



PELASTUSOPISTO

PELASTUSTOIMEN LANGATTOMAN TIEDONSIIRRON TARPEET JA TOTEUTUSMAHDOLLISUUDET TULEVAISUUDESSA

Markku Rantama

Kari Junttila

Pelastusopiston julkaisu

B-sarja: Tutkimusraportit 2/2011

ISBN: 978-952-5905-06-9 (PDF)

ISSN: 1795-9160

TIIVISTELMÄ

Tämän hankkeen tavoitteena oli selvittää pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeet ja niiden toteutusmahdollisuudet tulevaisuudessa. Hankkeessa selvitettiin ensin tiedonsiirron nykytilanne, johon ovat vaikuttaneet TETRA-standardin alkuvuosien kehittyminen ja viranomaisverkko VIRVEen standardin pohjalta kehitetyt palvelut. Samalla selvitettiin myös nykytilanteessa olevat ongelmat ja mietittiin niiden ratkaisumahdollisuuksia. Sen jälkeen selvitettiin TETRA-standardin viime vuosien kehitys ja VIRVEn lähiaikoina käyttöönotettavat uudet ominaisuudet ja palvelut, eritoten leveäkaistainen datasiirto TEDS. Myös TETRA:n ja VIRVEn tulevaisuuden teknologisia mahdollisuuksia on pyritty hahmottelemaan.

Tämän jälkeen on selvitetty haastatteluin, työpajatyöskentelyn avulla ja tähän hankkeeseen läheisesti liittyvien, rinnakkaisten kehityshankkeiden tulosten perusteella, miten pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeet tulevat muuttumaan lähivuosina ja mitkä voisivat olla ne teknologiset ratkaisut, joilla nämä tarpeet voidaan tyydyttää, kun on käynyt ilmeiseksi, että pelkästään VIRVE:n avulla se ei onnistu. Selvitetty teknologiat ovat kaupalliset matkapuhelin-tekniikat (2G/3G/4G/), WiMAX, @450, GSM-R, lähiverkkotekniikka WLAN ja satelliittilajakaistatekniikat. Näistä teknologioista on myös tehty tekniset kuvaukset (liite 1), joista voidaan saada perustiedot ja joiden perusteella niitä on pystytty vertailemaan mietittäessä kunkin sopivuutta pelastustoimen käyttöön.

Lopuksi on analysoitu VIRVE:n ja muiden teknologioiden roolia tulevaisuudessa ja mietitty erilaisia skenaarioita tulevaisuuden kehityksestä.

Yhteenvetona todetaan, että VIRVELLE ei ole näköpiirissä kilpailijaa kriittisen kommunikaation osalta ja VIRVE:n puhepalvelut ovat ylivoimaisia muihin teknologioihin nähden. Datasiirtopalveluissa joudutaan sen sijaan turvautumaan muihin verkkoihin, ainakin ei-kriittisen tiedonsiirron osalta. VIRVE:ssä mahdollisesti tehtävä TEDS-päivitys tuo hieman helpotusta, mutta ei tyydytä laajakaistaisen datasiirron kaikkia tarpeita. Avainasioina ovat monikanavaisuus, mobiilitietoisuus ja sovellusälykyys, joiden avulla tulevat ratkaisut on haettava. Ehdotetut jatkotoimenpiteet ja lisäselvitykset tukevat näiden avainasioiden toteutumista.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO

