina kohderyhminä ovat viranomaistoimijat, kuten poliisi ja pelastustoimi.

Goodmill Systems w24e-R- monikanavareititin toimii simulaattorissa datansiirron päätelaitteena, jolla data voitiin lähettää useamman tiedonsiirto rajapinnan kautta. Laitteen asetuksia oli mahdollista muokata siihen tarkoitettuun ohjelmiston avulla. Laitteesta on mahdollista tutkia tallennettua verkon seurantadataa. Laitteessa oli kytkettynä kaksi 3G-, sekä yksi WLAN-antenni. Laitteeseen asennettiin kaksi eri operaattorin SIM-korttia 3G datansiirtomahdollisuudella. Laitteen verkkoyhteys oli näin kahdennettu, sekä vikasietoisuutta parannettu. Simulaattorissa luotiin VPN (virtual private network)-yhteys monikanavareitittimen, sekä Airbus Defence and Space verkkolaitteiston välille. Käytössä olleet 3G-SIM-kortit olivat Soneran ja DNA:n. Kahden SIM-kortin käytön aiheuttama IP-osoitteen muuttuminen operaattorin vaihtuessa on VPN-yhteyden ylläpidettävyyden kannalta toteutettu käyttämällä MIP (Mobile IP)-tekniikkaa. Reitittimessä oli valmius myös 4G- verkon käyttöön, mutta se jätettiin hyödyntämättä tässä työssä, sillä toiminnallisuus oli saavutettavissa myös 3G-verkon kanssa.

Laitteen simulaattori kokoonpanon akkuliitääntä varten täytyi rakentaa Saft-akkumoduuliin liitettävä virtapistoke, johon monikanavareitittimen oma liitääntäjohto liitettiin. Monikanava-

reitit liitettiin simulaattorin LAN-kytkimeen. Kuva 9 esittelee simulaattorikokoonpanon verkko-osion.



Kuva 9: Simulaattorin verkkotopologia

5.4 Akusto

Saft Smart VH Battery Module

Saft Smart VH-akkumoduuli on NiMH (nikkelimetallihydridiakku)-teknologiaan perustuva liikkuviin käyttökohteisiin tarkoitettu akku. Laitteessa on älymoduuli, jonka avulla akku voidaan kytkeä ulkopuolisiin laitteisiin datan keruuta varten, sekä siitä näkee akun varaustason. Moduulin päällä on virtanappi, jolla pitkään käyttämätön akku saadaan takaisin toimintavalmiuteen. Akku toimii 12 V jännitteellä, sekä yhden moduulin kapasiteetti on 30 Ah. (Saft 2007).

Työn alkuvaiheessa laitteisto oli liitettynä yhteen Smart VH-moduuliin. Moduuliin oli kytketty ajoneuvotietokone, molemmat näytöt, hiiri ja näppäimistö. Työn edetessä Akkusofta-ohjelmasta pystyi toteamaan, että laitteisto kuluttaa enemmän virtaa kuin mitä akkumoduuleihin kytketty laturi pystyy tuottamaan. Tämän johdosta käyttöön otettiin kolmen akun rinnankytketty moduuli, sekä käyttöön otettiin tehokkaampi laturi. Näin saatiin kasvatettua akkumoduulien kapasiteetti 90 ampeerituntiin. Akut asennettiin akkulaatikkoon, joka aseteltiin simulaattorin pöydän alapuolelle.

5.5 Muut oheislaitteet

Cirque Glidepoint Easy Cat - kosketushiiri

Kosketushiirellä ohjataan ajotietokoneen Windows- käyttöjärjestelmää. Kosketushiiri on USB-kytkentäinen, sekä se osaa erotella klikkaukseen käytettävien sormien määrän mikä mahdollistaa erilaiset monisormieleet. (Cirque 2009.) Poliisin pakettiautomallisessa partioautossa hiiri sijaitsee apukuljettajan oven ikkunan alareunan luo kiinnitettynä, josta apukuljettaja operoi ajoneuvotietokonetta. Simulaattorissa hiiri on kytkettynä USB-hubiin.

SolidTek ACK-540U- näppäimistö

Näppäimistö on USB-kytkentäinen, sekä sisältää kosketuskäyttöhiiren. Ajoneuvossa näppäimistölle on oma säilytyskotelonsa hansikaslokeron alapuolella, mutta sen käytettävyyden hankaluuden vuoksi näppäimistö usein sijaitsee muualla. Uudessa poliisiautossa näppäimistöle on oma teline rakennettu apukuljettajan vasemmalle puolelle. Simulaattorissa näppäimistö on kytkettynä USB-hubiin, sekä sijaitsee näyttöjen edessä pöydän päällä.

Logik USB-Hub

Sunit FD, sekä FD2, ajotietokoneet eivät itsessään sisällä USB- porttia. Ajoneuvotietokoneiden johtosarjassa on liitosaara, jossa on 3 USB- naarasporttia. USB- hub oli tarpeellinen hankinta simulaattoria varten, sillä simulaattorin luotettavan toiminnan vuoksi vain yksi kolmesta ajoneuvotietokoneen johtosarjan USB- porteista voitiin käyttää oheislaitteille, kuten näppäimistö ja hiiri. Sunit johtosarjan kaksi muuta porttia olivat käytössä Radio Console System 9500-HASP-aktivointiavainta, sekä Akkusoftan vaatiman UC232 USB to serial port-johtosarjaa varten. Simulaattorissa USB-hubiin on kytketty kosketuslevyhiiri ja näppäimistö.

Zyxel LAN kytkin

Viisiporttinen LAN (local area network)-kytkin yhdisti simulaattorissa monikanavareitittimen, ajoneuvotietokoneen, sekä Analog Radio Gateway samaan verkkoon.

5.6 Valmis kokoonpano

Simulaattorin operatiivisen toiminnan kannalta merkittävät laitteet asennettiin työpöydän päälle. Työpöytä katettiin mustalla kankaalla visuaalisuuden parantamiseksi. Kangas kiristettiin, sekä asennettiin kiinteästi pöytään kiinni. Laitteitten kiinteätä asennusta varten ne kiinnitettiin mustaan puulevyyn ruuveilla. Puulevyn stabiilisuutta parannettiin asentamalla sen

alapuolelle kumityynyjä, jotka pitivät levyn paikallaan kosketusnäyttöjä operoidessa. TMR880i-käyttölaitteen asennusta varten rakennettiin kiinnityslevy, johon kiinnittyneenä käyttölaitetta on helppo operoida. Kuva 10 ja Kuva 11 havainnoivat valmista simulaattorikonpanoa.



Kuva 10: Valmis simulaattori



Kuva 11: Valmis simulaattori 2

Osa laitteistosta asennettiin työpöydän jalkaan kiinnitettyyn tukirautaan. Laitteisto, sekä kytkennät jätettiin näkyville, jotta niitä voisi helposti esitellä (Kuva 12.)

Kuvassa järjestyksessä ylhäältä: Airbus Defence and Space Sound Arbitration Module, Zyxel LAN kytkin, Sunit FD2-ajoneuvotietokone ja Goodmill Systems w24e-R monikanavareitin.



Kuva 12: SAM, Switch, FD2, MKR

Simulaattorikokoonpanon valmistuttua oli mahdollista aloittaa suorituskyky-, sekä virrankulutustestien toteuttaminen.

6 Ohjelmat

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyössä keskeisessä asemassa olevat ohjelmat, joita käytettiin opinnäytetyön toteuttamisessa.

6.1 Radio Console System 9500

RCS9500 (Radio Console System 9500) on Airbus Defence and Space:n kehittämä tuote, joka on tarkoitettu operatiivisten toimijoiden käyttöön. RCS9500 tarjoaa esimerkiksi hätäkeskuspäivystäjille helpon ja nopean pääsyn TETRA-viestintäominaisuuksiin. Ohjelma tarjoaa helpon siirtymisvaiheen analogisesta PMR:stä digitaaliseen TETRA:aan.

Ohjelmasta on olemassa kolme erilaista versiota:

- RCS9500 Control room, sekä hätäkeskusten käyttöön tarkoitettu versio, jossa operatiivinen toimija voi ohjata myös eri organisaatioiden, kuten pelastuslaitoksen ja poliisin toimintoja.
- RCS9500 Lite on tarkoitettu käyttöön, jossa laitteisto on rajallista ja tilanteissa joissa tarvitaan nopeasti operatiivisen toimijan läsnäoloa. Ohjelmaa voidaan käyttää esimerkiksi kannettavalla tietokoneella.
- RCS9500 Wireless on tarkoitettu liikkuviin järjestelmiin. Järjestelmä yhdistyy TETRA-verkkoon ja sen ominaisuudet ovat käytettävissä kosketusnäytön kautta.

Radio Console System 9500 tarjoaa myös monipuolisia rajapintoja ohjelman sisällä ja ohjelma voidaan räätälöidä asiakkaalle hänen tarpeidensa mukaan. Ohjelmalla on mahdollista esimerkiksi muokata jokaiselle toimijaryhmälle oma ulkoasu, jossa on omat alueelliset ominaisuudet. Ulkoasu on myös muitten toimijoitten saatavilla järjestelmän ohjaajan sallimana. Näin esimerkiksi ulkopaikkakunnalta saapuva partioauto voisi saada käyttöönsä paikalliseen kommunikointiin käytettävän ulkoasun.

Radio Console System 9500-ohjelman käyttöliittymä on täysin muokattavissa asiakkaan omien tarpeitten mukaan. Käyttöliittymän muokkaus aloitetaan täysin tyhjältä pohjalta, johon voi lisätä omien tarpeellisten toiminnallisuuksien edellyttävät kuvakkeet. Ulkoasun suunnittelu voidaan aloittaa asiakkaan vanhan ohjelman ulkoasua vastaavan luomisella, sekä aloittaa sen pohjalta uuden rakentaminen. Käyttöliittymät tallentuvat palvelimelle, joista ne latautuvat koneelle ohjelman käynnistysvaiheessa. (Airbus Defence and Space Radio Console System 9500 2013).

Kuva 13 esittää Radio Console System 9500-ohjelman käyttöliittymää, jossa ulkoasuun on liitetty erilaisia toimintoja ohjaavia painikkeita.



Kuva 13: Radio Console System 9500 (Airbus Defence and Space 2013).

6.2 Akkusofta

Akkusofta on Laurea- ja Metropolia-ammattikorkeakoulun yhteistyössä kehittämä tietokoneohjelma, jolla voi seurata Saft Smart VH akkumoduulien virta-, jännite-, lämpötila- ja kapasiteettitietoja. Ohjelman käyttöliittymästä (Kuva 14.) on mahdollista vaihtaa sarjaporttia, josta tietokone kerää datan. Datan keräys on myös mahdollista kytkeä tarpeen mukaan päälle tai pois. Kytkemällä tiedonkeruu päälle Akkusofta aloittaa tekstimuotoisten lokitiedostojen kirjoittamisen omaan hakemistoonsa. Hakemistoon muodostuvat lokit koostuvat virrankulutuksesta, akkujen jännitteen muutoksista, akkujen kapasiteetista, sekä akkujen lämpötilasta.



Kuva 14: Akkusofta ohjelma

7 Testit

Suorituskyky- ja virrankulutustestit, sekä testien toteuttamistavat valittiin suunnitelmallisesti asiakkaan pyytämän tutkimusdatan keräämisen tueksi. Testiohjelmaa tutkiessa pohdittiin mitkä ohjelmat sopisivat tähän kokonaisuuteen parhaiten, sekä kuinka niitä voisi soveltaa opinnäytetyön tueksi. Opinnäytetyöstä saatujen testitulosten arvokkaimpia tarvittavia tietoja olivat Radio Console System 9500-ohjelman vaikutus Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen suorituskykyyn, Saft-akkumoduulien avulla järjestelmän sähkönkulutukseen liittyvien tietojen kerääminen ja Sunit tietokoneen yleinen suorituskyky verrattuna vanhaan tietokoneeseen.

Ohjelmien valitseminen aloitettiin tutkimalla tietoa Internetistä erilaisista vaihtoehtoja suorituskykytestien suorittamiseksi. Tutkimuksen aikana pohdittiin Windows 7-käyttöjärjestelmästä löytyviä suorituskyky-parametreja esittävien ohjelmien käyttöä testien dokumentointiin ja miten saataisiin tarvittava tieto tarkasti tallennettua. Testitapaukset piti sisällään erityyppisiä järjestelmää kuormittavia testivaiheita, joilla simulaattorin laitteen toimintaan saataisiin mahdollisimman monipuolisia suorituskykyä rasittavia elementtejä aikaiseksi. Potentiaalisia testiohjelmaa tutkittiin vertailemalla ohjelmista saatavan datan muotoja, ohjelmien toimintoja, sekä käyttöliittymissä näkyvien testitulosten selkeyttä. Tes-

teistä kerätty data analysoitiin, sekä samalla pohdittiin miten kerättyä dataa voisi hyödyntää ja käyttää tulevaisuudessa.

7.1 Virrankulutustestit

Sähkönkulutukseen liittyvän datan seuraamisessa käytettiin kappaleessa 6.2 Akkusofta esitettyä Laurea- ja Metropolia-ammattikorkeakoulujen yhteistyössä kehittämää ohjelmaa, joka on suunniteltu lukemaan tiettyjä data-tietoja Saft Smart VH- akkumoduulien tietoliikenneportista. Akkusoftan tiedonkeruu ominaisuutta käyttämällä voidaan kerätä sähkönkulutukseen liittyvien arvojen lokeja. Virrankulutustestit suoritettiin simulaattorikokoonpanolle, jossa oli käytössä Sunit FD2-ajotietokone Windows 7- käyttöjärjestelmällä ja siihen kuuluvat lisäkomponentit.

