

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

Ari Huttunen

EADS TETRA IP -pakettidatapalvelu

Insinööriyö 20.4.2010

Ohjaaja: Helpdesk Manager Tiinamari Penttala
Ohjaava opettaja: projekti-insinööri Heikki
Rahkonen

Metropolia Ammattikorkeakoulu Insinööri­työn tiivistelmä

Tekijä Otsikko	Ari Huttunen EADS TETRA IP -pakettidatapalvelu
Sivumäärä Aika	52 sivua 20.4.2010
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	helpdesk manager Tiinamari Penttala projekti-insinööri Heikki Rahkonen
<p>Insinöörityö oli toiminnallinen selvitys- ja tutkimustyö, jonka tavoitteena oli opetella EADS TETRA IP -pakettidatapalvelun asentaminen TETRA-järjestelmään ja tutkia palvelun toimintaa. Työn pohjalta oli tarkoitus saada myös tuloksia pakettidatayhteyden siirtonopeudesta, jonka vuoksi suoritettiin mittauksia pakettidatayhteyttä käyttäen. Työssä pohdittiin myös EADS TETRA -pakettidatapalvelun tulevaisuutta.</p> <p>Työn aluksi selvitettiin taustoja yrityksestä, jolle työ tehtiin, kerrottiin TETRA-standardista sekä EADS TETRA -järjestelmässä käytetyistä verkkoelementeistä.</p> <p>Työtä varten rakennettiin pakettidataympäristö EADS:n testilaboratorioon. Pakettidatapalvelun perustana toimivaan pakettidatayhdyskäytävään asennettiin käyttöjärjestelmä ja tarvittavat ohjelmistot. Myös keskuksat, nimipalvelin ja käyttöpaikka konfiguroitiin verkon rakennusvaiheessa.</p> <p>Siirtonopeutta mitattiin lataamalla tiedostoja FTP- ja TFTP-yhteyksillä pakettidatayhteyden yli ja kirjaamalla saadut tulokset lokiin. Tulokseksi saatu kahdesta kolmeen kilobitin sekuntinopeus vastasi kirjallisuudessa esiintyneitä siirtonopeuksia. Nopeuden todettiin riittävän nykyiseen käyttötarkoitukseen mutta tulevaisuudessa tarvittaisiin nopeampaa yhteyttä.</p> <p>Työtä varten asetetut tavoitteet täyttyivät odotettuakin paremmin. Työn aikana hankitun tietotaidon tuloksena asennettiin ensimmäiset kaksi pakettidatayhdyskäytävää asiakkaan verkkoon.</p> <p>Työn pohjalta syntyneitä taulukoita päätettiin muokata vielä jatkossa niin, että ne sopivat esitietolomakkeiksi asiakkaita varten. Myös työstä tullaan muokkaamaan yrityksen työntekijöille paremmin soveltuva ohje.</p>	
Hakusanat	pakettidata, TETRA, EADS, TEDS

Helsinki Metropolia University of Applied Sciences Abstract

Author Title	Ari Huttunen EADS TETRA IP packet data service
Number of pages Date	52 20 April 2010
Degree Programme	Information Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Helpdesk Manager Tiinamari Penttala Project Engineer Heikki Rahkonen
<p>Thesis was a functional clarification and research work whose aim was to learn the installation procedure of an EADS TETRA packet data service and inspect the operation of the service. In consequence of the work was purpose to gain results of transfer speed of a packet data connection. On account of this measurements were done using a packet data connection. Also the future of EADS TETRA packet data service was contemplated in the work.</p> <p>In the beginning of the work the history of company that the work was made for was clarified and a little of TETRA standard and network elements used in an EADS TETRA system was told.</p> <p>For the work, a packet data environment was set up to an EADS test laboratory. Operating system and needed software was installed for packet data gateway acting as a basis of packet data service. Also the exchanges, name server and dispatcher workstation was configured during the environment set up.</p> <p>Transfer speed was measured by downloading files with FTP and TFTP over packet data connection and logging the results. The result speed of from two to three kilobits per second corresponded with speed results found from literature. The transfer speed was discovered to be enough for today's use but faster connection would be needed in future.</p> <p>The objectives set up for the work were fulfilled better than expected. For the result of the know-how gained during the work led to installation of the two first packet data gateways in a customer network.</p> <p>Charts resulted from the work was decided to be edited to fit in as customer's prerequisite forms. Also the work will be edited to suite better to be used as a guide by the employees of the company.</p>	
Keywords	packet data, TETRA, EADS, TEDS

Sisällys

Tiivistelmä	
Abstract	
Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät	
1 Johdanto	8
2 EADS yrityksenä ja työpaikkana	10
3 TETRA	11
3.1 TETRA-standardi	11
3.2 EADS TETRA -järjestelmä	12
3.3 Verkkoelementit	12
4 Pakettidata	19
5 Valmistelu- ja testausprosessi	21
5.1 Testaustapa ja syy testaamiseen	21
5.2 Testausympäristön rakentaminen	21
5.3 Siirtonopeuden testaaminen	39
5.4 Tulokset	40
5.5 Johtopäätökset	41
6 EADS TETRA -pakettidatapalvelun tulevaisuus	43
7 Yhteenveto	45
Lähteet	47
Liitteet	
Liite 1: Yksinkertainen ohje Sun Solaris -käyttöjärjestelmän asennukseen EPDGW-palvelimelle.	50

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i> ; maailmanlaajuisen kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmän suunnitteluun panostava tietoliikennealan järjestöjen yhteistyöprojekti.
ACKS	<i>Authentication Customer Key Server for TETRA</i> ; asiakaskohtaisten tunnistusavainten tietokantapalvelin.
ADVL	<i>Advanced Link</i> ; laajennettu linkki, kaksisuuntainen yhteysorientoitunut linkki mobiilikäyttäjän ja tukiaseman välille.
AKD	<i>Authentication Key Distribution</i> ; asiakaskohtainen tunnistustietojenlatauspalvelin.
AKES	<i>Authentication Key management Server</i> ; tunnistusavainten hallintapalvelu.
AP	<i>Access Point</i> ; liityntäpiste.
(TCS) API	<i>(TETRA Connectivity Server) Application Programming Interface</i> ; sovellusohjelmaliitäntä, sovellusohjelmien kehitystä tukeva rajapinta, jonka avulla käytetään useita verkkopalveluita.
APN	<i>Access Point Name</i> ; liityntäpisteen nimi, looginen nimi, joka kuvaa varsinaisen liityntäpisteen ulkoiselle pakettivälitteiselle verkolle aluenimijärjestelmän nimeämiskäytännön mukaisesti.
APN pool	<i>Access Point Name pool</i> ; APN-varanto.
ATS	<i>Audit Trail Server</i> ; hallintatapahtumienseurantapalvelin.
CDD	<i>Configuration and Data Distribution server</i> ; konfiguraatio- ja tiedonjakopalvelin.
DMO	<i>Direct Mode Operation</i> ; suorakanavatoiminta, radiokäyttäjät voivat viestiä keskenään ilman tukiasemaa suorakanavatoimintaa käyttämällä.
DNS	<i>Domain Name System</i> ; nimipalvelujärjestelmä, joka muuntaa verkkotunnukset IP-osoitteiksi.
DWS	<i>Dispatcher Workstation</i> ; käyttöpaikka.
DXT	<i>Digital Exchange for TETRA</i> ; digitaalinen TETRA-keskus.
EADS	<i>European Aeronautic Defence and Space Company N.V.</i> ; ilmailu-, avaruus- ja puolustusteknologiaan erikoistunut yhtiö.

EPDGW	<i>Enhanced Packet Data Gateway</i> ; EADS:n valmistama pakettidatayhdyskäytävä.
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> ; eurooppalainen telealan standardoimisjärjestö.
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i> ; yhdyskäytäväsolmu.
Gi	EPDGW-palvelimen ulkoverkon puoleinen liitäntä.
Gn	EPDGW-palvelimen sisäverkon puoleinen liitäntä.
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> ; pakettikytkentäinen datapalvelu.
GTP	<i>Gateway Tunneling Protocol</i> ; GPRS-tunnelointiprotokolla.
IIS	<i>Internet Information Services</i> ; Microsoftin kehittämä palvelinohjelmistokokonaisuus Windows-pohjaisille palvelimille.
ITSI	<i>Individual TETRA Subscriber Identity</i> ; TETRA-yksilötunnus, toimii tilaajan yksilöllisenä tunnuksena TETRA-verkossa.
K	Tunnisteavain K.
LME	<i>Logging of Management Events</i> ; hallintatapahtumien lokikirjoitus, kaupallinen CDD-ominaisuus.
LOM-port	<i>Lights Out Management port</i> ; SUNin palvelimissa käytetty etäyhteysportti.
LTE	<i>Long Term Evolution</i> ; 3GPP:n neljännen sukupolven datan siirtonopeuden kasvattamiseen tähtäävä tekniikka.
MMI	<i>Man Machine Interface</i> ; ihminen-koneliitäntä.
MML	<i>Man Machine Language</i> ; käyttökieli.
MS	<i>Mobile Station</i> ; matkaviestin.
OMU	<i>Operation and Management Unit</i> ; käytönohjaustietokone.
PD	<i>Packet Data</i> ; pakettidata.
PDCH	<i>Packet Data Channel</i> ; pakettidatakanava.
PDCU	<i>Packet Data Communication Unit</i> ; pakettidatayksikkö, keskuksen pakettidatan siirtoyksikkö.

PMR	<i>Professional Mobile Radio</i> ; erillisradioverkko.
PRFILE	EADS TETRA -järjestelmän parametritiedosto.
REF	Uniikki yksilöllinen mobiiliterminaalin tunniste.
SNDCP	<i>Sub-Network Dependant Convergence Protocol</i> ; aliverkosta riippuvainen konvergenssiprotokolla on osa GPRS-protokollamääritelmää. Luo ja ylläpitää pakettidatakontekstin sekä hallita tiedonsiirtoa mobiilikäyttäjän ja TETRA-järjestelmän välillä.
SwMI	<i>Switching and Management Infrastructure</i> ; kytkentä- ja hallintarakenne, verkkoinfrastruktuuri.
TBS	<i>TETRA Base Station</i> ; TETRA-tukiasema.
TCS	<i>TETRA Connectivity Server</i> ; kolmansille osapuolille tarkoitettu rajapinta EADS TETRA -järjestelmään.
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i> ; aikajakokanavointi, TETRA:ssa käytetty kanavanvaraustekniikka.
TEDS	<i>TETRA Enhanced Data Service</i> ; ETSI:n TETRA 2 -standardiin määritelty nopea dataratkaisu.
TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio</i> ; digitaalinen radiopuhelinverkkostandardi.
THR	<i>TETRA Hand-held Radio</i> ; TETRA-käsiradio.
V.24	ITU-T:n V.24-sarjaliikennestandardi, joka vastaa EIA:n RS232-sarjaliikennestandardia.
XGEAR	XGEAR on DWSx:ssä käytettävä PCI-väyläinen lisäkortti, jonka kautta kytketään käyttöpaikan E1-yhteys.
$\pi/4$ DQPSK	<i>$\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying</i> ; differentiaalinen nelivaihevainnus, TETRASSA käytetty modulaatiomenetelmä.

1 Johdanto

Käyttäjäkunnan korkeat laatuvaatimukset ja uusimman teknologian mahdollisuudet tarjoava TETRA (Terrestrial Trunked Radio) on ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) vuonna 1995 julkaisema standardi digitaaliselle radiopuhelinjärjestelmälle. TETRA on kehitetty pääosin viranomaiskäyttöön, joskin sitä käyttävät myös monet kaupalliset tahot. Standardin kehittämisessä suuressa roolissa ollut Nokia myi vuonna 2005 PMR-liiketoimintansa (Professional Mobile Radio) yleiseurooppalaiselle ilmailu- avaruus- ja puolustus-teollisuusalan yritys EADS:lle (European Aeronautic Defence and Space Company N.V.), joka on nykyisin maailman suurimpiin kuuluva TETRA-järjestelmien toimittaja. EADS:n toimittamia TETRA-järjestelmiä on jo 50 maassa [1]. Helsingin Energian HelenNet oli maailman ensimmäinen TETRA-verkko [2, s. 8]. Suomessa viranomaiskäytössä oleva VIRVE (VIRanomaisVERkko) on EADS:n toimittama. Samalla se oli maailman ensimmäinen koko maan kattava TETRA-verkko [3].

TETRA-standardissa määritellään pakettidata, joka tarjoaa TETRA-järjestelmälle IP-yhteyden ulkoisiin IP-verkkoihin. Laajasti tunnetun ja paljon käytetyn IP-ympäristön pohjalle on helpompi ohjelmoida sovelluksia kuin TETRA:an suoraan. IP-pakettidata on käytännöllinen yhteys, kun on tarvetta lähettää dataa purskeisena, yhteyden kaistanleveydelle ei ole suuria vaatimuksia eikä data ole reaaliaikakriittistä. Tyypillisiä pakettidatan käyttötarpeita TETRA-järjestelmässä ovat tietokantakysely, sähköposti tai paikkatiedon lähetys ja vastaanotto. [4, s. 11.] Pakettidatayhteys muodostetaan kytkemällä mobiiliterminaali tietokoneeseen ja käyttämällä sitä modeemina. Mobiiliterminaali yhdistää tietokoneen pakettidatayhdyskäytävän kautta ulkoiseen verkkoon. Näin ulkoisen verkon IP-resurssit ovat käytössä myös TETRA-verkon käyttäjälle. Käyttäjälle pakettidatalla varustettu TETRA-järjestelmä näkyy IP-verkkona.