1	LÄHTÖKOHDAT JA NYKYTILA.....	8
1.1	Hankkeen tavoitteet	8
1.2	Liittymät muihin hankkeisiin.....	8
1.2.1	TOTI-hanke	8
1.2.2	KEJO-hanke	9
1.3	Kriittinen kommunikaatio vs. matkapuhelinpalvelut.....	10
1.4	TETRA-standardin kehittyminen	13
1.4.1	Standardoinnista yleensä	13
1.4.2	TETRA Release 1	13
1.4.3	TETRA Release 2.....	20
1.4.4	TETRA Release 3	27
1.5	VIRVEN kehittyminen	28
1.5.1	VIRVEN historiaa	28
1.5.2	Käyttäjämäärien kehittyminen.....	29
1.5.3	VIRVE vuonna 2011	30
1.5.3.1	VIRVEN tekninen rakenne	31
1.5.3.2	Verkon käytön hierarkisuus	32
1.5.3.3	VIRVEN käyttäjäryhmät.....	32
1.5.3.4	VIRVE kehittyi.....	33
1.6	VIRVEN käyttö pelastustoimessa	34
1.7	VIRVEN ongelmat ja kehittämiskohteet	36
1.7.1	Verkon kuuluvuus	36
1.7.2	Datasiirron ongelmat	37
1.7.3	Nauhoitus ja raportointi	39
1.7.4	Päätelaitteet.....	39
2	TULEVAISUUDEN TARPEET PELASTUSTOIMESSA	41
2.1	Yleistä tulevaisuuden tarpeista	41
2.2	Langattoman tiedonsiirron (puhe + data) tarpeet operatiivisessa toiminnassa	41
2.3	Hätäkeskusuudistus.....	42
2.4	Pelastuslaitosten toiminnan kehittyminen	44
2.4.1	Hätäkeskusuudistuksen vaikutukset pelastuslaitoksissa.....	44

2.4.1.1	Kenttäyksiköiden tunnistaminen	45
2.4.1.2	VIRVEN puheryhmät.....	46
2.4.2	Tietojärjestelmien uudistukset.....	46
2.4.2.1	Nykyisten kenttäjärjestelmien tulevaisuus	47
2.4.2.2	Uudet johtamisjärjestelmät (TOTI / KEJO).....	47
2.4.2.3	Pelastuslaitosten omat tilannekeskukset.....	48
2.4.2.4	Hallinnon turvallisuusverkko TUVE	49
2.4.2.5	Pelastuslaitosten operatiivinen IP-tietoverkko (PeIP).....	51
2.4.3	Moniviranomaisyhteistyö	53
2.4.3.1	Yhteisen tilannekuvan ylläpito.....	53
2.4.3.2	Johtamisjärjestelmien yhteistoiminnallisuus.....	54
2.4.3.3	Hallinnolliset haasteet	56
2.5	Pelastustoimen langattomat tiedonsiirtotarpeet	56
2.5.1	Tiedonsiirron rajapinnat	56
2.5.2	Puhepalvelut	58
2.5.3	Datasiirron palvelut	58
2.5.4	Datasiirron erityisvaatimuksia.....	60
2.5.5	Päätelaitteiden vaatimuksia	62
2.5.6	Kenttäjärjestelmien vaatimuksia.....	62
3	TULEVAISUUDEN TEKNOLOGISET MAHDOLLISUUDET	63
3.1	VIRVEN tulevaisuus	63
3.1.1	Release 5.0.....	63
3.1.2	Release 5.5.....	65
3.1.3	Release 6.0.....	66
3.1.4	Seuraavat järjestelmäjulkaisut	67
3.2	Inter-System Interface (ISI)	67
3.3	TETRA over IP (ToIP)	70
3.4	Päätelaitteet.....	72
3.4.1	Yleistä päätelaitteiden tulevaisuuden näkymistä.....	72
3.4.2	Päätelaitteiden hallinta.....	73
3.4.3	Henkilökohtainen ympäristö.....	73
3.4.4	Ajoneuvoympäristö	74
3.4.5	Dataradiot	75
3.5	VIRVEä täydentävät datasiirtoratkaisut	76

