

Juho Niemelä

ASIAKASLÄHTÖISEN OHJELMISTOTESTAUKSEN TEHOSTAMINEN

ASIAKASLÄHTÖISEN OHJELMISTOTESTAUKSEN TEHOSTAMINEN

Juho Niemelä
Master-opinnäytetyö
Syksy 2017
Teknologialiiketoiminta
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Ylempi Ammattikorkeakoulututkinto, Teknologialiiketoiminta

Tekijä(t): Juho Niemelä

Opinnäytetyön nimi: Asiakslähtöisen ohjelmistotestauksen tehostaminen

Työn ohjaaja: Ville Rautiainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2017

Sivumäärä: 55 + 10

Opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa asiakaslähtöistä testaamista ohjelmiston kehitysympäristössä Bittium Wireless Oy:ssä. Opinnäytetyön aloitushetkellä testaamisproseduurit eivät olleet tarpeeksi kattavia ohjelmiston testaamiseen eivätkä ne täysin vastanneet asiakkaan käyttötapoja. Tämän vuoksi asiakkaalle toimitetuista ohjelmistoista löytyi usein erilaisia ohjelmointivikoja. Näiden vikojen korjaaminen on aiheuttanut paljon ohjelmisto-ominaisuuksien myöhästymisiä sekä ylimääräisiä kuluja yritykselle erinäisissä muodoissa.

Testiotannan ja -laadun parantamiseksi työn yhteydessä kerättiin asiakkaan testikäytänteitä toimitatutkimusmenetelmän avulla. Asiakkaan toimintaa tutkittiin heidän tekemiensä integraatiotestien yhteydessä. Toimintatutkimusmenetelmällä saadut käytänteet analysoitiin ja muovattiin osaksi asiakasohjelmiston verifointiproseduuria, jonka avulla asiakkaan ohjelmisto lopputestataan. Tutkitun pohjalta rakennettiin asiakkaan radioteknistä ympäristöä vastaava verkko konstruktiivisia menetelmiä hyväksikäyttäen Oulun testilaboratorioon.

Työn avulla saatiin parannettua toimitettavan ohjelmiston laatua sekä asiakaslähtöistä ohjelmistotestaamista. Laadun paranemista pystyttiin seuraamaan asiakkaan antamasta loppupalautteesta, josta oli nähtävissä kriittisten vikojen väheneminen. Työn yhteydessä tehtiin Oulun testilaboratorion testipaikoille useita muutoksia, joiden avulla pystyttiin varmistamaan testipaikkojen käytettävyyttä sekä laajennettavuus myös tulevaisuuden varalle.

Asiasanat: Ohjelmistotekniikka, Ohjelmistoradio, Testaus, Testausmenetelmät

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Master Degree Program, Technology business

Author(s): Juho Niemelä

Title of thesis: Improving customer driven testing in software development

Supervisor(s): Ville Rautiainen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2017 Number of pages: 55 + 10

The fundamental idea of this Master's thesis is to improve customer based testing in software development environment at Bittium Wireless Oy. In the beginning of this work the test procedures weren't encompassing enough to test the full functionalities of the software and the test methods did not correspond the way how customer uses the products. Because of these factors the software that was delivered to customer usually had many software defects in it. Fixing these defects later on is very time-consuming process and causes extra costs for software team. Because of the extra work some of the software deliveries were postponed.

Activity analysis was used to gather information about the customer's way to test the software and this information was used to improve the test base and the test quality. The customer's activity was observed during the customer integration rehearsals. The information which was gathered by activity analysis was analyzed and was then taken as a part of the customer verification test set. Constructive method was used to reconstruct the customer's radio technical environment in the laboratory in Oulu.

With the help of this thesis the customer driven software testing was improved which caused enhancements in the quality of the delivered software. The improvement of the quality was followed by customer's feedback gathered during the year from which it was possible to see that the amount of the critical software defects was dropped. The testing laboratory in Oulu was modified during the thesis to improve the testing capabilities in the future.

Keywords: Software development, Software-Defined Radio, testing, test methods,

ALKULAUSE

Ensimmäiseksi haluan kiittää tyttöystävääni Seila Pihanurmea, joka on jaksanut tukea opinnäytetyöprojektin aikana ja jaksanut tsemptata eteenpäin työn tekemisessä. Kotona saadun tuen avulla työ on saatu valmiiksi tavoiteaikataulussa.

Eriyiset kiitokset ystävälleni Samuli Kaikkoselle myös kaikesta tuesta, mitä matkan aikana olen saanut.

Haluan kiittää työnantajaani Bittium Wireless Oy:tä sekä opinnäytetyön valvojana toiminutta Ville Rautiaista. Ilman Villen antamaa ohjausta ei tätä opinnäytetyötä todennäköisesti olisi saatu tehtyä.

Oulun ammattikorkeakoulun henkilökunnasta haluan kiittää kaikkia opettajia, jotka ovat tämän YAMK-koulutuksen aikana minua opettaneet. Suuri kiitos opinnäytetyön ohjaajana toimineelle yliopettaja Kari Laitiselle.

Kiitoksia myös Finnairin tuntemattomaksi jääneelle lentoemännälle, joka pelasti kannettavani kun olin sen unohtanut lennolle kiireisen vaihdon aikana. Hänen ansiostaan suurta osaa opinnäytetyöstä ei tarvinnut ruveta kirjoittamaan uudelleen.

Oulussa, 26.10.2017

Juho Niemelä

SISÄLLYS

SANASTO.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Tavoite	9
1.2 Menetelmä.....	11
1.3 Yleistä Bittium Oyj:stä	12
2 NYKYTILANTEEN ANALYSOINTI.....	14
2.1 Bittium TAC WIN -järjestelmäkokonaisuus	14
2.1.1 Bittium Tactical Wireless IP Network™ TAC WIN	15
2.1.2 Bittium TAC WIN Tactical Router™ eli Bittium Taktinen Reititin	15
2.1.3 Bittium TAC WIN Radio Head I™ eli radiopääte yksi	16
2.1.4 Bittium TAC WIN Radio Head III™ eli radiopääte kolme.....	16
2.1.5 Bittium TAC WIN Radio Head IV™ eli radiopääte neljä	17
2.1.6 Bittium TAC WIN Radio TAC WIN NETWORK MANAGER	17
2.1.7 Bittium Tough VoIP Service™	18
2.1.8 Bittium Tough Comnode™	18
2.2 Testipaikan liitännäislaitteet.....	19
2.3 Systeemitestipaikka yksi.....	20
2.3.1 Testipaikkakohtaiset testit	20
2.3.2 Testipaikan rakenne.....	21
2.4 Systeemitestipaikka kaksi.....	22
2.4.1 Testipaikkakohtaiset testit	22
2.4.2 Testipaikan rakenne.....	22
2.5 Dailypaikka yksi.....	23
2.5.1 Testipaikkakohtaiset testit	23
2.5.2 Testipaikan rakenne.....	24
2.6 Dailypaikka kaksi.....	24
2.6.1 Testipaikkakohtaiset testit	24
2.6.2 Testipaikan rakenne.....	25
2.7 Radiolinkkitestipaikka	25
2.7.1 Testipaikkakohtaiset testit	25
2.7.2 Testipaikan rakenne.....	26

3	ASIAKKAAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	27
3.1	Asiakkaan toimintaympäristöt.....	27
3.1.1	Asiakkaan verkkotopologia	28
3.1.2	Asiakkaan verkkotopologian yhteyslaadut	30
3.2	Asiakkaan käyttämät verkkopalvelut	31
3.3	Asiakkaan suorittamat testikäytännöt	32
3.3.1	Päivä yksi.....	33
3.3.2	Päivä kaksi.....	33
3.3.3	Päivä kolme	33
3.3.4	Päivä neljä	35
4	MUUTOSTEN ANALYSOINTI	36
4.1	Asiakkaan verkkotopologia.....	36
4.2	Sovellukset ja verkkopalvelut	37
4.3	Testitapaukset.....	38
5	MUUTOKSEN KÄYTTÖÖNOTTO	39
5.1	Robottiautomaatio.....	39
5.2	Systeemitestipaikka yhdelle tehtävät muutokset	40
5.2.1	Uusi testipaikan rakenne muutosten jälkeen.....	40
5.2.2	Testipaikan uudet verkkotopologiat.....	41
5.2.3	Verkko hyvyysarvoineen	45
5.3	Systeemitestipaikka kahdelle tehtävät muutokset	46
5.4	Dailyaikka yhdelle tehtävät muutokset.....	46
5.5	Dailyaikka kahdelle tehtävät muutokset.....	47
5.6	Radiolinkkitestipaikalle tehtävät muutokset	47
5.7	Uusi yhteinen testiympäristö.....	48
5.7.1	Uuden yhteisen testiympäristön rakenne	49
5.7.2	Uuden yhteisen testiympäristön verkkotopologia	50
6	MUUTOSTEN SEURANTA JA MITATTAVAT TULOKSET	52
7	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET	56

SANASTO

AIS = Air Interface Synchronization, ilmatieaikasynkronisointi

ESSOR = European Secure SOFTWARE defined Radio, yhteiseurooppalainen ohjelmistoradio

FTP = File Transfer Protocol, tiedonsiirtostandardi

IPv4 = Internet Protokolla versio 4

MANET = Mobile Adhoc Network

MIMO = Multiple-Input Multiple-Output

QoS = Quality of Service, datan tai tiedon priorisointi

RoIP = Radio over IP, Radio IP:n yli

SCA = Service Component Architecture, komponentti arkkitehtuuri

SDR = Software Defined Radio, ohjelmistoradio

SIP = Session Initiation Protocol, käytetään IP-puheluiden yhdistämiseen

SISO = Single-Input Single-Output

Sprint = Aikarajattu iteraatio, Scrum -projektinhallintamenetelmän osa, jonka aikana on tarkoitus tuottaa valmis tuoteversio

TTCN v3 = Testing and Test Control Notation, automaatiotestaustyökalu

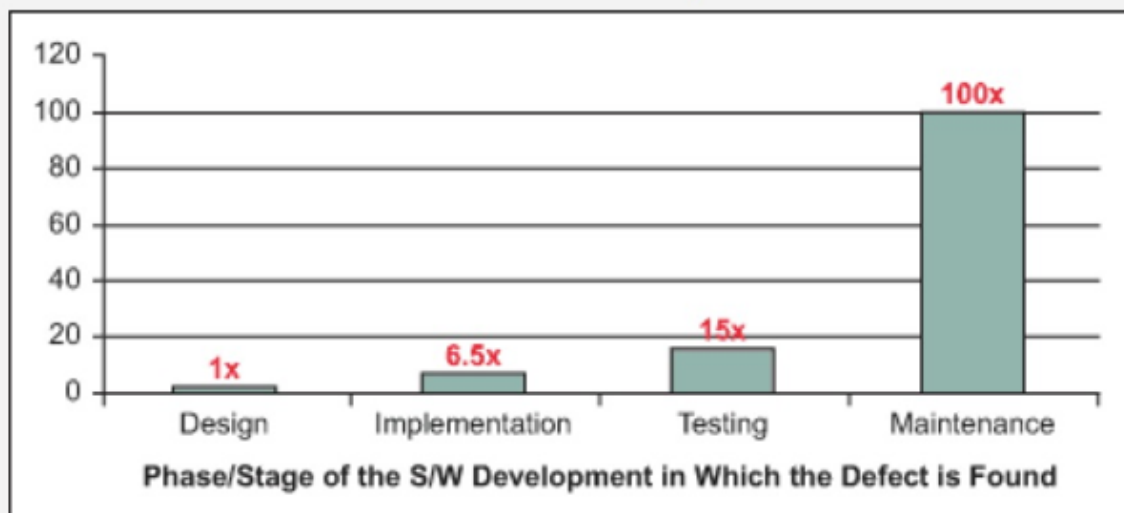
VoIP = Voice over Internet Protocol – Ääni Internet-protokollan yli

1 JOHDANTO

1.1 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää asiakaslähtöinen toimintamalli ohjelmistokehitys ja -testausympäristöön. Toimintamallin tavoitteena on parantaa ohjelmistokehityksen sekä -testauksen kattavuutta ja tällä tavoin vähentää ohjelmistojen ohjelmistovirheiden eli bugien määrää asiakasjulkaisuissa. Nykyisin asiakkaan löytämät bugit kuormittavat ohjelmistokehitystä monella tapaa. Asiakkaan ilmoittama bugi on ensin verifioitava oikeaksi. Tämän jälkeen on tutkittava, mistä vika johtuu. Vasta sitten ohjelmoija voi tuottaa korjauksen havaittuun bugiin. Ohjelmoijan täytyy tämän jälkeen testata korjausta, minkä jälkeen se voidaan korjauspaketoida uuteen ohjelmistopakettiin. Ohjelmistopaketoinnin jälkeen testihenkilöt testaavat ja verifioivat, että ohjelmoijan tekemä korjaus toimii. Mikäli ei toimi, joudutaan koko prosessi aloittamaan alusta. Yhden tällaisen vajaatoiminnallisuuden verifiointiin, korjaamiseen ja testaamiseen kuluu paljon aikaa, joka on yleensä pois muulta tekemiseltä. Mitä enemmän bugeja asiakas ilmoittaa, sitä enemmän se rasittaa ohjelmistotuotantoa ja monessa tapauksessa hidastaa uusien toiminnollisuuksien kehittämistä. Pienemmissä yrityksissä tämä voi myös pahimmassa tapauksessa pysäyttää täysin uusien ominaisuuksien kehittämisen, koska ominaisuuden ohjelmoija voi olla samalla kertaa ohjelmistoarkkitehti sekä -suunnittelija.

Figure 1: Relative Costs to Fix Software Defects (Source: IBM Systems Sciences Institute)



Kuva 1. IBM System Sciences Institute

Ohjelmiston vajaatoiminnallisuuden löytyminen ohjelmistokehitysvaiheessa on huomattavasti taudellisempaa loppuasiakkaalle sekä ohjelmistoa tuottavalle yritykselle, kuten kuvasta yksi nähdään (IBM System Sciences Institute, viitattu 27.8.17). Ohjelmiston ollessa vielä kehitysvaiheessa siihen ei käytännössä ole sidottu kuin kehittäjä(t) sekä testaajat, jotka verifioivat tuotetun ominaisuuden tai kokonaisuuden toiminnollisuuden. Tämä verifiointi tapahtuu prosessiin osallistuvien henkilöiden normaalina työaikana, joten se ei näennäisesti ole poissa heidän normaalista tekemisestään. Kaikki ylimääräinen tekeminen lasketun työajan päälle on ylimääräistä ja kuluttaa käytävissä olevia resursseja.

Tätä nykyä Bittiumin asiakkaalle toimitettavat ohjelmistokokonaisuudet menevät integrointitesteihin, joihin osallistuu asiakkaan osalta 50–90 ammattihenkilöä per harjoitus sekä useampi henkilö ohjelmistotoimittajalta. Mikäli harjoituksissa törmätään niin kutsuttuihin ”show stopper” -bugeihin, voivat ne pahimmassa tapauksessa pysäyttää koko harjoitusten kulun ja näin myös ohjelmistoversion verifiointin integrointiympäristössä. Tästä koituu molemmille osapuolille suuria kuluja, kun integrointitesteihin osallistuvat henkilöt istuvat toimettomana kriittisen vian takia. Varsinkin tällaiset viat syövät myös ohjelmistoa tuottavan yrityksen uskottavuutta loppuasiakkaan silmissä. Näissä integraatiotesteissä löytyvät pienemmät bugit ovat myös ikäviä, mutta niiden vaikutus ohjelmistoon sekä sen käytettävyyteen voi olla minimaalinen.

Asiakkaan integraatiotesteissä hyväksytään aina yksi ohjelmistoversio per kerta. Mikäli aiemmissa versioissa on jokin kriittinen bugi, tulee sen korjauksen verifiointi aina etusijalle. Tästä johtuen kriittiset bugit vanhassa ohjelmistossa syövät aikaa uusimman ohjelmistokokonaisuuden verifiointista. Pahimmassa tapauksessa tämä voi jättää viimeisimmän ohjelmiston testaamisen kokonaan väliin. Tällöin ohjelmiston toimittajalla ei ole varmaa tietoa siitä, miten kyseinen ohjelmistopaketti käyttäytyy asiakkaan integraatioympäristössä. Ohjelmiston vajaatoiminnallisuudet jäävät siis verifioimatta, ja niiden päälle saatetaan tehdä uusia ominaisuuksia. Uusien ominaisuuksien käytettävyys voi kärsiä, ja niissä ilmenevien virheiden syy voi olla aiemmin löytämättä jääneissä bugeissa. Tämä hankaloittaa vikojen etsintää ja niiden korjaamista.

Työn tavoitteena on toteuttaa ohjelmistotestauksessa neljä uudistuksia sisältävää aikarajattua iteraatiota (jatkossa sprinttiä), joilla kehitetään testausympäristöä vastaamaan aiempaa paremmin

asiakkaan käyttämää ympäristöä, ja siten parantaa asiakaslähtöistä ohjelmistotestaamista. Tavoitteena on saada kiinni ohjelmistoympäristön vajaatoiminnallisuudet jo ennen ohjelmiston toimittamista asiakkaalle testattavaksi. Pitkän aikavälin tavoitteena on parantaa ohjelmiston sekä ohjelmistotestauksen laatua ja toimivuutta, sekä parantaa asiakkaalle välittyvää kuvaa yrityksestä luotettavana ohjelmistojen toimittajana. Tavoiteltava testausympäristön parantaminen palvelee myös yrityksen strategiaa, jossa tarkoituksena on lähivuosina laajentaa Bittium Wirelesin liiketoimintaa myös Suomen ulkopuolelle.

Sprinttien aikana on tarkoitus toteuttaa laboratoriotestiympäristöön muutoksia, joilla pyritään simuloimaan asiakkaan erinäisiä käyttötapauksia. Ensimmäisellä sprintillä on tarkoitus muovata MANET-verkon (Mobile Adhoc Network) topologia vastaamaan asiakkaan käyttämää topologiaa. Toisella sprintillä on tarkoitus tuoda verkkoon kaikki mahdolliset asiakkaan käyttämät verkkopalvelut. Kolmannella iteraatiokierroksella tarkoituksena on kopioida asiakkaan erinäiset testitapaukset heidän tekemistään integraatiotesteistä ja tämän jälkeen neljännellä sprintillä automatisoida koko prosessi. Sprinteissä tehtyjen muutosten vaikutusta on tarkoitus seurata siten, että eritasoiset asiakkaan harjoituksissa löytämät bugit tullaan pisteyttämään asteikolla yhdestä kolmeen.

1.2 Menetelmä

Opinnäytetyössä on tarkoitus käyttää kahta eri tutkimusmenetelmää testilaboratorion testiympäristöjen laadun parantamiseksi. Käytetyt tutkimusmenetelmät ovat toimintatutkimusmenetelmä sekä konstrukttiivinen menetelmä.

Toimintatutkimusmenetelmällä on tarkoitus kerätä asiakkaan käyttöympäristöstä kaikki oleellinen tieto sitä varten, että asiakkaan tekemät käytänteet voidaan tulevaisuudessa myös toistaa laboratorio-oloissa. Kerättyä tietoa ovat muun muassa radiolinkkien väliset radioarvot, joista saadaan verkon topologia, laiteohjelmistot sekä niiden versiot, asiakkaan käyttämät sovellukset sekä mahdolliset erityiskäytänteet, kuten laitteiden hallittu uudelleenkäynnistys tai radiotaajuuksien vaihtaminen.

Toimintatutkimusmenetelmällä saadun tutkintatiedon pohjalta on tarkoitus rekonstruoida keinotekoisesti elektronisia vaimennin- sekä aikaviivesimulaattoreita käyttäen vastaavanlainen verkkotopologia konstruktivista menetelmää hyödyntäen. Tämän jälkeen asiakkaan käyttämät ohjelmistot sekä käytetyt sovellukset tuodaan samanlaisina testiympäristöön ajettavaksi. Asiakkaan tekemät erikoistoimenpiteet kuten ohjelmalliset sekä mekaaniset uudelleenkäynnistämiset tullaan toteuttamaan siten, että ne saadaan testiympäristössä vastaamaan asiakkaan tekemiä toimenpiteitä. Myöhemmässä vaiheessa tullaan hankitun tiedon pohjalta rakentamaan robottiautomaatiota, jonka avulla voidaan vähentää testihenkilöiden työkuormaa niin kutsuttujen perustestien osalta. Tällä tavalla voidaan kasvattaa testifrekvenssiä, jonka avulla ohjelmiston perustoiminnallisuuden taso voidaan pitää korkeammalla ja näin parantaa ohjelmiston laatua.