Tämä insinööri työ on toiminnallinen selvitys- ja tutkimustyö. Työn tarkoituksena on tutkia EADS TETRA -järjestelmän pakettidatan toimintaa, siirtonopeutta ja palvelun asentamista järjestelmään sekä selvittää pakettidatan hyötyjä käyttäjälle. Työssä

pohditaan myös EADS TETRA -järjestelmän tiedonsiirtoyhteyden tulevaisuutta ja mahdollisia yhteyden vaihtoehtoja.

Työn aiheen liittyminen pakettidataan oli työnantajani ehdotus. Tartuin aiheeseen mieluusti, sillä en ole aiemmin ollut tekemisissä pakettidatan kanssa. Koen työn haastavaksi nimenomaan, koska aihe on minulle täysin uutta opiskeltavaa, ja yksi työn tavoitteista onkin opiskella pakettidatan käyttö sekä palvelun asentaminen TETRA-järjestelmään. Pakettidatapalvelun IP-tekniikkaan liittymisen vuoksi aihe vastaa myös paremmin opintojani kuin muu TETRA-järjestelmän osa-alue.

Työn keskeisenä elementtinä oleva EADS TETRA -pakettidatapalvelun perustana toimiva EPDGW-palvelin on kehitysasteella oleva laite. Työtä voidaan käyttää ohjeena Enhanced IP Packet Datan konfiguroinnissa, ja sen avulla pystyy asentamaan EPDGW-palvelimen käyttöjärjestelmän ja tarvittavat ohjelmistot. Työstä saatuja testituloksia voidaan käyttää myös referenssinä viitattaessa järjestelmän siirtonopeuteen.

2 EADS yrityksenä ja työpaikkana

EADS (European Aeronautic Defence and Space Company N.V.) on suuri eurooppalainen ilmailu-, avaruus- ja puolustusteknologiaan erikoistunut yhtiö. Se syntyi 10.7.2000 espanjalaisen Construcciones Aeronáuticas SA:n, ranskalaisen Aérospatiale-Matra SA:n ja saksalaisen DaimlerChrysler Aerospace AG:n sulautumisen seurauksena [5]. Sen pääkonttorit sijaitsevat Saksassa Münchenissä ja Ottobrunnissa sekä Ranskassa Pariisissa [6].

EADS on maailmanlaajuisesti mitattuna suurin lentoteollisuuden ja puolustusjärjestelmien valmistaja. Sen liikevaihto vuonna 2008 oli 43,3 miljardia, ja se työllisti noin 118 000 henkilöä. EADS-konserni jakautuu neljään divisioonaan: Airbus, Eurocopter, Astrium ja Defence & Security. Airbus valmistaa sekä kaupallisia että sotilaskäyttöön tarkoitettuja lentokoneita. Eurocopter on maailman suurin helikopterivalmistaja. EADS Astrium on Euroopan johtava avaruushjelmien yritys, jonka tuotteisiin kuuluvat muun muassa kantoraketti Ariane ja eurooppalainen paikannusjärjestelmä Galileo. Defence & Security -divisioona tarjoaa kokonaisvaltaisia järjestelmäratkaisuja sekä kommunikointijärjestelmiä. [7.]

Vuonna 2005 Nokia myi TETRA-radiopuhelinjärjestelmiä valmistaneen PMR-yksikkönsä (Professional Mobile Radio) EADS:lle. Yksikkö on nykyään osa EADS Defence & Security divisioonaan kuuluvaa Secure Networks -osastoa. Secure Networksillä on Suomessa toimipisteet Helsingissä ja Jyväskylässä, jotka työllistävät yhteensä noin 300 henkilöä. Jyväskylän toimipiste on keskittynyt TETRA-päätelaitteiden kehittämiseen. TETRA-verkkojen kehitystyö sekä asiakastuki toimii puolestaan Helsingin toimipisteessä.

3 TETRA

3.1 TETRA-standardi

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) on ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) luoma kansainvälinen avoin standardi digitaaliselle radiopuhelinjärjestelmälle. Standardin kehittämiseen osallistui aikanaan useita eurooppalaisia tahoja sekä maailmanlaajuisesti verrattuna johtavia radiopäätelaite- ja radiojärjestelmävalmistajia. Standardissa määritellään joukko avoimia rajapintoja sekä palveluita radiopuhelinjärjestelmään. Taajuutena viranomaisverkoille on Euroopan Unionin hyväksymä 380–400 megahertsin taajuuskaista. 410–430 megahertsin taajuuskaistaa käytetään kaupallisissa järjestelmissä. Euroopan ulkopuolella saatetaan käyttää muitakin taajuuksia. Kiinassa on esimerkiksi käytössä 800 megahertsin taajuus. [8, s. 11.]

TETRA-standardi muistuttaa hyvin paljon ETSI:n GSM-standardia, mutta siinä on erityisiä viranomaiskäytössä tarpeellisia ominaisuuksia. TETRA:ssa käytetään neljän aikavälin aikajakoista kanavointia (TDMA 4:1, Time Division Multiple Access) 25 kilohertsin kantoaallolla. Se tarkoittaa, että yhdellä kantoaallolla on 4 TETRA-kanavaa ja kantoaallot (keskitaajuus) ovat 25 kilohertsin etäisyydellä toisistaan. Yksi TETRA-kanava käsittää lähetys/vastaanotto-dupleksitaajuusparin. Käytetty modulaatio on $\pi/4$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying), jolla ylletään kaistanleveyteen nähden suhteellisen suureen bittinopeuteen 1,44 bps/Hz [9, s. 18]. TETRA tukee datapalveluita sallien yhdistetyn puheen ja datan käytön. Radiotiellä käytetään puheen, datan ja signaalinnin salausta. Standardissa on määritelty myös käyttäjän todentaminen ja puheen päästä-päähän-salaus. Standardoinnin myötä myös useiden eri valmistajien päätelaitteiden käyttö on mahdollista. [8, s. 11–12.]

Eräitä TETRA-järjestelmän käytännöllisiä ominaisuuksia tai palveluita ovat esimerkiksi [8, s. 11–12.]:

- ryhmäpuhelut
- hätäpuhelut

- suorakanavatoiminto (DMO, Direct Mode Access)
- priorisointi
- luotettava suorituskyky
- IP-pakettidata
- nopea puhelun yhdistäminen.

3.2 EADS TETRA -järjestelmä

EADS on maailman johtavia TETRA-järjestelmien toimittajia. Nokian PMR-liiketoiminnan ostamisen myötä EADS:stä tuli Euroopan suurin digitaalisten radiopuhelinjärjestelmien toimittaja. Sen TETRA-järjestelmiä käytetään jo 50 maassa ja kaiken kaikkiaan EADS:n digitaalisia radiopuhelinverkkoja on 130 [1].

EADS TETRA -järjestelmien kaksi päätavoitetta ovat yhteensopivuus TETRA-standardien kanssa ja käytön helppous sekä kriittisten käyttäjävaatimusten täyttäminen [8, s. 13]. Käyttäjiä ovat muun muassa erilaiset pelastus- ja turvallisuusviranomaiset, kuten poliisit tai palomiehet, rajavartiolaitosviranomaiset, kuljetusliikkeet ja vartiointiyritykset sekä puolustusvoimat.

3.3 Verkkoelementit

EADS TETRA -järjestelmä on suunniteltu vastaamaan suuria kapasiteettivaatimuksia. Se kykenee vastaamaan suurten organisaatioiden vaatimuksiin valtavista puhelumääristä säilyttäen samalla varmatoimisuutensa. Toisaalta myös pieniä, vain muutaman verkko-elementin kokoisia verkkoja on saatavilla. Toimiva järjestelmä vaatii vähintään yhden digitaalisen TETRA-puhelinkeskuksen (DXT, Digital Exchange for TETRA), yhden tukiaseman sekä hallintaan käytettävän DWS-työaseman (Dispatcher Workstation). Suurempiin TETRA-järjestelmiin (kuva 1) kuuluvat olennaisesti lisäksi CDD- (Configuration and Data Distribution server), TCS- (TETRA Connectivity Server) ja ATS-palvelimet (Audit Trail Server), todennusavaintenhallintapalvelimet, NetAct-valvontajärjestelmä, pakettidatayhdyskäytävä sekä IP-runkoverkko. Kokonaisuudessaan TETRA on niin laaja järjestelmä, ettei sen toimintaa tulla selvittämään tarkemmin tässä työssä.

TETRA digitaalikeskus, DXTip (Digital Exchange for TETRA) ja DXTTip (Digital Exchange for TETRA, transit)

Nokian kehittämää DX200-puhelinkeskukseen pohjautuvaa digitaalista puhelinkeskusta (kuva 2) käytetään EADS TETRA -järjestelmän runkona. Se on useista eri tietokone-yksiköistä koostuva yhteystason kytkin, jonka hallintaan käytetään OMU-yksiköllä (Operation and Management Unit) sijaitsevaa MMI-rajapintaa (Man Machine Interface) MML-komentoja (Man Machine Language) käyttäen. Keskus määrittää, mihin toiseen keskukseen, tukiasemaan tai muuhun järjestelmän laitteeseen voidaan kytkeytyä. Yksi keskus voi käsitellä jopa 256 kantaaltoa enintään 128 tukiasemalta. [11, s. 13–17, 27.]



Kuva 2. TETRA digitaalikeskus [10, s. 14].

Kuljetustason kytkin DXTTip on tarkoitettu hierarkkiseen verkkoon välityskeskukseksi. Se on fyysisesti lähes kaksi kertaa suurempi kuin DXTip ja onkin suunniteltu käsittelemään vielä suurempaa tiedonsiirtokapasiteettia kuin DXTip. DXTTip:hen ei voi DXT:n tavoin liittää tukiasemaa. [11, s. 13.]

TETRA tukiasema, TBS (TETRA Base Station)

Tukiasemien määrä ja sijainti järjestelmässä riippuu maantieteellisistä seikoista. Tukiaseman tarjoama taajuuden määrää siihen kalustetut lähetin-vastaanotinyksiköt. Niiden lukumäärä määräytyy tarvittavan liikennemäärän mukaan. Yksi laajennuskaapilla varustettu tukiasema voidaan kalustaa maksimissaan kahdeksalla neljän kantoaallon lähetin-vastaanotinyksiköllä. Näin se voi tarjota jopa 31 liikennekanavaa yhden jäädessä hallintakanavaksi. Tukiasemat liitetään keskuksen kahden megabitin E1-linjalla. Tukiasemiin voidaan liittää erilaisia antennia halutun verkkopeiton aikaansaamiseksi. [12, s. 9–12.]

Käyttöpaikka, DWS (Dispatcher Workstation)

DWS-kokonaisuus koostuu käytettävästä PC-laitteistosta sekä siihen asennettavasta ohjelmistosta. DWS-ohjelmistoja on kolme erilaista: DWS C, DWS M, DWS C&M. Työasemissa käytetään DWS M -ohjelmistoa muun muassa puheryhmien ja radiotilaajien hallintaan. DWS C -version avulla voidaan kommunikoida muiden DWS-työasemien sekä mobiiliterminaalien kanssa, seurata radiotilaajia ja hallita ryhmäjäsenyyksiä. DWS C&M sisältää sekä kommunikoinnin että hallinnan. DWS-työasema voidaan yhdistää järjestelmään E1- tai ISDN-linjalla, IP-verkon yli tai langattomasti TETRA-pakettidatayhteyden avulla. [13, s. 13–17, 62–65.]

Konfiguraatio- ja tiedonjakopalvelin, CDD (Configuration and Data Distribution server) ja hallintatapahtumenseurantapalvelin, ATS (Audit Trail Server)

CDD-palvelin on pakollinen useamman kuin yhden keskuksen käsittävissä verkoissa. Sen tehtävänä on levittää runsaasti erilaista tietoa TCP/IP-verkon kautta EADS TETRA-järjestelmässä. CDD mahdollistaa käyttöpaikkatyöasemien pääsyn kaikkeen tietoon verkossa sekä minkä tahansa ryhmän tai tilaajan seuraamisen verkossa. CDD kerää kaiken käyttöpaikkatyöasemien sovellusten tarvitseman tiedon keskuksilta paikalliseen tietokantaansa ja levittää tiedon kannastaan sitä tarvitseville laitteille. CDD-palvelin ei

osallistu aikakriittisiin palveluihin, kuten puheluihin, vaan käsittelee ainoastaan verkon hallintatapahtumia. [14, s. 13–14.]

Mikäli CDD-palvelimessa on käytössä hallintatapahtumien seurantaan tarkoitettu LME-palvelu (Logging of Management Events), voidaan ATS-palvelimella kerätä säännöllisin väliajoin talteen CDD-palvelimen hallintalokitiedostot. Lokitiedostot tallennetaan sekä pitkä- että lyhytaikaiseen varastoon. Jälkimmäinen säilytetään erillisessä parametrissa määritetyn ajan ja sitä voi tarkastella internetselaimen avulla, kun taas pitkäaikaiseen säilytykseen tarkoitettut lokitiedot tallennetaan yleensä ulkoiselle medialle. [14, s. 53.]

TETRA Connectivity Server -palvelin, TCS (TETRA Connectivity Server)

TCS-palvelin on kolmansille osapuolille tarkoitettu rajapinta EADS TETRA -järjestelmään. TCS API -rajapinnan (Application Programming Interface) avulla kolmannen osapuolen asiakasohjelmiston on mahdollista muun muassa kontrolloida, seurata ja osallistua TETRA-äänipuheluihin, lähettää ja vastaanottaa erilaisia lyhytsanomaviestejä, suorittaa hallintatoimia ja seurata verkon muutoksia. [15, s. 117.]