3.6	Verkkoteknologioiden analyysi	77
3.6.1	Tiedonsiirtonopeuksien vertailu	77
3.6.2	Latenssien vertailu	79
3.6.3	Spektritehokkuuden vertailu	81
3.6.4	Verkkojen kuuluvuusalueiden vertailu	81
3.6.5	Taajuusalueiden käyttö manner-Suomessa	83
4	YHTEENVETO: TOTEUTUSMAHDOLLISUUDET JA LOPPUPÄÄTELMÄT	85
4.1	VIRVEN rooli	85
4.1.1	Puhepalvelut	85
4.1.2	Datapalvelut	85
4.1.3	Verkon päivitysmahdollisuuksista	86
4.2	Muiden teknologioiden rooli	88
4.2.1	@450 / WiMAX/ Datame	88
4.2.2	2G/3G	90
4.2.3	4G/LTE	90
4.2.4	WLAN	91
4.2.5	Satelliittiteknologiat	92
4.3	Kehitysskenaarioita	93
4.3.1	Skenaario 1: Kaikki palvelut VIRVEN avulla	93
4.3.2	Skenaario 2: Puhe ja lyhytsanomat VIRVELLä, nopeat datapalvelut muilla verkoilla	94
4.3.3	Skenaario 3: VIRVE korvataan 2020-luvulla jollain muulla	95
4.3.4	Yhteenveto skenaarioista	96
4.4	Miten tästä eteenpäin: faktat, suositukset, lisäselvitykset	97
4.4.1	Yhteenveto nykytilanteesta, faktat (F)	97
4.4.2	Suosituksia (S) jatkotoimenpiteiksi	97
4.4.3	Lisäselvitys- ja kehitystyötä vaativia asioita (L)	98

LÄHDELUETTELO

LYHENTEET

HAASTATTELUT

TYÖPAJAT

LIITTEET

JOHDANTO

Pelastustoimi on viime vuosina kokenut useita muutoksia, jotka ovat oleellisesti vaikuttaneet sen toimintaan: Viranomaisverkko VIRVE otettiin käyttöön vaiheittain vuosina 1998–2003, alueelliset pelastuslaitokset (22 kpl) yhdistivät kuntien omat palokunnat laaja-alaisempaan toimintaan v. 2004, hätäkeskusuudistus vuosina 1993–2005 korvasi erilliset poliisin hälytyskeskukset ja kuntien hätäkeskukset 15:lla viranomaisten yhteisellä hätäkeskuksella. Ja muutoksia on tiedossa myös jatkossa: Hätäkeskusuudistuksen myötä yhdistetään nykyiset hätäkeskukset siten, että vuoteen 2015 mennessä Suomessa on 6 hätäkeskusta, joiden toiminta organisoidaan uudelleen tavoitteena yhdenmukainen, verkottunut, luotettava ja uusiin tietojärjestelmiin pohjautuva toiminta. VIRVEN käyttöönotto on osaltaan mahdollistanut em. toteutuneet muutokset. Hätäkeskusuudistus ja myös muut toiveet ja vaatimukset aikaansaavat tarpeen tarkastella ja arvioida tulevaisuuden tiedonsiirtotarpeita pelastustoimen kannalta. VIRVE on pelastustoimessa merkittävässä roolissa langattomassa viestinnässä. Puheviestintä on nykyään pelastustoimessa merkittävässä roolissa ja sen asema tulee säilymään jatkossakin, vaikka teknologinen kehitys lisääkin dataviestinnän käyttömahdollisuuksia.

Pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeita ja niiden toteuttamista on selvitetty vuonna 2002 Pelastusopiston tutkimusprojektissa: Pelastustoimen langaton tiedonsiirto viranomaisverkossa [1]. Tällöin selvitettiin, mitä tietoa pelastustoimen tehtävien eri vaiheissa on tarpeen siirtää ja mitä tiedonsiirrossa on tarpeen ottaa huomioon. Samalla selvitettiin myös VIRVEN mahdollisuudet tämän tiedon välitykseen.

VIRVEN sekä muiden langattomien tiedonsiirtoverkkojen mahdollisuuksien, käytön sekä suorituskyvyn ja rajoitusten selvitystyö on nähty tarpeelliseksi nyt, kun on kertynyt lisää käyttökokemuksia nykyisten tiedonsiirtokanavien käytöstä operatiivisessa toiminnassa. Myös teknologia on kehittynyt huomattavasti, tarjoten uusia mahdollisuuksia tiedonsiirtoon. On siis tarve selvittää, mitkä ovat pelastustoimen operatiivisen toiminnan tulevaisuuden tarpeet langattoman tiedonsiirron osalta ja mitä mahdollisuuksia nykyiset ja lähivuosien tiedonsiirtotarkaisut tuovat tullessaan.