Konstruktivisen menetelmän tuloksia tullaan seuraamaan erikseen kehitetyllä pisteytysmenetelmällä, jossa pisteytetään asiakkaan ilmoittamat bugit harjoituskohtaisesti. Pisteytysväli on yhdestä kolmeen. Numeron yksi saavat kriittisimmät viat, jotka estävät laitteen taikka ominaisuuden käytön kokonaan. Numeron kaksi saavat vähemmän kriittiset viat, jotka heikentävät ominaisuuden toiminnollisuutta, mutta eivät estä niiden käyttöä kokonaan. Numeron kolme saavat viat, jotka vaikuttavat vähäisesti laitteen käytettävyyteen, kuten erinäiset käyttöliittymän vääristymät taikka normaalia käyttöä vähäisesti hidastavat bugit.

1.3 Yleistä Bittium Oyj:stä

Bittium Oyj (myöhemmin Bittium) on oululainen teknologiayritys, joka aiemmin tunnettiin nimellä Elektrobit Oyj. Bittium tuottaa suunnittelupalveluita sekä erilaisia tuoteratkaisuja eri liiketoimintaloille. Yrityksellä on toimintaa neljässä maassa, ja sillä on ollut vuonna 2016 yhteensä 623 työntekijää. (Bittium Oyj, viitattu 23.4.17)

Tämä opinnäytetyö on tehty Bittium Wireless Oy:lle, joka on Bittium Oyj:n tytäryhtiö. Bittium Wireless tuottaa emoyhtiölle henkilöstö- ja suunnittelupalveluita. Muita tytäryhtiöitä ovat Bittium Biosignals Oy, joka on erikoistunut biotekniikkaan, Bittium Medanalytics Oy, joka on erikoistunut kardiologiisiin palveluihin, Bittium Remega Oy, joka valmistaa erilaisia lääketieteellisiä ratkaisuja, Bittium

Safemove Oy, joka valmistaa tietoturvalista ohjelmistotekniikkaa ja Bittium Technologies Oy, joka hallitsee yritykselle tärkeiden teknologioiden patentit sekä sopimukset.

2 NYKYTILANTEEN ANALYSOINTI

Nykyhetkellä käytössä on kaikkiaan viisi testipaikkaa. Nämä testipaikat koostuvat erilaisista testiympäristöistä ja niissä on käytössä eri radiolaitteita, radioviivesimulaattoreita sekä radiotievaimentimia. Testipaikat voidaan jaotella pienempiin paikkoihin eli niin kutsuttuihin dailypaikkoihin, sekä suurempiin systeemitestipaikkoihin. Testipaikkakohtaiset ominaisuudet ja niiden käyttötarkoitukset käydään tarkemmin läpi tässä luvussa.

Systeemitestipaikat yksi ja kaksi ovat järjestelmätason testipaikkoja, joissa voidaan ajaa vaativampia sekä monipuolisempia testikokonaisuuksia. Vaativimpiin testeihin tarvitaan yleensä useampi radiopääte radioteknisesti suuremman ja haastavamman verkon muodostamiseksi. Radiolaitteiden lisäksi testiverkkoihin voidaan tarvita erilaisia lisälaitteita kuten reitittämiä, kenttäradioita, VoIP-puhelimia taikka videon toistamiseen ja pakkaamiseen tarkoitettuja laitteita. Käytettävät lisälaitteet saattavat säilyä testipaikalla vain testauksen ajan ja tämän jälkeen ne siirretään joko seuraavalle testipaikalle taikka sivuun.

2.1 Bittium TAC WIN -järjestelmäkokonaisuus

Bittiumin TAC WIN -järjestelmä koostuu kolmesta eri radiotuotteesta, niitä yhdistävästä Taktisesta Reitittimestä sekä koko järjestelmää pyörittävästä TAC WIN -aaltomuoto-ohjelmistosta. Näiden lisäksi järjestelmään kuuluu ääniohjelmisto Tough VoIP Service sekä verkon valvontaohjelmisto Network Manager. TAC WIN -kokonaisuuden avulla voidaan luoda nopeasti dataverkkoyhteyksiä erilaisissa ympäristöissä, joissa tarvitaan luotettava verkkoyhteys välittömästi. Järjestelmä toimii täysin autonomisesti ja se luo verkkoyhteydet automaattisesti. Tällä tavoin loppukäyttäjän konfigurointimäärä jää mahdollisimman vähäiseksi ja käyttäjän tekemät virheet minimoituvat. Tulevaisuudessa TAC WIN -järjestelmää laajennetaan myös Tough SDR Handheld sekä Tough SDR Vehicular -laitteilla. SDR-laitteet tulevat olemaan loppukäyttäjien laitteita ja ne liittyvät osaksi TAC WIN-järjestelmää.

2.1.1 Bittium Tactical Wireless IP Network™ TAC WIN

Bittium Tactical Wireless IP Network eli TAC WIN on ohjelmistokokonaisuus, jonka avulla verkon radiot sekä taktiset reitittimet toimivat. TAC WIN -ohjelmisto on täysin IP-yhteensopiva ja sen päällä voidaan pyörittää erilaisia verkkopalveluita asiakastarpeiden mukaan. Ohjelmisto tukee point-to-point eli suorayhteyksiä sekä point-to-multipoint eli monipisteyhteyksiä. Radioverkkoyhteyksien lisäksi järjestelmä tukee kiinteitä Ethernet-, kuitu- ja SHDSL-yhteyksiä. TAC WIN -ympäristö on suunniteltu siten, että se tukee yhteiseurooppalaisia ESSOR sekä SCA -ohjelmistoarkkitehtuureja. (Bittium Oyj TAC WIN, viitattu 17.9.17)

2.1.2 Bittium TAC WIN Tactical Router™ eli Bittium Taktinen Reititin

Bittiumin Taktinen Reititin toimii nimensä mukaisesti TAC WIN -järjestelmän reitittimenä ja tarjoaa järjestelmään hallintayhteyden. Järjestelmän radiopäätteet yhdistetään reitittimeen, joka hoitaa reitityksen radiopäätteiden sekä eri verkkojen välillä. Yhdessä verkon solmussa on aina yksi taktinen reititin ja yhdestä kolmeen radiopäätettä.

Reititin tukee muun muassa Multicast- eli ryhmälähetysominaisuutta sekä QoS:ia eli tietoliikenteen luokittelua. Muita reititykseen liittyviä palveluita ovat kustomoitu OLSR (Optimized Link State Routing) protokolla, itse määriteltävät virtuaaliverkot sekä tuki OSPF (Open Shortest Path First) / BGP (Border Gateway Protocol) -reititykselle. Yhteen taktiseen reitittimeen voidaan liittää yhdestä kolmeen Bittiumin radiopäätettä kuitukaapelilla. Laitteeseen (Bittium Oyj Tactical Router, viitattu 12.9.17) voidaan tämän lisäksi liittää

- 4 Laajaverkonlaitetta (2 Ethernet + 2 kuitukaapeli)
- 4 Lähiverkonlaitetta (4 Ethernet)
- 8kpl ITU-T G991.2 GSHDSL-standardin parikaapeliyhteyttä
- 4 kpl sarja/äänilaitetta
- 2 kpl USB-laitteita
- GPS-modeemi

2.1.3 Bittium TAC WIN Radio Head I™ eli radiopääte yksi

Bittium radiopääte yksi eli RH-I on valmistajan lyhyemmälle matkalle tarkoitettu radiotuote. Sen avulla käyttäjät voivat rakentaa Bittium MANET(Mobile Ad-hoc Network) -verkon ja liikennöidä muiden RH-I radioiden kanssa lyhyillä välimatkoilla. Radiota voidaan käyttää yhdessä muiden Bittiumin valmistamien radioiden kanssa Taktisessa reitittimessä. Radio tukee kahden antenninsa ansiosta MIMO-tekniikkaa (Multiple-Input Multiple-Output), jonka ansiosta tiedonsiirtokapasiteetti ja signaalin läpäisykyky paranevat (Suresh Kumar Int. Journal of Engineering Research and Applications. Viitattu 13.9.2017).

Muita RH-I tietoja valmistajalta (Bittium Oyj Radio Head I, viitattu 12.9.17):

- Toimintataajuus 225 – 400 MHz
- Signaalinleveys 5 MHz
- TAC WIN -aaltomuodon kanssa saavutettu maksimaalinen siirtotienopeus 12 Mbps
- Tukee kahta antennia
- Maksimaalinen lähetysteho 2 x 4 W

2.1.4 Bittium TAC WIN Radio Head III™ eli radiopääte kolme

Bittium radiopääte kolme eli RH-III on Bittiumin valmistama radiotuote, joka soveltuu tuottamaan monipisteyhteyksiä (Point-to-Multipoint) järjestelmän tarpeisiin. Tuotetta voidaan käyttää myös pelkässä linkkikonfiguraatiossa, mikäli yhteysväli vaatii suurempaa datakapasiteettia. Tuote vastaa ulkonäöltään yrityksen valmistamaa RH-I radiota, mutta erona on antenniulostulojen määrä; RH-I:llä on kaksi antenniulostuloa kun taas RH-III:lla on vain yksi antenniulostulo.

Muita RH-III tietoja valmistajalta (Bittium Oyj Radio Head III, viitattu 13.9.17):

- Toimintataajuus 1350 – 2400 MHz
- Signaalinleveys 5/10 MHz
- TAC WIN -aaltomuodon kanssa saavutettu maksimaalinen siirtonopeus 26 Mbps
- Yksi antenniulostulo
- Maksimaalinen lähetysteho 4 W

2.1.5 Bittium TAC WIN Radio Head IV™ eli radiopäätelähjälä

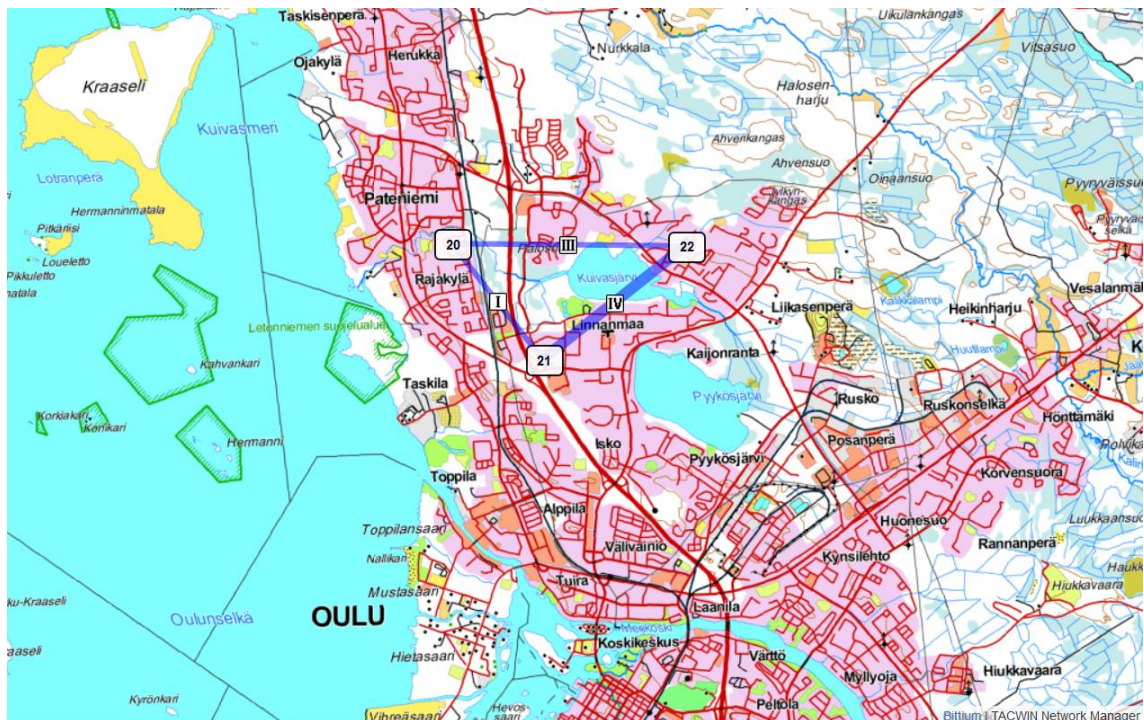
Radiopäätelähjälä on Bittiumin valmistama radiopäätelähjälä pitkille linkkiyhdeyksille. Radiossa on sisäänrakennettuna suuntausominaisuus, jonka avulla se voidaan suunnata vasta-asemaansa optimaalisen linkkiyhdeyden saavuttamiseksi. Radiossa on TAC WIN -järjestelmässä suurin datakapasiteetti (50 Mbps), mikä johtuu käytetystä korkeasta taajuusalueesta. Taajuusalueen korkeus tuo kuitenkin mukanaan sen ongelman, että radioita on käytettävä toisiinsa nähden näköyhteudessa (englanniksi Line-of-Sight).

Muita RH-IV tietoja valmistajalta (Bittium Oyj Radio Head IV, viitattu 16.9.17):

- Toimintataajuus 4400 – 5000 MHz
- Signaalinleveys 5 / 10 / 20 MHz
- TAC WIN -aaltoisuuden kanssa saavutettu maksimaalinen siirtonopeus 50 Mbps
- Sisäänrakennettu antenni
- Maksimaalinen lähetysteho 1,25 W

2.1.6 Bittium TAC WIN Radio TAC WIN NETWORK MANAGER

Network Manager on Bittiumin valmistama ohjelma verkon etähallintaan sekä seurantaan. Managerin näkymässä voidaan seurata eri linkkiyhdeyksien voimakkuuksia sekä käytettyä radiotyyppiä. Ohjelmistossa on myös verkon suunnittelutyökalu, sillä pystytään tallentamaan verkon tilaa ja myös toistamaan vanhoja tallennuksia. Solmujen geologiset sijainnit piirtyvät ohjelmistossa käytetyn karttapohjan päälle kuten kuvassa kaksi näkyy.



Kuva 2. Network Manager-näkymä

2.1.7 Bittium Tough VoIP Service™

Bittium Tough VoIP Service eli TVS on verkossa käytettävä Voice over Internet Protocol -tekniikkaan perustuva äänisovellus. Sovelluksen avulla verkossa olevat puhelimet sekä erilaiset VoIP-viestittelyyn yhteensopivat laitteet voivat kommunikoida keskenään. TVS tukee verkossa olevien tilaajalaitteiden siirtymisen eri verkkotopologiasta toiseen. Ohjelmisto kestää myös verkon jakautumisen (split) sekä yhdistymisen (merge), pitäen tilaajista mahdollisimman monen saavutettavissa hajautetun toiminnollisuutensa ansiosta. Ohjelmisto voidaan liittää myös runkoverkkoon tarjoamaan äänipalvelua suuremmalle yleisölle. (Bittium Oyj Radio Tough VoIP Service, viitattu 17.9.17)

2.1.8 Bittium Tough Comnode™

Comnode on Tough -tuoteperheen uusi lisäys. Comnodea voidaan käyttää kestäväenä VoIP -puhelimena, IP-reitittimenä sekä SHDSL-modeemina tai -toistintilassa. Laite on yhteensopiva TAC WIN -järjestelmän, TVS:n sekä uuden Bittium Tough SDR -tuoteperheen kanssa. Comnode voi toimia tarvittaessa myös TVS-palvelimena, minkä ansiosta erilaiset VoIP-yhteensopivat laitteet voi-

vat kirjautua siihen ja kommunikoida sen avulla toisilleen. Comnodeen voidaan liittää myös kenttä-radio ja tällä tavoin mahdollistaa niiden liittäminen taktiseen IP-verkkoon tehden kenttäradioista RoIP -laitteita. (Bittium Oyj Radio Tough Comnode, viitattu 17.9.17)

2.2 Testipaikan liitännäislaitteet

Testipaikan kokonaisuuksia kutsutaan nimellä solmu. Solmuihin voi olla liitettynä kannettavia tietokoneita, radiotievaimentimia, radioviivesimulaattoreita sekä verkkoreitittimiä. Eri testipaikkojen kokonaisuudet saattavat vaihdella, mutta solmujen perusrakenne on lähes aina kuvan 3 mukainen.



Kuva 3. Testisolmun kokoonpano

Kuvassa 3 Bittium Radiopäätte I eli RH-I ja Taktinen Reititin on liitetty yhteen OBSAI-kuitukaapelilla. Taktinen reititin ohjaa radiolle reititettävän datan kyseistä liitintä hyväksikäyttäen. Taktisesta Reitittimestä sekä radioista on kerrottu kohdassa 2.1. Reitittimeen on liitetty myös kannettava tietokone, joka on yhdistetty reitittimeen kahdella verkkoyhteydellä. Toinen verkkoyhteys on hallinnallinen verkkoliitäntä, josta päästään kiinni laitteen hallinnalliseen verkkorajapintaan. Hallinnallista verkkorajapintaa käytetään ohjelmiston päivittämiseen, järjestelmän uudelleen asentamiseen sekä laitteistorajapinnan hallintaan. Käyttöverkon puolelta voidaan tehdä samoja toimenpiteitä kuin hallintaverkon puolelta, mutta sieltä ei päästä samalla tapaa käsiksi kaikkiin laitteen resursseihin. Käyttöverkon puolelta eri laitteet toimivat ja näkyvät kuten ne toimisivat normaalissa lähiverkossa, eli niitä voidaan kutsua ping-komennolla, taikka niiden välillä voidaan siirtää tiedostoja esimerkiksi FTP (File Transfer Protocol) -ohjelmistoa hyväksikäyttäen. Extra-verkon kautta voidaan testipaikalle tuoda keskitetysti ohjelmistopäivityksiä ja käyttää useampaa verkkopäätettä yhdellä kertaa erilliseltä testipaikan hallintatietokoneelta.



Kuva 4. Taktinen Reititin sekä Radiopääte yksi (Radio head one)

Kuvan 4 mukaisia reititin- sekä radiopäätekuvia käytetään jatkossa testipaikkojen kokonaisuuksia kuvatessa, jotta testipaikkojen kokonaisuuksien hahmottaminen olisi helpompaa. Yleisesti testipaikat koostuvat aina joko yhdestä radiopääte yksi- sekä Taktinen Reititin- kombinaatiosta, taikka radiopääte yhdestä sekä muista radiopääteistä.

2.3 Systemitestipaikka yksi

Systemitestipaikka yksi on kokonaisjärjestelmän toimivuuden testaamiseen tarkoitettu testipaikka. Siinä voidaan suorittaa testejä erilaisissa verkkotopologioissa säädettävän radiovaimentimen ansiosta. Testipaikalla voidaan liittää taktiset reitittimet toisiinsa radioteitse, kuitu- taikka Ethernet- kaapelilla tai kupariparikaapeleilla. Systemitestipaikka yksi on suurin kaikista testipaikoista.

2.3.1 Testipaikkakohtaiset testit

Systemitestipaikkaa käytetään kokonaisjärjestelmän verifioimiseen ja siinä suoritetaan testit asiakasjulkaisuille. Jokainen asiakasjulkaisu asennetaan testipaikalle testattavaksi ennen kuin se toimitetaan loppuasiakkaalle. Testipaikalla voidaan luoda monipuolisia testikokonaisuuksia, joita ei voida muilla testipaikoilla tehdä. Tämä johtuu testipaikan hyvästä laitetarjonnasta sekä lukuisista liitännäismahdollisuuksista. Esimerkkinä kahdeksan solmun MESH-verkko, jossa kaikki verkon solmut näkevät toisensa suorina naapureina.