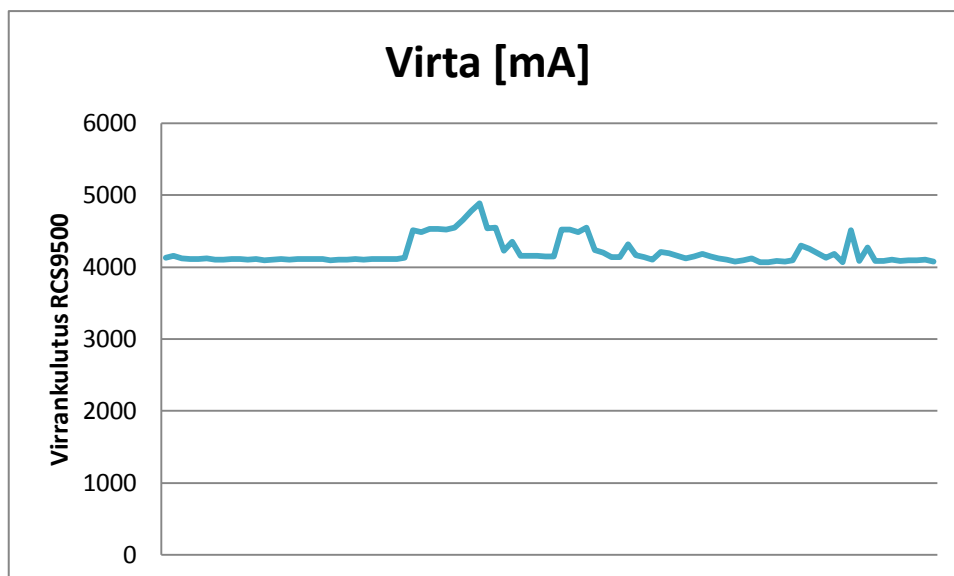
Virrankulutustestit suoritettiin keräämällä Akkusofta-ohjelman avulla lokitietoja, joista olisi nähtävillä virrankulutus tietyllä suunnitellulla aikavälillä. Testin päätarkoituksena oli kerätä tietoja siitä, kuinka paljon Airbus Defence and Space Oy:n RCS 9500-ohjelma vaikuttaa virrankulutukseen tietyn prosessin aikana. Lokeja analysoimalla saatiin testitapahtuman aikaiseen virrankulutukseen liittyviä tietoja, sekä yleisinformaatiota siitä kuinka paljon virtaa simulaattorikonaisuus kuluttaa.

Testit suoritettiin useaan otteeseen jotta mahdolliset virtapiikit, sekä epänormaalit tapahtumat virrankulutuksessa saataisiin dokumentoitua mahdollisimman tarkasti. Testituloksia vertailemalla todettiin, että tulokset olivat usein samalla tasolla, joten lokeihin tallennettujen tuloksien keskiarvo laskettiin ja arvot muunnettiin Excel-työkaluksi. Arvoja tutkimalla analysoitiin laitteiston, sekä eri ohjelmien vaikutusta virrankulutukseen.

Virrankulutus testeissä edettiin tietyissä vaiheissa, vaiheita oli yhteensä kuusi.

Vaiheet:

1. Tiedon keruu
2. Suunnittelu
3. Varsinaiset mittaukset
4. Mittaustuloksien vertailu ja tarkastelu
5. Mittaustulosten tuonti kaavioille
6. Mittaustuloksien analysointi kaavioista



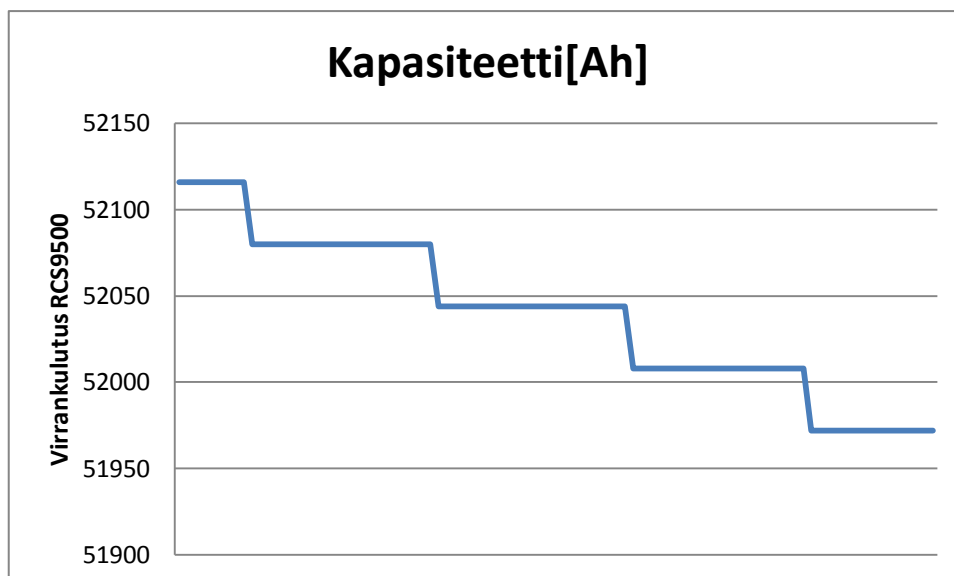
Kuva 15: Virta

Kuvassa 15 nähdään Sunit FD2 (Windows 7)- ajotietokoneen virrankulutus normaalissa tilassa, RCS9500-ohjelmaa käynnistäessä, käytettäessä ja sulkiessa.

Virtamittauksissa mitattiin simulaattorin laitteiston yhteiskulutusta milliampeereissa. Milliampeeri (mA) on ampeerin (A) pienempi yksikkö ja yksi milliampeeri on tuhannesosa ampeeria. Laitteiston virrankulutus normaalitilassa oli noin 4,1 ampeeria tunnissa. Täyteen ladattujen Saft-akkumoduulien yhteenlaskettu kapasiteetti on 90 Ah. Simulaattoria voidaan käyttää kolmen akkumoduulin kanssa n.22 tuntia ilman akkumoduulien latausta.

Kaaviota analysoidessa nähdään ennen Radio Console System 9500-ohjelman käynnistämistä edeltävä tasainen virrankulutuksen jana. Käynnistysvaiheen aikana, jossa ladataan ohjelmassa näkyvä ulkoasu, RCS9500-ohjelman vaikutus virrankulutukseen muutti kulutuksen korkeimmillaan noin 4,9 ampeeriin. Tämä virrankulutuksen kasvu oli kuitenkin vain hetkellistä ja kulutus tasaantui ohjelman käynnistysvaiheen jälkeen. Toimintoja käytettäessä virrankulutukseen saatiin aikaiseksi 0,5 ampeerin hetkellinen kasvu.

Mittaustuloksesta nähdään, että RCS9500-ohjelma vaikutti laitteiston virrankulutukseen korkeintaan aiheuttamalla 0,8 ampeerin hetkellisen kulutuksen kasvun, sekä simulaattorikokoonpanon jatkuvaan kulutukseen yhdistettynä kasvu oli noin 0,2 A.

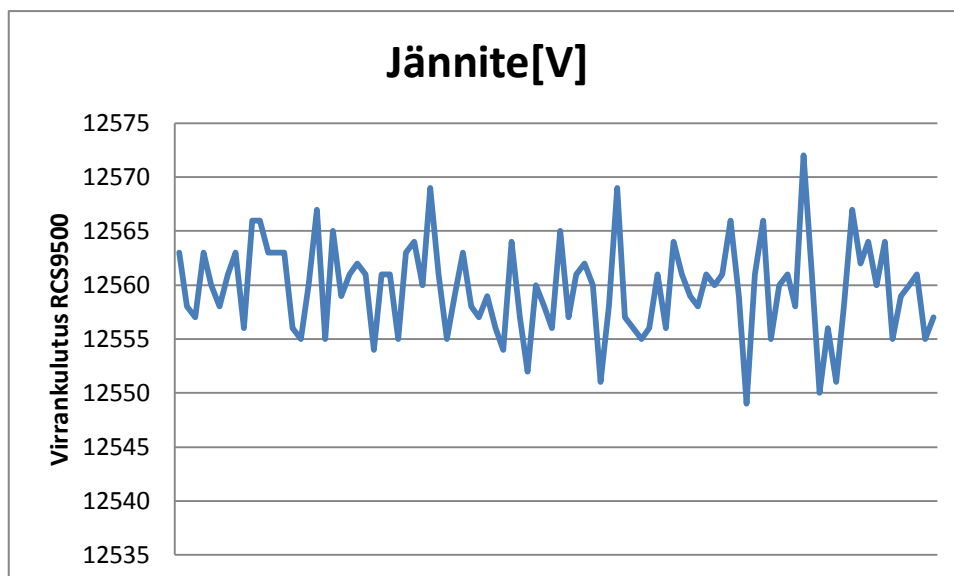


Kuva 16: Kapasiteetti

Kuvassa 16 nähdään Sunit FD2 (Windows 7)-ajotietokoneessa suoritettavan Radio Console System 9500-ohjelman vaikutus akkujen kapasiteettiin normaalissa tilassa, sekä rasiitus RCS9500-ohjelmaa käynnistäessä ja sulkiessa.

Akkujen kapasiteettia mittaavissa virrankulutusmittauksissa dokumentoitiin data mittaamalla milliampeerituntimäärä (mAh)arvot. Akun kapasiteetti kertoo sen kuinka paljon virtaa akusta voidaan saada virtaa. Esimerkiksi 8 ampeeritunnin(Ah) akusta voidaan saada virtaa neljä ampeeria(A) tunnissa kahden tunnin ajan. Testiä aloittaessa Saft Smart VH kolmen moduulin muodostaman akuston yhteenlaskettu kapasiteetti oli 52,1 Ah. Yhden akkumoduulin kapasiteetti on 30 Ah, joten täyteen ladattuna kolmen moduulin rinnan kytketyissä akustossa on n.90 Ah virtaa. Testi suoritettiin vajaavirtaisella akustolla, sillä testin luonne ei vaatinut akkujen täyttä latausta.

RCS9500-ohjelman vaikutus sen testikäytön aikana laski akkujen kapasiteetin 51,9 ampeerituntiin. Testidataa kerätessä, RCS9500-ohjelmalla suoritettiin raskaitten ulkoasujen lataamisia, sekä käytön perustoiminnallisuuksia, kuten yhdistettiin puheluita. Testituloksista huomataan, että kun otetaan huomioon muun laitteiston sähköntarve, RCS9500-ohjelman pidempiaikainen käyttö ei vaikuta simulaattorin virrankulutukseen kasvuun, sekä sitä kautta akkumoduulien kapasiteetin vähenemiseen merkittävästi.



Kuva 17: Jännite

Kuvassa 17 nähdään simulaattorin vaikutus akkujen jännitteen muutokseen Sunit FD2 (Windows 7)-ajoneuvotietokone kytkettynä.

Akkujen jännitteenmuutosta mittaavissa testeissä mitattiin jännitteen arvoja volteissa (V). Voltti-yksikön määritelmä on, että jos johteessa syntyy watin tehohäviö ja siitä kulkee läpi ampeerin virta, sen yli on yhden voltin jännite. Volttiarvot nousivat korkeimmillaan yli 12,570 voltin ja alimmillaan alle 12,550 voltin. Keskiarvoltaan volttimäärät pysyivät kuitenkin noin 12,560 voltissa. Saft Smart VH-akkumoduulit ovat 12 voltin tasavirta-akkuja. Akkumoduuleita oli kolme kappaletta rinnankytkettynä. Näin akuston jännite saatiin pysymään simulaattorin laitteiston vaatimassa 12 voltissa. Rinnankytketyt akkumoduulit mahdollistivat kapasiteetin kasvattamisen kolmea moduulia käyttämällä 90 ampeerituntiin.

7.2 Suorituskykytestit

Suorituskykytesteissä tuotettiin dataa Radio Console System 9500-ohjelman suorituskykyyn vaikuttavista ominaisuuksista simulaattorikokoonpanossa, sekä verrattiin vanhaa Sunit FD- ja uutta Sunit FD2- ajoneuvotietokonetta.

Suorituskykytestit tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa testejä tehtiin kahdella erityyppisiä arvoja mittaavilla ohjelmilla, jotta saataisiin mahdollisimman tarkkaa dataa. Testeissä tuotettiin tietoa ajoneuvotietokoneiden muistinkäyttöä ja prosessorin kuormitusta kuvaavista arvoista. Toisessa vaiheessa testejä tehtiin kahdella eri vertailuanalyysi-ohjelmalla, joilla vertailtiin tarkemmin ajoneuvotietokoneiden eroavaisuuksia testiohjelmien tuottamilla tuloksilla.

Suorituskykytesteissä edettiin etukäteen suunnitellussa seitsemässä eri vaiheessa. Testit aloitettiin keräämällä tietoja siitä, minkälaisia apuohjelmia tarvitaan, jotta on mahdollista tuottaa tarpeeksi tarkkaa dataa. Tutkimuksen jälkeen päädyttiin neljään erilaiseen vaihtoehtoon, jotka sopivat tästä opinnäytetyöstä tavoiteltavan datan tuottamiseen parhaiten.

Suunnitelma rakennettiin miettimällä miten data kerätään mahdollisimman tehokkaasti. Ohjelmilla suoritettiin testit, sekä pohdittiin testien sisäisiä prosesseja tutkimalla miten ne saadaan toimiviksi, jotta mittaustulokset olisivat mahdollisimman tarkkoja. Näiden ohjelmien avulla testit suoritettiin Sunit FD- ja FD2 ajoneuvotietokoneen kanssa, sekä vertailtiin ja analysoitiin niistä saatuja tuloksia. Tuloksista luotiin erinäköisiä kaavioita ja mitattujen tuloksien kaaviota analysoitiin.

Suorituskykytestin eri vaiheet:

1. Tiedon keruu
2. Suunnittelu
3. Testien sisäisten prosessien suunnittelu
4. Varsinaiset testit
5. Testaustulosten vertailu ja tarkastelu
6. Testaustulosten tuonti kaavioille
7. Testaustulosten analysointi kaavioista

Testit aloitettiin Sunit FD-mallilla, jossa oli Windows XP käyttöjärjestelmä. Kun testit oli suoritettu FD-mallilla, samat testit tehtiin Sunit FD2-mallille, jossa oli Windows 7 käyttöjärjestelmä.

7.2.1 Process explorer

Process explorer on Sysinternals:in kehittämä tietokoneohjelma. Ohjelma vastaa Windowsin tehtävienhallintaa, mutta sillä pystyy seuraamaan yksityiskohtaisempaa tietoja kaikista käynnissä olevista ohjelmista, sekä prosesseista. Ohjelman avulla seurattiin kuinka paljon ajoneuvotietokoneen prosessori kuormittuu ja kuinka paljon muistia Radio Console System 9500-ohjelma käyttää käynnistysvaiheessa, sen ollessa päällä ja perustoiminnallisuuksien aikana. Tulokset videoitiin Camstudio-ohjelmalla, jolla on mahdollista nauhoittaa näytöllä tapahtuva toiminta. Videoista kerätty tieto taulukoitiin, sekä analysoitiin.