Tietoturvapalvelimet

Todennusavaintenhallintapalvelin AKES (Authentication Key management Server) on yhdyskäytävä verkkoarkkitehtuurin ja saapuvan todennustiedon välillä. Se todentaa kaikki sisääntulevat kyselyt ja vastaukset ja edelleenlähettää vain luvallisista kohteista tulevaa tietoa. AKES vastaanottaa myös salattua tietoa ja lähettää sen keskukselle. [8, s. 26.]

Asiakaskohtainen todennusavainten tietokantapalvelin ACKS (Authentication Customer Key Server for TETRA) on todennusavainten varmuuskopiontipalvelin. Mikäli REF-K-avainpari jostain syystä tuhoutuisi tai katoaisi keskukselta, ilman varmuuskopiota kaikki REF-K-avainparit katoaisivat peruuttamattomasti. Tässä tapauksessa mobiiliterminaaleihin tulisi uudelleenohjelmoida avainparit. ACKS-palvelinta käytettäessä

palvelin tallentaa kaiken REF-K-tiedon salattuna levyille, josta sen voi palauttaa, mikäli tieto olisi keskukselta kadonnut. [15, s. 149.]

Asiakaskohtaisella tunnistustietojenlatauspalvelin AKD:llä (Authentication Key Distribution) tunnistustieto siirretään EADS TETRA -järjestelmään. Tunnistustieto voidaan siirtää joko ulkoiselta medialta salattuna tai salaamattomana, jolloin on kyseessä AKDC (Authentication Key Distribution Compact), tai TCP/IP:n kautta salattuna. Niin sanotut K- ja ITSI-tiedot siirretään identtisinä sekä mobiiliterminaaliin että verkkoon. AKD-palvelin koostuu ohjelmistopakettista ja älykortinlukulaitteesta sekä älykorteista. Järjestelmässä voi olla vain yksi AKD kerrallaan. [15, s. 142–145; 16, s. 19–21.]

NetAct-hallintajärjestelmä, NetAct™ for TETRA

NetAct on helppokäyttöisellä graafisella käyttöliittymällä varustettu ulkoinen hallintajärjestelmä. Keskikokoisille ja suurille TETRA-verkoille tarkoitettu keskitetyn hallinnan mahdollistavalla työkalulla voidaan kerätä tilastotietoja koko verkon alueelta. Keskitettyä järjestelmää käyttämällä verkon viat huomataan nopeasti ja turhilta vierailuilta useille laitteiston sijaintipaikoille vältytään. [17, s. 17; 18, s. 65–66.]

Pakettidatayhdyskäytävä, EPDGW (Enhanced Packet Data Gateway)

EPDGW on EADS:n toteuttama pakettidatayhdyskäytävä, joka toimii rajapintana TETRA-verkon ja ulkoisten IP-verkkojen, kuten intranetin tai Internetin välillä. EPDGW on kehitetty Nokian GGSN:n (Gateway GPRS Support Node) seuraajaksi. Ennen EPDGW:n kehittämistä GGSN toimi EADS TETRA -pakettidatapalvelun yhteyslaitteena. [19.]

Laitteistona toimii tällä hetkellä Sun Microsystemsin SPARC Enterprise T5120 -räkkipalvelin (kuva 3), johon on asennettu Sun Solaris -käyttöjärjestelmä EPDGW-ohjelmistolla varustettuna. Normaali palvelinkonfigurointi voidaan suorittaa

komentoriviltä tai graafista Webmin-käyttöliittymää käyttäen. Webmin-käyttöliittymästä säädetään myös erityiset EPDGW-asetukset. [19.]



Kuva 3. EPDGW-ohjelmisto asennetaan Sunin SPARC 5120 -palvelimeen [20].

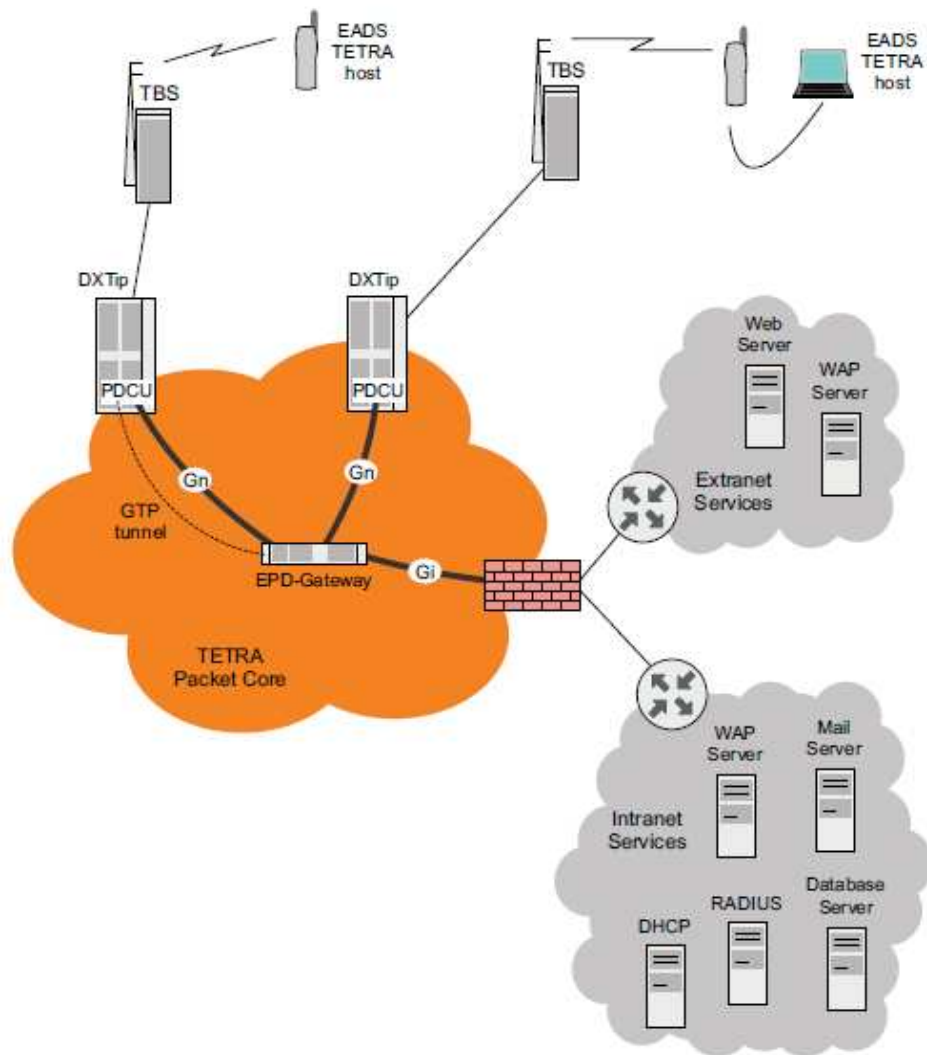
4 Pakettidata

Puhuttaessa pakettidatasta tarkoitetaan pakettikytkentäistä tiedonsiirtoyhteyttä. Siinä lähetettävä tiedosto voidaan pilkkoa pienempiin lähetettäviin paketteihin. Ennen lähettämistä paketit varustetaan järjestysnumerolla sekä kohdeosoitteella. Pakettien lähettämiseen käytettävä reitti saattaa vaihdella kullakin paketilla, ja ne saattavat jopa saapua kohteeseen eri järjestyksessä. Kohteessa ne järjestetään uudelleen sekvenssinumeron mukaiseen järjestykseen. [21.]

Pakettikytkentäinen yhteys ei ole yhtä herkkä verkon käyttökatoille kuin piirikytkentäinen yhteys, sillä pakettikytkentäisellä yhteydellä on useampia reittejä kohteeseen. Se säästää myös resursseja. Kun tietoa ei lähetetä, ei kaistaakaan varata, vaan se voidaan antaa muuhun käyttöön. Piirikytkentäisellä yhteydellä kaista on käytössä jatkuvasti. Pakettikytkentäinen yhteys ei kuitenkaan mahdollisen viipeensä ja pakettien katoamisen vuoksi sovellu yhtä hyvin reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, kuten ääni- tai videopuheluihin, kuin piirikytkentäinen yhteys. [21.]

EADS TETRA -järjestelmässä on kaksi pakettidatavaihtoehtoa, "Basic IP PDS" ja "Enhanced IP PDS". Tässä työssä keskitytään jälkimmäiseen, EPDGW-palvelimella varustettuun versioon.

EADS TETRA -järjestelmän pakettidataverkon (kuva 4) perustana toimiva EPDGW keskustelee keskuksen pakettidatayksiköiden kanssa Gn-rajapinnan kautta GTP-tunnelia (GPRS Tunneling Protocol) käyttäen. Standardin mukainen Gi-rajapinta yhdistää pakettidatayhdyskäytävän palomuurin kautta ulkoisiin IP-verkkoihin. Useita reititys- ja tunnelointiprotokollia tukeva EPDGW näkyy ulkoisesta katsottuna tavallisena IP-reitittimenä. [15, s. 57–58.]



Kuva 4. EADS TETRA -järjestelmän pakettidata. [15, s. 56].

5 Valmistelu- ja testausprosessi

5.1 Testaustapa ja syy testaamiseen

Teoriassa EADS TETRA -pakettidatayhteyden siirtonopeus yhtä TDMA-aikaväliä käytettäessä ylittää 4,8 kilobittiä sekunnissa. Käytännössä nähtävän nettonopeuden tarkka määrittäminen on mahdotonta, koska se riippuu käytettävästä siirtoprotokollasta, siirrettävän tiedon muodosta ja käyttöjärjestelmästä. Kirjallisuusviitteiden mukaan nettonopeus on 2–3 kilobittiä sekunnissa. [22, s. 17–18.] Nettonopeuden selvittämiseksi pakettidatayhteydellä päätettiin suorittaa siirtonopeustestejä, joista saatiin todisteeksi lokikirjoitusta.

Pakettidatayhteyden siirtonopeutta testattiin lataamalla palvelimelta TFTP- ja FTP-yhteyksillä etukäteen luotuja tiedostoja. Tiedostot luotiin Windowsin fsutil-komentoa käyttäen. Komennolla voidaan luoda määritellyn kokoisia tiedostoja, jotka sisältävät pelkkiä nollia. TFTP-ohjelmana käytettiin ilmaista Klever Groupin Pumpkinia ja FTP-ohjelmana Digital Candlen valmistamaa BulletProof FTP Clientin maksutonta kokeiluvärsiota.

Viestien kulkua seurattiin työasemilla Gerald Combsin Wireshark-pakettianalysaattorilla ja EPDGW-palvelimella Solariksen snoop-komennolla. Tiedostojen siirtoajat saatiin FTP- ja TFTP-ohjelmien lokitiedostoista.

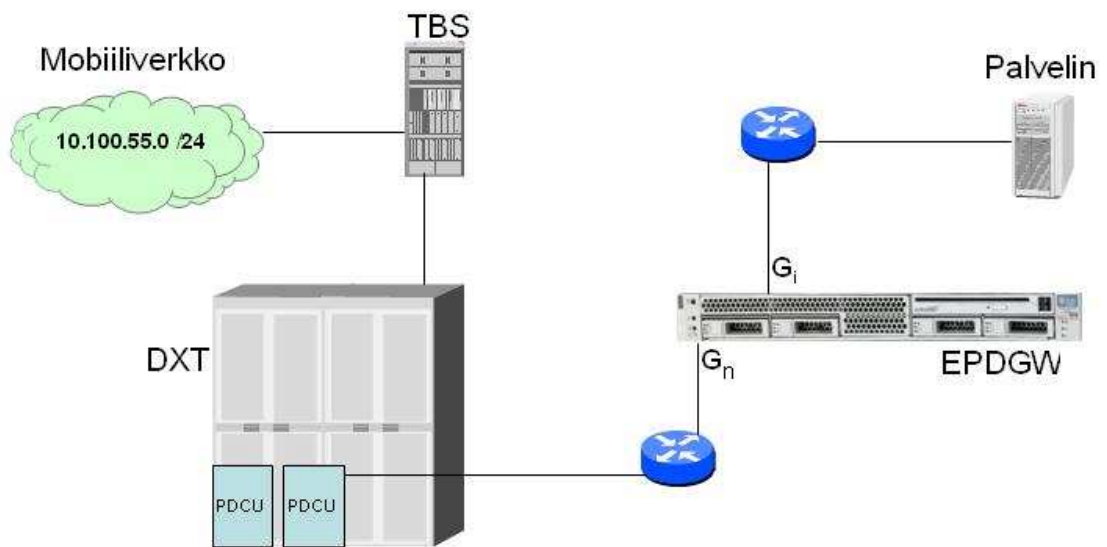
5.2 Testausympäristön rakentaminen

Huolellinen IP-verkon suunnittelu on EADS TETRA -pakettidatan käyttöönoton ensimmäinen vaihe. Suunnitelmasta tulisi ilmetä ainakin seuraavat seikat:

- IP-osoitteet pakettidatayksiköille
- keskuskeskukset IP-runkoverkkoon yhdistävien laitteiden IP-osoitteet
- radiotilaajaverkon aliverkot, aliverkkojen peitteet sekä staattisten IP-osoitteiden osoiteavaruus

- käytettävän nimipalvelimen IP-osoite
- käytettävä DNS-toimialue.