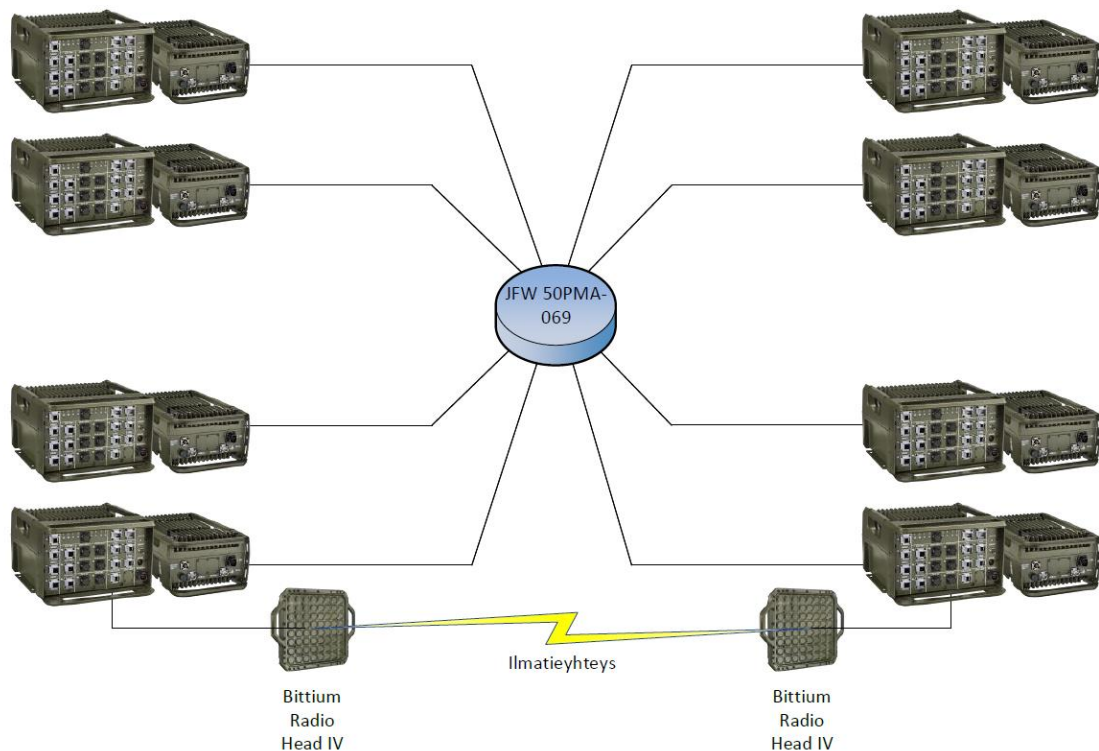
Testipaikalla tehtäviä testejä ovat muun muassa:

- Reititystestit eri verkkorajapintojen yli
- Tiedonsiirtotestit useamman solmun yli
- Topologiakohtaiset testit ketju- sekä MESH-topologioissa
- Verkonmuodostumistestit

- Verkonmuodostumistestit kahden verkon sulautuessa
- RH-IV automaattinen vasta-asemahaku

2.3.2 Testipaikan rakenne

Systemitestipaikka yksi koostuu yhteensä kahdeksasta taktisesta reitittimestä sekä RH-I radiosta. Lisäksi testipaikalla on yksi ilmaitse toisiinsa yhteydessä oleva RH-IV -pari, jonka avulla voidaan testata radion antennin automaattista suuntautumista. RH-I radiot ovat toisiinsa yhteyksissä JFW:n valmistaman 12 -porttisen ohjelmoitavan vaimentimen avulla. RH-I -radiot ovat kiinni vaimentimessa vain yhdestä antennista, mistä johtuen niiden MIMO-ominaisuutta ei voida käyttää. Systemitestipaikan lintuperspektiivin rakenne löytyy kuvasta 5.



Kuva 5. Systemitestipaikka yhden rakenne

2.4 Systemitestipaikka kaksi

Systemitestipaikka kaksi on toinen kokonaisjärjestelmän testaamiseen tarkoitettu testipaikka. Siinä voidaan testata eri ohjelmistokokonaisuuksien toimintaa ja tarpeen vaatiessa suorittaa erilaisia puhepalvelun, TVS:n, testejä. Testipaikalla testataan yleensä järjestelmän AIS-toiminnollisuutta.

2.4.1 Testipaikkakohtaiset testit

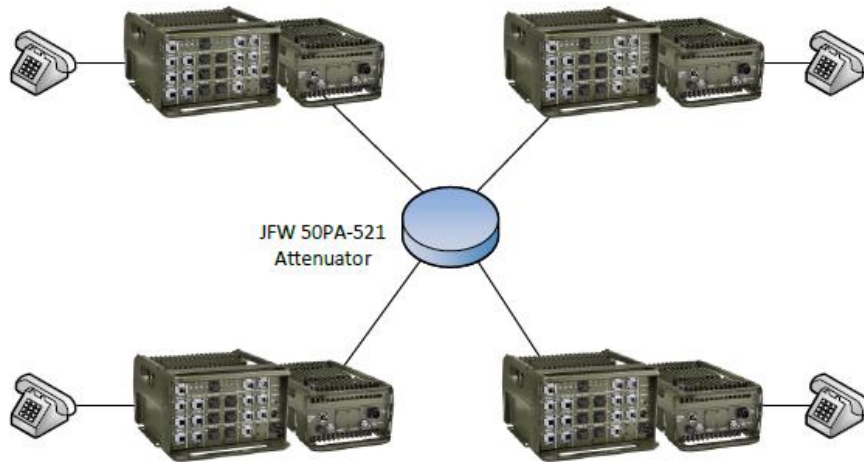
Systemitestipaikka kaksi toimii päätoimisesti AIS (Air Interface Synchronization) eli ilmatiesynkronisointitestipaikkana. AIS-toiminnollisuutta käytetään, kun satelliittipaikanninjärjestelmä ei syystä tai toisesta ole käytettävissä lähetysajan synkronisoimiseksi. Lähetyssynkronoinnista verkko sopii autonomisesti, minkä jälkeen kaikki verkossa liikennöivät solmut osaavat ajoittaa lähetteensä oikeaan aikaan.

Testipaikalla voidaan myös tehdä IP-puhelutestejä Bittium Tough VoIP Serviceä käyttäen. Testipaikan vaimentimen avulla voidaan luoda heikkoja radioyhteyksiä, joiden avulla voidaan luoda lähes kenttäolosuhteita vastaavia heikkoja linkkejä ääriolosuhteiden simuloimiseksi. Tällä tavalla voidaan saada eri äänikoodekkien välisiä eroavaisuuksia esille ja tarpeen vaatiessa muokata koodekkien toimintatapaa, jotta ääni kulkisi paremmin huonoissa olosuhteissa.

AIS- ja äänitestien lisäksi testipaikalla voidaan suorittaa erinäisiä testejä chain- ja MESH-topologiassa verkossa.

2.4.2 Testipaikan rakenne

Systemitestipaikka kahden laitekonfiguraatio on esitetty kuvassa 6. Testipaikalla on neljä taktista reititintä sekä neljä RH-I -radiota. Näiden lisäksi testipaikalla on neljä Ciscon valmistamaa VoIP-puhelinta Tough VoIP Servicen testaamista varten. Testipaikalla on JFW:n valmistama kahdeksanporttinen vaimennin, jonka avulla voidaan simuloida eri verkkotopologioita sekä vaimennuksia. Radiokonfiguraatiot voivat olla joko SISO tai MIMO -konfiguraatioissa kahdeksan vaimennusportin ansiosta.



Kuva 6. *Systemitestipaikka kahden rakenne*

2.5 Dailypaikka yksi

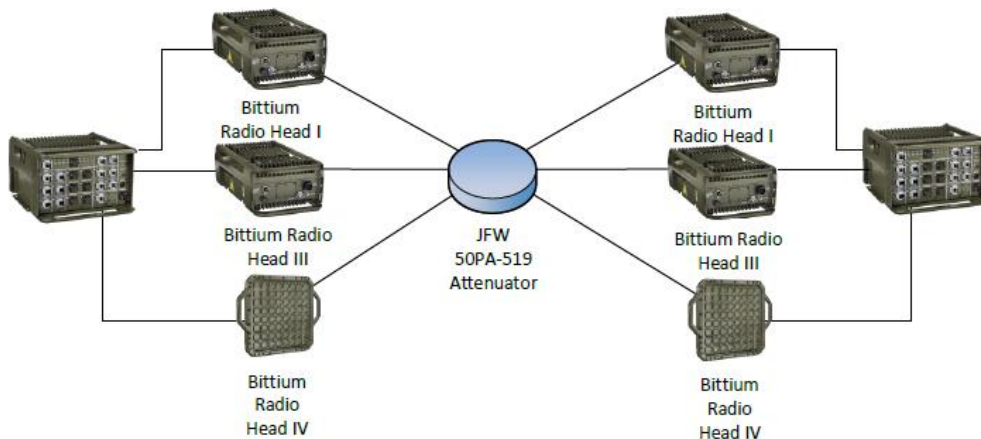
Dailypaikka yksi on nimensä mukaisesti päivittäinen testipaikka, jossa ajetaan testejä uusimmalla päivittäispaketilla. Ohjelmiston perustoiminnallisuuden verifiointi tapahtuu tällä testipaikalla, koska ohjelmiston asennus onnistuu pienellä vaivalla testipaikan solmujen vähyden vuoksi. Testipaikalla testataan myös kaikkien radiotyyppien perustoiminnallisuus päivittäispaketista. Testipaikkaan on yhteydessä myös testikone, jonka avulla voidaan ajaa automaatiotestejä TTCN v3:a hyväksikäyttäen.

2.5.1 Testipaikkakohtaiset testit

Dailypaikalla voidaan tehdä päivittäiset perustoiminnallisuuden testaukset kahden solmun välisessä verkossa. Testipaikalla voidaan testata, että radiopäätteitä ohjaavat ohjelmistot toimivat oikein ja radioiden datakapasiteetti ei heikkene ohjelmiston kehittämisen seurauksena. Testipaikalla voidaan suorittaa automaation avulla erilaisia tiedonsiirtotestejä öiseen aikaan kun testipaikka ei ole testihenkilöiden käytössä.

2.5.2 Testipaikan rakenne

Dailyaikka yksi koostuu kahdesta taktisesta reitittimestä ja kahdesta RH-I, RH-III sekä RH-IV radiosta. Testipaikalla on myös JFW:n radiotievaimennin, jonka avulla voidaan vaimentaa kaikkien liitettyjen radiolaitteiden signaalia testitarpeiden mukaan. Testipaikan automaatiota ohjaava TTCN-PC on liitettyä testipaikkaan, taktisten reitittimien LAN-porttiin sekä solmukohtaisen ohjaustietokoneen LAN-väylään. Dailyaikka yhden laitekonfiguraatio on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Dailyaikka yhden rakenne

2.6 Dailyaikka kaksi

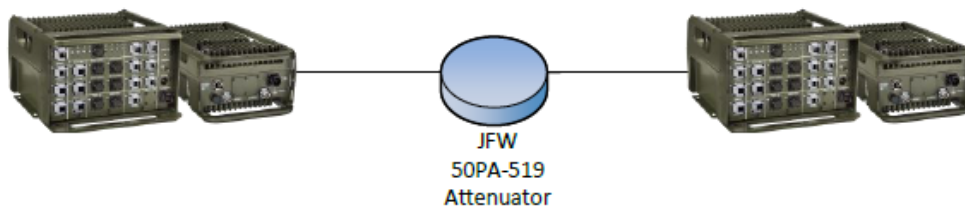
Dailyaikka kaksi on toinen päivittäisohjelmiston testaamiseen tarkoitettu testipaikka. Testipaikka on hieman dailyaikka yhtä pienempi, ja se soveltuu parhaiten pikaisten testien tekemiseen viimeisimmässä ohjelmistossa. Testipaikan pienuuden ansiosta sillä voidaan testata myös nopeasti niin kutsuttujen hotfixien vaikutusta.

2.6.1 Testipaikkakohtaiset testit

Testipaikalla voidaan ajaa erilaisia siirtotien nopeustestejä RH-I -radioiden välillä, sekä testata uusimman päivittäisohjelmiston perustoiminnallisuutta, kuten käyttöliittymän toimintaa, siirtokapasiteettia sekä eri aaltomuotoparametrien toimivuutta. Testipaikalla testataan myös miten erilaiset bugikorjaukset purevat aiemmin löydettyihin vikoihin.

2.6.2 Testipaikan rakenne

Dailypaikka kaksi koostuu kahdesta taktisesta reitittimestä sekä kahdesta RH-I -radiosta. Näiden lisäksi testipaikalla on JFW:n säädettävä radiotievaimennin, jossa on molemmat testipaikan radiopäät liitettynä MIMO-konfiguraatiossa. Testipaikan yksinkertainen rakenne on kuvattu kuvassa 8. Tarpeen mukaan testipaikalle voidaan myös liittää RH-III tai RH-IV -radioita taikka dailypaikka yksi, mikäli testitarpeet niin vaativat. Testipaikkojen välinen yhteys voidaan luoda radiokaapelin liittämällä vaimentimien välille.



Kuva 8. Dailypaikka kahden rakenne

2.7 Radiolinkkitestipaikka

Radiolinkkitestipaikka on erilaisten erikoistilanteiden testaamiseen tarkoitettu ympäristö. Paikalla voidaan tehdä normaalin toiminnollisuustestaamisen lisäksi RF-mittauksia sekä aikaviivesimulaatiotestejä. Ympäristöön voidaan tuoda helposti erilaisia mittalaitteita testikattavuuden parantamiseksi. Testipaikan monipuolisten ominaisuuksien vuoksi testipaikka on eniten varattu testipaikka testiympäristössä.

2.7.1 Testipaikkakohtaiset testit

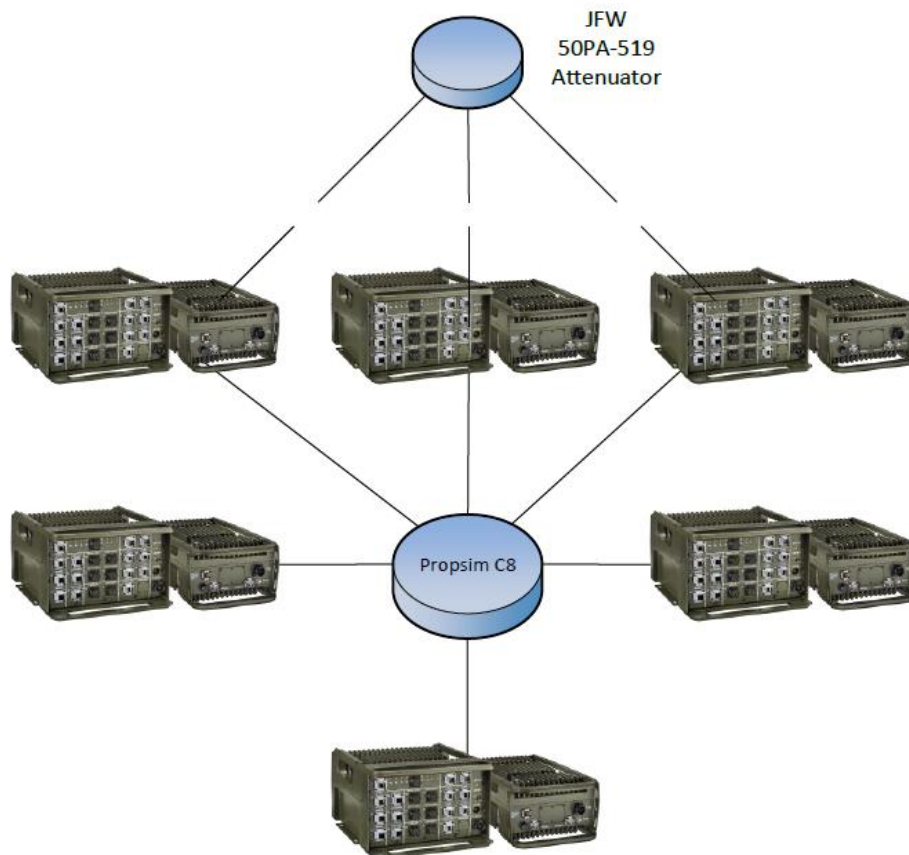
Testipaikalla voidaan suorittaa monipuolisia testejä aaltomuodolle PropSim C8 -aikaviivesimulaattorin ansiosta. Mittalaitteella voidaan simuloida etäisyyden tuomaa viivettä useamman radiopäätteen välillä ja tällä tavoin havaita mahdollisia virheitä aaltomuodon toimintalogiikassa. C8 mahdollistaa myös erilaisten tilanteiden simuloimisen, kuten kaupunkiympäristön mallinnuksen taikka vuoristomallinnuksen. Aikaviivetestaamisen lisäksi testipaikalla voidaan mitata radioiden lähetysspektriä spektrianalysaattoreiden avulla sekä testata GPS-simulaattorilla erilaisia testitapauksia.

Testipaikalle voidaan tarvittaessa liittää vielä kaksi taktista reititintä sekä useampi muu radio eri tarpeiden vaatiessa. Testipaikka tukee myös mittalaitteiden lisäämisen ympäristöön.

2.7.2 Testipaikan rakenne

Testipaikka koostuu kuudesta taktisesta reitittimestä sekä kuudesta RH-I -radiosta. Näiden lisäksi testipaikalla on Prosim C8 -aikaviivesimulaattori sekä JFW:n valmistama ohjelmoitava radiovaimennin. Testipaikan yhteydessä on myös GPS-simulaattori, jolla voidaan syöttää halutulle tai halutuille solmuille muunneltua GPS-aikaa. Radiopään testejä varten testipaikan yhteydessä on useammanlaisia spektrianalysointilaitteita, joita voidaan liittää testipaikalle haluttuun solmuun.

Radiolinkkitestipaikalle voidaan myös tarvittaessa siirtää liikuteltava testialusta, joka on varusteltu kahdella taktisella reitittimellä sekä RH-I radioilla. Testipaikan yksinkertainen rakenne on kuvattu kuvassa 9.



Kuva 9. Radiolinkkitestipaikan rakenne

3 ASIAKKAAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Asiakkaan toimintaympäristö koostuu useista taktisista reitittimistä sekä eri radiopääteistä. Seurattavana olevassa ympäristössä on yhteyksissä 17 jatkuvassa käytössä olevaa taktista reitintä, joista 13:ssa on yksi tai useampi radiopääte yhdistettynä. Tällä verkkorakenteella ajetaan yleiset ohjelmiston hyväksyntätestit kuudesta kahdeksaan kertaan vuodessa. Bittium toimittaa näihin testeihin TAC WIN -ohjelmiston, joka tämän jälkeen siirtyy asiakkaan testiverkkoon verifioitavaksi. Puolen vuoden välein parhaimmaksi ohjelmakokonaisuudeksi koettu ohjelmisto siirtyy asiakkaan aktiiviseen testaukseen. Aktiiviseen testaukseen otettu ohjelmistopaketti toimii asiakkaalla testauksessa puoli vuotta, minkä jälkeen tuote otetaan käyttöön muissa asiakkaan toimipisteissä, mikäli se on koettu hyvin toimivaksi.

3.1 Asiakkaan toimintaympäristöt

Asiakkaan verkkojen rakenne on suunniteltu radioteknisesti haastavaksi, mistä syystä verkot vaativat aaltomuodolta virheetöntä toimintaa. Mikäli aaltomuotopuolella on erinäisiä ongelmia lähetyksen tai vastaanoton kanssa, näkyvät virheet verkoissa yleensä heikkoina radioarvoina, heikkona siirtokapasiteettina, pätkivinä yhteysväleinä tai pahimmassa tapauksessa muodostumattomina yhteyksinä. Yleisesti verkoista löytyy erilaatuisia verkkoyhteyksiä solmujen väliltä.

Verkkojen topologiat on suunniteltu siten, että verkoista löytyy kahdesta neljään verkkonaapuria per solmu. Testit ovat yleisesti hyvin suoraviivaisia tiedonsiirtoon sekä puhelupalveluun liittyviä testejä. Integraatitesteissä verifioidaan uusien ohjelmisto-ominaisuuksien toiminta ja tämän lisäksi vanhojen ominaisuuksien toimivuus. Tästä syystä eri harjoitukset voivat sisältää erilaisia testikäytänteitä, jotka voivat muovata testirakennetta tapauskohtaisesti. Tällöin myös verkon topologia saattaa hieman muuttua testattavien ominaisuuksien johdosta.