Testien mittausedatan keräämistä varten suunniteltiin prosessimenetelmä (Kuva 18.) Prosessia suunniteltaessa mietittiin, minkälainen prosessin kulun pitäisi olla, jotta saataisiin paras mah-

dollinen tulos. Prosessin aikana seurattiin Camstudiolla otetuista videokaappauksista tiettyjä asioita ja kohtia mitkä kuuluivat valittuun prosessijanaan.

Prosessin kulku:

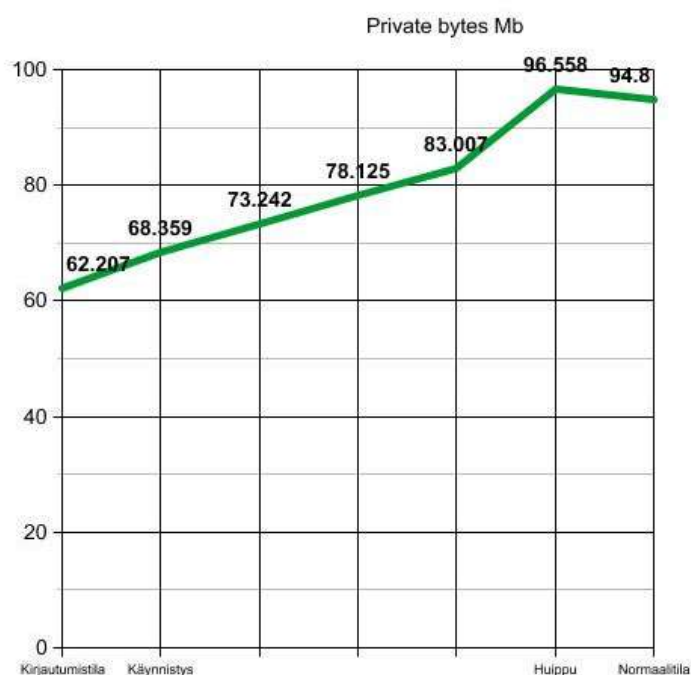
- Kirjautumistila - RCS9500-ohjelma käynnistetään ja käyttöliittymässä avautuu ikkuna johon syötetään käyttäjätunnus ja salasana
- Käynnistys - Käyttäjätunnus ja salasana syötetään, sekä kirjaudutaan sisään
- Huippu - Muistin käyttö on saavuttanut suoritukseltaan huipun ohjelman käynnistyessä
- Normaalitila - Ohjelma on normaalissa stabiilissa käyntitilassaan



Kuva 18: Datankeruu prosessi

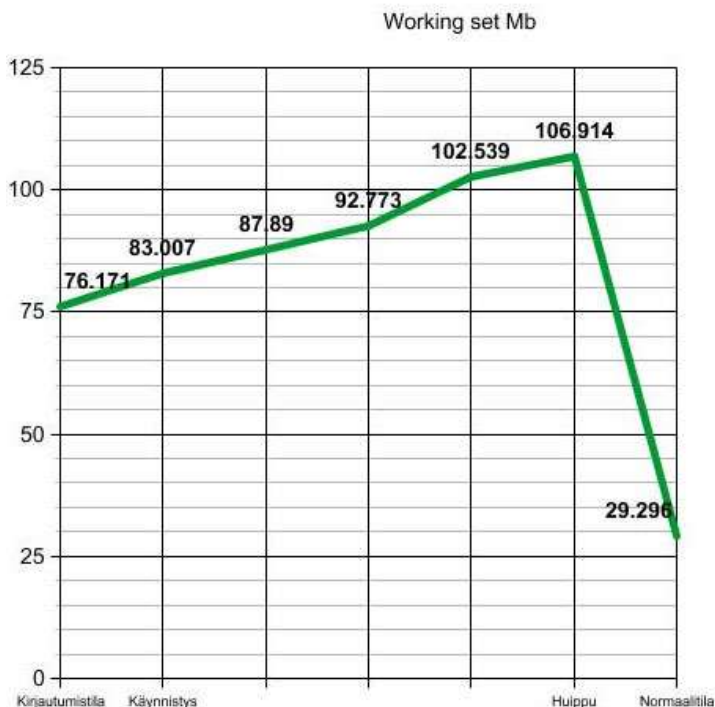
Testeissä mitattiin ”private bytes”- arvoa, joka näyttää prosessin käyttämän ja sen jakamattoman muistin koon megabitteinä, sekä ”working set”-arvoa, joka määrittelee muistin määrän, jonka prosessi tarvitsee tietyllä aikavälillä. Testeissä mitattiin myös kuinka paljon RCS 9500 kuormittaa tietyn prosessin aikana suoritinta ja miten se käyttää muistia.

”Private bytes”-testissä (Kuva 19.) seurattiin muistin käytön kulkua megabitteinä RCS9500 kirjautumis-tilasta normaaliin stabiiliin ohjelman toimimistilaan.



Kuva 19: Private bytes tuloskaavio

”Working set”-testissä (Kuva 20.) seurattiin muistin käytön kulkua RCS9500-ohjelman kirjautumistilasta normaaliin stabiiliin ohjelman toimimistilaan.



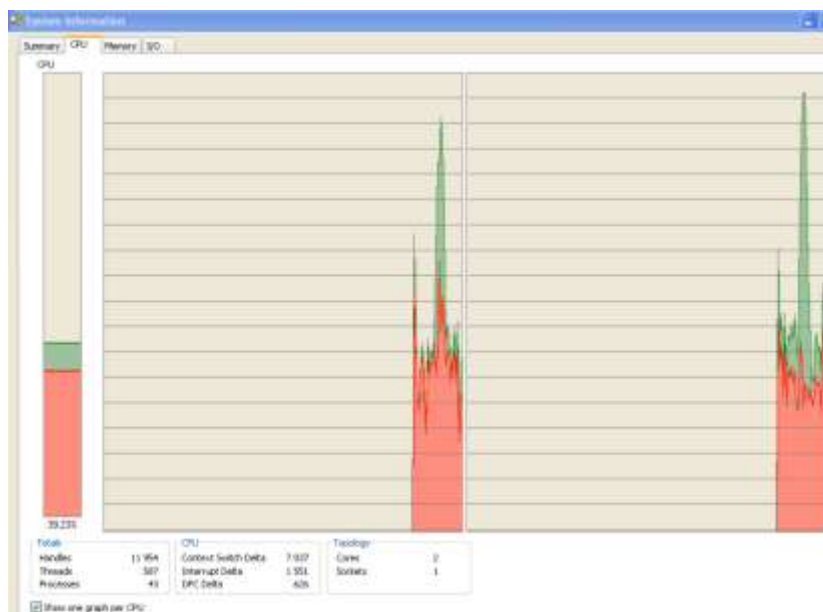
Kuva 20: Working set tuloskaavio

Proessorin ja kokonaismuistin käytön tutkimiseen käytettiin samaa prosessin kulkua. Prosessin kulussa on keskimääräinen arvio prosessoreiden käytöstä koska prosessorissa on kaksi ydintä.

Prosessin kulku:

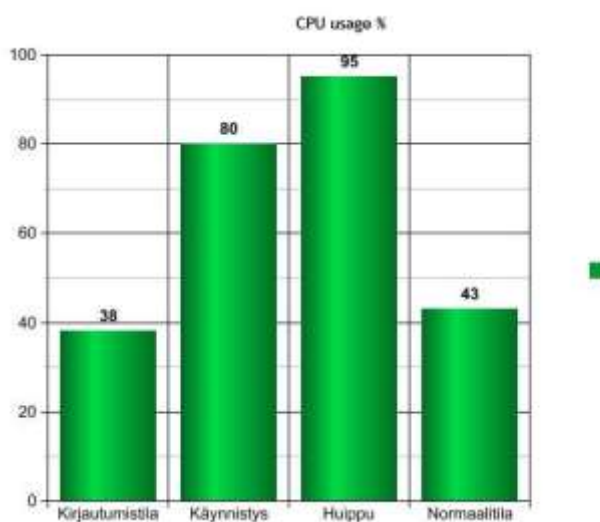
- Kirjautumistila - RCS9500-ohjelma käynnistetään ja käyttöliittymässä avautuu ikkuna johon syötetään käyttäjätunnus ja salasana
- Käynnistys - Käyttäjätunnus ja salasana syötetään, sekä kirjaudutaan sisään
- Huippu - Muistin käyttö on saavuttanut suoritukseltaan huipun ohjelman käynnistyessä
- Normaalitila - Ohjelma on normaalissa stabiilissa käyntitilassaan

Kuva 21 esittelee tietoa Process Explorer-ohjelman välilehdestä missä voi seurata molempien prosessorin ydinten käyttäytymistä.



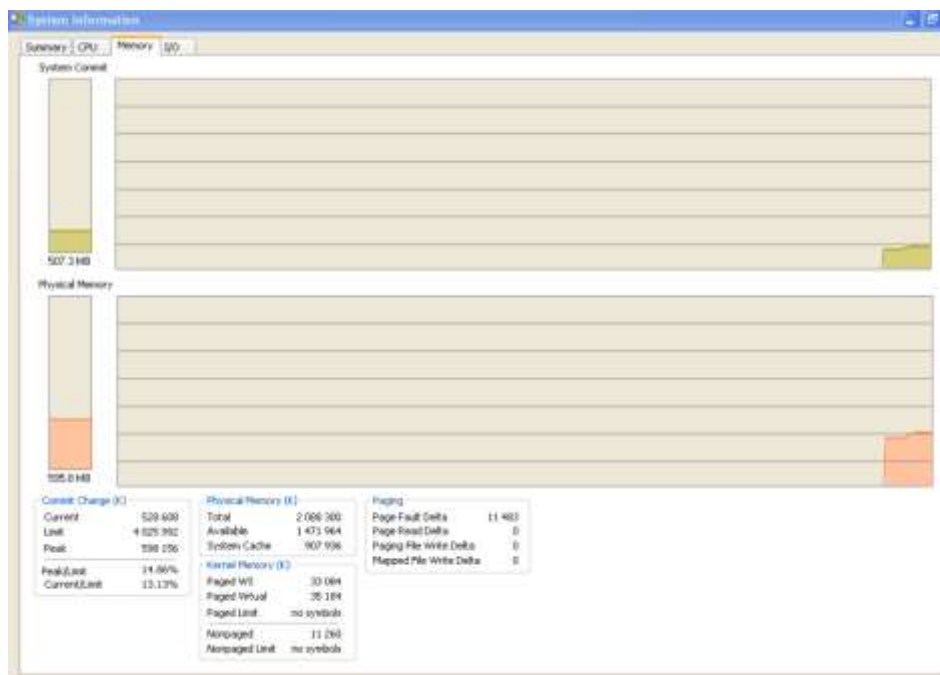
Kuva 21: Process Explorer

CPU, eli ajoneuvotietokoneen prosessorin arvojen mittauksessa tutkittiin kuinka paljon prosessoreiden käytön prosentuaalinen arvo nousee RCS 9500-ohjelman kirjautumis-tilasta normaaliin stabiiliin ohjelman toimimis-tilaan. Kuva 22 esittää testidatan prosessorin arvojen muutoksesta.



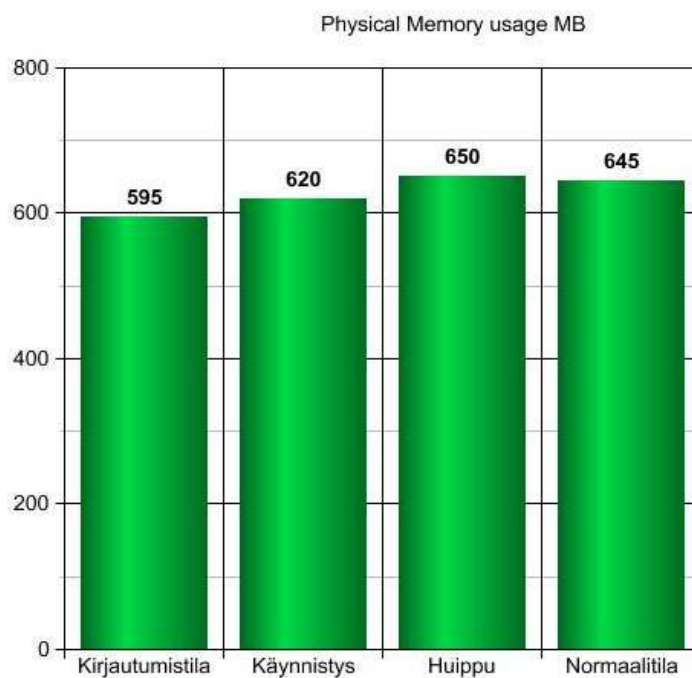
Kuva 22: CPU käyttö %

Kuva 23 esittää tietoa Process Explorer-ohjelman välilehdestä, josta voi seurata fyysisen muistin kokonaiskäyttöä.



Kuva 23: Fyysisen muistin käyttö

”Physical memory”-arvojen mittauksessa (Kuva 24.) tutkittiin kuinka paljon muistin kokonaiskäytön määrä nousee megabiteissa RCS9500-ohjelman kirjautumistilasta normaaliin stabiiliin ohjelman toimimistilaan.



Kuva 24: Muistin käyttö

Process Explorer-ohjelmalla tehdyillä testeillä onnistuttiin tuottamaan tietoja, joita on mahdollista hyödyntää monella eri tapaa. Huolellisesti suunnitellulla tiedonkeruu-prosessilla testeistä saatiin kerättyä mahdollisimman monen otoksen jälkeen tarpeeksi tarkkaa data määritellyistä arvoista.

7.2.2 Performance Monitor

Sysinternals Performance Monitor on Windowsin analysointiin kehitetty seurantatyökalu, ohjelmalla pystyy reaaliaikaisesti seuraamaan tiedostojärjestelmän, rekisterin ja erilaisten prosessien tai säikeiden toimintaa. Performance Monitorilla testeissä seurattiin Radio Console System 9500-ohjelman vaikutuksia ajoneuvotietokoneen prosessorin suorituskykyyn. Performance Monitorin suorituskyky mittauservoista tuotettiin prosentuaaliset arvot siitä miten prosessori käyttäytyi RCS9500-ohjelmaa käynnistäessä, sekä ohjelmasta suoritettavien toiminnallisuuksien aikana. Datoja analysoimalla oli mahdollista havainnoida, että Performance Monitorista tuotetut arvot eivät eronnut arvoissaan aikaisemmista Process Explorerin vastaavista.