Testiä varten pakettidataympäristö (kuva 5) rakennettiin valmiiseen toimivaan EADS TETRA Release 5.5 -verkkoon EADS:n testilaboratorioon. EPDGW-palvelimena toimi Sun Microsystemsin Netra T1 räkkipalvelin. EPDGW:n Gi-portti (ulkoverkko) kytkettiin Cisco 3550 -monitasokytkimeen samaan verkkoon palvelimen kanssa, jossa ajettiin FTP-palvelinohjelmistoa ja jossa testipaketit sijaitsivat. FTP-palvelimena toimi IBM Thinkcentre -työasema, johon asennettiin Microsoft Windows 2003 Server -käyttöjärjestelmä ja IIS-palvelu FTP-palvelinohjelmistoinen. EPDGW:n Gn-portti (sisäverkko) yhdistettiin Cisco 3560 -monitasokytkimeen, johon myös käytettävän puhelinkeskuksen pakettidatayksiköt liitettiin.



Kuva 5. Laboratorioon rakennettu pakettidatan testaamiseen käytetty verkko.

Pakettidatayhteys päätelaitteina käytetyille kahdelle IBM:n kannettavalle tietokoneelle luotiin niihin yhdistettyjen mobiiliterminaalien kautta. Mobiiliterminaaleina käytettiin EADS THR880i -malleja (kuva 6). Mobiiliterminaalit ja tukiasemat toimivat 410 megahertsin taajuudella. Mobiiliterminaaleja käytettiin autotelineissä, joiden kautta saatiin signaali laboratorion keinoverkosta. Keinoverkoissa käytettiin säädettäviä vaimentimia, joilla pystyttiin simuloimaan etäisyyttä tukiasemaan ja toteuttamaan

solunvaihtoja. Mobiiliterminaalit kytkettiin kannettaviin tietokoneisiin DLR-3P-datakaapelilla.



Kuva 6. Testauksessa käytetty mobiiliterminaalit EADS THR880i [23].

Laitteiden konfigurointi suoritettiin seuraavassa järjestyksessä:

- keskus
- EPDGW
- DNS-palvelin
- DWS
- päätelaitteet (kannettavat tietokoneet)
- FTP-palvelin.

Keskuksen konfigurointi

Keskuksen asetusten määrittelyyn MML-komennoilla käytetään terminaalisovellusta. Yhteys muodostetaan joko sarjaportin kautta tai telnet-yhteydellä IP-verkon kautta. Ennen keskuksen konfigurointia on otettava selville tarvittavat tiedot (taulukko 1).

Taulukko 1. Keskuksen konfiguroinnissa tarvittavat tiedot.

Konfiguroinnissa vaaditut tiedot	Testiympäristössä käytetyt asetukset	
PDCU0 IP-osoite	EL0	10.90.93.132 / 24
PDCU0 IP-osoite	EL1	10.90.93.132 / 24
PDCU1 IP-osoite	EL0	10.90.93.133 / 24
PDCU1 IP-osoite	EL1	10.90.93.133 / 24
PDCU oletusreitti	10.90.93.1	
Nimipalvelimen IP-osoite	10.90.93.8	
DNS-toimialue	REL55.MAINTENANCE.LAB	
1. liityntäpisteen nimi	APN1	
2. liityntäpisteen nimi	APN2	
3. liityntäpisteen nimi	APN3	
4. liityntäpisteen nimi	APN4	

Ensimmäinen askel konfiguroinnissa on antaa pakettidatayksiköille IP-osoitteet.

```
ZQRN:PDCU,0::EL0:10.90.93.132,P:24:UP;
ZQRN:PDCU,0::EL1:10.90.93.132,P:24:UP;
ZQRN:PDCU,1::EL0:10.90.93.133,P:24:UP;
ZQRN:PDCU,1::EL1:10.90.93.133,P:24:UP;
```

Tämän jälkeen pakettidatayksiköiden EL0-portit priorisoidaan.

```
ZQRP:PDCU,0:EL0;
ZQRP:PDCU,1:EL0;
```

Priorisoinnin onnistuminen voidaan tarkastaa QRI-komennolla.

```
ZQRI:PDCU;
```

Komennon tulosteesta nähdään, että IP-asetukset ja priorisointi on asetettu oikein (kuva 7).

UNIT	NAME	IP ADDRESS	ADDR TYPE	NML	ASSIGNED	ADM STATE	PRIO- RISED
PDCU-0	EL0	10.90.93.132	P	24	YES	UP	YES
	EL1	10.90.93.132	P	24	NO	UP	NO
PDCU-1	EL0	10.90.93.133	P	24	YES	UP	YES
	EL1	10.90.93.133	P	24	NO	UP	NO

COMMAND EXECUTED

Kuva 7. QRI:PDCU; komennolla nähdään pakettidatayksiköiden IP-asetukset ja priorisoinnit.

Pakettidatayksiköiden staattiset oletusreitit asetetaan osoittamaan suunnitelman mukaiseen monitasokytkimeen, johon yksiköt on kytketty. Vaihtoehtoisesti voitaisiin käyttää OSPF-reititysprotokollaa.

```
ZQRC:PDCU,0:::GW:IP:IP=10.90.93.1;
ZQRC:PDCU,1:::GW:IP:IP=10.90.93.1;
```

Reittien oikeellisuus voidaan tarkistaa komennolla QRL.

```
ZQRL;
```

Määritellään keskuksen käyttämän nimipalvelimen IP-osoite ja toimialue.

```
ZQRK:10.90.93.8,,,"REL55.MAINTENANCE.LAB":NO,NO;
```

Nimipalvelimen asetukset voidaan tarkastaa komennolla QRJ.

```
ZQRJ;
```

PRFILE-parametritiedostosta tarkastetaan käytössä oleva pakettidataversio (kuva 8).

```
ZWOI:45,11;
```

```

MAIN LEVEL COMMAND <___>
< ZWOI:45,11;

LOADING PROGRAM VERSION 8.2-0

EXECUTION STARTED

PARAMETER CLASS: 45      NTN_FEATURE_AND_ATTRI
IDENTIFIER   NAME OF PARAMETER      VALUE      CHANGE POSSIBILITY
00011       PD_SW_VERSION        0001      YES

COMMAND EXECUTED

PARAMETER HANDLING COMMAND <WO_>
<

```

Kuva 8. Komento WOI:45,11; näyttää pakettidataversioiden parametrilistatiedoston PROFILE:stä.

Parametrilistatiedostossa Enhanced Packet Data -versiota merkitään arvolla 1. Mikäli arvo poikkeaa tästä, PROFILE:en määritellään oikea arvo.

```
ZWOC:45,11,1;
```

Kaikissa verkon keskuksissa niiden tukiasemien SNDCP SERVICE- ja ADVANCED LINK SUPPORT -parametrit määritellään käyttöön.

```
ZPCJ::SNDCP=YES,ADVL=YES;
```

Tukiaseman solun määrittelyt tarkastetaan komennolla PCI.

```
ZPCI::SYS;
```

Nimipalvelimelle kerrotaan pakettidatayksiköiden IP-osoitteet ja DNS-nimet muodossa: "dxt(DXT LYHYT-ID)-(PDCU-YKSIKÖN NUMERO)". DXT LYHYT-ID:n saa selville komennolla PIN (kuva 9). PDCU-yksikön numeron ja IP-osoitteen saa selville komennolla QRI (kuva 9). Nimipalvelinta konfiguroitaessa sille annetaan seuraavat DNS-nimet ja IP-osoitteet:

```
dxt0-0 10.90.93.132
```

```
dxt0-1 10.90.93.133
```

```

MAIN LEVEL COMMAND <____>
< ZPIN;

LOADING PROGRAM VERSION 4.3-0

INTERROGATE DXT EXCHANGE DEFINITIONS

DXT ID      SHORT DXT ID   DXT NAME     DF  FF
877115      0           LOHJA        NO  NO
918825      1           VIHTI        YES NO
87658       2           KAUNIAINEN  NO  NO

COMMAND EXECUTED

DXT NETWORK CONFIGURATION HANDLING COMMAND <PI_>
< ZQRI:PDCU;

LOADING PROGRAM VERSION 10.17-0
-
DXTip      LOHJA                      2009-12-17  16:31:35

INTERROGATING NETWORK INTERFACE DATA

UNIT          NAME      IP ADDRESS      ADDR
-----
              NML  ASSIGNED  STATE  PRIOR-
              RISED
PDCU-0        EL0      10.90.93.132   P      24 YES  UP     YES
              EL1      10.90.93.132   P      24 NO   UP     NO
PDCU-1        EL0      10.90.93.133   P      24 YES  UP     YES
              EL1      10.90.93.133   P      24 NO   UP     NO

COMMAND EXECUTED

```

Kuva 9. Nimipalvelinta varten tarvittavat tiedot saa komennoilla PIN; ja QRI:PDCU;.

Pakettidatassa radiotilaajan liityntäpisteinä on pakettidatayhdyskäytävissä sijaitseva APN (Access Point Name). Keskusten APN-parametrit CDD-palvelimelle välitetään verkosta vain yhden keskuksen kautta. Tämä keskus määritellään parametrissa ”HLR of APNs and APN pools”. Komentoon tarvittavan heksanumeroina ilmoitettavan DXT ID:n saa selville komennolla PIN (kuva 9). Asetuksen päivittyminen keskuksen kestä viisi minuuttia.

```
ZPMM:SYS:ID=114:HEX=877115;
```

Parametri tarkastetaan komennolla PMI.

```
ZPMI:SYS:DEC:114;
```

Seuraavaksi keskukseseen konfiguroidaan halutut APN:t. Ensimmäisen APN:n luonnin yhteydessä luodaan myös APN-varanto, johon lisätään kaikki käytettävät APN:t. APN-varannon nimeksi annetaan "APN".

```
ZPBC:APN:1-APN1.REL55.MAINTENANCE.LAB;
```

Luotuun APN-varantoon lisätään muut halutut APN:t.

```
ZPBA:APN:2-APN2.REL55.MAINTENANCE.LAB;
ZPBA:APN:3-APN3.REL55.MAINTENANCE.LAB;
ZPBA:APN:4-APN4.REL55.MAINTENANCE.LAB;
```

Sama APN-varanto ja samat APN:t pitää luoda verkon muihin keskuksiin samassa järjestyksessä kuin ensimmäiseen. Myöhemmin APN:t konfiguroidaan myös pakettidatayhdyskäytävään ja niille luodaan nimipalvelimelle IP-osoite–DNS-nimipari.

EPDGW-palvelimen konfigurointi

Pakettidatayhdyskäytävän konfigurointi aloitettiin kaapeloinnilla ja käyttöjärjestelmän asentamisella. Kaapelointi tehtiin ristikytkennän kautta kytkemällä EPDGW:n Net0- ja Net1-portit niitä varten varattuihin kytkinportteihin. Kytkinten kautta Net0-portti oli yhteydessä Cisco 3560 -monitasokytkimeen ja Net1-portti yhteydessä Cisco 3550 -monitasokytkimeen (kuva 5). Laitteen sarjaliikennettä varten olevaan LOM-porttiin kytkeydyttiin sarjakaapelilla. Verkkokytkennän jälkeen kytkettiin virtakaapelit. Laitteen asentaminen suoritettiin terminaaliohjelman kautta. Terminaaliohjelman asetuksiksi valittiin seuraavat:

- Rate: 9600
- Parity: None
- Data bits: 8
- Stop bits: 1
- Flow controle: Xon/Xoff

EPDGW:n käyttöjärjestelmä on Sun Solaris 11. Käyttöjärjestelmän asentamisen jälkeen asetukset laitettiin kuntoon ja asennettiin Webmin-käyttöliittymä, käyttöliittymän tema ja EPDGW-ohjelmisto. Käyttöjärjestelmän ja ohjelmiston yksinkertainen asennusohje

on liitteessä 1. Ennen asennuksen aloittamista täytyy ottaa selville siinä asetettavat tiedot (taulukko 2).

Taulukko 2. EPDGW-palvelimen asentamisessa tarvittavat tiedot.

Konfiguroinnissa vaaditut tiedot	Testiympäristössä käytetyt asetukset	
Gn-liittynnän IP-osoite	10.90.93.18 / 25	
Gi-liittynnän IP-osoite	10.10.30.5 / 24	
1. liittytapisteen nimi ja IP-osoite	APN1	10.90.93.31 / 25
2. liittytapisteen nimi ja IP-osoite	APN2	10.90.93.32 / 25
3. liittytapisteen nimi ja IP-osoite	APN3	10.90.93.33 / 25
4. liittytapisteen nimi ja IP-osoite	APN4	10.90.93.34 / 25
Nimipalvelimen IP-osoite	10.90.93.8	
Toimialue	REL55.MAINTENANCE.LAB	
EPDGW:n oletusreitti	10.90.93.1	
EPDGW:n isäntänimi	EPDGW	
1. radiotilaajaverkon IP-alue	10.100.55.0 / 26	
2. radiotilaajaverkon IP-alue	10.100.55.64 / 26	
3. radiotilaajaverkon IP-alue	10.100.55.128 / 26	
4. radiotilaajaverkon IP-alue	10.100.55.192 / 26	

EPDGW:n konfiguraatioissa fyysisen Net0-portin nimi on eri0 ja Net1-portin nimi on eri1. EPDGW-palvelimen konfiguroinnin voi tehdä graafisen Webmin-käyttöliittymän kautta tai komentoriviltä. Tässä työssä on käytetty Webmin-käyttöliittymää. Kun palvelimella on käynnistetty Webmin-palvelu, voi siihen ottaa yhteyttä internetselaimella kirjoittamalla osoiteriville palvelimen IP-osoitteen perään ":10000", eli otetaan yhteys porttiin 10 000.