VIRVEN käyttöönotto on mahdollistanut eri viranomaisten paremman yhteistyön. Verkkoa käyttävät mm. pelastustoimi, poliisitoimi ja sosiaali- ja terveystoimi. Näillä kaikilla on monia samanlaisia tarpeita tiedonsiirrolle, mutta myös omia, muista erottuvia tarpeita. Selvityksen

lähtökohtana on ollut, että huolimatta eroista pyritään löytämään yhteiset ratkaisuvaihtoehdot ja toimintamallit, joihin tukeutumalla näiden toimijoiden tiedonsiirtoratkaisut saadaan mahdollisimman paljon muistuttamaan toisiaan. Tämä helpottaa järjestelmien yhteensovittamista ja aikaansaa kustannusten säästöä, kun ylimääräisestä sovitustyöstä päästään eroon. Samaten tavoitteena on ollut, että ratkaisuja ja toimintamalleja voitaisiin käyttää maanlaajuisesti alueellisissa organisaatioissa (ja ehkäpä myös rajojen yli). Edellä mainitut asiat antavat mahdollisuuden suunnitella keskitettyjä ratkaisuja, joka osaltaan vaikuttaa myös kustannustehokkuuteen.

Pelastustoimen langattoman tiedonsiirron selvitystyö (PELTI-hanke) on organisoitu Pelastusopiston tutkimusyksikön vetämäksi hankkeeksi, jonka sisältö ja tavoitteet määriteltiin hankkeen ohjausryhmässä vuoden 2009 lopulla ja jonka käytännön työ alkoi maaliskuussa 2010. Hankkeen toteutuksessa on ollut mukana Pelastusopiston lisäksi laaja joukko pelastusalan ja verkkotekniikan asiantuntijoita. Palosuojelurahasto on tukenut hankkeen toteuttamista.

Hankkeen loppuraportti koostuu kolmesta osasta: Varsinainen raportti ja kaksi liitettä. Liitteessä 1 on kuvaukset täydentävistä verkkoratkaisuista ja liitteessä 2 on lyhyet kuvaukset suurimmista TETRA-verkoista muualla Euroopassa ja lisäksi katsaus kansainvälisiin pelastusalan kehityshankkeisiin.

1 LÄHTÖKOHDAT JA NYKYTILA

1.1 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli selvittää pelastustoimen operatiivisessa toiminnassa käytettävän langattoman tiedonsiirron nykytila, kehittämistarpeet ja tulevaisuuden ratkaisuvaihtoehdot. Erityisesti tarkasteltiin Viranomaisverkko VIRVEN roolia ja sitä täydentäviä kaupallisia verkkoratkaisuja.

Tarkoituksena oli löytää vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- Miten langatonta tiedonsiirtoa hyödynnetään pelastustoimessa
 - o Nykyinen toimintatapa
 - o Miten tähän on tultu?
 - o Keskeiset ongelmat ja välittömät kehittämistarpeet
- Mitkä ovat tulevaisuuden viestintätarpeet?
 - o Miten operatiivinen pelastustoiminta kehittyy ja miten langaton viestintä tukee toimintaa?
 - o Inhimilliset tekijät ja käytettävyyshäkökohdat
- Teknologian kehitysnäkymät
 - o Miten yleinen kriittinen kommunikaatio kehittyy?
 - o Miten yleinen langaton tiedonsiirto kehittyy?
 - o Miten VIRVE/TETRA kehittyy?
- Millainen on tulevaisuuden pelastustoimen langattoman tiedonsiirron arkkitehtuuri?
 - o Liittymät yleisiin turvallisuusverkkoihin
 - o Liittymät keskeisiin johtamis- yms. sovelluksiin
 - o Toteutusvaihtoehdot ja VIRVE/TETRA:n rooli

1.2 Liittymät muihin hankkeisiin

Meneillään olevat tietojärjestelmien ja toimintamallien muutoshankkeet tuovat mukanaan mittavia uudistuksia turvallisuusviranomaisten toimintakentässä. Hätäkeskusten toiminnan ja tietotekniikan uudistusten myötä syntyi tarve kehittää hätäkeskusrajapinnassa toimivien viranomaisten järjestelmiä ja niiden välistä viestintää.