Tutkimusten jälkeen testeistä päätettiin jättää Performance Monitorin siihen mennessä kerätyt datat pois tuloksista. Kyseinen apuohjelman avulla tuotetut tulokset eivät tuoneet testeihin lisäarvoa.

Performance Monitorilla kerätty hyödynnettiin testien analysoinnin aikana. Sen avulla varmistettiin Process Explorerin mittauservojen paikkaansa pitävyys.

7.2.3 PassMark PerformanceTest

Sunit FD2- ja Sunit FD-ajoneuvotietokoneiden vertailua varten suorituskykytestit toteutettiin PassMark PerformanceTest-ohjelmalla. Ohjelma tuottaa testin läpikäytyään oman arvostelutuloksensa, jossa se vertaa nykyistä testialustaa tietokantansa toisista testeistä saatuihin tuloksiin. PassMarkPerformanceTest-ohjelma valittiin testeihin sen testiominaisuuksien, sekä tuotetun datan helppolukuisuuden perusteella.

Testeissä kaksi alinta tulosta ovat opinnäytetyössä käytettyjen ajoneuvotietokoneiden tuloksia. Sunit FD-ajoneuvotietokone Windows XP-käyttöjärjestelmällä on testeissä merkittynä WIN_XP - SVPC-FLEX-nimellä, sekä Sunit FD2-ajoneuvotietokone Windows 7-käyttöjärjestelmällä on nimellä WIN_7 - PS-8060. Tuloksia vertaamalla voidaan havainnoida ajoneuvotietokoneiden erot suorituskyvyssä.

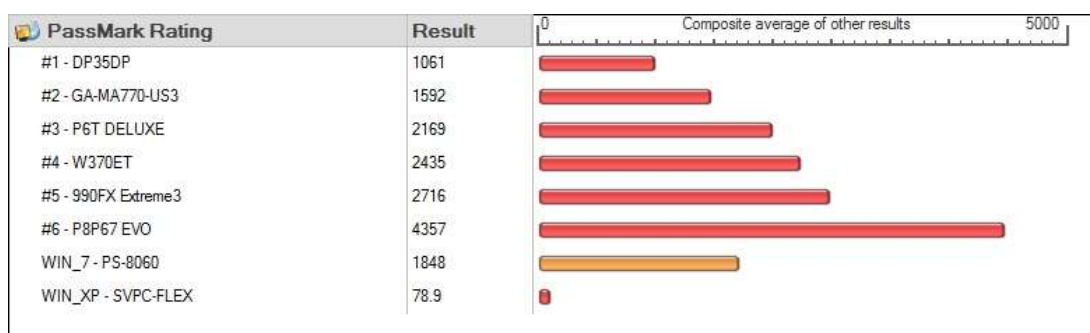
PassMark-testit suoritettiin tietyissä vaiheissa, testi ajettiin vanhalle tietokoneelle ja siitä saatua dataa tarkasteltiin. Dataa vertailtiin muihin kokoonpanoihin. Testit ajettiin uudelle

tietokoneelle ja siitä saatua dataa tarkasteltiin. Dataa vertailtiin muihin kokoonpanoihin. Molempien koneiden tuloksia vertailtiin keskenään ja lopuksi tutkittiin mihin kumpikin kone sijoittui testeissä annetuissa pisteityksissä.

Vaiheet:

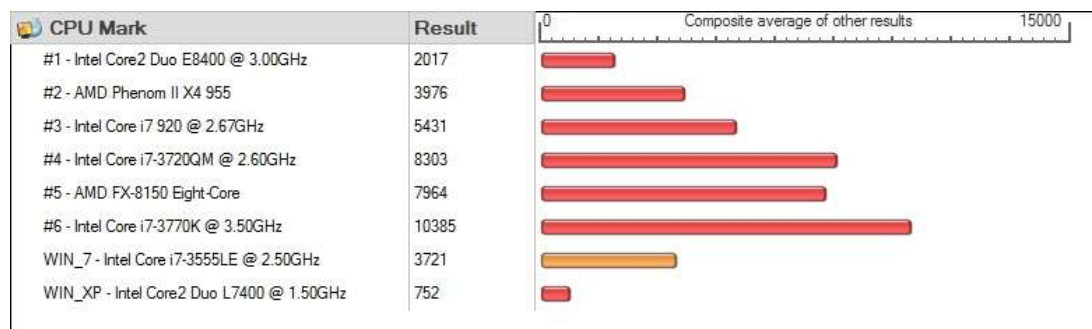
1. Windows XP koneen testiajo
2. Testiajosta saatujen datojen tarkastelu ja tutkiminen
3. Datan vertailu toisiin tietokonekokoonpanoihin
4. Windows 7 koneen testiajo
5. Testiajosta saatujen datojen tarkastelu ja tutkiminen
6. Datan vertailu toisiin tietokonekokoonpanoihin
7. Molempien tietokoneiden tulosten vertailu toisiinsa
8. Datan tarkastelu mihin kumpikin kone sijoittui pisteiltään tehdyissä testeissä

Kuva 25 esittää testitulokset, joissa saatiin yleisarvosana tietokonekokoonpanolle. Tuloksista nähdään, että ajoneuvotietokoneiden arvosanat eroavat toisistaan moninkertaisesti. Lähtökohdat tuleville suorituskykytesteille olivat tämän testin perusteella alustettuja.



Kuva 25: PassMarkin tuottama suoritusarvosana ja vertailukohteita.

Kuva 26 esittää testituloksen ajoneuvotietokoneiden prosessorien eroista. FD2-mallin Intel Core i7-prosessori oli suorituskyylyltään parempi verrattuna FD-mallin Intel Core 2 Duo-prosessoriin.



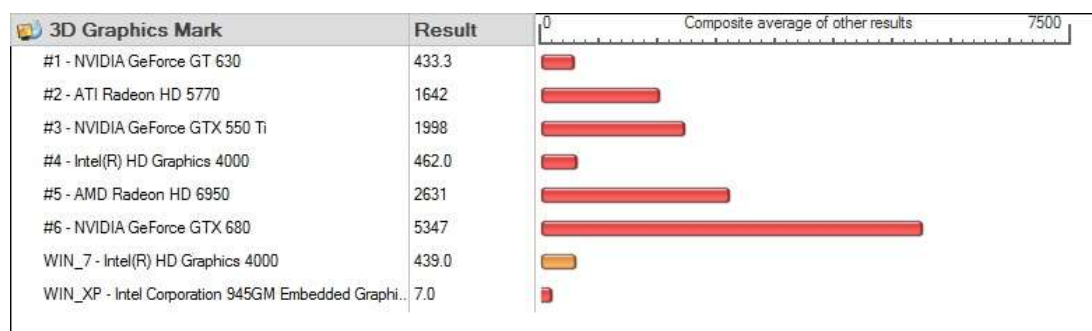
Kuva 26: PassMarkin tuottama suoritintulos ja vertailukohteita

Kuva 27 esittää ajoneuvotietokoneen näytönohjaimen 2D-grafiikkatulokset. Ajoneuvotietokoneen näytönohjain on tulevaisuudessa yhä isommassa roolissa, sillä hälytysajoneuvoihin integroidaan jatkuvasti uusia graafisia ominaisuuksia käyttäviä sovelluksia.



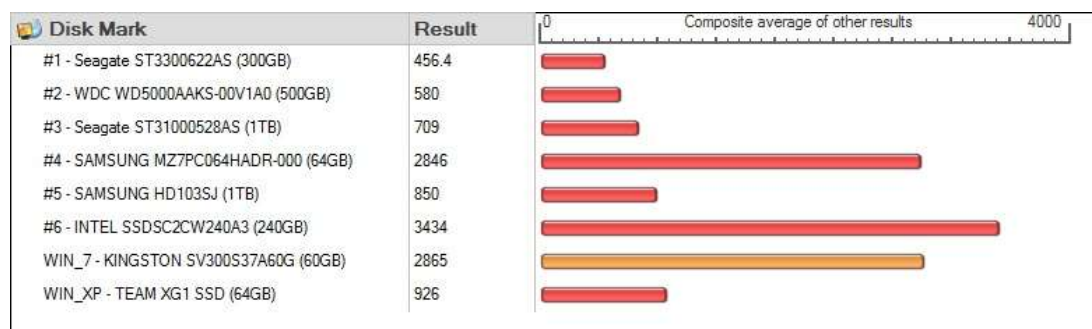
Kuva 27: PassMarkin tuottama 2D grafiikkatulokset ja vertailukohteita

Kuva 28 esittää 3D-grafiikkatulokset. Ajoneuvotietokoneiden integroidut näytönohjaimet eivät pärjänneet vertailussa erillisille ohjaimille. Keskenään vertailtaessa ero on kuitenkin suuri FD2-mallin eduksi.



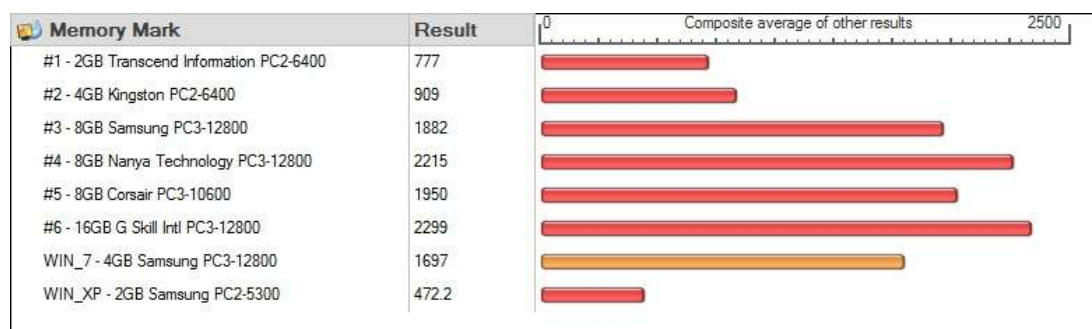
Kuva 28: PassMarkin tuottama 3D grafiikkatulokset ja vertailukohteita

Kuvassa 29 esitetään tietokoneiden massamuistien luku- ja kirjoitusnopeuksien yleisarvosanaa. FD2-mallissa käytettävä SSD-massamuisti asettui testien kärkipäähän. Vertailukohteina oli myös perinteisiä HDD-levyjä. FD-mallin massamuisti oli vain hieman suorituskykyisempi kuin HDD-levy. Tämä voi johtua ajoneuvotietokoneen iästä. Sunit FD-mallissa käytettävä SSD-massamuisti on uudempiin verrattuna jo melko vanhaa tekniikkaa käyttävä massamuisti.



Kuva 29: PassMarkin tuottama massamuistitulos ja vertailukohteita

Kuva 30 esittelee tietokoneiden keskusmuistin suorituskyvyn. FD2-mallissa muistia oli yhteensä 4gb, kun taas FD-mallissa 2gb. Vertailussa FD2-mallin uudempi ja nopeampi DDR3- muisti oli moninkertaisesti suorituskykyisempää, kuin FD-mallin DDR2-muisti.



Kuva 30: PassMarkin tuottama muistin tulos ja vertailukohteita

Analysoimalla dataa tarkoitus oli saada arvio miten paljon vanhempi Sunit FD- ajoneuvotietokone ja uudempi Sunit FD2-malli eroavat toisistaan. Tuotetun datan avulla pystytään tuottamaan tässä opinnäytetyössä Sunit Oy:n puolesta tärkeitä mittaustuloksia.

7.2.4 Everest

Everest on Lavalys:in kehittämä tietokoneen diagnostiikka- ja vertailuanalyysi-ohjelma, jonka avulla on mahdollista tutkia tietokonetta ja sen suorituskykyä. Everest-ohjelmalla testit suoritettiin Sunit FD- ja Sunit FD2-ajoneuvotietokoneissa. Testituloksiin kuuluu muistin luku (MB/s), muistin kirjoitus (MB/s), muistin kopiointi (MB/s) ja muistiviive nanosekunneissa. Tes-

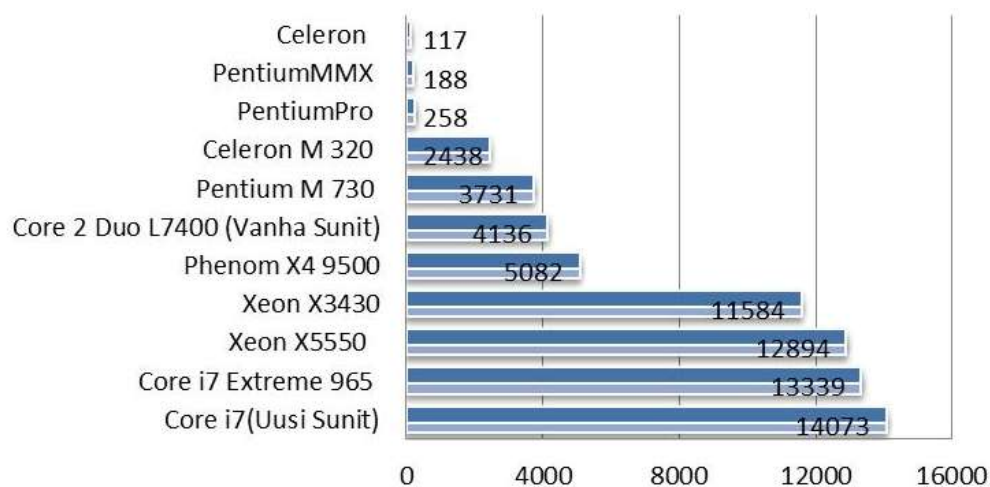
tituloksien tarkoituksena oli saada arvio millä tasolla koneiden suorituskyky on ja miten ne ovat verrattavissa muiden tietokonekokoonpanojen suorituskykyyn. Testien päätarkoitus oli verrata Sunit tietokoneita, sekä saada arvio niiden välisestä tasoerosta.