Palvelimen eri0-porttia käytetään Gn-porttina, ja portille luodaan neljä virtuaaliliittymää APN-käyttöä varten. Liityntöjen konfigurointi tehdään "Networking"-valikosta valitsemalla "Network Configuration". Avautuvasta näkymästä valitaan "Network Interfaces" ja jatketaan avautuvasta ikkunasta painamalla linkkiä "Add a new interface".

Avautuvaan ikkunaan (kuva 10) täytetään liitynnän nimi, IP-osoite ja verkon peite ja luodaan liityntä painamalla ”Create”.

[Module Index](#)

Create Active Interface

Active Interface Parameters

Name	<input type="text" value="eri0.1"/>	IP Address	<input type="text" value="10.90.93.31"/>
Netmask	<input type="radio"/> Automatic <input checked="" type="radio"/> 255.255.255.128	Broadcast	<input checked="" type="radio"/> Automatic <input type="radio"/> <input type="text"/>
MTU	<input checked="" type="radio"/> Automatic <input type="radio"/> <input type="text"/>	Status	<input checked="" type="radio"/> Up <input type="radio"/> Down
Hardware address	<input checked="" type="radio"/> Default <input type="radio"/> <input type="text"/>		

[Return to network interfaces](#)

Kuva 10. Virtuaaliliitynnät luodaan fyysisen liitynnän "alle".

Samaan tyyliin luodaan muillekin APN:ille tarkoitetut virtuaaliliitynnät sekä muut tarvittavat fyysiset liitynnät (kuva 11).

[Module Index](#)

Network Interfaces

Active How Activated at Boot

Interfaces listed in this table are currently active on the system. In most cases, you should edit them under the **Activated at Boot** tab.

Select all | Invert selection | Add a new interface.

Name	Type	IP Address	Netmask	Status
<input type="checkbox"/> eri0	Ethernet	10.90.93.18	255.255.255.128	Up
<input type="checkbox"/> eri0.1	Ethernet (Virtual)	10.90.93.31	255.255.255.128	Up
<input type="checkbox"/> eri0.2	Ethernet (Virtual)	10.90.93.32	255.255.255.128	Up
<input type="checkbox"/> eri0.3	Ethernet (Virtual)	10.90.93.33	255.255.255.128	Up
<input type="checkbox"/> eri0.4	Ethernet (Virtual)	10.90.93.34	255.255.255.128	Up
<input type="checkbox"/> eri1	Ethernet	10.10.30.3	255.255.255.0	Up
<input type="checkbox"/> lo0	Loopback	127.0.0.1	255.0.0.0	Up

Select all | Invert selection | Add a new interface.

[Return to network configuration](#)

Kuva 11. Jokaiselle APN:lle luodaan oma virtuaaliliityntä.

Pakettidatayhdyskäytävän käyttämät oletusreitit asetetaan ”Routing and Gateways” -linkin takaa löytyvään ikkunaan. Laitteen käyttämä nimipalvelin asetetaan painamalla ”Hostname and DNS Client” -linkkiä ja täyttämällä kenttiin DNS-tiedot (kuva 12). Vaikka EPDGW kykeneekin toimimaan nimipalvelimena, liitettiin se testiä varten toiseen laboratorion DNS-palvelimeen.

DNS Client Options

Hostname

Update hostname in host addresses if changed?

Resolution order

DNS servers

Search domains None Listed ..

[Return to network configuration](#)

Kuva 12. EPDGW asetettiin käyttämään laboratorion toista nimipalvelinta.

EPDGW-kohtaiset asetukset löytyy ”Others”-valikosta kohdasta ”EPDGW Configurator”. Painamalla ”Access Point Definition” -linkkiä päästään sivulle, jolla voidaan poistaa tai muokata jo olemassaolevia tai luoda uusia APN:iä.

Pakettidatayhdyskäytävälle luodaan neljä APN:ää, jotka luotiin jo keskuksiin ja joita varten EPDGW:lle luotiin virtuaaliliitännät. ”Access Point Definition” -sivulla painetaan ”New Configuration”. Nimeksi APN:lle (kuva 13) annetaan kuvaava nimi, tässä APN1. Kuvaukseen voidaan kirjoittaa APN:n tunnistamiseksi kuvaus, esimerkiksi ”poliisin APN”. Seuraavaksi määritellään suurimmaksi sallituksi yhtäaikaisten paketti-datakontekstien määräksi 100. Sessio- ja lepotilan suurin sallittu kesto asetetaan viikon mittaiseksi. Aikarajat ilmoitetaan sekunteina. Viimeinen asetus yleisten asetusten joukossa on datasäikeiden sekä GTP-tunnelisäikeiden määrä. Molempien arvoksi määritellään yksi.

Access Point Configuration

General Help	
Name	<input type="text" value="APN1"/>
Description	<input type="text" value="access point 1"/>
Max. Active PDP Contexts	<input type="text" value="100"/>
Session Timeout	<input type="text" value="604800"/>
Idle Timeout	<input type="text" value="604800"/>
CDR Generation	<input type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Interim Accounting	<input type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Number of Data Threads	<input type="text" value="1"/>
Number of GTP Threads	<input type="text" value="1"/>

Kuva 13. APN:n yleiset asetukset.

”Tunnels”-osiossa (kuva 14) valitaan käytettävä yhteystyyppi, liittynät sekä IP-osoitteet. Yhteystyyppiä valitaan ”Normal”, joka tarkoittaa IP-liikennettä ethernetin kautta. Gi:n paikalliseksi osoitteeksi asetetaan suunnitelman (taulukko 2) mukaisesti ”10.10.30.3” ja liittynäksi ”eri1”. Gi:n etäpään osoite on porttiin liitetyn monitasokytkimen osoite ”10.10.30.1”. Vaihtoehtoisia osoitteita ei aseteta. Tunnelointiprotokollan data- ja signaalintiosoitteiksi kirjoitetaan kyseiselle APN:lle varattu osoite ”10.90.93.31”. APN:n yhdyskäytäväksi määritellään Gi:n etäpään osoite ”10.10.30.1”. Yhteydenkyselyväliksi ping-komennolla asetetaan viisi sekuntia.

Tunnels Help	
Connection Type	Normal
G _i Local IP Address	10.10.30.3
G _i Local Interface	eri1
G _i Remote End IP Address	10.10.30.1
Secondary G _i Address	0.0.0.0
Secondary G _i Interface	none
Secondary G _i Remote End IP Address	0.0.0.0
GTP Data Address	10.90.93.31
GTP Signaling Address	10.90.93.31
Default Gateway for AP	10.10.30.1
Ping Interval	5

Kuva 14. Normaali yhteystyyppi tarkoittaa IP-liikennettä ethernet-yhteyden yli.

IP-osoitteen jakaminen radiotilaajille (kuva 15) toteutetaan EPDGW-palvelimessa sisäisesti. Osoitteet on mahdollista jakaa dynaamisina eri osoitealueilta, käyttää staattisia osoitteita tai molempia sekaisin. Kun asetukset on konfiguroitu, tallennetaan ne painamalla ”Save information”.

User element IP Assignment

IP Address Generation: [Help](#)

Method

[DHCP](#)
EPDGW
[Radius](#)

Max. Dynamic IP Addresses	<input type="text" value="0"/>	
Dynamic IP Address range 1	<input type="text" value="0.0.0.0"/>	Mask Length <input type="text" value="0"/>
Dynamic IP Address range 2	<input type="text" value="0.0.0.0"/>	Mask Length <input type="text" value="0"/>
Dynamic IP Address range 3	<input type="text" value="0.0.0.0"/>	Mask Length <input type="text" value="0"/>
Dynamic IP Address range 4	<input type="text" value="0.0.0.0"/>	Mask Length <input type="text" value="0"/>
Static IP Address	<input type="text" value="10.100.55.0"/>	Mask Length <input type="text" value="26"/>

Security [Help](#)

Intermobile Traffic Enable Disable

AP Management [Help](#)

Kuva 15. Radiotilaajien käyttöön voidaan määrittellä yksi staattinen ja neljä dynaamista IP-osoitealuetta.

Muiden APN:ien luonti voidaan tehdä muokkaamalla jo luotua APN:ää. Tarvittavat tiedot, kuten nimi ja radiotilaajakäyttöön varatut IP-osoitteet, muutetaan oikeiksi ja tallennetaan uusi APN painamalla ”Save information”.

DNS-palvelimen konfigurointi

EPDGW-palvelimen tapaan nimipalvelimen konfigurointi tehdään Webmin-käyttöliittymän avulla. APN:ien asetusten määrittelyssä nimipalvelimelle (taulukko 3) tulee huomata, että isäntänimien tulee täsmätä keskukseen asetettujen isäntänimien kanssa.

Taulukko 3. Nimipalvelimen asetusten määrittämiseen tarvittavat tiedot.

Konfiguroinnissa vaaditut tiedot	Testiympäristössä käytetyt asetukset	
PDCU0-yksikön nimi ja IP-osoite	dxt0-0	10.90.93.132
PDCU1-yksikön nimi ja IP-osoite	dxt0-1	10.90.93.133
1. liityntäpisteen nimi ja IP-osoite	APN1	10.90.93.31
2. liityntäpisteen nimi ja IP-osoite	APN2	10.90.93.32
3. liityntäpisteen nimi ja IP-osoite	APN3	10.90.93.33
4. liityntäpisteen nimi ja IP-osoite	APN4	10.90.93.34

Laboratorion nimipalvelimessa jo valmiiksi olemassa olevaan toimialueeseen lisätään nimi-osoiteparit PDCU-yksiköille ja APN:ille Webminillä (kuva 16)

Module Index [Apply Zone](#)
[Apply Configuration](#)
[Stop BIND](#)

Address Records

In rel55.maintenance.lab

Add Address Record

Name: Time-To-Live: Default seconds

Address:

Update reverse? Yes Yes (and replace existing) No

Select all | Invert selection.

<input type="checkbox"/>	Name	TTL	Address
<input type="checkbox"/>	[REDACTED]		
<input type="checkbox"/>	Lohja.rel55.maintenance.lab	Default	10.90.93.131
<input type="checkbox"/>	[REDACTED]		
<input type="checkbox"/>	[REDACTED]		
<input type="checkbox"/>	dxt0-1.rel55.maintenance.lab	Default	10.90.93.133
<input type="checkbox"/>	apn1.rel55.maintenance.lab	Default	10.90.93.31
<input type="checkbox"/>	[REDACTED]		

<input type="checkbox"/>	Name	TTL	Address
<input type="checkbox"/>	[REDACTED]		
<input type="checkbox"/>	[REDACTED]		
<input type="checkbox"/>	apn2.rel55.maintenance.lab.rel55.maintenance.lab	Default	10.90.93.32
<input type="checkbox"/>	apn3.rel55.maintenance.lab.rel55.maintenance.lab	Default	10.90.93.33
<input type="checkbox"/>	apn4.rel55.maintenance.lab.rel55.maintenance.lab	Default	10.90.93.34

Select all | Invert selection.

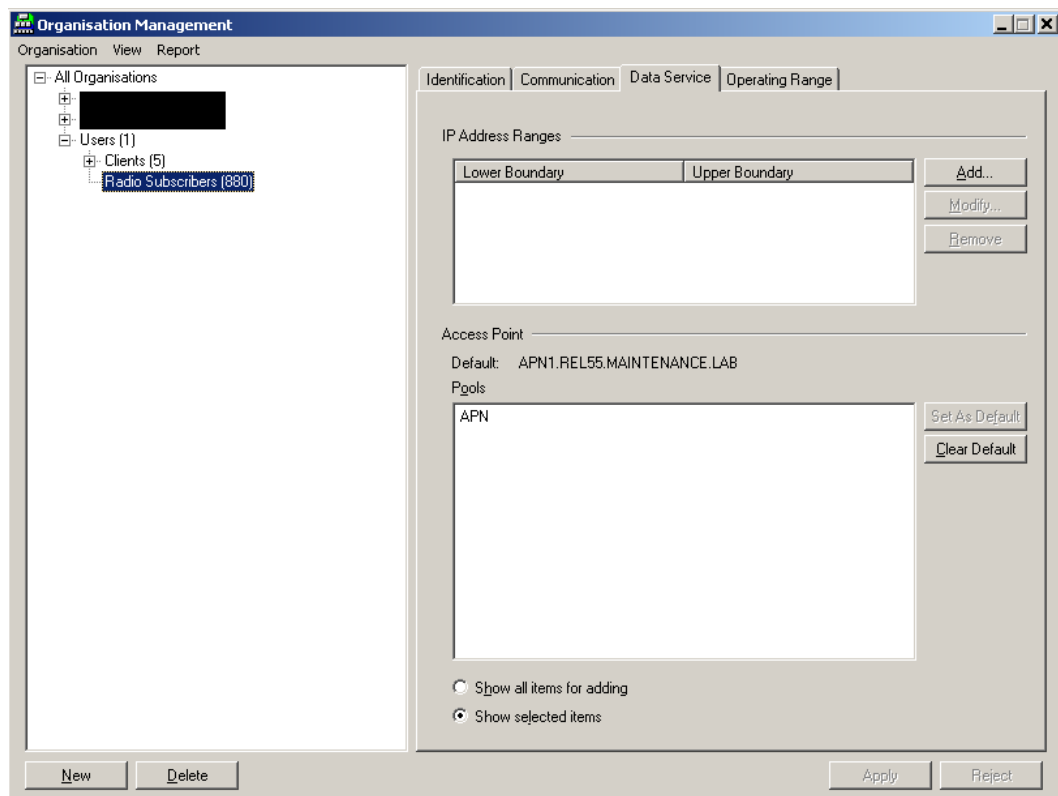
Delete Selected Delete reverses too?