PELTI-hankkeen aikana on kartoitettu meneillään olevia turvallisuustoimijoiden kehittämishankkeita ja arvioitu niiden vaikutuksia ja rajapintoja suhteessa PELTI-hankkeeseen. Näitä ovat mm. TOTI- ja KEJO-hankkeet, joissa on määritelty eri viranomaisten uusien järjestelmien käyttäjätarpeita ja rajapintoja. Hankkeiden tuottamia määrittelytietoja on hyödynnetty ja jatkojalostettu PELTI-hankkeen työpajoissa

1.2.1 TOTI-hanke

(sisältö perustuu viitteeseen [23])

Viranomaisten yhteisten toimintamallien kehittämishanke

Syksyllä 2008 käynnistyneen Hätaikeskuslaitoksen hätaikeskustoiminnan ja tietotekniikan kehittämishankkeen eli TOTI-hankkeen tavoitteena oli parantaa hätaikeskusten toimintaa ja viranomaisyhteistyötä ja sitä kautta kansalaisten turvallisuuspalveluja. TOTI-hankkeen määrittelyvaihe saatettiin loppuun vuonna 2009.

Vuoden 2010 alussa käynnistettiin TOTI hankkeen toinen vaihe (TOTI2), joka jakautuu kolmeen pääprojektiin:

- toiminnan kehittämisen projektiin (TOKE)
- hankinta- ja käyttöönoton valmistelun projektiin (HAKA)
- kenttäjärjestelmien määrittelyprojektiin (KEJO)

TOTI 2 -hankkeen toiminnallisena tavoitteena on jatkaa hätaikeskusten toiminnan kehittämistä. Tarkoituksena on kehittää viranomaisten yhteisiä toimintamalleja ja -järjestelmiä – ei vain Hätaikeskuslaitoksen sisäistä toimintaa.

Toiminnan kehittämiseen kuuluu viranomaisyhteistyön kehittämisen lisäksi työskentelyn rationalisointi ja salityöskentelyn kehittäminen sekä hätaikeskusten verkottaminen. Lisäksi kehitetään teknistä toimintaympäristöä tukemaan 112-toimintaa sekä hätaikeskusten päivystystoiminnan että kentän viranomaisyksiköiden näkökulmasta.

TOTI 2-hankkeella kohti käyttöönottoa

Hankkeen toisessa vaiheessa toteutetaan määrittelyvaiheessa kuvatun tietojärjestelmän hankinta sekä tietojärjestelmän käyttöönoton suunnittelu ja valmistelu. Lisäksi toteutetaan kentän viranomaistoimijoiden käyttöön tulevan kenttäjärjestelmän toiminnalliset määreet sekä vaatimusmäärittely.

Kuten hankkeen ensimmäisessäkin vaiheessa, myös TOTI 2:ssa ovat mukana Hätaikeskuslaitoksen lisäksi kaikki päivittäiseen 112-toimintaan osallistuvat tahot: poliisi, pelastustoimi, sosiaali- ja terveystoimi ja rajavartiolaitos.

1.2.2 KEJO-hanke

Kenttäjärjestelmien määrittelyprojekti (KEJO) oli osa TOTI 2 -hanketta ja sen tavoitteena oli määritellä sellainen tulevaisuuden kenttäjärjestelmä, joka on osa yhteistä tapahtumankäsittelyjärjestelmää ja tukee kunkin järjestelmää käyttävän viranomaisen kenttätoimintaa ottaen huo-

mioon viranomaiskohtaiset tiedonsaantitarpeet ja erityispiirteet. Mukana hankkeessa olivat poliisi-, pelastus- ja sosiaali- ja terveystoimi sekä Rajavartiolaitos. Kenttäjärjestelmä liittyy reaaliaikaisesti ja saumattomasti viranomaisten yhteiskäyttöiseen tietojärjestelmään (TOTI) ja kunkin viranomaisen omiin toiminnanohjausjärjestelmiin. KEJO-hankkeen lopputuloksena syntyivät vaatimusmäärittelydokumentit, joita voidaan käyttää hyväksi kenttäjärjestelmien hankintaprosessissa. Lisäksi hankkeessa tuotettiin esitys viranomaisten yksikkötunnusmallin uudistamisesta. KEJO jatkuu siten, että syksyyn 2011 mennessä selvitetään sen kustannus- ja tehokkuusvaikutukset.