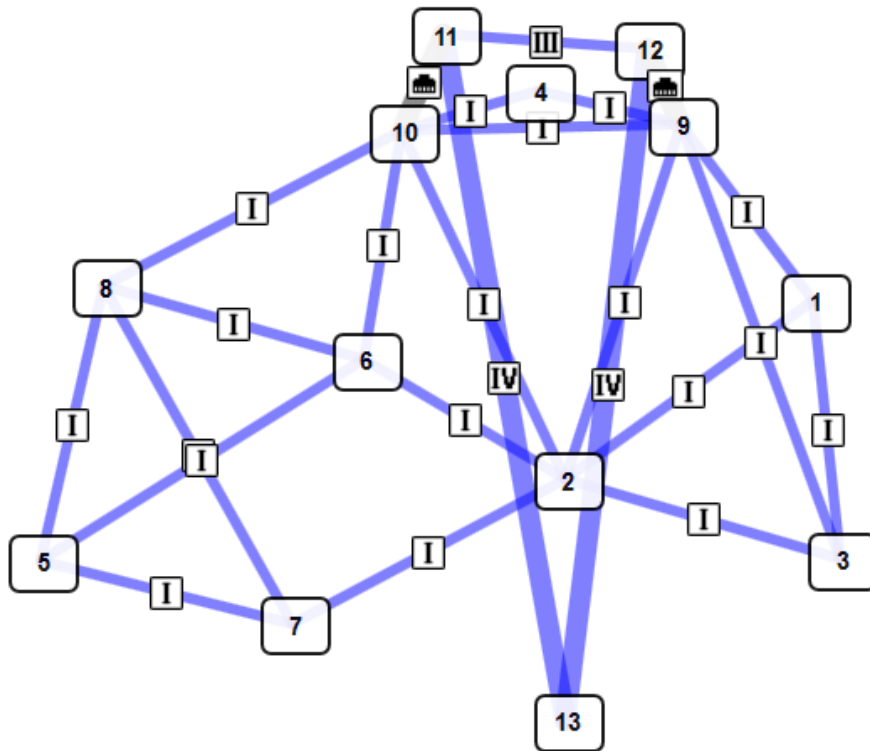
Asiakkaan ympäristön solmut yhdestä kahdeksaan ovat siirrettäviä ja solmut yhdeksästä seitsemääntoista ovat kiinteillä paikoilla. Liikkuvat solmut muodostavat harjoituksissa kaksi erimuotoista verkkoa. Näistä verkoista ensimmäisessä on tarkoitus verifioida perustoiminnallisuus sekä todeta radio-ohjelmallisuuden toiminnollisuus testikeskuksen lähialueella. Toisessa verkossa on tarkoitus

kuormittaa aaltomuoto-ohjelmistoa käytettävillä palveluilla sekä tiedonsiirtotesteillä, jotta ohjelmiston kokonaistoimivuus saadaan testattua. Ensimmäinen verkko koostuu liikuteltavista solmuista yhdestä kahdeksaan sekä solmusta 13. Toinen testiverkko koostuu jo aiemmin mainituista kahdeksasta liikkuvasta sekä kiinteistä solmuista yhdeksästä seitsemääntoista.

Molemmat edellä mainituista testeistä ovat aaltomuodon verifiointin puolesta tärkeitä, mutta tämän opinnäytetyön keskiössä on toisen eli suuremman testiverkon toiminta ja sen tutkiminen. Ensimmäinen testiverkko toimii asiakkaalla perusverkon toiminnan indikaattorina, jonka tulosten mukaan päätetään toiseen testiverkkoon siirtymisestä. Tämän harjoitteen asiakas tekee pystyäkseen varmuudella siirtymään ensimmäisestä verkosta toiseen. Bittiumin testiympäristön kehittämisen näkökulmasta testiympäristö yhden tuoma testausarvo on pieni, ja sitä ei laboratorioon olla tästä syystä monistamassa. Toinen syy on myös testipaikkojen rajallisuus. Testiverkko kaksi verifioi verkon toimintaa samalla tavoin kuin verkko yksi, mutta tekee sen tehokkaammin monipuolisuudestaan johtuen.

3.1.1 Asiakkaan verkkotopologia

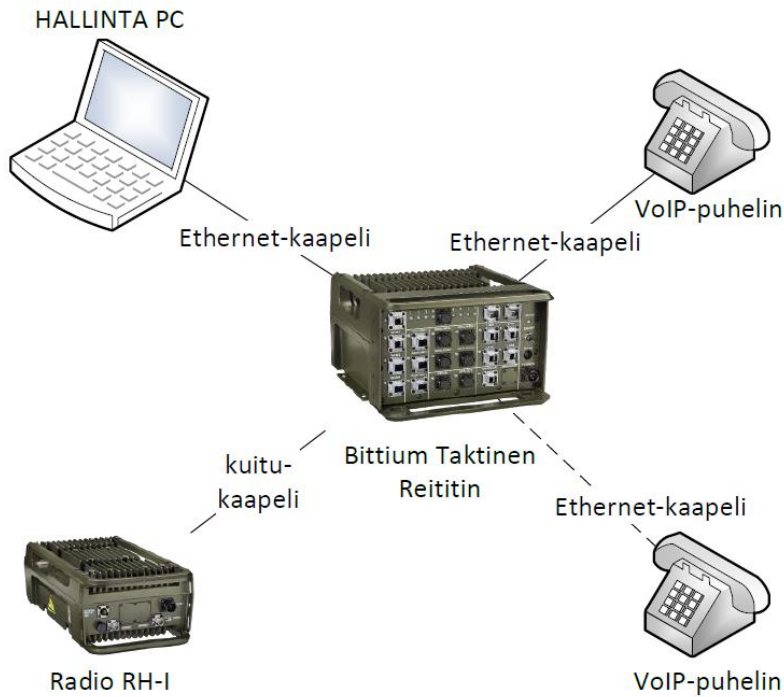
Asiakkaan verkkotopologian tallentamiseen käytetään Bittiumin valmistamaa verkonvalvontaohjelmistoa Network Manageria. Ohjelmisto tallentaa solmujen verkkoyhteydet eri verkkoparametreineen, radiokonfigurointeineen sekä sijainteineen. Saatujen tietojen perusteella voidaan laboratorioon luoda vastaavanlaiset radio-olosuhteet ja tämän avulla mallintaa asiakkaan käyttöympäristö.



Kuva 10. Kuvankaappaus asiakkaan kenttätopologiasta

Kuvassa 10 on asiakkaan käyttöympäristöstä tehty Network Managerin kuvankaappaus. Verkossa on kaiken kaikkiaan 13 yhdellä tai useammalla radiolla varustettua solmua. Solmut 11, 12 sekä 13 muodostavat verkon selkärangan eli linkkiverkon. Linkkiverkon muodostamiseen käytetään RH-III sekä RH-IV-radiopäitä. Linkkiverkon välimatkat ovat pitempiä kuin perusverkon välimatkat.

Linkkiverkon solmut 11 ja 12 toimivat linkkiverkon sekä perusverkon yhdistävinä solmuina. Solmu 11 on yhteyksissä kuitukaapelilla solmuun 10, ja solmu 12 on verkkokaapelilla yhteyksissä solmuun 9. Perusverkon muodostavat solmut yhdestä kymmeneen, jotka ovat yhteyksissä toisiinsa RH-I radioilla. Kuvassa 11 on kuvattu asiakkaan solmujen 1–8 peruskokoonpano. Kuvassa on esitetty kaksi VoIP-puhelinta, joista alempi on indikoitu katkoviivoilla. Katkoviivalla esitetty puhelin on vaihtoehtoinen, ja sitä käytetään ainoastaan, mikäli halutaan testata jotain tiettyä käyttöskenaariota. Normaalisessa tilanteessa käytössä on vain yksi puhelin.



Kuva 11. Havainnekuva asiakkaan solmusta

3.1.2 Asiakkaan verkkotopologian yhteyslaadut

Asiakkaan verkkoympäristön radioyhteyksien verkkoarvojen tallentamiseen käytettiin asiakkaan integraatiotestien verkkotallenteita. Verkkotallenteista saadut radioyhteyksien signaalivoimakkuuksiin liittyvät tiedot sekä modulaatioarvot kerättiin yhteen ja tämän jälkeen pisteytettiin asteikolla 0–5. Asteikon heikoimman tuloksen eli nolla saivat yhteydet, jotka eivät muodostuneet, taikka joiden datayhteydet pätkivät sekunnin-kahden välein. Arvon yksi saivat verkkoyhteydet, jotka muodostuivat huonoimmalla modulaatiotasolla. Arvon kahdesta kolmeen saivat keskimmäisen modulaatiotason verkkoyhteydet, sekä arvon neljä tai viisi saivat parhaimman modulaation yhteydet. Lopuksi numeroarvot muutettiin värikoodaukseen, jota käytetään verkon yhteyksien havainnollistamiseksi taulukoissa yksi sekä kaksi.

Taulukosta 1 voidaan nähdä perusverkon yhteyslaadut. Arvot on kerätty asiakkaan verkkoympäristössä tehdyistä nauhoitteista. Myöhemmin näitä tallennettuja verkkoarvoja tullaan käyttämään asiakastestausympäristössä.

Taulukko 1. Perusverkon hyvyysarvot 0-5 arvosteluasteikolla

VASTA-ASEMA #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Signaalin laatu
1	Black	Yellow	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Green	Grey	Signaalin laatu
2	Yellow	Black	Yellow	Grey	Grey	Yellow	Yellow	Grey	Yellow	Yellow	Ei yhteyttä
3	Green	Yellow	Black	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Red	Grey	Erittäin huono signaali
4	Grey	Grey	Grey	Black	Grey	Grey	Grey	Grey	Green	Green	Huono signaali
5	Grey	Grey	Grey	Grey	Black	Yellow	Green	Yellow	Grey	Grey	Keskiverto signaali
6	Grey	Yellow	Grey	Grey	Yellow	Black	Grey	Green	Grey	Green	Hyvä signaali
7	Grey	Yellow	Grey	Grey	Green	Grey	Black	Red	Grey	Grey	Erinomainen signaali
8	Grey	Grey	Grey	Grey	Yellow	Green	Red	Black	Grey	Grey	
9	Green	Red	Red	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Black	Yellow	
10	Grey	Yellow	Grey	Green	Grey	Green	Grey	Grey	Yellow	Black	

Taulukossa 2 nähdään linkkiasemien vastaavat arvot.

Taulukko 2. Linkkiasemien hyvyysarvot 0-5 arvosteluasteikolla

VASTA-ASEMA #	11	12	13
11	Black	Green	Green
12	Green	Black	Green
13	Green	Green	Black

3.2 Asiakkaan käyttämät verkkopalvelut

Asiakkaan verkkoympäristöstä löytyy eri ohjelmistoja, jotka tarjoavat verkkoon palveluita. Nämä palvelut kuormittavat verkkoa eri tavalla ja voivat myös joissain tilanteissa aiheuttaa verkon ylikuormittumista. Näissä tilanteissa ohjelmiston QoS:n toiminta näyttelee suurta osaa, jotta korkeamman prioriteetin palveluille voidaan tarjota niiden vaatimaa suurempaa kaistaa.

Asiakkaan verkossa käyttämät palvelut jakautuvat kolmannen osapuolen sovelluksiin sekä Bit-tiumin valmistamiin ohjelmistoihin. Kolmannen osapuolen palveluina verkossa ovat selainpohjainen tiedostopalvelin ja paikannus- sekä viestipalvelua tarjoava ohjelmisto. Edellä mainittujen lisäksi verkon viivettä lasketaan tietokoneen ping-komennolla, joka mittaa verkkoyhteyden viiveen molempiin suuntiin. Yhteyksien verkkokapasiteettia mitataan iperf-ohjelmistolla, jolla voidaan testata verkon TCP- sekä UDP-protokollan maksimimaalinen datakapasiteetti. Reitityksen reittivalintaa seurataan traceroute-komennolla, joka tulostaa datapakettien käyttämän kulkureitin lähdekoneelta kohdekoneelle.

Kolmannen osapuolen valmistama tiedostopalvelin toimii normaalin Web-palvelimen päällä, ja se on tarkoitettu erilaisten dokumenttien jakamiseen. Palvelinta kutsutaan normaalisti Hypertext Transport Protokollalla (http) ja sivustoa voidaan selata mistä tahansa verkon solmulta, kunhan solmulla on verkkoyhteys palvelimelle.

Paikannus- ja viestipalvelua tarjoava ohjelmisto vaatii toimiakseen erillisen ohjelmiston. Ohjelmiston käyttöohjelma asennetaan solmua ohjaavalle tietokoneelle. Tämän jälkeen ohjelmiston avulla voidaan lähettää erilaisia vapaamuotoisia sanomia sekä liitetiedostoja toisille tietokoneille. Ohjelmistomielessä kyseessä on eräänlainen sähköpostipalvelinympäristö sekä sitä käsittelevä tilaaja-ohjelma.

Bittium tarjoaa verkon puheyhteyden Tough VoIP Service -ohjelmiston, joka on asennettuna jokaiselle solmulle, avulla. Solmuilla on yhdestä kahteen SIP-puhelinta, joiden avulla testipuhelut suoritetaan. Verkon suunnittelu, valvonta ja talletus toteutetaan Network Managerilla, jota käytetään verkon solmuissa sekä valvontakeskuksessa. Taktisten reitittimien sekä radiopäätteiden ohjelmistona toimii uusien TAC WIN -ohjelmistojulkaisu. Ohjelmisto vastaa myös verkon reitityksen hoitamisesta.

3.3 Asiakkaan suorittamat testikäytännöt

Asiakkaan integraatiotestit vievät kokonaisuudessaan neljä päivää. Näinä päivinä suoritetaan erilaisia testejä, joilla testataan eri ohjelmistojen yhteistoimivuus. Yleisellä tasolla ohjelmistoa testataan hyvin vakiintuneen kaavan mukaan, mutta joissain tapauksissa voidaan eri ominaisuuksia testata enemmän. Suuremmat uudet ominaisuudet tullaan testaamaan ensimmäisellä kerralla tarkemmin. Tämän jälkeen niiden toimivuus testataan myöhemmissä integraatioharjoituksissa tai tarpeen mukaan ylimääräisissä testeissä.

Opinnäytetyön liitteenä olevassa Asiakkaan testipöytäkirjassa ovat asiakkaan testikäytännöt tarkemmin dokumentoituina. Tiedon kerääminen on suoritettu asiakkaan testien yhteydessä ja testidokumentti on luotu näiden muistiinpanojen mukaan.

3.3.1 Päivä yksi

Ensimmäisen päivän tavoitteena on testata verkonmuodostumista sekä aaltomuoto-ohjelmiston toimivuus ilman suurempaa räsitystä. Tällöin verkko muodostetaan aluksi testikeskuksen lähiympäristössä ilman eri palveluiden asentamista. Tämän jälkeen siirrytään ensimmäiselle testialueelle ja kirjataan verkon stabiloiduttua radioarvot ylös. Ensimmäisellä testialueella suoritetaan ping-komennolla viivemittauksia sekä tulkitaan traceroute-ohjelmalla solmujen väliset reititystiedot testikeskukseen nähden.

Mittausten jälkeen laitteisto käynnistetään ohjelmallisesti uudelleen ja verkko muodostetaan uudelleen. Tämän jälkeen tallennetaan verkon radioarvot sekä suoritetaan ping- ja traceroute-komennot, jotta saadaan selville, onko viiveissä taikka reiteissä ilmennyt muutoksia. Tämän jälkeen suoritetaan iperf-tiedonsiirto-ohjelmistolla tiedonsiirtotestit käyttäen TCP- sekä UDP- protokollaa tiedonsiirtoon. Testien suorittamisen jälkeen talletetaan kaikki mittaustiedot ja palataan testikeskukseen.

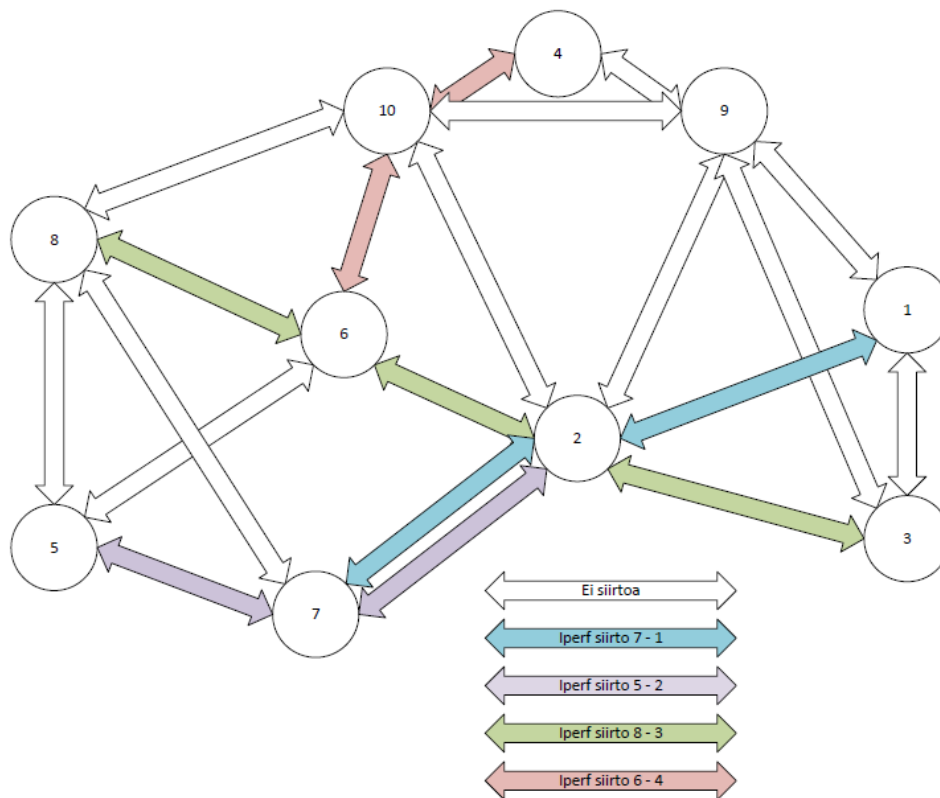
3.3.2 Päivä kaksi

Toisena päivänä aloitetaan verkonmuodostumistestit testikeskuksen lähiympäristössä. Verkonmuodostumistestien jälkeen tarkoitus on siirtyä toiselle testialueelle tekemään samat testisuoritteet kuin ensimmäisenä päivänä. Toisen testipäivän testiohjelma on täysin sama kuin ensimmäisenä päivänä. Mikäli toisen päivän ohjelma sujuu ongelmitta, voidaan kolmannen päivän testit suorittaa samana päivänä.

3.3.3 Päivä kolme

Kolmantena päivän tavoitteena on suorittaa datasiirto-, palvelu- sekä verkonmuodostumistestejä. Tällöin verkkoa räsitetään ensimmäistä ja toista päivää enemmän tiettyjen palveluiden avulla. Testit aloitetaan tarpeen mukaan asentamalla tarvittavat ohjelmistot sekä palvelut taktiselle reitittimelle ja testauksessa käytettäville tietokoneille. Tämän jälkeen tehdään ensimmäinen verkonmuodostumistesti testikeskuksen läheisyydessä käynnistämällä laitteisto uudelleen ja soittamalla testipuhelu testikeskukseen. Toimenpiteiden jälkeen siirrytään testialueelle kaksi.

Kaikkien solmujen päästyä testipaikoille odotetaan verkon stabiloitumista ja talletetaan kaikki radioarvot. Tämän jälkeen toistetaan tutut ping- sekä traceroute-testit testikeskusta kohden. Testien valmistuttua käynnistetään taktiset reitittimet uudelleen ja toistetaan tarpeen mukaan edelliset testikäytänteet. Kolmannen osapuolen valmistamien ohjelmistojen testaus aloitetaan tässä vaiheessa suorittamalla sillä verkonkuormittamistestejä. Kuormittamistestien jälkeen soitetaan kolme testipuhelinmatriisia sekä kirjataan tulokset muistiin. Verkkoa kuormitetaan tämän jälkeen myös iperf-ohjelmistolla eri solmujen välillä. Iperfiä suoritettaessa tehdään myös kolmannen osapuolen valmistamalla ohjelmistolla verkonkuormitustestejä sekä soitetaan testipuhelinmatriisit uudelleen läpi. Testien päätyttyä talletetaan kaikki mitatut arvot ja palataan testikeskukseen mitta-arvojen kanssa. Kuvassa 12 on havainnollistettu suoritettavat iperf-testit, joiden aikana suoritetaan testipuhelut sekä kolmannen osapuolen sovelluksella rasiustestit.



Kuva 12. Havainnekuva asiakkaan iperf-tiedonsiirtotesteistä

3.3.4 Päivä neljä

Neljäntenä päivänä on tarkoitus suorittaa verkonmuodostumistestejä sekä rasittaa verkkoa dataa siirtämällä sekä palvelutestejä suorittamalla. Testaajat asentavat testikoneet testivalmiuteen ja tämän jälkeen käynnistävät laitteiston uudelleen. Verkon muodostumisen jälkeen soitetaan testipuhelu testikeskukselle ja siirrytään sitten testialueelle kaksi.