Kuva 16. Nimipalvelimelle syötetään tiedot Webmin-käyttöliittymän kautta.

DWS-työaseman konfigurointi

DWS-työasemalta annetaan organisaatiolle ja radiotilaajalle oikeudet käyttää pakettidatapalvelua. Organisaatiolle voidaan antaa oikeus käyttää yhtä tai useampaa

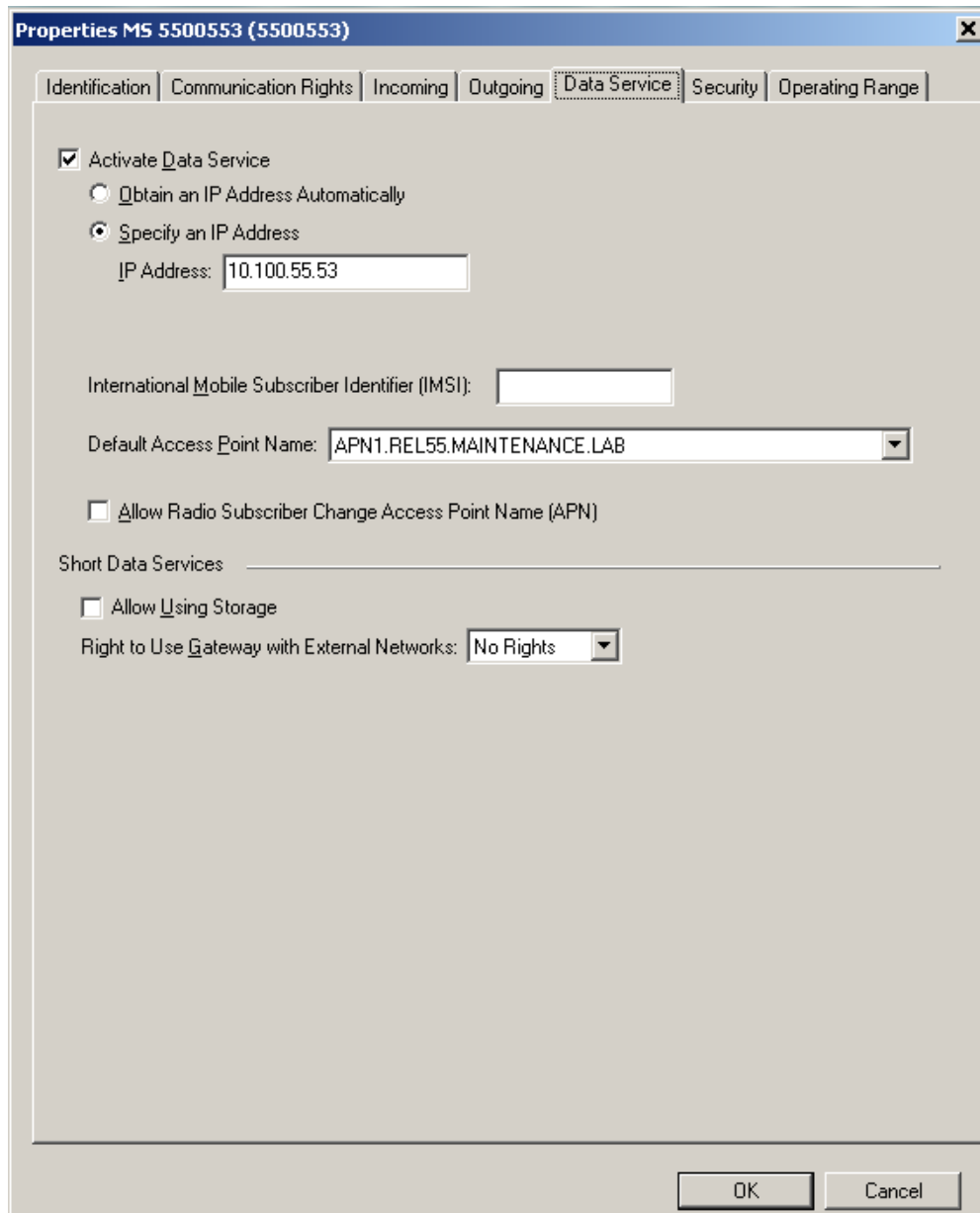
APN:ää ja niistä voidaan valita oletuksena käytettävä APN. DWS-aplikaation ylävalikosta valitaan ”Manage -> Organisations...”. Auenneesta ikkunasta valitaan haluttu organisaatio ja välilehdeltä ”Data Service” (kuva 17) ”Show all items for adding”. Ikkunaan ilmestyy valittavissa olevat APN:t, joista valitaan organisaation käyttämät. Kun valinnat on tehty, ne hyväksytään painamalla ”Apply”. Ikkuna voidaan sulkea.



Kuva 17. DWS-työaseman asetuksista valitaan yksi tai useampi käytettävä APN.

Radiotilajalle annetaan oikeus käyttää pakettidataa valitsemalla DWS-aplikaatiosta ”Manage -> Radio Subscribers”. Radiotilaja voidaan etsiä numeron perusteella valitsemalla ”Search for Radio Subscriber” tai aukaista radiotilajan organisaatiolohko ja valita tilaaja sieltä. Radiotilajan ominaisuuksista valitaan ”Data Service” -välilehdeltä (kuva 18) ”Activate Data Service”. Vaihtoehdoista voidaan valita käytettäväksi joko dynaaminen tai staattinen osoite halutun vaihtoehdon mukaan. Dynaamisessa vaihtoehdossa EPDGW jakaa radiotilajalle sille määritetyn APN:n ensimmäisen käytössä olevan vapaan IP-osoitteen. Käyttäjälle voidaan määrätä pysyvä

IP-osoite valitsemalla staattinen vaihtoehto. Välilehdeltä voidaan valita myös radiotilaajan oletus-APN.



Kuva 18. Radiotilaajan asetuksista määritellään IP-osoitteen saantitapa ja käytettävä oletus APN.

Päätelaitteiden konfigurointi

Päätelaitteina käytettyihin kannettaviin tietokoneisiin asennetaan mobiiliterminaalia varten generisen 9600 bitin modeemin ajuri ja luodaan modeemia käyttävä yhteys. Ohjauspaneelistä valitaan ”Lisää uusi laite”. Windowsin kysyessä, onko laite kytketty, vastataan ”Kyllä”. Seuraavassa ruudussa valitaan ”Lisää uusi laite” ja painetaan

"Seuraava", jonka jälkeen valitaan manuaalinen laitteen lisääminen. Painetaan "Seuraava", valitaan ilmestyvästä valikosta modeemit ja painetaan "Seuraava". Seuraavassa ruudussa valitaan vaihtoehto, jossa voi valita modeemin itse listalta ja painetaan "Seuraava". Listalta valitaan standardi 9600 bitin modeemi ja painetaan "Seuraava". Portiksi valitaan COM-portti, johon datakaapeli on kytketty. Windows asentaa laitteen, kun painetaan "Seuraava".

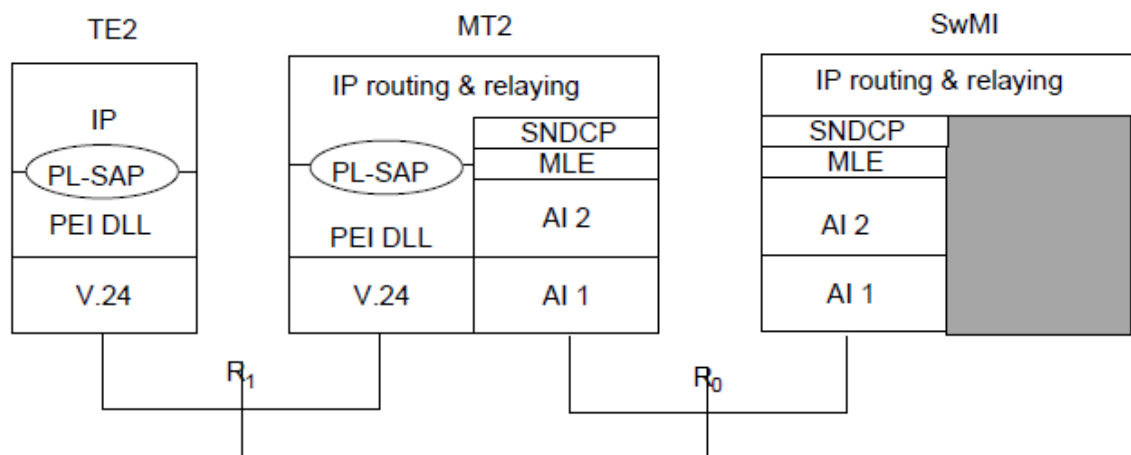
Kun laite on asennettu ja valmis käytettäväksi, luodaan uusi yhteys pakettidataa varten. Verkkoyhteyksistä valitaan uuden yhteyden luontityökalu. Vaihtoehtoista valitaan käytettäväksi dial-up-yhteys. Nimeksi voidaan antaa esimerkiksi EADS TETRA -pakettidata. Puhelinnumeroksi kirjoitetaan pakettidatayhteyttä käytettäessä tarvittava numero *99#. Yhteys voidaan luoda omaan tai kaikkien käyttöön ja pikakuvake voidaan luoda työpöydälle.

Yhteyden avaaminen

Kun kaikki tarvittavat määritykset on tehty, on pakettidatayhteys valmis avattavaksi. Vain noin kymmenessä sekunnissa avautuvassa yhteydessä luodaan ensin pakettidata-konteksti. Yhteydessä käytettävän SNDCP-protokollan (SubNetwork Dependent Convergence Protocol) kaksi päätehtävää on luoda ja ylläpitää konteksti sekä hallita tiedonsiirtoa mobiilikäyttäjän ja TETRA-järjestelmän välillä. Mobiilikäyttäjä käynnistää pakettidatankontekstin luomisen avaamalla yhteyden ikonista. Kontekstin luomisessa neuvotellaan käyttäjälle annettava IP-osoite sekä valinnaisesti yhteyden käyttämät muut asetukset, kuten palvelunlaatu ja pakkausalgoritmi. Tavallisesti pakettidataliikenne ohjataan PDCH-kanavalle, vaikkakin keskus voi sallia mobiiliterminaalin käyttää myös pääkutsukanavaa pakettien lähettämiseen. Ennen kuin lähetys PDCH-kanavalla voi alkaa, täytyy kuitenkin mobiilikäyttäjän ja tukiaseman välille muodostaa kaksisuuntainen yhteysorientoitunut "Advanced Link". Kontekstin luomisen yhteydessä mobiilikäyttäjälle annettu IP-osoite liitetään kuuluvaksi käyttäjän ITSI-numerolle ja EPDGW-palvelimen ja pakettidatayksiköiden välille luodaan GTP-tunneli. [24, s. 887.]

Kun käyttäjä avaa yhteyden ikonista, päätelaite (tietokone) pyytää IP-osoitetta mobiiliterminaalilta. Mobiiliterminaalilla lähetetään pakettidatankontekstipyynnön keskukselle, ja mikäli mobiilikäyttäjällä on lupa käyttää pakettidatapalvelua, keskus kysyy nimipalvelimelta keskukseseen asennetun APN:n IP-osoitteen. Keskus lähettää saamaansa IP-osoitteeseen pakettidatan avauspyynnön. EPDGW vastaa kontekstivastauksella antamalla keskukselle radiotilaajan IP-osoitteen ja muodostamalla GTP-tunnelin Gn-rajapinnan ja keskuksen PDCU:n välille. Keskus toimittaa IP-osoitteen mobiiliterminaalille, joka välittää IP-osoitteen edelleen päätelaitteelle, ja yhteys on valmis käytettäväksi.

Kuva 19 kuvaa päätelaitteen (TE2), mobiiliterminaalin (MT2) ja verkkoinfrastruktuurin (SwMI) välillä kulkevassa tiedossa käytettäviä protokollia IP-liikenteessä. Alimmalla tasolla mobiiliterminaalilla keskustellaan päätelaitteen kanssa V.24-sarjaliikennestandardia käyttäen ja verkon kanssa ilmatierajapinnan mukaisesti. Ylemmällä tasolla protokollana mobiililaitteen ja verkon välillä toimii SMDCP.



Kuva 19. Mobiiliterminaalien ja verkon välillä käytettävät standardit [24 s. 886].

5.3 Siirtonopeuden testaaminen

Kun yhteys on saatu luotua tarvitaan testaamista varten siirrettäviä tiedostoja. Windowsin fsutil-komennolla voidaan luoda halutun kokoisia tiedostoja. Esimerkiksi komento "fsutil file createnew tiedosto.fil 1024" luo tiedosto.fil-nimisen tiedoston, jonka koko on 1024 tavua. Tiedostot luodaan melko pieniksi hitaan yhteyden vuoksi.

Käytettävät tiedostokoot ovat 5, 10, 50 ja 100 kilotavua ja erikokoisia tiedostoja luodaan 50 kutakin. Tiedostot tallennetaan FTP-palvelimen jaettuun kansioon. Päätelaitteelta muodostetaan pakettidatayhteys ja FTP-ohjelmalla avataan yhteys palvelimeen.