Muiden vertailtavien prosessoreiden tiedot:

Proessori	Suorittimen juus	kellotaa- MHz	Emolevy	Piirisarjat	Muisti
Celeron		700 MHz	PCChips M758LT	SiS630ET Int.	PC100 SDRAM
PentiumMMX		200 MHz	Gigabyte GA- 586DX	i430HX	Dual EDO
PentiumPro		200 MHz	Compaq Pro- Liant 800	i440FX	Dual EDO
Celeron M 320		1300 MHz	DFI 855GME- MGF	i855GME Int.	DDR333 SDRAM
Pentium M 730		1600 MHz	AOpen i915Ga- HFS	i915G Int.	Dual DDR2- 533
Phenom X4 9500		2200 MHz	Asus M3A	AMD770	Ganged Dual DDR2-800
Xeon X3430		2400 MHz	Supermicro X8SIL-F	i3420	Dual DDR3- 1333
Xeon X5550		2666 MHz	Supermicro X8DTN+	i5520	Triple DDR3- 1333
Core i7 Extreme 965		3333 MHz	Asus P6T Delu- xe	X58	Triple DDR3- 1333

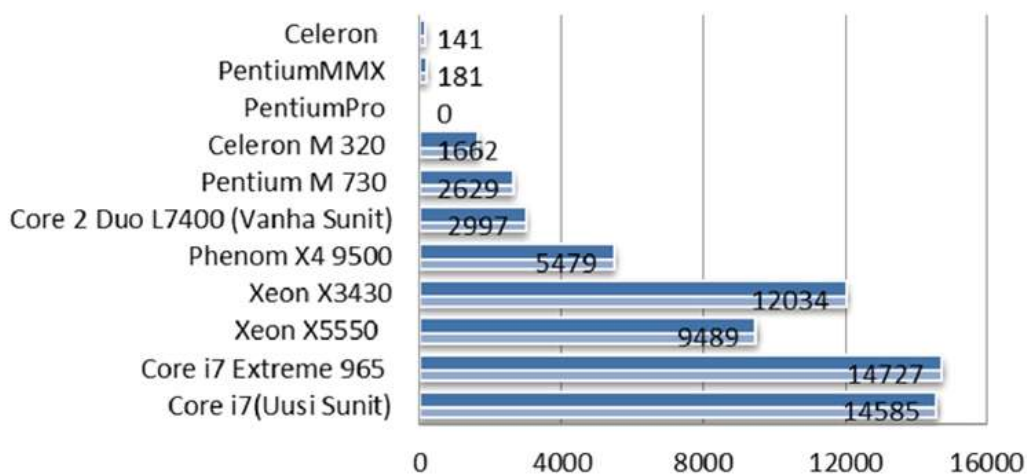
Testeissä Sunit FD2-ajoneuvotietokoneeseen viitataan nimellä Core i7 (Uusi Sunit) ja Sunit FD-malliin nimellä Core 2 Duo L7400 (Vanha Sunit).

Kuva 31 esittää muistin lukua megatavuina sekunnissa. Isompi lukema tarkoittaa nopeampaa muistia.



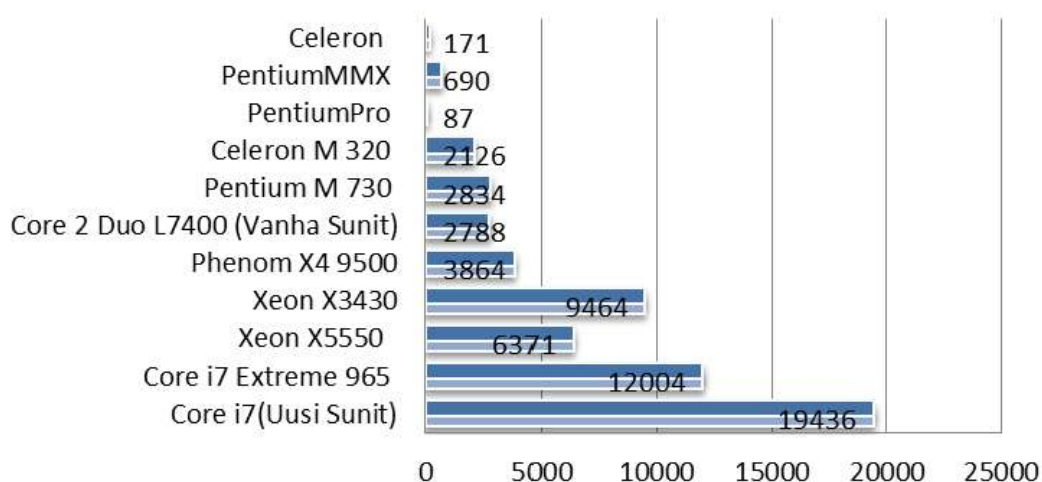
Kuva 31: Muistin luku megatavuina sekunnissa (MB/s)

Kuva 32 esittää muistin kirjoitusta megatavuina sekunnissa. Isompi lukema tarkoittaa nopeampaa muistia.



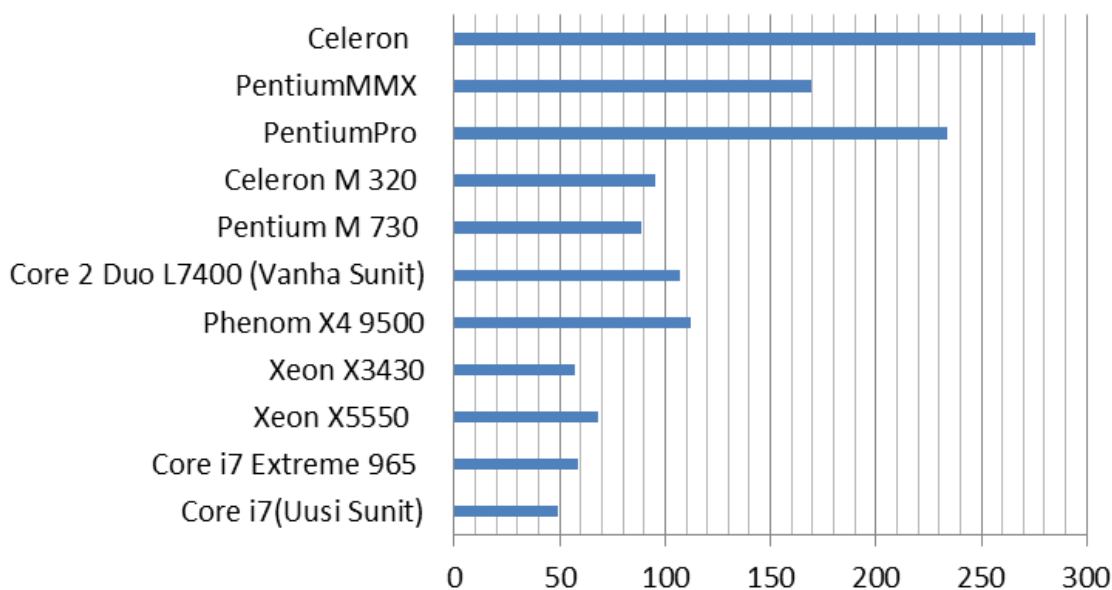
Kuva 32: Muistin kirjoitus megatavuina sekunnissa (MB/s)

Kuva 33 esittää muistin kopiointia megatavuina sekunnissa. Isompi lukema tarkoittaa nopeampaa muistia.



Kuva 33: Muistin kopiointi megatavuina sekunnissa (MB/s)

Kuva 34 esittää muistin viivettä nanosekunneissa. Pienempi lukema tarkoittaa pienempää viivettä. Pienempi lukema on parempi.



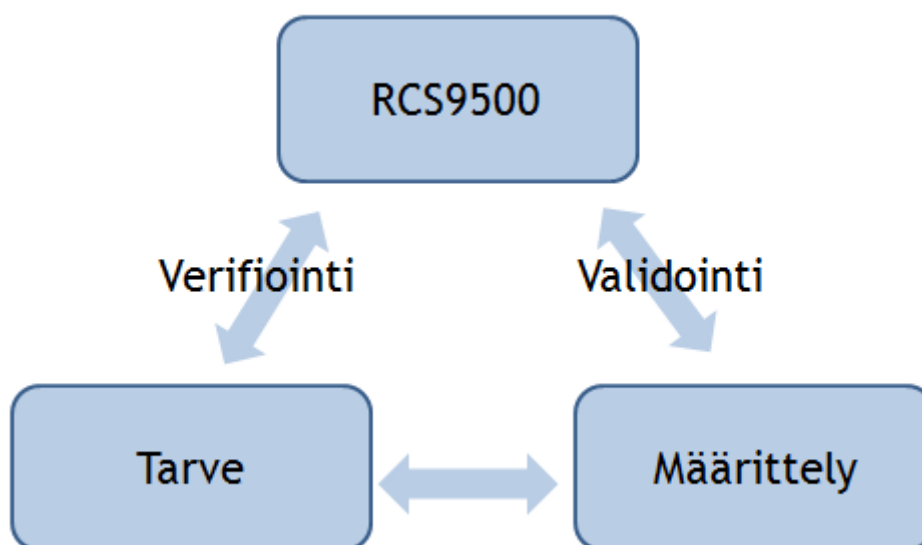
Kuva 34: Muistin viive nanosekunneissa

Everestin testeistä saatiin tarkempaa dataa tiettyinä arvoina. Everestin testit eivät olleet pisteytys menetelmällä, joten Passmarkin testien jälkeen nämä tulokset toivat uutta arvoa vertailuanalyysiohjelmista saatuihin tuloksiin. Everestin avulla saatiin tarkkoja data-arvioita ja näitten tarkkojen arvioiden avulla pystyttiin vertailemaan vanhaa ja uutta konetta eri tavalla kuin Passmarkin suorituskykytesteissä. Testeissä saatiin myös listattua muita tietokone kokonaisuuksia, joista oli mahdollista arvioida millä tasolla kumpikin kone oli.

8 Simulaattorin verifiointi ja validointi

Simulaattorin ollessa rakenteellisesti valmis on sen toiminnallisuus tarpeen varmistaa erityyppisillä testeillä. Näin voidaan varmistaa, että se pystyy tarvittaviin toiminnallisuuksiin mitä Radio Console System 9500-ohjelma vaatii. Myös RCS9500:n toiminnallisuus tulee varmistaa verifioidulla sen eri ominaisuuksia. RCS9500:n verifiointia varten saatiin asiakkaalta käyttöön verifiointi testisuunnitelma, joka pitää sisällään testauslistan mikä on suunniteltu RCS9500:n toiminnan verifiointiin. Simulaattorin verifiointi ja validointi ovat ensiarvoisen tärkeitä RCS9500:n käytettävyydestä tutkimuksen kannalta.

Verifiointi tarkoittaa työtä, jolla varmistetaan, että tehtävä tuotos vastaa sille tehtyä määrittelyä. Verifiointiprosessi voidaan toteuttaa suorittamalla kokoelma erilaisia testejä. Verifiointi on käytännössä kirjattujen vaatimusten toteutuksen tarkastusta. Validointi tarkoittaa työtä, jolla varmistetaan, että tehtävä tuotos täyttää asiakkaan sille asettamat todelliset tarpeet. Validoinnin avulla varmistetaan, että tuotos on sitä mitä haluttiin ja testaus voidaan suorittaa myös simuloituissa olosuhteissa. Kuva 35 esittää kuinka verifiointi ja validointi esiintyvät testauksessa. (Taina 2007).



Kuva 35: Verifioinnin ja validoinnin suhde tuotteeseen (Lintula 2004).

Järjestelmän verifiointia suorittaessa täytyy ottaa huomioon mahdollisten virheiden esiintyminen, sekä niistä raportointi. Virheet voidaan luokitella eri vakavuusasteitten ja kokemuksen vaikutusten mukaan. Toiminnallisuutta testatessa voitiin pitää todennäköisenä, että järjestelmästä löytyy virheitä, sillä simulaattorin vaatiman VPN-yhteyden toimivuus ei ollut täysin varmatoiminen. Tämä tulisi lisäämään testikohteitten läpäisemättömyyttä, sekä toiminta- virheitä.

8.1 Verifiointi

Simulaattorin verifiointi aloitettiin, kun sen kaikki komponentit oli kytketty toimimaan ja simulaattori oli lähtökohtaisesti valmis. Verifiointia varten Airbus Defence and Space toimitti työryhmälle Radio Console System 9500-ohjelman testisuunnitelma-asiakirjan, jolla prosessi voitaisiin käydä systemaattisesti läpi. Testisuunnitelma piti sisällään erilaisten testikohteitten perustoiminnallisuuksien läpikäyntiä ja raportointia. Testin tarkoituksena oli todentaa, että simulaattorilla voidaan suorittaa vaadittavia toiminnallisuuksia. Suunnitelman testikohdat koostuivat eri komponenttien perustoimintojen läpikäynneistä. Testeissä testattiin myös mm. komponenttien vikaherkkyttä, sekä palautumista vikatilasta toimintakuntoiseksi.

Verifiointissa keskityttiin suorittamaan ohjelman perustoiminnallisuutta, kuten puheryhmien hallintaa mittaavat testit. Testeistä jätettiin pois ohjelmassa esiintyvien hallintaominaisuuksien testaamisen, sillä ne eivät olleet toiminnallisuuden kannalta oleellisia, sekä osa hallintaominaisuus testeistä vaati syvempää tietämystä ohjelman toiminnasta.

8.2 Validointi

Validoinnissa testattiin, kuinka asiakkaan toiveen mukaisesti valmiiksi luodut käyttöliittymän ulkoasut, sekä etukäteen määritelty kahden näytön käyttö vaikuttaisivat simulaattorin, sekä Radio Console System-ohjelman toimintaan. Näin voitiin varmistua käytettävyyystutkimuksessa esitettävien ulkoasujen toimivuudesta.

9 Pohdinta

Tässä kappaleessa pohditaan opinnäytetyöprosessin aikana esiintyneitä ongelmia, määrättyjen tavoitteiden saavuttamista, testien tuloksia, sekä työn jatkokehityskohteita.

9.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Projektin tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Suomen poliisin hälytysajoneuvon ICT-alustaa simuloiva testiympäristö TETRA-toiminnallisuuden integrointia ja käytettävyydestejä varten, sekä myös pystyä tuottamaan toimeksiantajalle erilaista mittausdataa. Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin osittain ja luotu ympäristö pystyttiin saattamaan kolmannen osapuolen testeihin tarvitsemaan tilaan. Simulaattoriympäristön tuottamiseen käytettävät resurssit huomioon ottaen työ saatiin rakennettua melko onnistuneesti niin visuaalisesti, kuin toiminnallisesti.

Ympäristön ollessa toiminnallinen simulaattorilla oli mahdollista suorittaa Radio Console System 9500-ohjelman käytettävyystudkimus, jonka suoritti kolmas osapuoli. Tutkimuksessa Suomen poliisin henkilökunta suoritti Radio Console System 9500-ohjelman eri toimintoja. Tämä oli mahdollista tässä opinnäytetyössä tuotetun hälytysajoneuvosimulaattorin avulla.