Testipaikoille päästyään testihenkilöt odottavat verkon stabiloitumista sekä tallettavat radioarvot. Tämän jälkeen suoritetaan ping- sekä traceroute-testit ja käynnistetään taktiset reitittimet uudelleen. Tarpeen vaatiessa suoritetaan edelliset testikäytänteet uudelleen.

Kolmannen osapuolen ohjelmisto laitetaan seuraavaksi suorittamaan kuormitustestejä 1 000:n sekunnin ajaksi. Testin valmistuttua soitetaan testipuhelinmatriisit sekä iperf-testit määrätyiltä vasta-asemilta toisille. Iperfin ollessa päällä suoritetaan kolmannen osapuolen ohjelmistolla 1 300:n sekunnin pituinen kuormitustesti sekä suoritetaan puhelintestimatriisit yhdestä kolmeen yhtäaikaaisesti. Testien jälkeen kerätään kaikki tulokset ja palataan testikeskukselle.

4 MUUTOSTEN ANALYSOINTI

Asiakkaan integraatiotestiympäristön toteuttaminen laboratoriossa vaatii testipaikkojen modifiointia sekä uusien laitteiden hankkimista. Testipaikkojen testikoneiden ohjelmisto on hyvin lähellä asiakkaan käyttämää ohjelmistoa, joten erillisiä ohjelmistohankintoja ei tarvitse nykyisille laitteille tehdä. Ainoana poikkeuksena ovat kolmannen osapuolen valmistamat sovellukset, jotka eivät ainakaan toistaiseksi ole kaupallisesti helposti saatavilla. Niiden hankinnasta täytyy neuvotella ohjelmistojen valmistajien kanssa.

Asiakkaan testiympäristössä on kahdeksan liikkuvaa solmua, joissa on RH-I -radiot sekä näiden lisäksi kaksi kiinteää solmua, joissa molemmilla on yksi RH-I -radio. Nykyisin systeemitestipaikka yhdellä on käytettävissä kahdeksan taktista reititintä sekä RH-I -radiopäätettä. Jotta asiakkaan perusverkko eli RH-I -verkko saataisiin monistettua testiympäristöön, vaatii se systeemitestipaikka yhdelle lisää taktisia reitittämiä sekä RH-I -radioita. Tällöin testipaikan solmumäärä saadaan kasvatettua kymmeneen, jolloin se vastaisi asiakkaan perusverkon solmumäärää.

Integraatioympäristössä on asiakkaalla käytössä kaksi RH-IV -linkkiä sekä yksi RH-III -linkki. Näiden monistamiseen tarvitaan kolme taktista reititintä, neljä RH-IV -radiopäätettä sekä kaksi RH-III -radiopäätettä. Radiolinkkitestipaikalla olevaa ympäristöä voi helposti laajentaa sen monipuolisuuden ansiosta. Lisäksi linkkitestipaikalla olevaa Prosim C8 -aikaviivesimulaattoria voidaan hyödyntää simuloimaan linkkien pituudesta johtuvaa aikaviivettä sekä vaimennusta. Tällöin linkkimatkan pituudesta johtuvat ilmiöt voidaan saada helpommin kiinni.

4.1 Asiakkaan verkkotopologia

Asiakkaan verkkotopologian saavuttamiseksi on pakko joko muovata systeemitestipaikkaa yksi taikka yhdistää kaksi erillistä testipaikkaa. Systeemitestipaikka yhdelle olisi mahdollista lisätä tarvittava määrä taktisia reitittämiä, radioita sekä muita tarvikkeita. Ongelmana tässä järjestelyssä on systeemitestipaikka yhden tila, jossa testipaikka sijaitsee. Tätä nykyä testipaikka sijaitsee pienessä tilassa eikä sinne ole mahdollista saada laajennusta.

Helppimpana ratkaisuna on yhdistää systeemitestipaikka yksi sekä radiolinkkitestipaikka. Systeemitestipaikalle lisätään vain kaksi taktista reititintä sekä RH-I -radiopäätettä. Tällöin asiakkaan RH-I -verkko saadaan rakennettua kokonaisuudessaan. Radiolinkkitestipaikalle tulee lisätä kaksi RH-III -radiopäätettä sekä neljä RH-IV -radiopäätettä. Tällöin testipaikalle saadaan rakennettua linkkimastojen muodostama verkko sekä voidaan käyttää hyväksi aikaviivesimulaattoria.

Systeemitestipaikan yksi solmut tulee nimetä asiakkaan solmujen mukaan yhdestä kymmeneen. Radiolinkkitestipaikan solmut tulee myös nimetä asiakkaan solmujen mukaan, eli 11, 12 ja 13. Tämän lisäksi radiolinkkitestipaikan muita solmuja voidaan tarvittaessa käyttää solmuina 14, 15, 16 sekä 17. Asiakkaan kuvan 11 mukainen topologia saadaan, kun systeemitestipaikka yksi solmut yhdeksän ja kymmenen liitetään Ethernet-kaapelilla radiolinkkitestipaikan solmuihin 11 ja 12. Liitos tulee tehdä siten, että solmu numero yhdeksän liitetään 12:sta sekä solmu kymmenen liitetään 11:sta.

4.2 Sovellukset ja verkkopalvelut

Sovelluksista testipaikan tietokoneilla on asennettuna asiakkaan testeissä käyttämistä iperf-, ping- ja tracer-ohjelmat. Sovellukset kuuluvat Linux käyttöjärjestelmien vakio-ohjelmistoon. Tämän lisäksi Bittiumin valmistamat Tough VoIP Service sekä Network Manager -ohjelmistot tulisi lisätä testipaikoille asennettaviin ohjelmistokokonaisuuksiin. Näitä ohjelmistoja ei ole käytetty riittävästi systeemitestipaikka yhdellä tämän hetkisessä ohjelmistojulkaisun verifiointissa.

Kolmannen osapuolen valmistamaa paikannus- ja viestipalvelua emme voi ainakaan toistaiseksi saada käytettäväksi verkkoympäristössä. Tämän takia ohjelmiston käyttäytymistä tulee matkia vastaavanlaisella verkon kuormittamisella. Kyseinen ohjelmisto avaa paljon TCP-portteja ollessaan toiminnassa ja lähettää eri pituisia viestejä toisille verkossa oleville solmuille. Tätä toimintaa voidaan matkia laboratorioympäristössä tekemällä Linux -skriptejä, jotka avaavat TCP-yhteyksiä eri porttiavaruuksiin. Taustalle aiheutetun dataliikenteen mallintaminen verkkoon onnistuu esimerkiksi iperf-työkalulla, jolla voidaan siirtää erikokoisia datapaketteja solmujen välillä.

Kolmannen osapuolen valmistamaa Web-palvelinta ja sen toimintaa voidaan helposti matkia luomalla oma Web-palvelin verkkoon. Palvelimeksi sopii jokin Linux-ympäristössä toimiva kevyt ohjelmisto, jonka konfigurointi on tehty helpoksi.

4.3 Testitapaukset

Liitteenä olevasta asiakkaan testipöytäkirjasta on helppo kopioida asiakkaan tekemät testikäytännöt askel askeleelta. Harjoitusten testikäytännöt eivät ole haastavia, mutta ne vievät manuaalisessa testaamisessa hyvin paljon aikaa. Lisäksi testien tekeminen samalla kapasiteetilla vaatii useita henkilöitä suorittamaan eksaktisti samat testikäytännöt. Tästä johtuen on järkevämpää automatisoida kaikki mahdolliset automatisoitavat testit ja tällä tavalla nopeuttaa testien suorittamista. Testitapauksien automatisoinnin ansiosta asiakkaan neljä päivää vaativat harjoitukset voitaisiin parhaimmassa tapauksessa suorittaa yhden tai kahden vuorokauden aikana. Ainoastaan ihmisen välitöntä läsnäoloa vaativat testit kuten puhelutestit voitaisiin suorittaa päivän aikana

Aluksi on muodostettava niin kutsuttu asiakkaan testikokonaisuus, johon tuodaan kaikki integrointiharjoituksissa tehtävät testikäytännöt. Testikokonaisuuksien valmistuttaessa testit voidaan alkuun ajaa käsin ja tämän jälkeen automatisoida käytännöt pala palalta.

5 MUUTOKSEN KÄYTTÖÖNOTTO

Testiympäristön muutosprojektissa pitää ottaa myös huomioon testiympäristön automatisointi ja mahdollinen jatkokehittäminen. Jokaiselle testipaikalle on tarkoitus luoda robottiautomaatiota ja tällä tavalla laajentaa testiotantaa tulevaisuudessa. Sitä ennen testipaikkoja on kuitenkin muovattava, jotta testipaikasta saadaan robotille yhteensopiva ja sillä voidaan testata mahdollisimman paljon eri ominaisuuksia.

5.1 Robottiautomasointi

Oulun testilaboratorioon on tarkoitus ottaa myös mukaan robottiautomaatiota, jonka avulla saadaan laajennettua ohjelmistotestauksen kattavuutta. Robottiautomaation toteuttamiseen käytetään Robot Framework -ympäristöä, jonka avulla voidaan helposti luoda erilaisia testitapauksia eri testikäytänteiden varalle. Tämänhetkinen käytössä oleva TTCN v3 on kankea työkalu uusien ohjelmist ominaisuuksien testiskriptien kirjoittamiseen. TTCN vaatii spesifistä koodaamistaitoa sen omille datatyypeille, jotta uusia testitapauksia voidaan ohjelmoida. Robot Framework pohjautuu Python-ohjelmointikieleen (Robot Framework, viitattu 1.10.17) ja on avoimen lähdekoodin työkalu. Avoimen ympäristönsä vuoksi ohjelmistoon on helppo tuoda komponentteja ulkopuolelta ja löytää apua eri kehittäjäfoorumeista.

Robottiautomaatiota kehitetään ensimmäiseksi dailypaikka yhdellä, jonka jälkeen kehitystä viedään eteenpäin muille testipaikoille. Dailypaikalle tehtävää automaatiokokonaisuutta kutsutaan dailysetiksi, jonka avulla verifioidaan perustoiminnollisuus. Dailypaikka yhden jälkeen seuraavaksi tärkein testipaikka on systeemitestipaikka yksi. Testipaikalle luodaan julkaisutestisetti, joka perustuu asiakkaan integraatioympäristössä tehtäviin suoritteisiin. Tällä testisetillä testataan järjestelmän kokonaistoimivuutta useamman solmun verkossa ja samalla varmistetaan aiempien ohjelmist ominaisuuksien toiminta.

Robot Frameworkin käyttöönotto testiympäristöjen kehittämisessä on suoritettu tämän opinnäytetyön rinnalla erillisenä projektina.

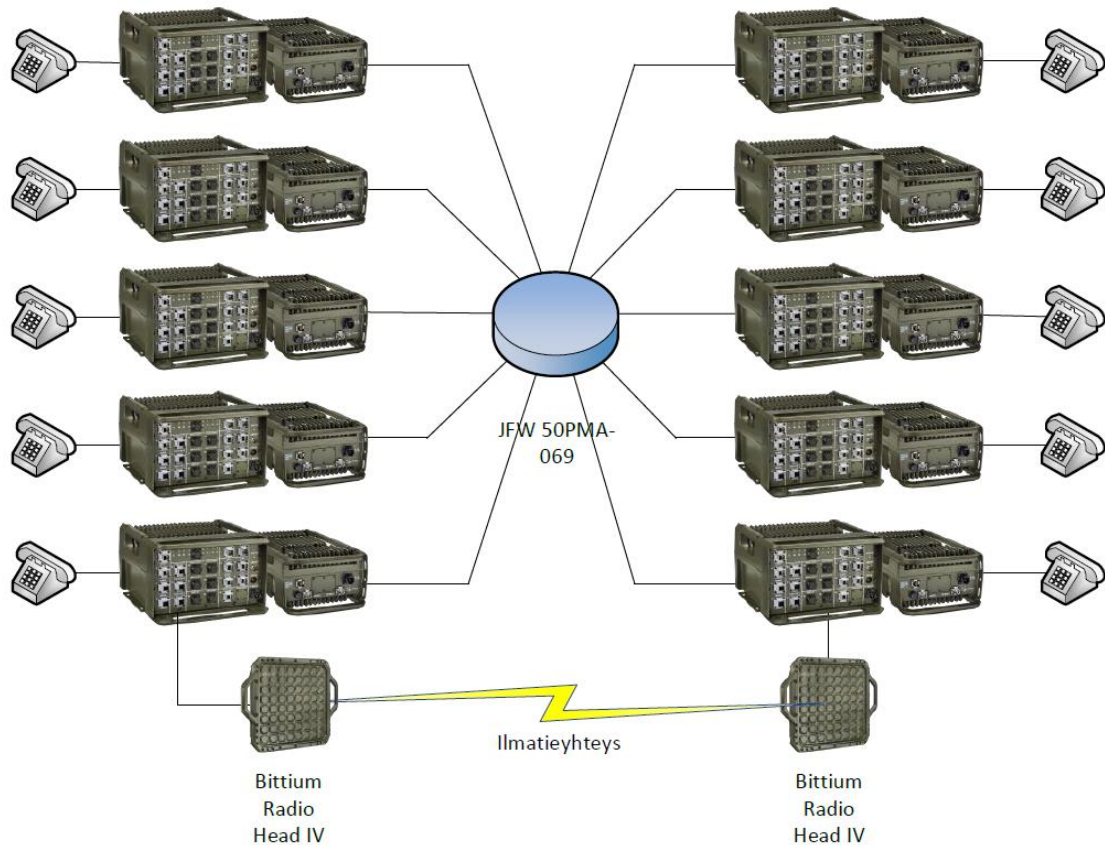
5.2 Systeemitestipaikka yhdelle tehtävät muutokset

Systeemitestipaikka yhdelle lisätään kaksi taktista reititintä sekä kaksi RH-I-radiopäätettä. Tämän lisäksi testipaikka liitetään Ethernet-kaapeleilla linkkitestipaikkaan asiakastestiympäristön luomiseksi. Systeemitestipaikka yhden radioarvot tullaan muovaamaan asiakkaan vastaaviksi JFW:n radiotievaimenninta hyväksikäyttäen. Testipaikalle lisätään myös VoIP-puhelimet jokaiselle taktiselle reitittimelle, jotta erilaisia asiakkaan puhetestejä voidaan suorittaa testipaikalla. Testipaikalla oleva RH-IV-verkkoyhteys säilyy testipaikalla, mutta sen käytännön testaamista ei suoriteta asiakasverkkotopologiassa. Muissa kuin asiakkaan testitapauksissa RH-IV-radiopäätteitä käytetään radio-ominaisuuksien verifiointiin.

Testipaikalle tuodaan myös erillinen tietokone, jonka avulla voidaan suorittaa testejä robottiautomaatiolla. Näitä testejä ajetaan asiakkaan integraatiotestiympäristön toiminnan verifiointimiseksi. Tätä robottisettiä kutsutaan asiakasjulkaisusetiksi ja sen ajamiseen varataan sen laajuuden puolesta viikonlopun verran aikaa. Tämä testisetti seuraillee liitteessä kuvattuja asiakkaan testikäytännöitä, ja siihen on lisätty myös muutamia muita spesifisiä testitapauksia. Uusille testattaville ominaisuuksille luodaan omat testitapaukset ja ne lisätään asiakasjulkaisusettiin sitä mukaan, kun ominaisuudet valmistuvat.

5.2.1 Uusi testipaikan rakenne muutosten jälkeen

Systeemitestipaikka yhdelle lisättiin kaksi taktista reititintä sekä RH-I -radiopäätä ja 10 VoIP-puhelinta. Kuvassa 13 on nähtävillä testipaikan muuttunut ulkonäkö. Kuvassa alhaalla olevat RH-IV -radiot eivät ole asiakastestisessään mukana. Radiopäätteillä tehdään erillisiä testejä, joissa testataan radiopäätteen erikoisominaisuuksia, kuten automaattista suuntaamista.



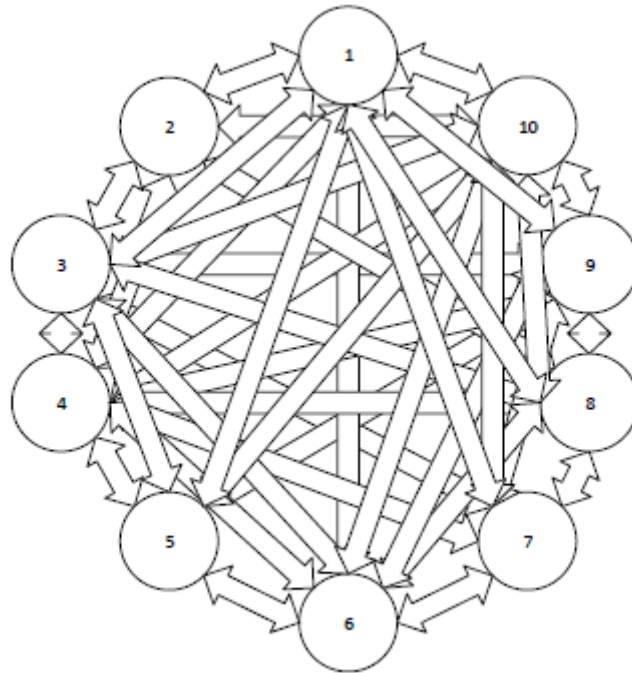
Kuva 13. *Systemitestipaikka yksi tehtyjen muutosten jälkeen*

5.2.2 Testipaikan uudet verkkotopologiat

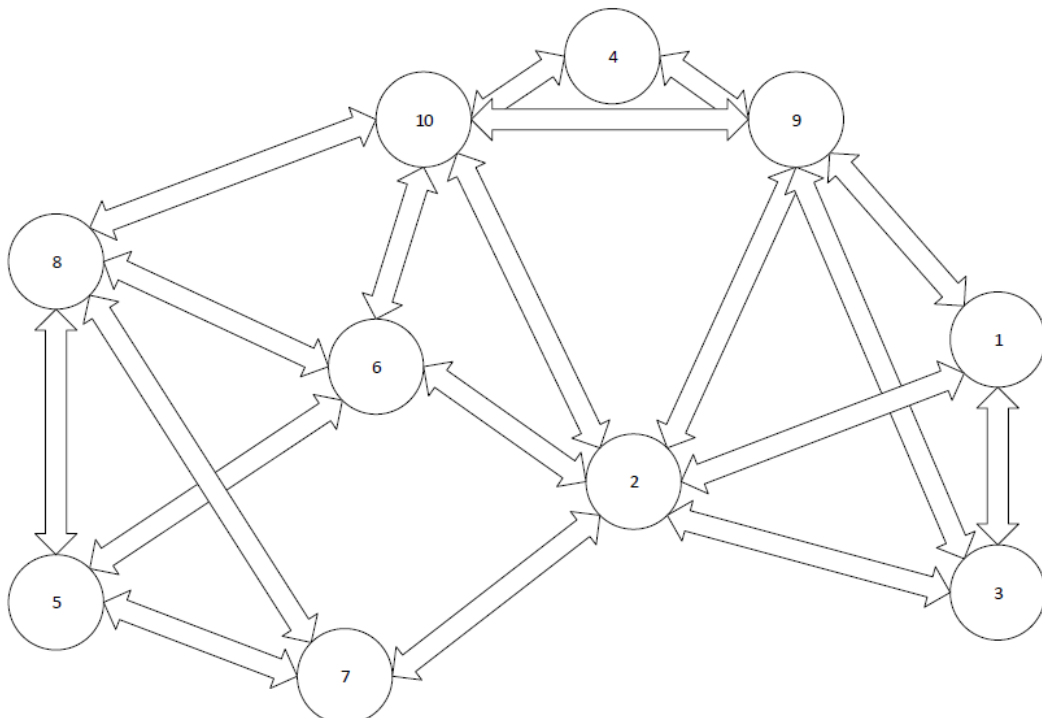
Testipaikan uudet solmut mahdollistavat erilaisten verkkotopologioiden luomisen ja tällä tavalla parantavat testiotantaa. Useammalla solmulla voidaan luoda monipuolisempia verkkorakenteita kuten esimerkiksi 10 solmun ketjumuodostelma, jossa kaikki solmut ovat jonossa toisiinsa nähden. Tällaisessa topologiassa voidaan hyvin testata viivettä kahdeksan solmun yli hypätessä (englanniksi hop).