Siirtonopeutta mitataan siirtämällä suuri määrä tiedostoja kerralla. FTP-ohjelmasta asetetaan lokitiedoston kirjoitus päälle, jotta toteutuneet siirtoajat saadaan muistiin. Tiedostot siirretään FTP-palvelimelta aina viisikymmentä kappaletta kerrallaan yhtä kokoluokkaa kohti. Samaan aikaan ei luoda muuta liikennettä, jotta olosuhteet pysyvät samana kaikissa testeissä. Kun tiedostot on siirretty, katsotaan lokitiedostosta ensimmäisen tiedoston lataamisen aloitusajankohta ja viimeisen tiedoston valmistumisen aika. Näin saadaan laskettua keskimääräinen siirtonopeus jakamalla tiedostojen yhteiskoko siirtoon käytetyllä ajalla.

TFTP on tarkoitettu yksittäisten tiedostojen siirtämiseen, joten sitä varten luodaan suurempia tiedostoja. Tiedostoista luodaan 250, 500, 2500 ja 5000 kilotavun kokoiset. Siirtoa varten palvelimella käynnistetään TFTP-palvelinohjelma Pumpkin. Tiedostot ladataan palvelimelta päätelaitteelle samalla ohjelmalla. Myös TFTP-ohjelmalla luodaan lokitiedosto, josta saadaan toteutuneet siirtoajat.

5.4 Tulokset

Tuloksista (taulukko 4) voidaan todeta, että nykypäivän kaupallisiin langattomiin yhteyksiin verrattuna TETRA pakettidata on erittäin hidas yhteys; niiden siirtonopeudet yltyvät useaa megabittiin sekunnissa. Toisaalta jos ajatellaan TETRA-pakettidatan käyttökohteita, voidaan todeta, että kaistanopeus riittää niihin hyvin. Esimerkiksi poliisin suorittama tietokantakysely ajoneuvojen rekisterikilpitietokannasta tai sähköyhtiön sähkömittareiden etäluku saattaa olla vain satojen tavujen kokoinen. Sähköpostikin ilman liitetiedostoja tai kuvia ovat muutaman kilotavun luokkaa. Vaikka web-sivujen selaaminen tai suurten tiedostojen lataaminen mahdollista onkin, ei yhteyttä ole suunniteltu käytettäväksi niihin.

Taulukko 4. Toteutuneet siirtoajat (nettonopeus).

Siirto- protokolla	Koko (t)	Aika (s)	Aika / paketti (s)	Siirtonopeus (kbit/s)
FTP	50*5=256 000	940	18,8	2,18
FTP	50*10=512 000	1649	32,98	2,48
FTP	50*50=2 560 000	6757	135,14	3,03
FTP	50*100=5 120 000	14355	287,1	2,85
TFTP	1*256 000	841	841	2,44
TFTP	1*512 000	1740	1740	2,35
TFTP	1*2 560 000	8028	8028	2,55
TFTP	1*5 120 000	-	-	-

5.5 Johtopäätökset

Toteutuneet siirtonopeudet (taulukko 4) vastaavat kirjallisuudesta löydettyjä arvoja. Testauksen aikana olosuhteet pyrittiin pitämään vakiona. Mobiiliterminaalit saivat signaalin laboratorion keinoverkosta, eikä verkossa käytetty pakettidataa mihinkään muuhun. Näin ollen testituloksia voidaan pitää luotettavina. Suurimman yksittäisen tiedoston siirto TFTP-yhteydellä ei onnistunut. Varmuutta epäonnistumisen syystä ei saatu, mutta luultavimmin se johtui jonkin ajastimen määrääjän umpeutumisesta. Suuren tiedoston pitkän siirtoajan vuoksi, ja koska pakettidataympäristöä tarvittiin muuhun käyttöön, ei siirtämistä voitu yrittää toistaa.

Viranomaisten tarpeet langatonta yhteyttä varten eroavat kansalaisten tarpeista. Siten kaupallisia langattomia verkkoyhteyksiä ei voida pitää TETRA-pakettidatayhteyden kilpailijoina. Parhaassa tapauksessa kaupallinen verkkoyhteys toimii TETRA-pakettidatayhteyden rinnalla sitä täydentävänä. Mikäli tarvitsee siirtää suurempia datamääriä ilman salauksen tarvetta, voi kaupallinen 3G-yhteys olla järkevin vaihtoehto. Kun kyseessä on salassa pidettävää tai muuten arkaluontoista tietoa, on TETRA-pakettidatayhteys salauksineen parempi vaihtoehto. [25.]

Kaupalliseen GSM- tai GPRS-yhteyteen verrattaessa yksi merkittävä etu on palveluiden saatavuus. Yhteyden muodostaminen käy nopeammin TETRA-verkossa, ja suurten yleisötahtumien tai esimerkiksi kriisitilanteiden aikana kaupalliset verkot kuormittuvat yleensä jopa niin pahasti, ettei yhteyttä pysty edes muodostamaan. Eduksi voidaan katsoa lisäksi, ettei yhteyttä varten tarvita muita laitteita, sillä pakettidatayhteys hoituu samalla mobiiliterminaalilla kuin muukin käyttö. Etenkin viranomaiskäytössä myös liikenteen salaus on etu, usein jopa ehdoton. [22, s. 17–18.]

6 EADS TETRA -pakettidatapalvelun tulevaisuus

TETRA-pakettidatayhteyden tärkeisiin ominaisuuksiin lukeutuu sen toimintavarmuus. Suurten yleisötapahtumien tai onnettomuustilanteiden aikaan julkisten kaupallisten verkkojen ylikuormittumisen vuoksi ei viranomaistoimintaa voida laskea niiden varaan. Lisäksi kaupallisten toimijoiden ei yleensä ole taloudellisesti kannattavaa rakentaa syrjäisille alueille verkkoa. Viranomaiskäytössä toimintavarmuus ja turvallisuus sijainnista ja ajankohdasta riippumatta ovat verkon keskeisiä vaatimuksia. Tiedonsiirtoon perustuvien järjestelmien ja operatiivisten mallien tehokas käyttö vaatii taatun yhteyden [25]. TETRA-verkon yhteys vastaa viranomaisten vaatimuksia. Yhä monipuolisempien järjestelmien suurempien tiedostokokojen vuoksi TETRA-pakettidatayhteyden tiedonsiirtokapasiteetin kasvattamiselle on kuitenkin suuret paineet.

PMR-käyttäjien kasvavaan tarpeeseen siirtyä puhekeskeisistä datakeskeisiin toimintoihin EADS:n ratkaisu nopeammaksi verkkoyhteydeksi on ETSI:n TETRA 2-standardiin perustuva TEDS (TETRA Enhanced Data Service). Standardi on jo valmis ja siihen liittyvä ensimmäinen TETRA TEDS -laitteiden yhteentoimivuuteen tähtäävä TETRA Associationin hallinnoima TIP-dokumentointi (TETRA Interoperability Profile) on saatavilla. [25.]

Kesäkuussa 2007 EADS esitteli ensimmäisenä yrityksenä maailmassa TEDS-järjestelmän. Ohjelmiston kehitys on jatkunut ja nyt ollaan siirtymässä asiakastestaukseen. EADS aloittaa testaamisen Suomen viranomaisten käytössä olevan VIRVE-verkon kaltaisessa verkossa yhdessä verkko-operaattori Suomen Erillisverkot Oy:n kanssa. Ensimmäiset ohjelmistot ja laitteistot on tarkoitus asentaa huhti–toukokuussa. Palvelua testataan asiakkaan kanssa. Näin ollen tuotteen kehittämiseen osallistuu kokeneita käyttäjiä ja tuote saadaan vastaamaan paremmin asiakkaan tarpeita. Testauksen yhteydessä voidaan todeta myös TEDS:in myötä kasvanut siirtonopeus sekä uuden tekniikan verkon peittoalue. [26.]

Käytössä olevasta kaistanleveydestä, modulaatiosta ja virheenkorjauksesta riippuen TEDS:in nopeudet vaihtelevat 36 kilobitistä 691 kilobittiin sekunnissa. Tavallisesti

käytettävällä 50 kilohertsin kaistanleveydellä ylletään parhaassa tapauksessa 230 kilobittiin sekunnissa, joka tarkoittaa pakettidatan käyttäjälle 160 kilobitin virheenkorjaamatonta siirtonopeutta tai kahdeksankertaista lyhytsanomakapasiteettia verrattuna TETRA 1 -verkon kutsukanavaan. [27.] Nopeampi yhteys mahdollistaa vanhojen palveluiden lisäämisen ja uusien kehittämisen.

Myös TETRA 3 -standardi on suunnitteilla. Suuntana nopeammaksi datayhteydeksi uudessa standardissa on ollut LTE-projektin (Long Term Evolution) nimellä kulkeva tekniikka [28]. LTE:n latausnopeuden odotetaan olevan vähintään 100 ja lähetysnopeuden 50 megabittiä sekunnissa. Näin suuret nopeudet mahdollistavat pakettidatan käytön muun muassa langattomaan videovalvontaan, reaaliaikaiseen videoneuvotteluun ja suurten tiedostojen siirtämiseen pakettidatayhteyden avulla. Realistinen arvio LTE-tekniikan käyttöönottoon TETRA-järjestelmässä on vasta muutaman vuoden kuluttua. Sitä ennen nopeimpana vaihtoehtona datayhteydeksi TETRA-järjestelmässä on TEDS. [29.]

7 Yhteenveto

Insinööriyön laajuutena pidetään vähintään kahden ja puolen kuukauden kokopäiväistä panostusta. Tätä työtä tehdessä aika täytyisi varmaankin kertoa kolmella. Työn raportin tekeminen osoittautuikin työn helpoimmaksi osa-alueeksi. Koska lähdin tekemään työtä ilman aiempaa taustatietoa, muodostui taustatiedon hankkimisesta ja järjestelmän opettelemisesta työn suurin osuus. Opitun tiedon määrää on vain hankala sisällyttää raporttiin.

Uuden järjestelmän käyttöönotossa hankalaksi muodostui auttavien käsien puute. Kun silloinen asennusohjeen ensimmäinen versio oli laadultaan enintäänkin vain välttävä ja toista vastaavaa järjestelmää, josta olisi voinut ottaa mallia, ei ollut, tuli "kokeile ja opi"-metodista asennuksen aikana lähin ystävää. Loppujen lopuksi osittain myös tämän työn avustuksella tehtiin asennusopas asiakasdokumentaatiota varten.

Testiprosessin aikanakaan ei harmailta hiuksilta vältytty. Milloin ei päänvaivaa syntynyt jonkun pienen parametrin unohtamisesta tai muusta omasta virheestä, tarvittiin testiverkon jotain osaa muuhun käyttöön. Myös EPDGW-palvelimen uutuus antoi oman haasteensa työlle. Työn aikana selvisi esimerkiksi ohjelmiston ohjelmointivirhe, jossa staattista IP-osoitetta käytettäessä pakettidatayhteyttä ei voitu enää luoda uudelleen, mikäli se kerran oli jo katkennut. Tämä johtui siitä, että EPDGW ei vapauttanutkaan IP-osoitetta, kun staattista osoitetta käyttävä laite katkaisi yhteyden. Yritettäessä luoda uutta yhteyttä EPDGW ilmoitti IP-osoitteen olevan käytössä. Yhteyden pystyi muodostamaan uudelleen vaihtamalla staattista osoitetta. Myöhemmin ilmeni, että vika oli huomattu toisessakin testissä ja korjauskin oli jo saatavilla.

Testitulosten (taulukko 4) osalta ei ilmaantunut mitään yllättävää tai uutta. 2–3 kilobitin sekuntivauhti vastasi odotettuja tuloksia. Testauksen laajentaminen asiakassovellusten testaamiseen ja niiden toiminnan tutkimiseen olisi ollut hyvä lisä työhön. Testilaboratorion pakettidataympäristöön ei kuitenkaan ollut saatavilla asiakassovellusjärjestelmää. Itselleni tärkeimpänä tavoitteena ollut pakettidatapalvelun asentamisen ja käytön opettelu täyttyi odotuksianikin paremmin. EPDGW-palvelimen kaapelointi, Solaris-

käyttöjärjestelmän asennus ja käyttö sekä EPDGW-ohjelmiston asetusten laittaminen ja käyttäminen tuli työhön käytettyjen kuukausien aikana harjoiteltua useaan otteeseen. Harjoittelun jälkeen pääsin käyttämään opittuja taitoja myös asiakkaan luona. Vastuulleni annettiin ensimmäisten asiakkaan tuotantoverkkoon liitettävien kahden EPDGW-palvelimen asentaminen. Käyttöjärjestelmän ja ohjelmistojen asennuksen ja kaapeloinnin jälkeen oli palkitsevaa saada järjestelmä toimimaan.

Työn pohjalta on tarkoitus tehdä vielä toimivampi ja yksinkertaistempi ohjeistus pakettidatapalvelun asentamiseen EADS:n työntekijöitä varten. Lisäksi taulukoista 1–3 on tarkoitus muokata esitietovaatimuslomake. Jotta vältetään turhilta viivästyksiltä, asiakasta pyydetään täyttämään lomake ennen pakettidatapalvelun asentamista asiakkaan verkkoon.

Lähteet

1 References. (WWW-dokumentti.)

<<http://eads.com/1024/en/businet/defence/dcs/solutions/pmr/references/references.html>

> Päivitetty 10.3.2009. Luettu 4.3.2010.

2 HelenNet - 10 years and counting. Tetra touch. Tetra customer newsletter, 3/2007.

3 Suominen, Arja. Nokia implements first TETRA mobile radio network in Austria. (WWW-dokumentti.) Nokia Telecommunications.