Opinnäytetyön tuotoksen näkökulmasta tässä projektissa saatiin tuotettua tietoa niin työn asiakkaalle kuin myös eri yhteistyökumppaneille. Työryhmän päätarkoituksena oli tuottaa tiettyjä testidatatieta simulaattorista. Määrällistä ja laadullista tietoa ei määrätty tarkemmin, vaan annettiin suuntaa antavat ohjeet ja niillä tiedoilla tuotettiin tässä opinnäytetyössä esille tuodut datat. Opinnäytetyöstä saadut datat antavat arvollisesti tälle työlle enemmän, kuin opinnäytetyön alkaessa oli arvioitu, joten näiltä osin tavoitteet tässä opinnäytetyössä saavutettiin.

9.1.1 Virrankulutustestien tulokset

Analysoimalla suoritetuista testeistä saatuja mittaustuloksia saatiin selville Sunit FD2-ajotietokoneen virrankulutukseen vaikuttavat mitta-arvot. Käyttämällä Radio Console System 9500-ohjelmaa Sunit FD2-ajotietokoneella on saatu selville ohjelman käytön vaikutuksen virrankulutukseen tämännäytetyössä ympäristössä. RCS 9500-ohjelmaa koskevien testitulosten tuottaminen simulaattorilla on ollut ainutlaatuisen ja uuden tiedon tuottamista.

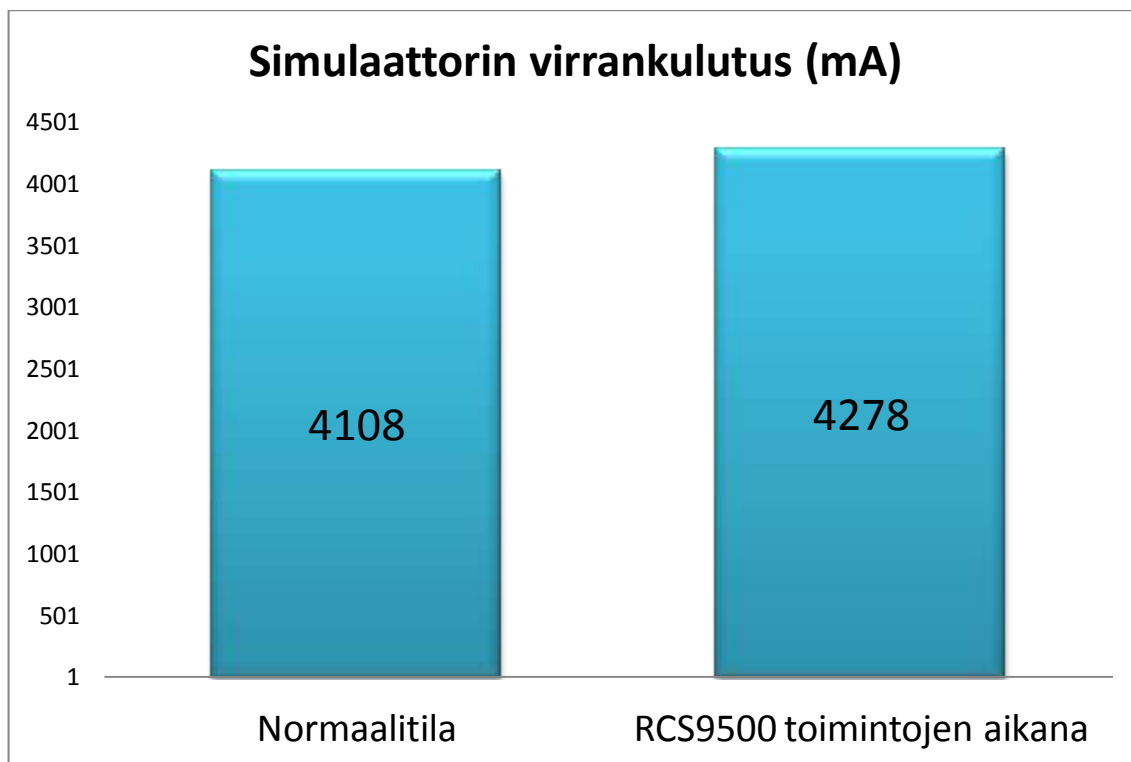
Simulaattoriympäristön laitteisto vastaa Suomen poliisin hälytysajoneuvon vastaavaa laitteistoa. Näillä testituloksilla Airbus Defence and Space Oy saa arvokasta tietoa siitä miten heidän tuotteensa toimii ja minkälaiset vaikutukset sillä on poliisin hälytysajoneuvoa vastaavassa ympäristössä. Tällaisessa ympäristössä ei ole ennen tehty tämän kaltaisia testejä, joten nämä tuotetut tiedot ovat uutta informaatiota.

Näistä testeistä saatuja mittaustuloksia voidaan esittää myös Suomen Poliisille, he eivät poliisiautossa pysty näkemään kuin senhetkisen akun jännitteen arvon. Näiden testien mittaustulokset auttavat heitä näkemään miten tietokone vie virtaa stabiilissa tilassa, sen käytön aikana ja miten nämä testeistä saadut mittaus arvot vaikuttavat heidän kokonaisvirrankulutukseen.

Virrankulutustesteistä Akkusofta-ohjelman avulla saadut mittausdatat tuottivat tässä työssä asiakkaalle yleistietoa kuinka heidän tuotteensa, Radio Console System 9500 vaikuttaa tämänäytetyössä ympäristön virrankulutukseen. Testeillä tuotettu mittausdata saatiin arvioitua analysoimalla tuloksia.

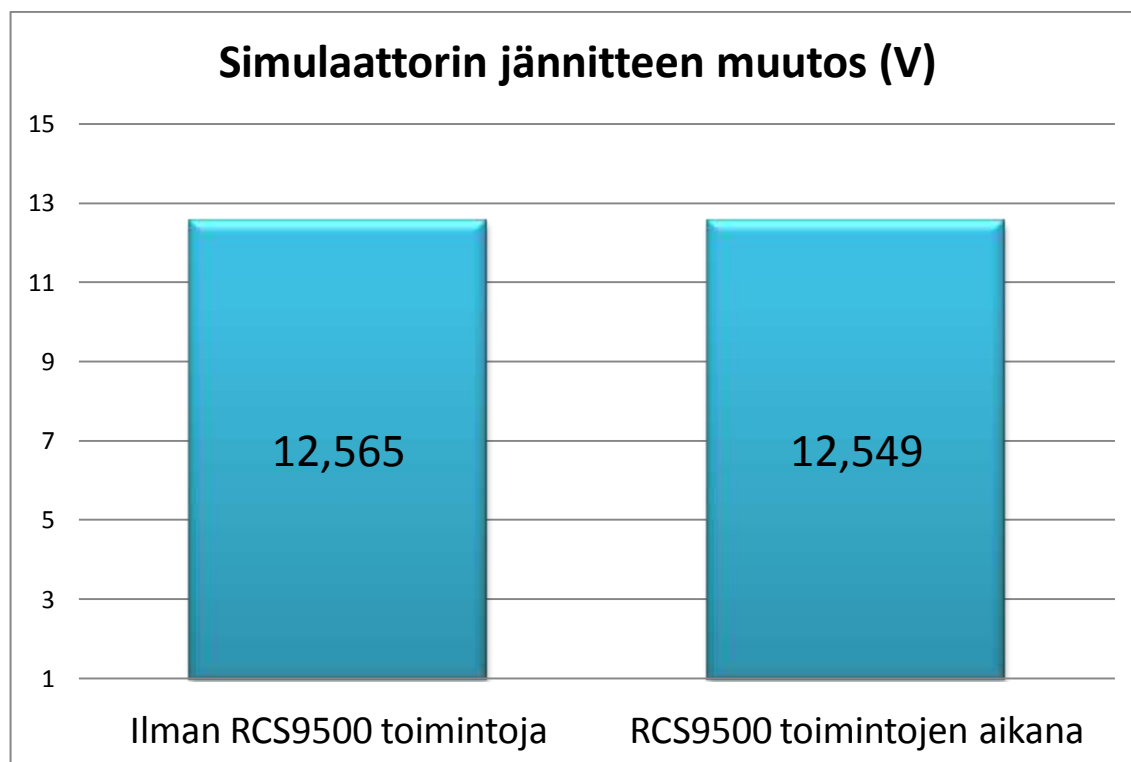
Kuva 36 esittää virrankulutuksen muutoksen simulaattoriympäristön normaalitilasta, sekä Radio Console System 9500-ohjelman toimintoja käytettäessä. Analysoimalla kuvaa voidaan to-

deta, että Radio Console System 9500-ohjelman vaikutus virrankulutukseen on hyvin vähäistä. Suorittamalla perustoimintoja virrankulutukseen saatiin aikaiseksi noin 170 milliampeerin kasvu. Tämän tyyppisessä ympäristön kokonaisvirrankulutukseen suhteutettuna RCS9500-ohjelman aiheuttama pieni kasvu ei vaadi muutoksia laitteiston akkujärjestelmään.



Kuva 36: Simulaattorin virrankulutus (mA)

Kuvaa 37 tutkimalla nähdään, että Radio Console System 9500 ei vaikuttanut laitteiston akun jännitteenmuutokseen merkittävästi. Toimintoja suorittaessa jännite laski matalimmillaan noin 12,549 volttiin, kun laitteistoympäristön normaalitilan jännite oli noin 12,565 volttia. Tästä voidaan tulkita, että vaikutus jännitteen laskuun on miltei olematon.



Kuva 37: Simulaattorin jännitteen muutos

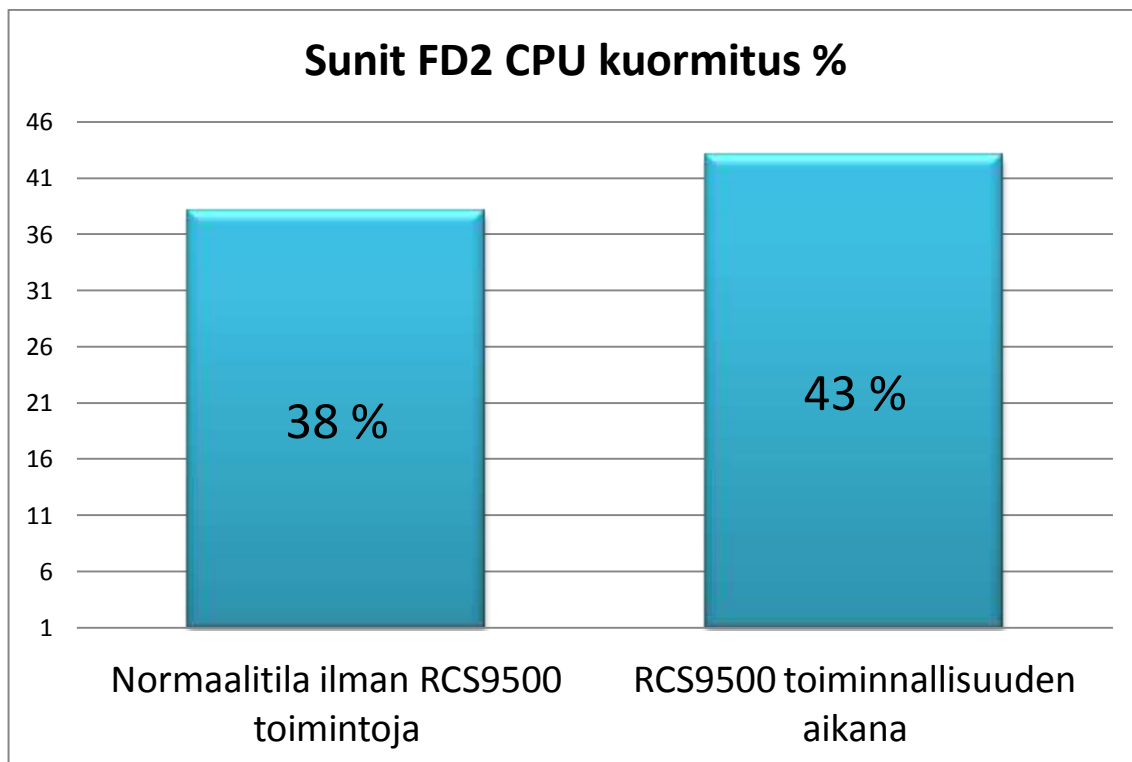
9.1.2 Suorituskykytestien tulokset

Työn suunnitteluvaiheessa tutkituista suorituskykytestiohjelmien vaihtoehtoista valittiin neljä sopivinta vertailemalla näistä tuotettavan tiedon sopivuutta opinnäytetyöstä pyydetyn datan tuottamiseen. Testeistä saatiin tuotettua yleistietoa ajoneuvotietokoneiden eroista, sekä Radio Console System 9500-tuotteen vaikutuksista testiympäristöön.

Sunit ajoneuvotietokoneiden suorituskykytesteissä tuotettiin tietoa niiden muistinkäyttöä ja prosessorin kuormitusta kuvaavista arvoista. Ohjelmat jotka valittiin testeihin olivat Everest, Process Explorer ja PassMark. Kyseiset ohjelmat valikoituivat testiohjelmiksi sillä ohjelmista sai tarkkoja numeraalisia arvoja, joita oli helppo tutkia ja analysoida.