Testipaikalla voidaan myös luoda kuvan 14 mukainen MESH-topologia, jossa kaikki solmut näkevät toisensa yhden hypyn naapureina. Tällaisessa tilanteessa voidaan varmistaa reitityksen toimintalogiikka sekä radiopäiden toimivuus tilanteessa, jossa on paljon yhden hypyn naapuruuksia. Verkon käytettävissä oleva kapasiteetti jakautuu tällaisessa testitapauksessa ja verkon maksimaalinen kapasiteetti jakautuu kaikkien solmujen kesken. Tällöin RH-I suurin saavutettu nopeus TAC WIN -

ohjelmistolla jakautuu kymmenelle solmulle, mikäli kaikki solmut liikennöivät samanaikaisesti. Tällaisessa tapauksessa verkon nopeus olisi 1,2 Mbps per solmu.

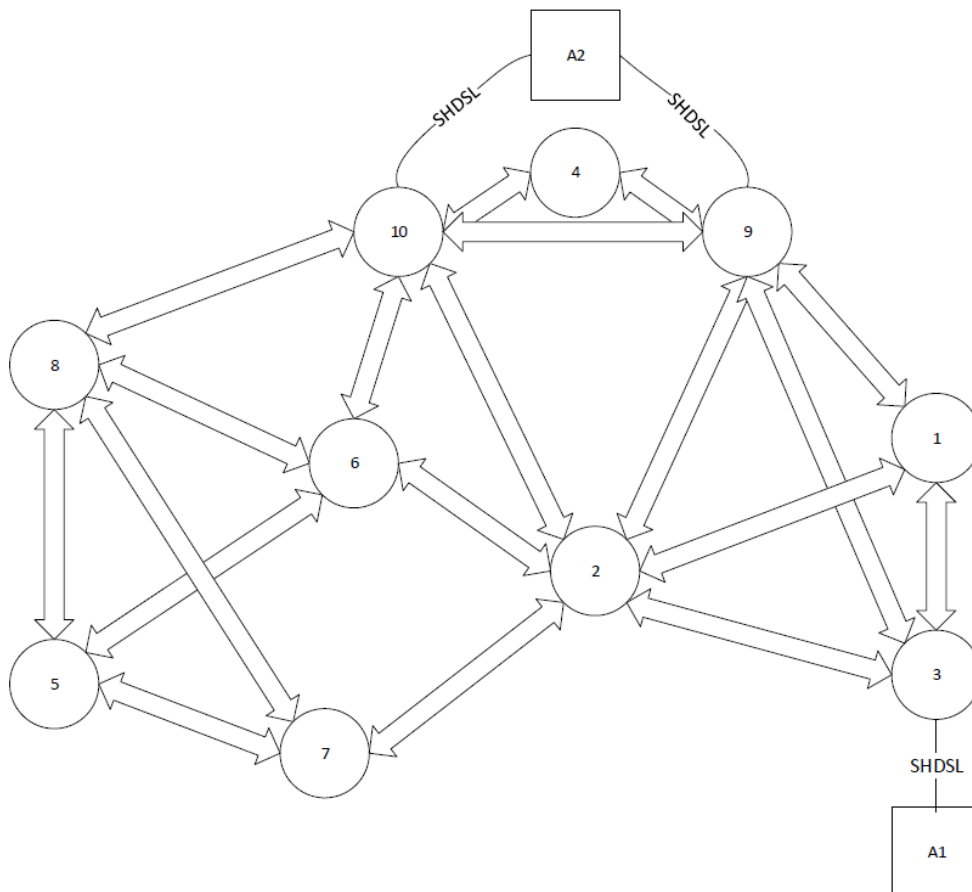


Kuva 14. Kymmenen solmun MESH-topologia



Kuva 15. Asiakkaan käyttötapaus

Asiakkaan verkkotopologian mukainen verkko saadaan testipaikan vaimenninta säätämällä. Kuvassa 15 nähdään asiakkaan verkkotopologian muotoinen verkko. Tähän verkkoon on tuotu vaimennukset asiakkaan integraatiotestiympäristöstä. Solmujen välit on vaimennettu siten, että solmut kuulevat vain nuolilla ohjatut naapurinsa. Esimerkkinä solmu neljä, joka kuulee solmut yhdeksän ja kymmenen. Solmu neljä ei täten kuule muiden solmujen radiosignaalia ja joutuu liikennöimään tuntemiensa naapurisolmujen kautta. Liikennöintiin käytettävä naapuri riippuu solmun mainostamasta hinta-arvioista (hinta englanniksi cost) sekä kokonaishinnasta liikennöitävälle solmulle. Mainostettava hinta-arvo koostuu radioiden välisistä yhteysvälien hyvyysarvoista kuten käytetystä modulaatiosta ja radiotievaimenemisesta. Paremmalla modulaatiolla ja radioarvoilla oleva naapuri mainostaa solmua pienemmällä cost-arvolla ja tulee näin todennäköisemmin valituksi reitittäväksi solmuksi. Luvussa 5.2.3 verkko hyvyysarvoineen tullaan esittämään asiakastestiverkon hyvyysarvoja laboratorioympäristössä.



Kuva 16. Asiakkaan käyttötapaus muunneltuna

Asiakkaan testiympäristön jäljitelmään voidaan joissain testitapauksissa tuoda myös Bittium Comnode -laitteita. Comnodet voidaan liittää taktiseen verkkoon joko SHDSL:n taikka Ethernet -liittämän kautta. Tällä tavalla voidaan testata Comnodejen reititysominaisuuksia sekä niiden toimintaa

asiakkaan testiympäristössä. Kuvassa 16 Comnodet ovat liitettynä verkkoon. Comnode A1 on liitettynä SHDSL:llä solmuun kolme. A2 on liitettynä solmuihin yhdeksän ja kymmenen SHDSL:llä.

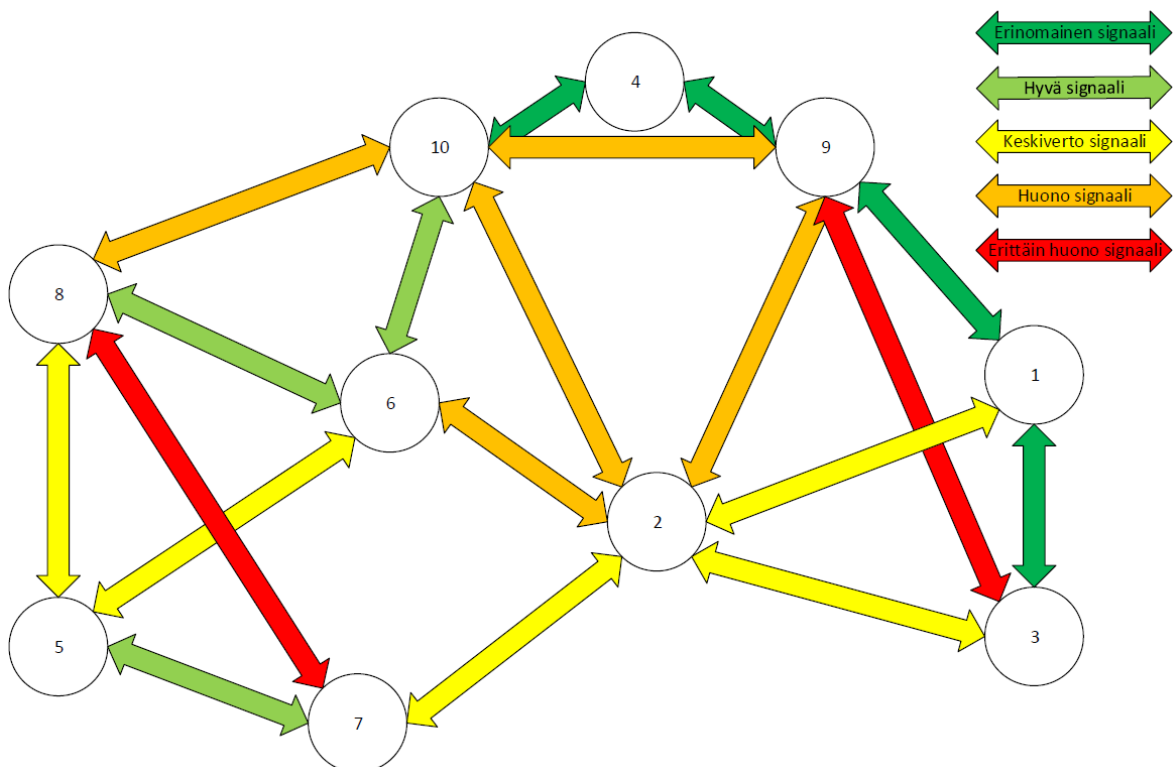
Comnodejen tuominen testiympäristöön parantaa SHDSL-toiminnollisuuden testaamista ja samalla auttaa tulevaisuudessa myös itse Comnoden ja SHDSL:n toimivuuden verifiointissa. Laitteiden puhelinominaisuuksien ansiosta niillä voidaan myös tehdä VoIP-puheluita verkossa olevien VoIP-puhelimien kanssa.

5.2.3 Verkko hyvyysarvoineen

Kuvassa 17 on kuvattuna asiakkaan verkkoympäristö solmuvälien hyvyysarvoineen. Erinomaisen signaalin linkit ovat kuvattuna tummanvihreällä. Hieman vaaleammalla värillä kuvattuna ovat hyvälaatuiset välit ja keltaisella keskiverrot. Oranssin saavat huonolla yhteydellä olevat yhteydet ja punaisella erittäin huonon yhteyden linkit. Verkon hyvyysarvot on kopioitu asiakkaan testiympäristössä tehdyistä tallenteista.

Reititusteknisessä mielessä kuvaa voisi katsoa eräänlaisena reitityskarttana. Solmut haluavat reitittää tiedon aina sen yhdyskäytävän mukaan, jolla on parempi signaali. Näin ne varmistavat menon perille. Esimerkkinä solmu viisi reitittäisi viestinsä solmulle kaksi solmun seitsemän kautta, koska kokonaisuudessaan tällä reitillä on paremmat radioarvot kuin muilla vaihtoehdoilla.

Taulukossa 3 on esitettyä verkon hyvyysarvot väriarvioskaalalla. Erona taulukkoon 1 on se, että hyvyysarvot ovat molempiin suuntiin samat. Taulukossa yksi hyvyysarvoihin vaikuttavat luonnossa olevat ympäristötekijät, jotka näkyvät heikohkoina lähetys- tai vastaanottosignaalinä. Systeemitapaikka yhdellä olevalla vaimentimella ei voida tällaisia ympäristömuuttujia simuloida, joten käytävissä olevat radioyhteydet ovat tästä syystä molempiin suuntiin samat.



Kuva 17. Asiakkaan testiympäristön topologia hyvyysarvoineen

Taulukko 3. Perusverkon hyvyysarvot väriarvoskaalalla

VASTA-ASEMA #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Signaalin laatu
1	Black	Yellow	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Green	Grey	Ei yhteyttä Erittäin huono signaali Huono signaali Keskiverto signaali Hyvä signaali Erinomainen signaali
2	Yellow	Black	Yellow	Grey	Grey	Yellow	Yellow	Grey	Yellow	Yellow	
3	Green	Yellow	Black	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Red	Grey	
4	Grey	Grey	Grey	Black	Grey	Grey	Grey	Grey	Green	Green	
5	Grey	Grey	Grey	Grey	Black	Yellow	Green	Yellow	Grey	Grey	
6	Grey	Yellow	Grey	Grey	Yellow	Black	Grey	Green	Green	Green	
7	Grey	Yellow	Grey	Grey	Green	Grey	Black	Red	Grey	Grey	
8	Grey	Grey	Grey	Grey	Yellow	Green	Red	Black	Grey	Grey	
9	Green	Yellow	Red	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Black	Yellow	
10	Grey	Yellow	Grey	Green	Grey	Green	Grey	Grey	Yellow	Black	

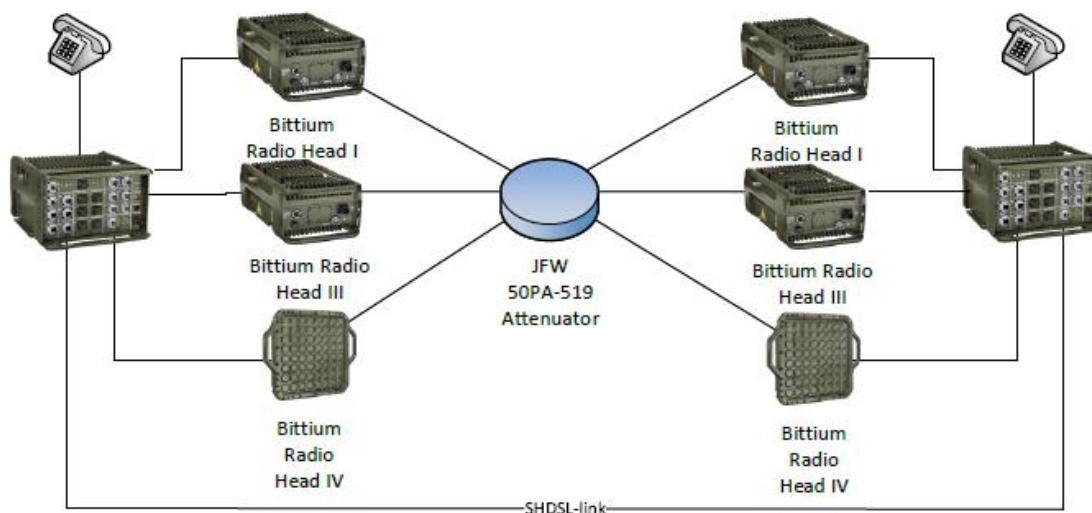
5.3 Systemitestipaikka kahdelle tehtävät muutokset

Systemitestipaikka kahden rakenne ei tule muuttumaan. Ainoana muutoksena testipaikalle on se, että sille tuodaan myös yhteys robottitestauksen piiriin. Muuten testipaikka pysyy AIS-toiminnollisuuden testaamiseen tarkoitettuna paikkana. Testipaikkaa voidaan myös käyttää näin helpommin eri testaamiseen skenaarioihin, joissa ei tarvita välttämättä kuin kahdesta neljään solmua.

5.4 Dailypaikka yhdelle tehtävät muutokset

Dailypaikka yhdestä muovataan perustestejä ajava robottitestipaikka. Tällä testipaikalla tullaan verifioimaan perustoiminnallisuudet päivittäin ilmestyvistä päivittäisohjelmistoista (englanniksi daily). Testipaikalle lisätään SHDSL-yhteys kahden solmun välille, jotta SHDSL-toimivuudet voidaan myös verifioida eri moodeilla ja asetuksilla. Lisäksi testipaikalle lisätään molemmille solmuille yksi VoIP-puhelin. Dailypaikka yhden uusi rakenne on havainnollistettuna kuvassa 18.

Testipaikan ohjelmisto päivittyy aina uusimman dailyn mukaan, jonka jälkeen sille ajetaan niin kutsuttu "dailysetti". Tämä "dailysetti" sisältää ohjelmiston perustoiminnallisuuksien testaamisen kahden solmun konfiguraatiossa. Tätä testisettiä ei tule sekoittaa systemitestipaikka yhdellä suoritettavaan asiakasjulkaisutestisettiin.



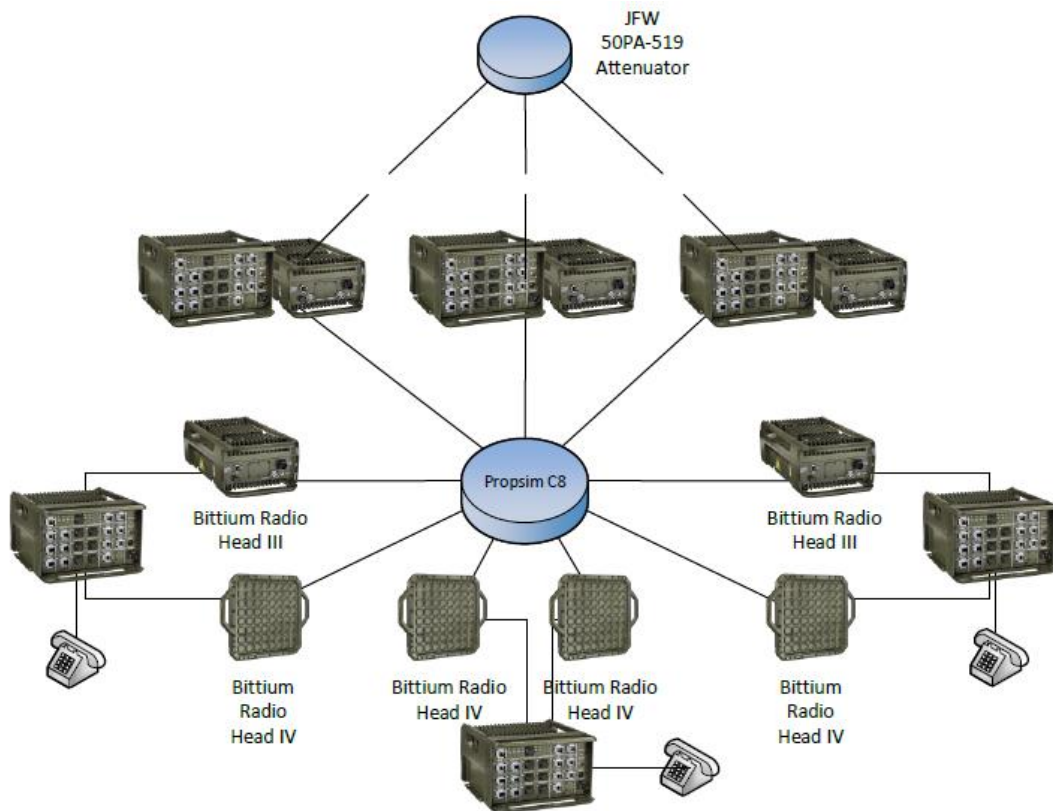
Kuva 18. Dailyaikka yksi tehtyjen muutosten jälkeen

5.5 Dailyaikka kahdelle tehtävät muutokset

Dailyaikka kahdelle tuodaan ainoastaan tuki robottitestaamista varten. Testipaikka säilyy perustoiminnollisuuden manuaalitestaukseen osoitettuna paikkana. Tarvittaessa testipaikka voidaan edelleen yhdistää dailyaikka yhteen tarpeen vaatiessa.

5.6 Radiolinkkitestipaikalle tehtävät muutokset

Radiolinkkitestipaikan solumäärä ei tule muuttumaan, mutta testipaikan radiokonfiguraatio muuttuu hieman. Testipaikalle asennetaan neljä RH-IV-radiopäätä sekä kaksi RH-III-radiota. Lisäksi testipaikalle tuodaan kolme VoIP-puhelinta puheominaisuuden testaamista varten. Testipaikan kahdelta solmulta vietään Ethernet-kaapelit systeemitestipaikka yhdelle. Kuvassa 19 nähdään radiolinkkitestipaikan uusi konfiguraatio tehtyjen muutosten jälkeen. Testipaikalta on kuvasta poistettu RH-I -radiopäät, jotta kuvasta saadaan selkeämpi.