<http://press.nokia.com/PR/199810/778531_5.html> 7.10.1998. Luettu 3.3.2010.

4 Enhanced IP Packet Data Service. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Marraskuu 2008.

5 EADS, The step beyond. Yritysesite, sisäinen dokumentti. 3.3.2010.

6 About us, EADS at glance. (WWW-dokumentti.) Päivitetty 26.6.2009. Luettu

3.3.2010. <http://eads.com/1024/en/eads/eads_at_a_glance/eads_at_a_glance.html>

7 Product range. (WWW-dokumentti.) Päivitetty 19.1.2010. Luettu 7.4.2010.

<<http://eads.com/1024/en/businet/businet.html>>

8 System Overview for an End User. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Maaliskuu 2009.

9 Prof. Katz, Randy H. CS 294-7: Digital Modulation.

(WWW-dokumentti.) CS Division, University of California, Berkeley.

<<http://www.sss-mag.com/pdf/1modulation.pdf>>. 1996. Luettu 4.3.2010.

10 Guide lines for network planning. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Maaliskuu 2009.

11 DXTip and DXTTip Product Description. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Helmikuu 2009.

12 TB3 Product Description. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Tammikuu 2009.

13 Product Description of the EADS TETRA Dispatcher Workstation (DWS). EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Helmikuu 2009.

14 CDD Server and Audit Trail Server, Product Description. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Maaliskuu 2009.

15 Technical Description. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Maaliskuu 2009.

16 Authentication in the EADS TETRA System. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Marraskuu 2007.

17 Performance Management Measurements in the DXT. EADS Defence & Security Customer Documentation. Maaliskuu 2009.

18 Introduction to Features. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Helmikuu 2009.

19 TETRA Enhanced Packet Data Gateway, Product Description. EADS TETRA System Release 5.5. EADS Defence & Security Customer Documentation. Syyskuu 2008.

20 Infoworld. Kuva Solaris-palvelimesta.
<<http://www.infoworld.com/infoworld/img/13TC-sun-sparc-t5120.jpg>>

21 Packet switching. (WWW-dokumentti.) The free dictionary by Farlex.
<<http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Packet-switched+data+network>>. Luettu 5.3.2010.

22 Pennanen, Jukka. Liikenteen automaattisten mittapisteiden (LAM) tiedon siirtäminen TETRA teknologian avulla. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 46/2003. Tiehallinto. Helsinki: Oy Edita Ab, 2003.

23 Armyrecognition. Internet Military Magazine. Kuva EADS THR880i-mobiiliterminaalista.
<http://www.armyrecognition.com/images/stories/europe/france/military_equipment/THR880i_EADS_portable_radio/pictures/THR880i_Handportable_Radio_EADS_001.jpg>

24 European Telecommunications Standards Institute. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2:Air Interface (AI). 2007.

25 Pesonen, Tero. Head of Fortecor® Business Programme. EADS Secure Networks Oy, Helsinki. Haastattelu 31.3.2010.

26 Tartivel, Nelly. Finnish network to perform world's first tests of high-speed TETRA data from EADS Defence & Security. (WWW-dokumentti.)
<http://www.eads.com/1024/en/pressdb/pressdb/20100302_eads_defence_dcs_vivre.html>. 2.3.2010. Luettu 7.4.2010

27 Pesonen, Tero. Fortecor®. EADS Fortecor® TEDS Information. Sisäinen dokumentti. 31.3.2010.

28 Eloranta, Timo. System Architect, EADS Secure Networks Oy, Helsinki. Keskustelu 14.4.2010.

29 3GPP Long Term Evolution. (WWW-dokumentti.) Wikipedia, the free encyclopedia. < http://en.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution>. Muokattu 13.4.2010. Luettu 14.4.2010.

Liite 1: Yksinkertainen ohje Sun Solaris -käyttäjärjestelmän asennukseen EPDGW-palvelimelle.

Valikossa käytetään valitsemiseen näppäimiä F1-F6 tai mikäli ne eivät toimi Esc+numero toimii.

Valitse kieleksi englanti kirjoittamalla 1 ja painamalla **F2**

Jatka painamalla **F2**

Jatka painamalla **F2**

Onko kone verkotettu? Valitse **"yes"** ja paina **F2**

Mitkä verkkoliitynnät määritellään. Valitse **eri0** ja **eri1** ja paina **F2**

Mikä on ensisijainen verkkoliityntä. Valitse **eri0** ja paina **F2**

Käytetäänkö eri0-portille DHCP-palvelinta? Valitse **"no"** ja paina **F2**

Määritä isäntänimi eri0-portille. Kirjoita **"rel55epdgw"** ja paina **F2**

Määritä IP-osoite eri0-portille. Kirjoita **10.90.93.18** ja paina **F2**

Onko laite osa aliverkkoa? Valitse **"yes"** ja paina **F2**

Määritä aliverkon peite. Kirjoita **255.255.255.128** ja paina **F2**

Käytetäänkö Ipv6:ta? Valitse **"no"** ja paina **F2**

Oletusreitti eri0-portille. Valitse **"Specify one"** ja paina **F2**

Oletusreitittimen osoite. Kirjoita **10.90.93.1** ja paina **F2**

Varmista tiedot painamalla **F2** tai muuta niitä painamalla **F4**

Käytetäänkö eri1-portille DHCP-palvelinta? Valitse **"no"** ja paina **F2**

Määritä isäntänimi eri1-portille. Kirjoita **"Rel55Gi"** ja paina **F2**

Määritä IP-osoite eri1-portille. Kirjoita **10.10.30.3** ja paina **F2**

Onko laite osa aliverkkoa? Valitse **"yes"** ja paina **F2**

Määritä aliverkon peite. Kirjoita **255.255.255.0** ja paina **F2**

Käytetäänkö Ipv6:ta? Valitse **"no"** ja paina **F2**

Oletusreitti eri1-portille. Valitse **"Specify one"** ja paina **F2**

Oletusreitittimen osoite. Kirjoita **10.10.30.1** ja paina **F2**

Varmista tiedot painamalla **F2** tai muuta niitä painamalla **F4**

Hyväksy oletusreitti virheilmoituksesta huolimatta. Valitse **"yes"** ja paina **F2**

Määritetäänkö Kerberos todennusprotokolla? Valitse **"no"** ja paina **F2**

Varmista tiedot painamalla **F2** tai muuta niitä painamalla **F4**

Nimipalvelujärjestelmä: Valitse **"DNS"** ja paina **F2**

Toimialue: Kirjoita **"rel55.maintenance.lab"** ja paina **F2**

Nimipalvelimen osoite: Kirjoita **10.90.93.8** ja paina **F2**

DNS hakulista: paina **F2**

Varmista tiedot painamalla **F2** tai muuta niitä painamalla **F4**

Järjestelmä ilmoittaa nimipalvelinvirheestä ja kysyy määritelläänkö uusi nimipalvelu. Valitse **"no"** ja paina **F2**

Käytä järjestelmän laatimaa NFSv4 toimialuemääritystä ja paina **F2**

Varmista tiedot painamalla **F2** tai muuta niitä painamalla **F4**

Valitse mantereeksi **eurooppa** ja paina **F2**

Valitse maaksi **Suomi** ja paina **F2**

Hyväksy oletuspäivämäärä ja -kellonaika painamalla **F2**

Varmista tiedot painamalla **F2** tai muuta niitä painamalla **F4**

Määritä **salasana** ja **varmista se toiseen kenttää** ja paina **F2**

Valitse Solariksen asennustavaksi standardi painamalla **F2**.

Poistetaanko asennuslevy automaattisesti? Valitse **"no"** ja paina **F2**

Käynnistetäänkö laite uudelleen automaattisesti? Valitse **"yes"** ja paina **F2**

Liite 1: Yksinkertainen ohje Sun Solaris -käyttöjärjestelmän asennukseen EPDGW-palvelimelle.

Valitse käytettäväksi mediaksi **CD/DVD** ja paina **F2**

Hyväksy lisenssi painamalla **F2**

Minkä maiden tuki asennetaan? Paina **F2**

Paikallinen järjestelmä: Valitse **"POSIX C"** ja paina **F2**

Vaihtoehtoisia tuotteita: Valitse **"none"** ja paina **F2**

Tiedostojärjestelmä: Valitse **"ZFS"** ja paina **F2**

Asennettava ohjelmisto: Valitse **"End User System Support"** ja paina **F2**

Asennusohjelma antaa varoituksen, paina **F2**

Valitse levyt: Valitse **"cit0d0"** ja paina **F2**

Säilytetäänkö aiempi tieto levyllä? Paina **F2**

Määritä ZFS asetukset: Paina **F2**

Profiili: Paina **F2** aloittaaksesi asennuksen

Valitse käytettävä näppäimistötyyppi: Valitse **"UK English"** ja paina **F2**

Nyt asennusohjelma on valmis.

Kun asennus on valmis ja palvelin käynnistynyt uudestaan, kirjaudu sisään root-käyttäjänä.

Luo uusi ryhmä: **"groupadd -g 100 tetra"**

Luo uusi käyttäjä: **"useradd -g tetra -u 101 -c "epdgw account" -d /export/home/epdgw -m -s /usr/bin/bash epdgw"**

Luo käyttäjälle salasana: **"passwd epdgw"** ja syötä käytettävä salasana kahdesti

Mene asennuskansioon: **"cd /cdrom/sol_11_sparc/s2/Solaris_11/Product/"**

Asenna "less": **"pkgadd d. SUNWless"**

Asenna "man": **"pkgadd d. SUNWman"**

Mene root-hakemistoon: **"cd /root"**

Kopioi .bashrc-tiedosto: **"cp /cdrom/cdrom0/bashrc/.bashrc"**

Mene ulos bash:ista: **"exit"**

Mene sisään bash:iin: **"bash"**

Mene epdgw-käyttäjän hakemistoon: **"cd /export/home/epdgw"**

Kopioi .bashrc-tiedosto myös epdgw-käyttäjälle: **"cp /cdrom/cdrom0/bashrc/.bashrc"**

Muokkaa .bashrc-tiedosto oikeanlaiseksi: **"vi .bashrc"**

Tiedoston tulisi näyttää seuraavalta:

```
PS1='u@h: w/$ '
MANPATH=$MANPATH:/usr/local/man
PATH=$PATH:/usr/local/bin
alias path='echo -e ${PATH//:\n}'
alias logs='cd /logs'
alias mes='tail -f /var/adm/messages'
alias ll='ls -alh | more'
alias h='history 40'
alias a='alias'
```

Vaihda .bashrc-tiedoston omistajuus epdgw-käyttäjälle: **"chown epdgw:tetra .bashrc"**

Luo kansio levyn kopiointia varten: **"mkdir /var/tmp/epdgwsw"**

Mene cd-levyn hakemistoon: **"cd /cdrom/cdrom0"**

Kopioi cd-levyn sisältö kiintolevylle: **"cp -r * /var/tmp/epdgwsw"**

Mene Webminin asennuskansioon: **"cd /var/tmp/epdgwsw/webmin-1.441/"**

Asenna Webmin: **"pkgadd -d webmin-1.441"**

Liite 1: Yksinkertainen ohje Sun Solaris -käyttöjärjestelmän asennukseen EPDGW-palvelimelle.

Mene samassa verkossa olevalla koneella selaimella EPDGW:n webmin-porttiin osoitteella: "**http://10.90.93.18:10000/**" käyttäjätunnuksella **root**.

Asenna ja ota käyttöön EADS-teema Webminiin: klikkaa webmin -> webmin configuration -> webmin themes

valitse "**from local file**" ja kirjoita kenttään "**/var/tmp/epdgsw/webmin_modules/eads-theme.wbt.gz**" ja paina "**install**"

Palaa takaisin painamalla "**Return to Webmin configuration**"

Klikkaa "**Webmin Themes**" ja valitse avautuvalta sivulta pudotusvalikosta "**EADS Framed Theme**" ja paina "**change**"

Palaa takaisin "**Webmin Configuration**" -ikkunaan

Asenna Webminiin EPDGW-moduuli: Klikkaa "**Webmin Modules**"

Kirjoita "**From local file**" -tekstikenttään "**/var/tmp/epdgsw/Webmin_modules/eads-tetra-config.wbm.gz**" ja paina "**Install module**"

Asenna Webminiin Accelerator konfigurointi-moduuli: Klikkaa "**Webmin Modules**"

Kirjoita "**From local file**" -tekstikenttään "**/var/tmp/epdgsw/Webmin_modules/eads-accelerator-config.wbm.gz**" ja paina "**Install module**"

Palaa takaisin komentokehoteeseen ja mene EPDGW-ohjelmiston asennuskansioon: "**cd /var/tmp/epdgsw/Epdgw**"

Asenna EPDGW-ohjelmisto: "**pkgadd -d EADSEpdgw_sparc_1_0_247_231209.pkg**"

Estä käyttöjärjestelmän pakettien reititys: "**ndd -set /dev/ip ip_forwarding 0**"

Mene Net-snmp -asennuskansioon: "**cd /var/tmp/epdgsw/Net-snmp/Net-SNMP-5.5-1**"

Pura paketti: "**gunzip Net-SNMP.gz**"

Asenna Net-SNMP: "**pkgadd -d Net-SNMP**"

Mene MIB-tiedostojen kansioon: "**cd /var/tmp/epdgsw/Net-snmp/files**"

kopioi MIB-tiedosto: "**cp NET-SNMP-PASS-MIB.TXT /etc/net-snmp/snmp/mibs**"