Process Explorer

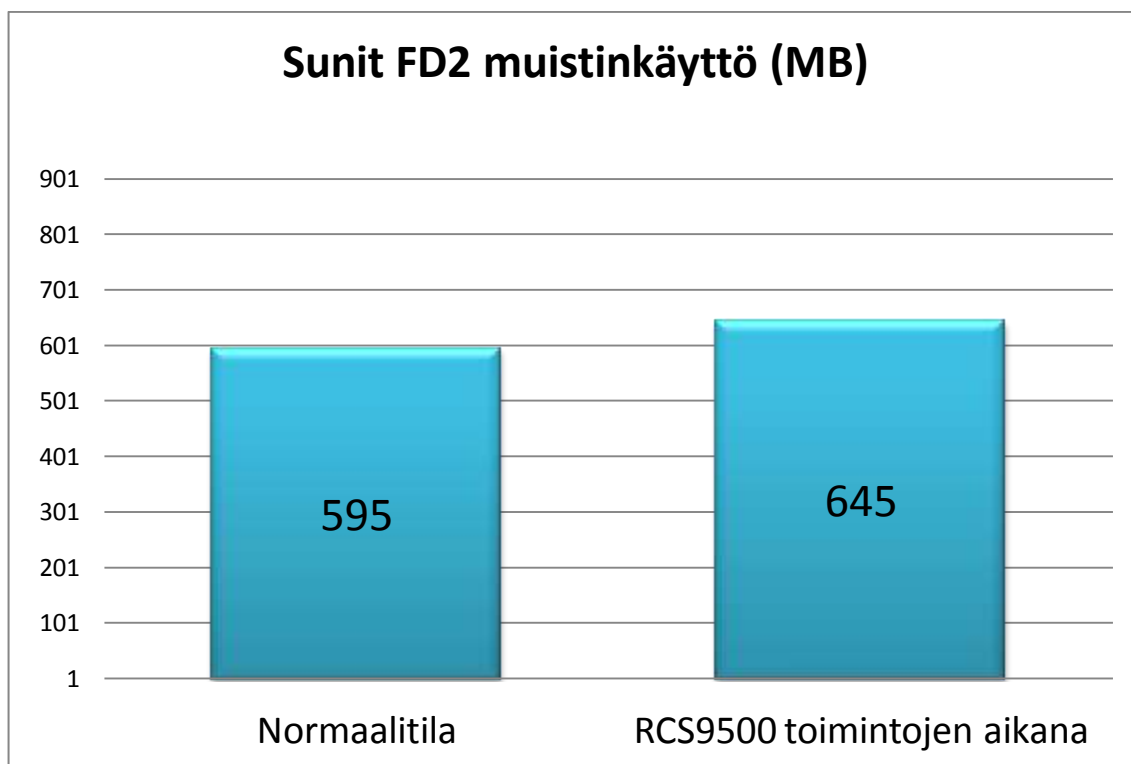
Kuva 38 esittää Process Explorer-testituloksen, jossa esitetään Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen prosessorin kuormituksen muutos sen normaalitilasta RCS9500-ohjelman toiminnalliseen tilaan. Kaaviota analysoimalla nähdään, että Radio Console System-tuotteen perustoiminnallisuksien suorittaminen kasvatti prosessorin kuormitusta noin 5 %. Voidaan todeta, että tämäntyyppisessä ympäristössä, ottaen huomioon Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen komponenttien suorituskyvyn, Radio Console System 9500 ei vaikuta prosessorin suorituskykyyn mainittavasti.



Kuva 38: Sunit FD2 CPU kuormitus

Tutkimalla Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen muistin käyttöä kuvaavaa kaaviota nähdään, että Radio Console System 9500 ei vaikuta muistin käyttöön huomattavasti. Perustoiminnallisuuksia suorittaessa muistin käyttö kasvaa 50 megatavua kasvattaen laitteiston muistin kokonaiskäytön 645 megatavuun. Ottaen huomioon ajoneuvotietokoneessa olevan 4 gigan, eli 4096 megatavun muistin määrän, sekä sen nopeuden, voidaan todeta, että Radio Console System 9500 ei vaikuta ajoneuvotietokoneen muistin käyttöön merkittävästi.

Kuva 39 esittää simulaattoriympäristön vaikutuksen Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen muistin käyttöön normaalitilassa ja RCS9500-ohjelman toiminnallisuuksien aikana.

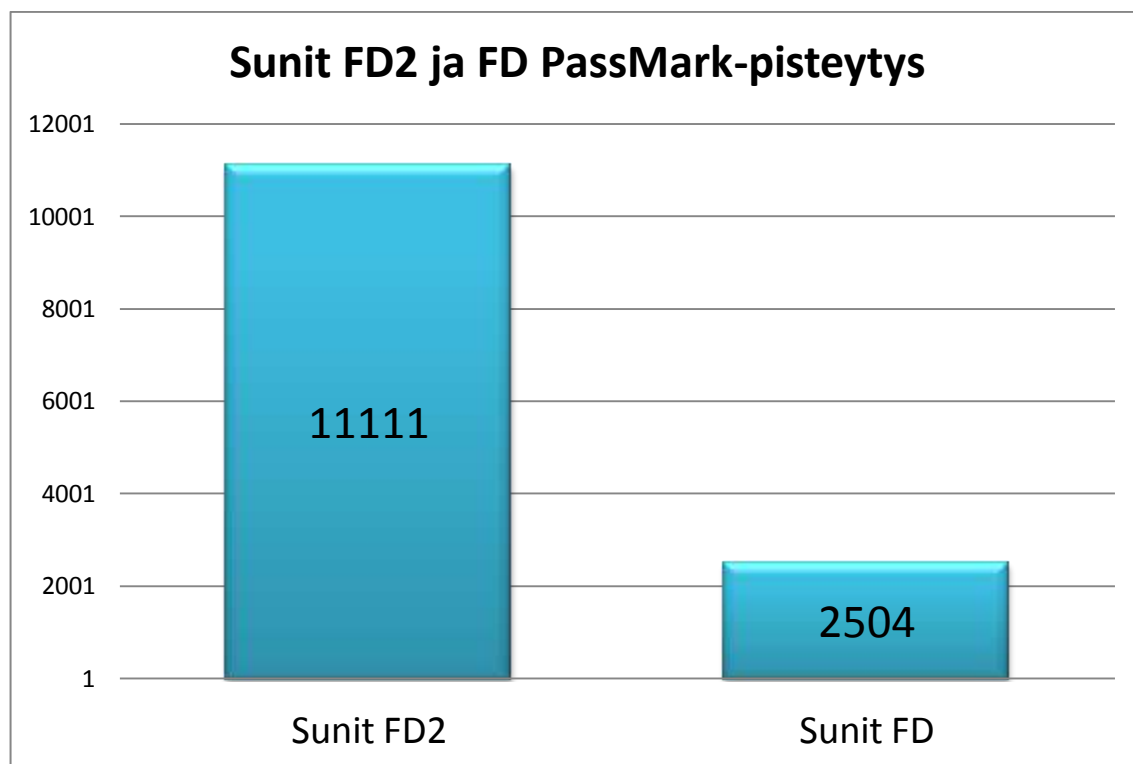


Kuva 39: Sunit FD2 muistinkäyttö

Everest- ja Passmark-vertailuanalyysiohjelmien testeistä tuotettu tieto koostui Sunit FD- ja FD2- ajoneuvotietokoneiden suorituskykyyn liittyvästä vertailusta. Testeistä saatiin myös vertailutietoa muihin tietokoneisiin. Process explorer-ohjelman testeistä saatu data tuotettiin vain Sunit FD2-koneella, koska Sunit FD ei ollut enää työryhmän käytettävissä opinnäytetyöprosessin loppuvaiheessa.

PassMark

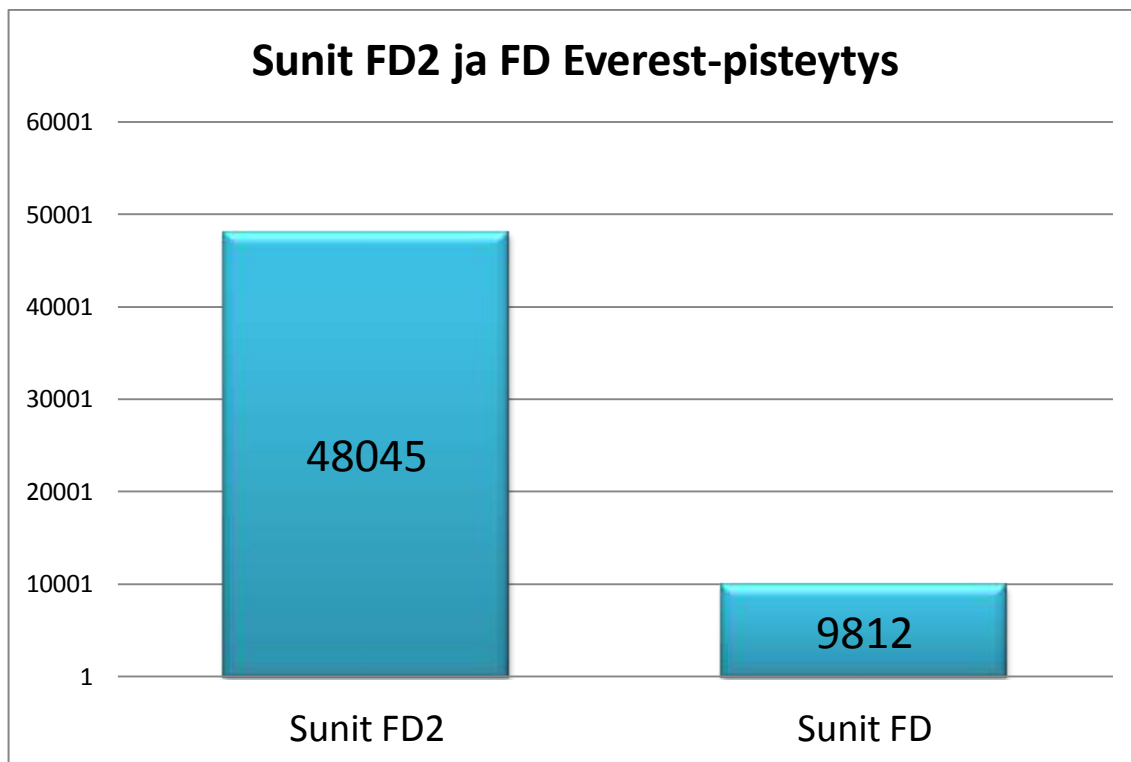
Kuva 40 esittää Sunit FD- ja FD2-ajoneuvotietokoneiden PassMark-ohjelman suorituskykyä mittaavat arvot yhteenlaskettuna. Kaaviota analysoimalla nähdään, että Sunit FD2 on suorituskyvyltään moninkertaisesti FD-mallia tehokkaampi. Tulokset muutettuna prosentuaalisiksi arvoiksi nähdään, että Sunit FD2-malli on suorituskyvyltään noin 77 % tehokkaampi kuin FD-malli.



Kuva 40: FD2 ja FD eroavaisuus, PassMark

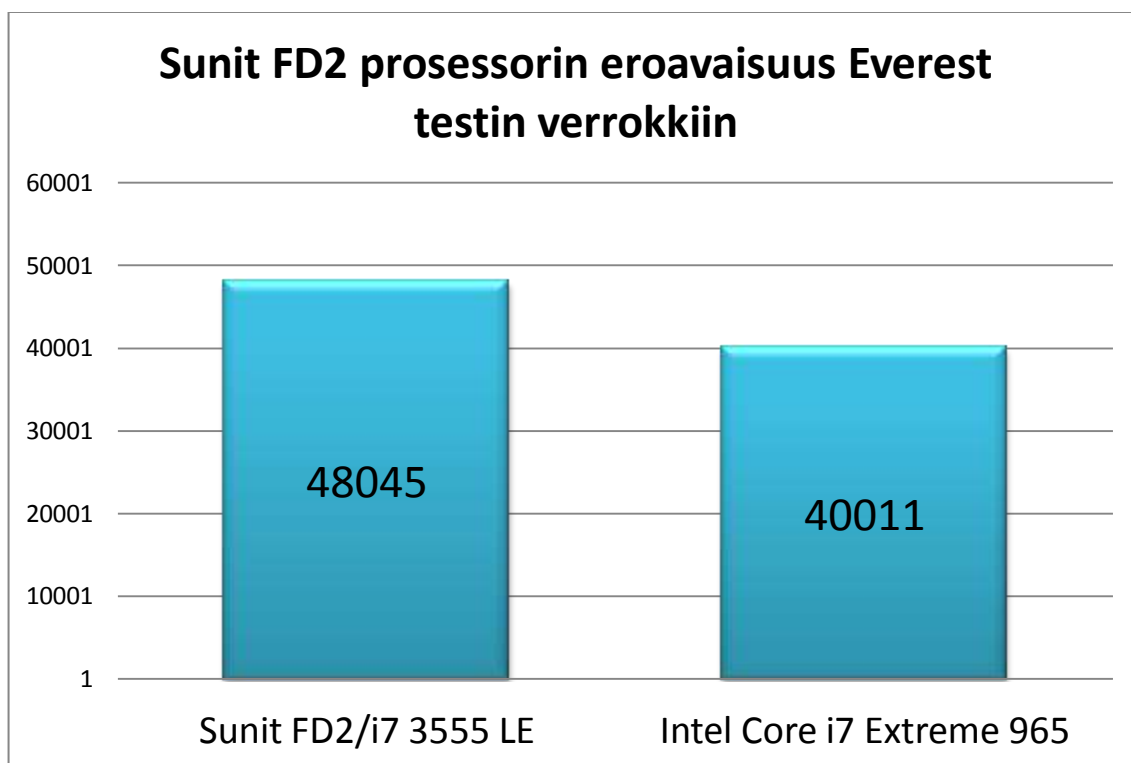
Everest

Kuva 41 esittää Sunit FD2- ja FD ajoneuvotietokoneiden pisteytyksen Everest-ohjelmalla tuotettuna. Testi mittasi osittain erityyppisiä arvoja kuin PassMark-testi. Analysoimalla kaaviota voidaan nähdä, että Sunit FD2 on tämän testin mukaan noin 79 % tehokkaampi suorituskyvyllään, kuin FD-malli. Testin tulos on vastaava PassMark-testin tuloksen kanssa.



Kuva 41: FD2 ja FD eroavaisuus, Everest

Kuva 42 esittää Sunit FD2-mallin Intel Core i7 3555 LE-prosessorin Everest pisteytyksen eroavaisuuden testituloksissa verrokkina olleeseen Intel Core i7 Extreme 965-prosessoriin.



Kuva 42: i7 3555LE vs i7 Extreme 965

9.2 Johtopäätökset

Testituloksia analysoimalla on mahdollista todeta, että Airbus Defence and Space Radio Console System 9500-tuote ei vaikuta laitteiston suorituskykyyn, sekä sitä myöten virrankulutukseen merkittävästi. Tuloksista nähdään, että erot ympäristön normaalitilasta Radio Console System 9500-ohjelman suorittamiseen ovat erittäin pieniä. Näillä tuloksilla voidaan todeta, että tuotteen käyttöönotto hälytysajoneuvossa ei vaadi ympäristön laitteiston kannalta muutoksia.