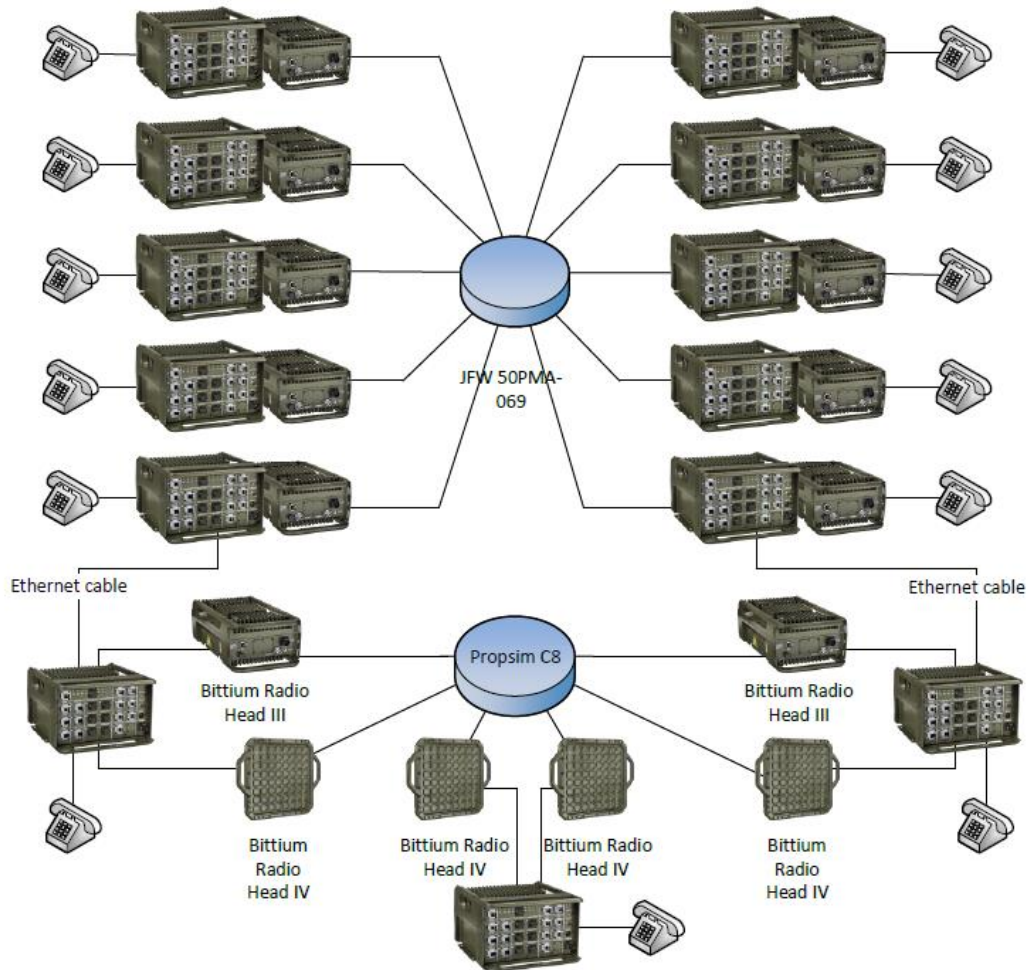
Kuva 19. Radiolinkkitestipaikka tehtyjen muutosten jälkeen

5.7 Uusi yhteinen testiympäristö

Uusi yhteinen testiympäristö luodaan yhdistämällä systeemitestipaikka yksi ja linkkitestipaikka. Testipaikan yhdistämisen ansiosta saadaan yksi verkko, joka sisältää hyvä- ja huonolaatuisia verkkoja sekä näiden lisäksi linkkiverkon sekä perusverkon. Testipaikkoja ei ole tarkoitus pitää yhteydessä toisiinsa päivittäin vaan ainoastaan asiakasjulkaisun testaamisen yhteydessä. Asiakasjulkaisun tullessa testattavaksi, menee se ensinnä dailypaikka yhdelle testattavaksi ja tämän jälkeen uudelle yhteiselle testiympäristölle. Uudessa testiympäristössä sille ajetaan asiakasjulkaisutestisetti. Tämän lisäksi verkossa ajetaan erilaisia käyttötapaustestejä, jonka avulla voidaan verifioida uusien toiminnollisuuksien toiminta. Myöhemmin näistä uusista toiminnollisuuksista tehdään osa robotin ajamaa asiakasjulkaisutestisettiä ja tällä tavoin voidaan varmistaa ominaisuuden toimivuus myös myöhemmissä ohjelmistojulkaisussa.

5.7.1 Uuden yhteisen testiympäristön rakenne

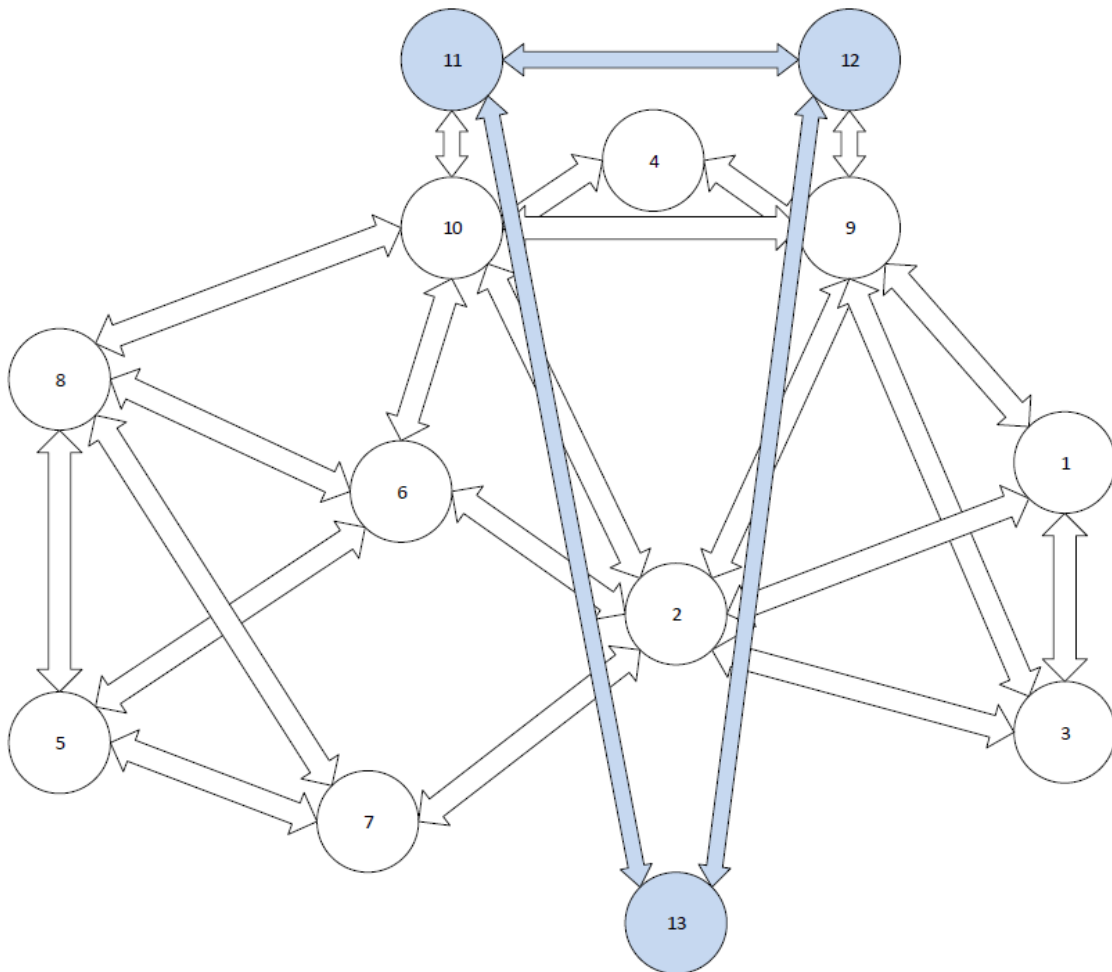
Kuvassa 20 on uuden yhteisen testiympäristön rakenne. Kuvan yläosassa on systeemitestipaikka yksi eli perussolmut sekä alaosassa linkkitestipaikka eli linkkisolmut. Testipaikat yhdistämällä saadaan rakennettua monipuolisempia testikokonaisuuksia ja samalla simuloitua asiakkaan integraatiotesteissä käyttämää ympäristöä. Robottiautomaation liitettä testiympäristöön tapahtuu systeemitestipaikka yhden kautta.



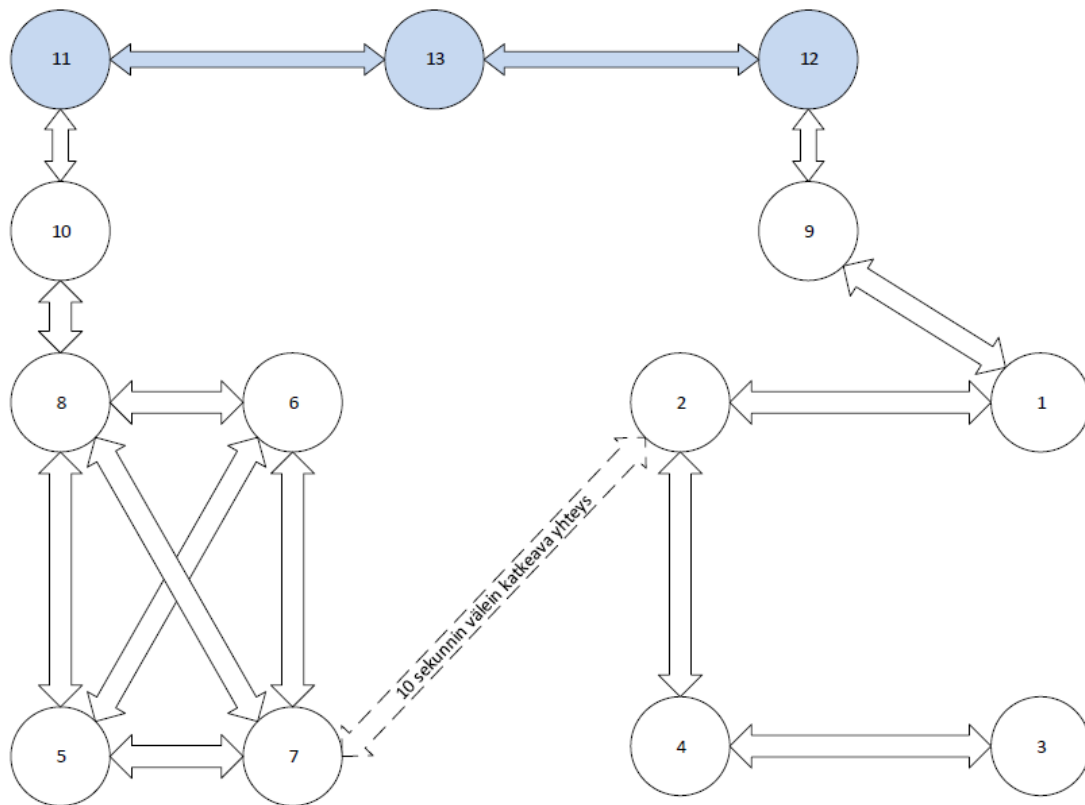
Kuva 20. Uusi testikokonaisuus

5.7.2 Uuden yhteisen testiympäristön verkkotopologia

Testipaikan verkkotopologia on saatu muistuttamaan asiakkaan aiemmin kuvassa 10 esitettyä verkkotopologiaa. Kuvan 21 vaaleat laitteet kuvaavat systeemitestipaikka yhden välineitä, ja sinisellä kuvataan linkkitestipaikkaan kuuluvat laitteet. Testipaikkojen yhdistämisellä saadaan mallinnettua asiakkaan käyttämän integraatioympäristön lisäksi myös monia muita käyttöskenaarioita. Kuvassa 22 on käytännössä ketjutopologia solmulta kahdeksan solmulle kolme saakka. Ohjelmoitavan vaimentimen avulla solmujen kaksi ja seitsemän välillä saadaan 10 sekunnin välein käymään verkkoyhteys. Tällä tavoin verkon reititys muuttuu 10 sekunnin välein. Mikäli solmulta kuusi halutaan liikennöidä solmun neljä kanssa, on solmun lähetettävä viesti koko ketjun läpi, jotta viesti menee perille. 10 sekunnin välein yhteys kahden ja seitsemän välillä nopeuttaa tilannetta, ja tällöin liikennöinti menee kyseistä reittiä. Tällaisella testillä voimme verifioida reitityksen toimivuutta ja mitata reittikarttojen muuttumisen nopeutta, kun yhteydet katkeilevat. Lisäksi puheluiden toimivuutta reitityksen muuttumistilanteissa voidaan tällaisessa verkkorakenteessa testata hyvin.



Kuva 21. Uuden testikokonaisuuden verkkotopologia



Kuva 22. Esimerkkitopologia

6 MUUTOSTEN SEURANTA JA MITATTAVAT TULOKSET

Ohjelmiston laadun kehitystä seurattiin asiakasharjoitusten loppupalautteella. Tämän palautteen mukaan ohjelmiston löydökset luokiteltiin kolmeen eri kategoriaan: vakava, keskivakava ja lievä. Vakavan löydöksen statuksen saivat viat, jotka estivät laitteen käytön kokonaan. Vian aiheuttaja saattoi olla joko ohjelmointivika tai kolmannen osapuolen sovelluksen aiheuttama ei haluttu ominaisuus. Keskivakavaksi luokiteltiin sellaiset viat, jotka estivät jonkin halutun ominaisuuden toiminnan taikka alensivat jollain tavalla palveluiden laatua. Lievän statuksen saivat bugit, jotka näkyivät vain kerran ja alensivat käytettävyyttä vain sillä hetkellä. Tällaisia vikoja olivat esimerkiksi sellaiset viat, jotka syöttivät käyttöliittymälle väärää informaatiota. Asiakaspalautetta kerättiin asiakkaan integraatioharjoituksista.

Integraatiotestien aikana kerättiin kaiken kaikkiaan 21 erilaista vikaa, jotka ovat lueteltuna taulukossa 4. Vakavia vikoja löytyi neljä, ja ne ajoittuivat kahteen ensimmäiseen harjoitukseen. Vakavat viat olivat Linux-kerneliin liittyvä vika, reititykseen liittyneet kaksi vikaa porttien avaamisessa sekä vakavat ongelmat verkon muodostamisen kanssa. Viat saatiin korjattua aina heti seuraavaan harjoitukseen mennessä.

Keskivakavia vikoja oli kaiken kaikkiaan seitsemän. Myöhemmissä testeissä keskivakavia vikoja löytyi enää vain yksi. Lievempiä vikoja löytyi kaiken kaikkiaan 11 kappaletta. Lievempiä vikoja löytyi enemmän viimeisissä testeissä kuin ensimmäisissä. Tämä osittain johtunee siitä, että vakavammat viat saatiin kiinni jo laboratoriotesteissä eikä niitä päässyt asiakkaan integraatiotesteihin.

Trendi vakavista keskivakaviin ja siitä lieviin löydöksiin on merkki siitä, että testausympäristössä tehdyt muutokset ovat pureet. Viime vuoden aikana vastaavaa seuranta ei ole ollut, joten varmaa lukua vikojen määrästä ei ole tiedossa. 2016-vuoden loppusyksyn aikana löytyneet vakavat sekä keskivakavat viat olivat kuitenkin yksi syy tämän opinnäytetyön aiheen kehittymiselle.

Ohjelmiston laadun paranemiseen on oletettavasti vaikuttanut myös robottiautomaation käyttöönotto ohjelmistokehityksessä. Robottitestaamisella on saatu vähennettyä testitiimin työtaakkaa ja tällä tavalla saatu parannettua työssä jaksamista. Keventynyt työtaakka on puolestaan mahdollistanut monimutkaisempien testiskenaarioiden suunnittelun sekä niiden testaamisen.

Kaikki harjoituksista saadut löydökset ovat lueteltuna taulukossa neljä sekä opinnäytetyön liitteenä olevassa "harjoitusten löydökset" -dokumentissa.

Taulukko 4 harjoitusten löydökset

Testi	Vakavuus	Vikakuvaus
1	Vakava	Reitityksen kanssa ongelmia kolmannen osapuolen ohjelmiston kanssa
1	Vakava	Verkonmuodostumisongelmat
1	Keskivaka	Radiosignaalin vastaanotto sekä lähetyssä vikoja
1	Keskivaka	Ohjelmistopäivityksen kanssa ongelmia
1	Lievä	Virheellinen viesti käyttöliittymällä
2	Vakava	Linux:ssa oleva vika, joka estää kolmannen osapuolen ohjelmiston käytön
2	Vakava	Reitityksen kanssa ongelmia puhelunpalvelua käytettäessä
3	Keskivaka	SHDSL-yhteyksien kättelyssä ongelmia. Nopeudet alempia kuin, mitä pitäisi
4	Keskivaka	UDP-protokollan tiedonsiirto-ongelma
4	Lievä	Ohjelmistopäivitys epäonnistui
4	Lievä	Yhteys katkesi testipaikoille siirryttäessä
4	Lievä	Kaistanvaraus mekanismi toimi alennetulla tasolla
5	Lievä	SHDSL-yhteyden kanssa ongelmia, roolin vaihtamisen kanssa häiriöitä
5	Lievä	Aaltomuodon GPS-toiminto vaati AIS-moodissa käytön, jotta alkoi toimia
5	Lievä	Heikommat yhteydet pätkivät hieman normaalia enemmän
6	Keskivaka	AIS-toiminnollisuuden kanssa ongelmia kahden verkon sulautuessa
6	Lievä	Tiedonsiirtonopeus pienempi AIS-moodissa kuin GPS-moodissa
7	Keskivaka	AIS-verkkojen sulautumisen kanssa ongelmia
8	Lievä	AIS-ongelmia verkkoon liityttäessä. Tapahtui vain kerran. Ei voinut uusia
8	Lievä	Error-viesti käyttöliittymällä, vaikka vikaa ei enää ollut. Tapahtui kahdesti
8	Lievä	Reititysprotokollan kanssa ongelma

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää asiakaslähtöistä testaamista tutkimalla asiakkaan käyttöympäristöä ja kehittämällä opitusta omaa testiympäristöä sekä käytänteitä vastaavanlaisesti. Asiakkaan käyttöympäristön monistaminen laboratorio-oloihin onnistui hyvin, ja tämän ansiosta asiakkaalle menneiden ohjelmistojen virheiden määriä saatiin vähennettyä. Asiakkaan löytämien virheiden keskimääräinen vakavuus väheni myös asiakkaan testejä seurattaessa. Vakavista ja keskivakavista virheistä päästiin eroon, ja ne vaihtuivat lievempiin. Työtä tehtäessä myös testitiimin testifokusta yksikkötestaamisesta saatiin kehitettyä järjestelmäkohtaisemmaksi.

Yhtenä vaikuttavana seikkana virheiden vähenemiseen oli myös asteittainen robottiautomaatiikan käyttöönotto testipaikoilla. Tällä tavalla ohjelmiston testiotantaa saatiin kasvatettua lisäämättä henkilömäärää tai laitteita. Automaatiikka mahdollisti myös asiakasjulkaisun testaamisen pidentämisen viikonlopun ylitse, minkä ansiosta testiviikko saatiin kattamaan jokainen päivä. Automaatiikan kehittäminen jatkossa helpottaa ohjelmiston laadun ylläpitoa ja varmistaa uusien ominaisuuksien testaamisen myös tulevaisuudessa.

Tulevaisuudessa tätä opinnäytetyötä voisi käyttää pohjana uudelle tutkimukselle, jossa tutkittaisiin asiakkaan käyttöympäristöä Bittiumin uusien tuotteiden varalle. Uudet radiotyypit tuovat uudenlaisia lähestymis- ja käyttötapoja, joiden pohjalta olisi hyvä tehdä tutkimusta. Tällä tavoin asiakkaalle toimitettavan ohjelmiston laatu olisi jo heti alkujaan hyvällä tasolla. Tämän tutkimustyön yhteydessä kannattaa uusien tuotteiden automaatiotestaus ottaa myös huomioon.

LÄHTEET

Bittium Oyj:n kotisivut 2017. Viitattu 23.4.17. [https://www.bittium.com/media/tietoa_bittiumista/ta-
loudellisia_avainlukuja](https://www.bittium.com/media/tietoa_bittiumista/ta-
loudellisia_avainlukuja)

Bittium Oyj Radio Tough Comnode. Viitattu 17.9.17 [https://www.bittium.com/bittiumtoughcom-
node](https://www.bittium.com/bittiumtoughcom-
node)

Bittium Oyj:n tuoteportfolio TAC WIN. 17.9.17 [https://www.bittium.com/products__services/de-
fense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tactical_wireless_ip_network_trade_tac_win](https://www.bittium.com/products__services/de-
fense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tactical_wireless_ip_network_trade_tac_win)

Bittium Oyj:n tuoteportfolio Tactical Router. Viitattu 12.9.17 [https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_tactical_rou-
ter_trade](https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_tactical_rou-
ter_trade)

Bittium Oyj:n tuoteportfolio Radio Head I. Viitattu 12.9.17 [https://www.bittium.com/products__ser-
vices/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_radio_head_i_trade](https://www.bittium.com/products__ser-
vices/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_radio_head_i_trade)

Bittium Oyj:n tuoteportfolio Radio Head III. Viitattu 13.9.17 [https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_ra-
dio_head_iii_trade](https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_ra-
dio_head_iii_trade)

Bittium Oyj:ntuoteportfolio Radio Head IV. Viitattu 16.9.17 [https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_ra-
dio_head_iv_trade](https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tactical_wireless_ip_network#bittium_tac_win_ra-
dio_head_iv_trade)

Bittium Oyj:ntuoteportfolio Tough VoIP Service. Viitattu 17.9.17 [https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tough_voip#bittium_tough_voip_service_trade](https://www.bittium.com/pro-
ducts__services/defense/bittium_tough_voip#bittium_tough_voip_service_trade)

Suresh Kumar Jindal International Journal of Engineering Research and Applications. ISSN: 2248-9622 Vol.6 Issue 3. Sivut 31-32. Viitattu 13.9.17. [http://www.ijera.com/papers/Vol6_is-
sue3/Part%20-%204/F06030402233.pdf](http://www.ijera.com/papers/Vol6_is-
sue3/Part%20-%204/F06030402233.pdf)

IBM Systems Sciences Institute. Viitattu 27.8.17 [https://www.ibm.com/devops/method/experi-
ence/deliver/dibbe_edwards_devops_shift_left/](https://www.ibm.com/devops/method/experi-
ence/deliver/dibbe_edwards_devops_shift_left/)

Robot Framework. Viitattu 1.10.2017 <http://robotframework.org/#introduction>

LIITTEET

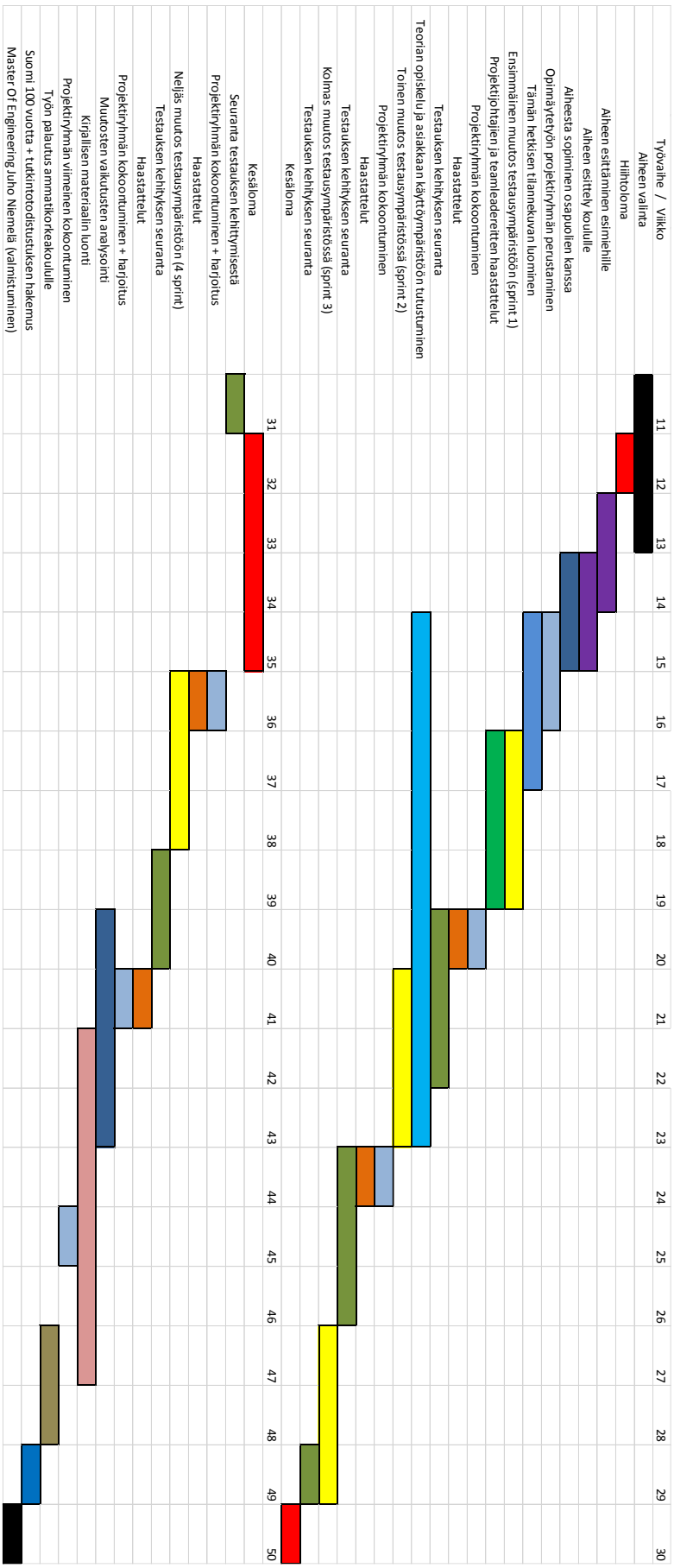
Liite 1: Opinnäytetyön aikataulu

Liite 2: Soittomatriisit

Liite 3: Asiakkaan testipöytäkirja

Liite 4: Harjoituslöydökset

Liite1: Opinnäytetyön aikataulu



Liite 2: Soittomatriisit

Matriisi 1												
	111	222	333	444	555	666	777	888	141414	151515	161616	
111	■											
222		■										
333			■									
444				■								
555					■							
666						■						
777							■					
888								■				
141414									■			
151515										■		
161616											■	

Matriisi 2							
	111	222	333	444	141414	151515	
111	■						
222		■					
333			■				
444				■			
141414					■		
151515						■	

Matriisi 3							
	555	666	777	888	141414	161616	
555	■						
666		■					
777			■				
888				■			
141414					■		
161616						■	

Matriisi 4							
	111	444	666	777	141414	161616	
111	■						
444		■					
666			■				
777				■			
141414					■		
161616						■	

Matriisi 5							
	222	333	555	888	141414	151515	
222	■						
333		■					
555			■				
888				■			
141414					■		
151515						■	

Liite 3: Asiakkaan testipöytäkirja

Päivä 1.

TAVOITE:

Suorittaa verkonmuodostustestejä käynnistämällä laitteita ja aaltomuotoa sekä suoritetaan datansiirtotestejä. Järjestelmää testataan ilman mitään palveluita.

Testaus tehdään tarkkailemalla yhteyksiä siirryttäessä testipaikoille, keräämällä radioverkon arvot, ajamalla ping-, traceroute- sekä iperf-testit kiinteään asemaan 14.

Vaihe 1:

- Tarvittavat tiedostot testikoneille
- Päivitetään oikea ohjelmisto TR:lle ja RH:lle
- Tarvittavien sertifiikaattien sekä vastaavan materiaalin lataaminen laitteelle
- Syötetään halutut reititysparametrit sekä taajuudet
- Käynnistetään laitteet ja odotetaan verkon muodostumista
- Ohjeistuksen mukaan talletetaan radioarvot käyttöliittymältä
- Ladataan kolmannen osapuolen valmistama paikkatietosovellus sekä tehdään sinne tarvittavat toimenpiteet
- Käynnistetään virtuaalinen PC jossa käynnistetään Bittium Network Recorder työkalu sekä valitaan haluttu talletuskansio

Vaihe 2:

- Siirretään verkon solmut ennalta määritetyille mittapisteille Testialue 1:lle

Vaihe 3:

- Odotetaan verkon tasaantuminen uusilla mittapisteillä
- Otetaan talteen radioitten mitta-arvot
- Suoritetaan Ping sekä traceroute testit testikeskukseen solmuille 14,15 16 sekä 17

Vaihe 4

Suoritetaan tarvittaessa uudelleenkäynnistämistestejä tarpeen vaatiessa

- Kaikki testaajat ottavat lähetystehot pois
- Käynnistetään taktiset reitittimet ohjelmallisesti
- Käynnistetään lähetys samalla ajanhetkellä ja odotellaan verkon muodostuminen sekä sen stabilointi
- Otetaan talteen radioitten mitta-arvot
- Suoritetaan Ping sekä traceroute testit testikeskukseen solmuille 14,15 16 sekä 17

Vaihe 5

- Suoritetaan iperf testit solmuilta 1- 8 solmulle 14. Dataa siirretään TCP, TCP 3x rinnakkain ja UDP moodeissa

Vaihe 6

- Edellisen toisto mikäli halutaan

Vaihe 7

- Talletetaan ipperf, ping, radioarvot ja traceroute tiedot muistitikulle ja paluu aloituspaikalle

Päivä 2

Tavoitteena on testata verkonmuodostuksen toimintaa kahdeksalla siirrettävällä ja kolmella paikallaan olevalla tukiasemalla.

Testaus tehdään tarkkailemalla yhteyksiä testipaikoille siirryttäessä ja keräämällä radioverkon arvoja, suorittamalla ping- traceroute- sekä ipperf testejä solmulle 14.

Mahdolliset käyttöliittymän vikatilanteet otetaan talteen print screen painiketta sekä painia käyttämällä.

Vaihe 1:

- Tarvittavat tiedostot testikoneille
- Päivitetään oikea ohjelmisto TR:lle ja RH:lle
- Tarvittavien sertifikaattien sekä vastaavan materiaalin lataaminen laitteelle
- Syötetään halutut reititysparametrit sekä taajuudet
- Käynnistetään laitteet ja odotetaan verkon muodostumista
- Ohjeistuksen mukaan talletetaan radioarvot käyttöliittymältä
- Ladataan kolmannen osapuolen valmistama paikkatietosovellus sekä tehdään sinne tarvittavat toimenpiteet
- Käynnistetään virtuaalinen PC jossa käynnistetään Bittium Network Recorder työkalu sekä valitaan haluttu talletuskansio

Vaihe 2:

- Siirretään verkon solmut ennalta määritetyille mittapisteille Testialue 2:lle

Vaihe 3:

- Odotetaan verkon tasaantuminen uusilla mittapisteillä
- Otetaan talteen radioitten mitta-arvot
- Suoritetaan Ping sekä traceroute testit testikeskukseen solmuille 14,15 16 sekä 17

Vaihe 4:

Suoritetaan tarvittaessa uudelleenkäynnistämistä tarpeen vaatiessa

- Kaikki testaajat ottavat lähetystehot pois
- Käynnistetään taktiset reitittimet ohjelmallisesti
- Käynnistetään lähetys samalla ajanhetkellä ja odotellaan verkon muodostumisen sekä sen stabilointi
- Otetaan talteen radioitten mitta-arvot
- Suoritetaan Ping sekä traceroute testit testikeskukseen solmuille 14,15 16 sekä 17

Vaihe 5

- Suoritetaan iperf testit solmuilta 1- 8 solmulle 14. Dataa siirretään TCP, TCP 3x rinnakkain ja UDP moodeissa

Vaihe 6

- Talletetaan iperf, ping, radioarvot ja traceroute tiedot muistitikulle ja paluu aloituspisteelle

Päivä 3

Tavoitteena on testata verkonmuodostuksen toimintaa kahdeksalla siirrettävällä ja kolmella paikallaan olevalla tukiasemalla.

Testeissä on tarkoitus tehdä datansiirto- sekä palvelutestejä.

Vaihe 1:

- Tarvittavat tiedostot testikoneille
- Päivitetään oikea ohjelmisto TR:lle ja RH:lle
- Tarvittavien sertifikaattien sekä vastaavan materiaalin lataaminen laitteelle
- Syötetään halutut reititysparametrit sekä taajuudet
- Käynnistetään laitteet ja odotetaan verkon muodostumista
- Ohjeistuksen mukaan talletetaan radioarvot käyttöliittymältä
- Ladataan kolmannen osapuolen valmistama paikkatietosovellus sekä tehdään sinne tarvittavat toimenpiteet
- Käynnistetään virtuaalinen PC jossa käynnistetään Bittium Network Recorder työkalu sekä valitaan haluttu talletuskansio

Vaihe 2:

- Sammutetaan laitteisto ja käynnistetään ne uudelleen sähköisesti
- Tarkastetaan verkon toiminta käynnistämisen jälkeen
- Suoritetaan testipuhelu solmulle 14 numeron 141414

Vaihe 3:

- Siirrytään Testialueelle 2

Vaihe 4:

- Odotetaan verkon tasaantuminen uusilla mittapisteillä
- Otetaan talteen radioitten mitta-arvot
- Suoritetaan Ping sekä traceroute testit testikeskukseen solmuille 14,15 16 sekä 17
- Suoritetaan uudelleen käynnistämiset testien johtajan ohjeistamana
- Suoritetaan vaihe 4 tarpeen mukaan uudelleen

Vaihe 5:

- Suoritetaan testit kolmannen osapuolen valmistamalla verkon kuormitustestejä
- Testiaika 7200 sekuntia ja lähetys sekunnin välein
- Odotetaan testin loppuun saakka

Vaihe 6:

- Soitetaan puhelutestit yksi, kaksi ja kolme
- Kirjataan puhelutestien tulokset taulukkoon

Vaihe 7:

Suoritetaan iperf-testien kanssa samaan aikaan vaiheen 8 sekä 9 testit.

- 6 suorittaa 5min iperfin asemalle 4
- 8 suorittaa 5min iperfin asemalle 3
- 5 suorittaa 5min iperfin asemalle 2
- 7 suorittaa 5min iperfin asemalle 1
- Iperffien ollessa päällä, aloitetaan vaihe 8 sekä 9

Vaihe 8:

- Suoritetaan testit kolmannen osapuolen valmistamalla verkon kuormitustestejä
- Testiaika 7200 sekuntia ja lähetys sekunnin välein
- Odotetaan testin loppuun saakka

Vaihe 9:

- Soitetaan puhelutestit yksi, kaksi ja kolme
- Kirjataan puhelutestien tulokset taulukkoon

Vaihe 10:

- Talletetaan iperf, ping, puhelumatriisi, radioarvot ja tracert tiedot muistitikulle ja paluu aloituspisteelle

Päivä 4

Tavoitteena on testata verkonmuodostuksen toimintaa kahdeksalla siirrettävällä ja kolmella paikallaan olevalla tukiasemalla.

Testeissä on tarkoitus tehdä datansiirto- sekä palvelutestejä.

Vaihe 1:

- Tarvittavat tiedostot testikoneille
- Päivitetään oikea ohjelmisto TR:lle ja RH:lle
- Tarvittavien sertifiikaattien sekä vastaavan materiaalin lataaminen laitteelle
- Syötetään halutut reititysparametrit sekä taajuudet
- Käynnistetään laitteet ja odotetaan verkon muodostumista
- Ohjeistuksen mukaan talletetaan radioarvot käyttöliittymältä
- Ladataan kolmannen osapuolen valmistama paikkatietosovellus sekä tehdään sinne tarvittavat toimenpiteet
- Käynnistetään virtuaalinen PC jossa käynnistetään Bittium Network Recorder työkalu sekä valitaan haluttu talletuskansio

Vaihe 2:

- Sammutetaan laitteisto ja käynnistetään ne uudelleen sähköisesti
- Tarkastetaan verkon toiminta käynnistämisen jälkeen
- Suoritetaan testipuhelu solmulle 14 numeroon 141414

Vaihe 3:

- Siirrytään Testialueelle 2

Vaihe 4:

- Odotetaan verkon tasaantuminen uusilla mittapisteillä
- Otetaan talteen radioitten mitta-arvot
- Suoritetaan Ping sekä traceroute testit testikeskukseen solmuille 14,15 16 sekä 17
- Suoritetaan uudelleen käynnistämiset testien johtajan ohjeistamana
- Suoritetaan vaihe 4 tarpeen mukaan uudelleen

Vaihe 5:

- Suoritetaan testit kolmannen osapuolen valmistamalla verkon kuormitustestejä
- Testiaika 1000 sekuntia ja lähetys sekunnin välein
- Odotetaan testin loppuun saakka

Vaihe 6:

- Soitetaan puhelutestit yksi, kaksi ja kolme
- Kirjataan puhelutestien tulokset taulukkoon

Vaihe 7:

Suoritetaan iperf-testien kanssa samaan aikaan vaiheen 8 sekä 9 testit.

- 6 suorittaa 5min iperfin asemalle 4
- 8 suorittaa 5min iperfin asemalle 3
- 5 suorittaa 5min iperfin asemalle 2
- 7 suorittaa 5min iperfin asemalle 1
- Iperffien ollessa päällä, aloitetaan vaihe 8 sekä 9

Vaihe 8:

- Suoritetaan testit kolmannen osapuolen valmistamalla verkon kuormitustestejä
- Testiaika 1300 sekuntia ja lähetys sekunnin välein
- Odotetaan testin loppuun saakka

Vaihe 9:

- Soitetaan puhelutestit yksi, kaksi ja kolme
- Kirjataan puhelutestien tulokset taulukkoon

Vaihe 10:

- Talletetaan iperf, ping, puhelumatriisi, radioarvot ja tracert tiedot muistitikulle ja paluu aloituspisteelle

Linkkitestit:

Suoritetaan RH-III sekä RH-IV radioilla. Testeissä halutaan verifioida tiedonsiirtokapasiteetit molemmilla radiotyypeillä pitemmän kantomatkan testeissä.

Vaihe 1:

- Tarvittavat tiedostot testikoneille
- Päivitetään oikea ohjelmisto TR:lle ja RH:lle
- Tarvittavien sertifikaattien sekä vastaavan materiaalin lataaminen laitteelle
- Syötetään halutut reititysparametrit sekä taajuudet
- Käynnistetään laitteet ja odotetaan verkon muodostumista
- Ohjeistuksen mukaan talletetaan radioarvot käyttöliittymältä
- Ladataan kolmannen osapuolen valmistama paikkatietosovellus sekä tehdään sinne tarvittavat toimenpiteet
- Käynnistetään virtuaalinen PC jossa käynnistetään Bittium Network Recorder työkalu sekä valitaan haluttu talletuskansio

Vaihe 2:

- Sammutetaan laitteisto ja käynnistetään ne uudelleen sähköisesti
- Tarkastetaan verkon toiminta käynnistämisen jälkeen

Vaihe 3:

- Suoritetaan iperf-testi linkkisolmulta 1 linkkisolmulle 2 RH-III radiolla
- Suoritetaan iperf-testi linkkisolmulta 1 linkkisolmulle 2 RH-IV radiolla
- Suoritetaan iperf-testi linkkisolmulta 2 linkkisolmulle 1 RH-III radiolla
- Suoritetaan iperf-testi linkkisolmulta 2 linkkisolmulle 1 RH-IV radiolla

Vaihe 4:

- Talletetaan iperf-tulokset ja toimitetaan ne testikeskukseen

Liite 4: Harjoituslöydökset

Harjoituksissa ilmenneiden bugien backtrack.

Testi 1

- Vakava
 - o Reitityksen kanssa ongelmia kun useita portteja avataan. Vaikuttaa kolmannen osapuolen ohjelmiston toimintaan
 - o Verkonmuodostumisen kanssa ongelmia
- Keskivakava
 - o Radiosignaalin vastaanotto sekä lähetyspäässä jotain vikoja
 - o Ohjelmistopäivitys ongelma reitittimellä
- Lievä
 - o Virheellinen vikaviesti UI:lla

Testi 2

- Vakava
 - o Linux:ssaongelma, joka estää kolmannen osapuolen ohjelmiston käytön.
 - o Puhelinpalvelussa ongelmia. Saattaa joissain tapauksessa kaataa reitityksen

Testi 3

- Keskivakava
 - o SHDSL-kättelyssä ongelmia. Kättelynopeus saattaa vaihdella radikaalisti lyhyemmälläkin kaapelilla

Testi 4

- Keskivakava
 - o UDP-protokollan tiedonsiirron kanssa ongelmia
- Lievä
 - o Ohjelmistopäivitys epäonnistui
 - o Yhteys katkesi kerran verkkojen siirtyessä testipaikalle
 - o Kaistavarauksen mekanismissa käyttönopeuden alenemaa

Testi 5

- Lieviä
 - o SHDSL-yhteyden kanssa ongelmia. SHDSL-portti ei vaihda roolia (CO/CPE) oikein
 - o Aaltomuodon ongelma GPS-tilassa. Laite ei mennyt verkkoon vaan vaati AIS toiminnallisuuden päällä käyttämistä, jonka jälkeen meni verkkoon.
 - o Lievää pätkintää heikoimpien yhteyksien kanssa

Testi 6

- Keskivakava
 - o AIS- toiminnallisuuden kanssa ongelmia merge tilanteissa.
- Lieviä

- Tiedonsiirtonopeus pienempi AIS moodissa kuin GPS

Testi 7

- Keskivakava
 - AIS-verkkojen merge tilanteessa vieläkin ongelmia

Testi 8

- Lievä
 - AIS-ongelma verkkoon liityttäessä. Tapahtunut vain kerran.
 - Error viestit käyttöliittymältä ei poistuneet oikein. Tapahtunut parilla solmulla
 - Reititysprotokolla bugi