Vertailemalla Sunit FD2- ja Sunit FD- ajoneuvotietokoneita nähdään, että erot tietokoneiden välillä ovat suuret. Sunit FD2-ajoneuvotietokoneen kehittyneiden komponenttien aiheuttama etu FD- malliin verrattuna on erittäin merkittävä. Sunit FD2-mallin käyttö hälytysajoneuvossa tuo ympäristön suorituskykyyn ja toimivuuteen merkittäviä etuja. Tulevaisuudessa erilaisten uusien ohjelmistojen ja laitteitten käyttöönotto hälytysajoneuvossa on helpompaa, kun käytössä oleva tietokone pystyy vastaamaan suuriin laitteistovaatimuksiin.

9.3 Ongelmat

Työn aikana ongelmia ilmeni moneen otteeseen. Haasteet ilmenivät enimmäkseen laitteiston toiminnassa, sekä tilojen yleisessä toiminnassa. Ongelmina esiintyi hyvin erilaisia toisiinsa kuulumattomia häiriöitä, esimerkiksi sähköt olivat kokonaan poikki tai sitten joku laitteistoon kuuluvista elementeistä ei toiminut. Hankalinta koko opinnäytetyöprosessissa oli aikataulujen sovitus, joinakin viikkoina ei ollut aikaa tehdä yhdessä opinnäytetyöprojektiin kuuluvia asioita ollenkaan. Rakentamiseen ja testaukseen tarvittavat käyntikerrat osoittautuivat jossain määrin hyvin haasteellisiksi. Myös aikataulujen sovitus muiden yhteistyökumppaneiden kanssa oli haasteellista, koska tätä projektia tehtiin arkisin Laurea-Leppävaaran tiloissa. Simulaattorissa esiintyvien teknisten ongelmien ratkominen saattoi kestää pitkään, koska ongelman tutkiminen ja korjaaminen vaati yleensä jonkun yhteistyöhenkilön käyntiä Laureassa. Pienemmät laitteiston ongelmat hoidettiin kommunikoimalla eri yritysten yhteyshenkilöitten kanssa joko sähköpostitse tai puhelimitse.

Suurimmaksi ongelmaksi muodostui työn loppuvaiheessa esiintynyt verkkoyhteys ongelma VPN-yhteyden kanssa. Vikaa yritettiin korjata moneen otteeseen, mutta korjauksen vaatiman työajan laajuus osoittautui suureksi esteeksi. Tästä syystä simulaattorikokoonpanon toiminnallisuus oli siltä osin puutteellinen, että sillä ei ollut mahdollista suorittaa puheluita TETRA-terminaaleihin Radio Console System 9500-ohjelmalla.

Työssä jäi saavuttamatta simulaattorikokoonpanon eheän toiminnallisuuden varmistaminen. Työn edetessä oli hetkiä, kun simulaattorissa oli käytettävissä kaikki vaadittavat toiminnalli-

suudet, mutta simulaattorilaitteistosta riippumaton ongelma johti siihen, että järjestelmä oli vikaherkkä. Tämän seurauksena simulaattorista jätettiin osa laitteistosta pois. Käytettävyyss-tutkimus oli mahdollista suorittaa myös ilman näitä toiminnallisuuksia.

9.4 Jatkokehitys

Jatkokehityksenä pohdittiin miten simulaattorin ympäristöön kuuluvia elementtejä pystyisi hyödyntämään tulevaisuudessa. Jatkokehitystyö simulaattorin kanssa voisi jatkua siten, että mahdollisuuksien salliessa simulaattori voitaisiin jättää sellaisenaan Laurea Leppävaaran tiloihin. Valmis simulaattori mahdollistaisi esimerkiksi tulevien opinnäytetöiden tai kurssien kehittämistä ja ideointia. Ympäristön laitteisto mahdollistaa eri laitteisiin kohdistuvien yksityiskohtaisempien testien kehittämisen.

Projektin yhteistyökumppaneiden kanssa kannattaisi keskustella mahdollisista kehitettävistä projekteista ja miten niitä pystyisi soveltamaan jo valmiiksi tuotetussa ympäristössä. Yhteistyökumppaneilta, jotka ovat olleet projektissa mukana, voisi pyytää tietoa siitä, että tarvitsevatko he jotain yksityiskohtaisempaa tietoa omista tuotteistaan tuotetussa testausympäristössä.

Jatkokehitysideana pohdittiin myös Akkusofta-ohjelman käytettävyyteen ja ulkoasuun liittyviä asioita. Ohjelmaan liittyvän jatkokehitysidean voisi toteuttaa esimerkiksi opinnäytetyönä tai osana käyttöliittymäsuunnittelu-kurssia. Opiskelijat voisivat suunnitella miten Akkusofta-ohjelmaa voisi parantaa, sekä suunnitella siitä enemmän kaupalliseen käyttöön soveltuvan virranmittausohjelman.

Lähteet

Järvinen, P. & Järvinen, A. 2004. Tutkimustyön metodeista. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy Juvenes-Print. Viitattu 14.5.2014.

Sähköiset lähteet

Airbus Defence and Space Oy. Viitattu 18.1.2014.

<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/airbus+defence+and+space+oy/19711339>

DRAM. 2014. Future electronics. Viitattu 19.9.2014.

<http://www.futureelectronics.com/en/memory/dram.aspx>

EADS Announces Name Change, Restructuring. Viitattu 7.9.2014.

<http://www.defensenews.com/article/20130731/DEFREG01/307310019/EADS-Announces-Name-Change-Restructuring>

EADS History. 2003. Funding Universe. Viitattu 3.5.2014.

<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/european-aeronautic-defence-and-space-company-eads-n-v-history/>

Easy Cat Touchpad. 2013. Cirque. Viitattu 13.7.2014.

<http://www.cirque.com/desktoptouchpad/productsandorders/easycat.aspx>

Emergency Response Solution at PMR Expo 2012. Viitattu 13.3.2014.

http://www.cassidian.com/fi_FI/web/guest/emergency-response-solutions12

EVEREST Ultimate Edition - PC Diagnostics. Viitattu 10.1.2013.

<http://www.lavalys.com/products/everest-pc-diagnostics/>

Goodmill Systems w24e-R. 2013. Goodmill Systems. Viitattu 1.9.2014.

<http://www.goodmillsystems.com/assets/pdf/GoodMill-DataSheet-w24e-RTrain.pdf>

GPRS. 2014. 3GPP. Viitattu 27.9.2014 <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/102-gprs-edge>

Kämppi, P. 2013. Feasibility study for deploying graphical UI based dispatcher in emergency vehicles to improve operational efficiency of field commanding. Esitys Laurea-ammattikorkeakoulussa. Viitattu 5.1.2014.

Lintula, H. 2004. Vaatimusten validointi ja verifiointi. Kuopion yliopisto. Pro-gradu tutkielma. Viitattu 2.11.2014. <http://www.cs.uef.fi/tutkimus/Teho/helingradu.pdf>

Lukka, K. 2001. Konstruktiivinen tutkimusote. Viitattu 5.9.2014. http://www.metodix.com/fi/sisallys/01_menetelmat/02_metodiartikkelit/lukka_const_research_app/kooste

Mobile communications 2014. ETSI. Viitattu 7.8.2014. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile>

Nieminen, K. & Johansson, P. 2002. Viitattu 5.6.2014. <http://www.poliisi.fi/poliisi/bulletin.nsf/pfbdarch/2CF0B0BCCBE32B94C2256C710033B9B3?opendocument>

Palo- ja pelastustoimi. Sunit Oy. 2008. Viitattu 29.11.2014. <http://www.sunit.fi/fi/references.php?reference=15>

Poliisihallitus 2011. Poliisi Suomessa. Viitattu 1.8.2014. [http://www.poliisi.fi/poliisi/home.nsf/ExternalFiles/poliisisuomessa/\\$file/poliisisuomessa.pdf](http://www.poliisi.fi/poliisi/home.nsf/ExternalFiles/poliisisuomessa/$file/poliisisuomessa.pdf)

Poliisilaki 872/2011. 2011. Viitattu 10.10.2014. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110872>

Poole, I. What is TETRA mobile radio. Viitattu 14.10.2014. <http://www.radio-electronics.com/info/pmr-business-land-mobile-radio/tetra/what-is-tetra-radios-communications.php>

Preeti, J. 2012. 4G Technology. Viitattu 29.11.2014. <http://www.engineersgarage.com/articles/4G-technology?page=3>

Radio Console System 9500. TETRA Dispatcher that adapts to your way of working. Viitattu 23.11.2014. <http://www.defenceandsecurity-airbusds.com/documents/10157/168609/RCS+9500-GB.pdf>

Russinovich, M. Cogswell, B. Process monitor. Viitattu 4.6.2013.
<http://technet.microsoft.com/fi-fi/sysinternals/bb896645.aspx>

Russinovich, M. Process explorer v16.04. Viitattu 5.6.2013. <http://technet.microsoft.com/fi-fi/sysinternals/bb896653.aspx>

Saft Smart VH 2007. Saft. Viitattu 8.8.2014.
<http://aircraft.saftbatteries.com/tabid/149/Language/en-US/tabid/330/TypeControl/Produit/ProduitId/40/Default.aspx>

Saft Smart VH battery. 2013. Saft. Viitattu 10.10.2013.
<http://aircraft.saftbatteries.com/tabid/149/Language/en-US/tabid/330/TypeControl/Produit/ProduitId/40/Default.aspx>

Solidtek KB-851. 2013. KB-540. Solidtek. Viitattu 13.7.2014.
<http://www.solidtekusa.com/mini.htm#KB540>

Sunit 10F. 2014. Sunit Oy. Viitattu 6.3.2014. <http://www.sunit.fi/fi/product.php?product=48>

Sunit 12. 2014. Sunit Oy. Viitattu 4.3.2014. <http://www.sunit.fi/fi/product.php?product=49>

Sunit 2014. Sunit Oy. Viitattu 13.11.2014. <http://www.sunit.fi/fi/aboutus.php>

Sunit FD. 2014. Sunit Oy. Viitattu 13.7.2014. <http://www.sunit.fi/fi/product.php?product=62>

Sunit FD2. 2014. Sunit Oy. Viitattu 15.7.2014.
<http://www.sunit.fi/fi/product.php?product=91>

Taina, J. 2007, Ohjelmistojen testaus. Viitattu 20.9.2014.
https://www.cs.helsinki.fi/u/taina/ohje/s-2008/luennot/ohje-1_6.pdf

TETRA Standard. 2014. Tandcca. Viitattu 15.5.2014.
<http://www.tandcca.com/about/page/12030>

Thomas, M. What is 3G? Explained in simple terms. Viitattu 1.6.2014.
<http://www.3g.co.uk/PR/Feb2012/3g-what-is-3g-explained-in-simple-terms.html>

Tiainen, K. 2009. Poliisilehti 1/2009. Viitattu 11.9.2014.

<https://www.poliisi.fi/poliisi/poliisilehti/periodic.nsf/vwarchivedlist/DE2AC97ABEB83737C225758200357F70>

Tikanmäki, I. MOBI - Mobile Object Bus Interaction. Viitattu 1.2.2014. <http://mobi.laurea.fi>

Vangie, B. 2009. 4G. Viitattu 29.11.2014. <http://www.webopedia.com/TERM/4/4G.html>

Wi-Fi. 2013. Wi-Fi Alliance. Viitattu 11.9.2014. <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi>

Viranomaisverkot. Viitattu 6.10.2014.

http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/lasse/telecom_network/viranomaisverkot.html

VIRVE. Wikipedia. 2014. Viitattu 17.7.2014. <http://fi.wikipedia.org/wiki/VIRVE>

Yhteistyökumppanit, MOBI. Ajeco. 2013. Viitattu 29.11.2014.

<http://www.ajeco.fi/fi/news.html>

Kuvat

Kuva 1: Projektiryhmä	15
Kuva 2: Aikataulu	15
Kuva 3: Dispatcher feasibility study (Kämppe 2013).....	16
Kuva 4: TETRA-verkko ja sen elementit (Viranomaisverkot 2013).	20
Kuva 5: Simulaattorin asennusalusta, sekä osa laitteistosta työn alkuvaiheessa.	22
Kuva 6: Simulaattorin fyysinen laitetopologia	23
Kuva 7: Laitteiston seurantaraportti	24
Kuva 8: TMR880i & THR880i simulaattorikokoonpanossa	28
Kuva 9: Simulaattorin verkkotopologia.....	29
Kuva 10: Valmis simulaattori.....	31
Kuva 11: Valmis simulaattori 2	31
Kuva 12: SAM, Switch, FD2, MKR	32
Kuva 13: Radio Console System 9500 (Airbus Defence and Space 2013).	34
Kuva 14: Akkusofta ohjelma	35
Kuva 15: Virta	37
Kuva 16: Kapasiteetti	38
Kuva 17: Jännite	39
Kuva 18: Datankeruu prosessi.....	41
Kuva 19: Private bytes tuloskaavio	41
Kuva 20: Working set tuloskaavio	42
Kuva 21: Process Explorer	43
Kuva 22: CPU käyttö %	43
Kuva 23: Fyysinen muistin käyttö.....	44
Kuva 24: Muistin käyttö	44
Kuva 26: PassMarkin tuottama suoritintulos ja vertailukohteita	47
Kuva 27: PassMarkin tuottama 2D grafiikkatulokset ja vertailukohteita	47
Kuva 28: PassMarkin tuottama 3D grafiikkatulokset ja vertailukohteita	47
Kuva 29: PassMarkin tuottama massamuistitulokset ja vertailukohteita.....	48
Kuva 30: PassMarkin tuottama muistin tulos ja vertailukohteita.....	48
Kuva 31: Muistin luku megatavuina sekunnissa (MB/s)	50
Kuva 32: Muistin kirjoutus megatavuina sekunnissa (MB/s)	50
Kuva 33: Muistin kopiointi megatavuina sekunnissa (MB/s)	51
Kuva 34: Muistin viive nanosekunneissa.....	51
Kuva 35: Verifoinnin ja validoinnin suhde tuotteeseen (Lintula 2004).	52
Kuva 36: Simulaattorin virrankulutus (mA).....	55
Kuva 37: Simulaattorin jännitteen muutos	56
Kuva 38: Sunit FD2 CPU kuormitus	57
Kuva 39: Sunit FD2 muistinkäyttö.....	58
Kuva 40: FD2 ja FD eroavaisuus, PassMark	59
Kuva 41: FD2 ja FD eroavaisuus, Everest	60
Kuva 42: i7 3555LE vs i7 Extreme 965.....	60