1.3 Kriittinen kommunikaatio vs. matkapuhelinpalvelut

Kriittisellä kommunikaatiolla (mission critical communication) on seuraavat erityisvaatimukset verrattuna normaaleihin, kaupallisiin tietoliikennepalveluihin [6]–[10]:

- **Palvelun on toimittava kaikissa olosuhteissa:** Yhteyksien ja laitteiden varmennus, varakäyntijärjestelmät, mastopaikkojen valinta.
- **Verkon toimittava myös ylikuormitusilanteissa:** Prioriteetit, kuormanhallinta, alaspurkavat puhelut.
- **Tukiaseman on toimittava, vaikka yhteydet keskukseseen olisivat poikki:** Tukiaseman itsenäinen toiminta (Base Station fallback).
- **Puhelinta/päätelaitetta/radiota on pystyttävä käyttämään, vaikka tukiasemapeittoa ei ole:** suorakanavatoiminta (DMO = Direct Mode Operation).
- **Palvelun kuuluvuusalue on suurempi, kuuluvuus pitää olla myös asumattomilla alueilla.**
- **Kansallinen turvallisuus:** Verkko on oltava viranomaisten hallinnassa ja ohjauksessa sekä suojattuna verkkosodankäynniltä ja muilta turvallisuusuhkilta.
- **Kunnollinen ja toimiva ryhmäpuhelu:** Mahdollistaa työryhmät ja moniviranomaisviestinnän. Ryhmäpuhelu ei saa kuluttaa solukohtaisesti yksittäistä yksilöpuhelua enempää resursseja, vaatii multicast/broadcast-ominaisuutta.
- **Käyttäjä ja verkko on pystyttävä tunnistamaan:** autentikointi.
- **Viranomaisvaatimukset täyttävä salaus ilmarajapinnassa ja yhteyden yli päästöpäähän.**
- **Päivystäjätöiminnot:** hätäkeskuksesta tai komentopaikasta on pystyttävä organisimaan tehtäviä ja puheryhmiä.

- **Nopea puhelunmuodostus (tyypillisesti alle 300 ms), riippumatta puhelun osallistujamäärästä.**
- **Hyvä/tasainen puheen laatu, myös häiriöllisessä ympäristössä.**

Maailmalla on tehty paljon selvityksiä, miten kaupalliset matkapuhelinverkot pystyvät toteuttamaan edellä mainitut kriittisen kommunikaation vaatimukset. Esimerkkeinä näistä ovat viitteet [6]–[10]. Seuraavassa lyhyt yhteenveto näistä, asiasta enemmän kiinnostuneen lukijan kannattaa perehtyä tarkemmin näihin viitedokumentteihin:

[6] Duncan Swan (Mason Communications Ltd.): Analysis in the ability of Public Mobile Communications to support mission critical events for the Emergency Services.

- Hyvä yhteenveto edellä mainituista kriittisen kommunikaation vaatimuksista.
- Arvioitu erityisesti GSM-verkon kykyä täyttää vaatimukset.
- Käyty läpi sekä luonnononnettomuuksia että ihmisen aiheuttamia katastrofeja, esimerkkeinä mm. WTC- ja Pentagon hyökkäys 2001, Myyrmanni 2002, lentokoneen maahansyöksy Milanossa 2002, ilotulitevaraston räjähdys Hollannissa 2000, myrskyt Ranskassa talvella 1999, Ateenan maanjäristys 1999, Koben maanjäristys Japanissa 1995.
- Lopputoteamuksena on, että kaupallisissa matkapuhelinverkoissa on pahoja puutteita kaikissa käsitellyissä tapauksissa. Ne eivät voi olla ainoa tapa kommunikoida, vaan voivat pelkästään täydentää kriittistä kommunikaatiota.

[7] Simon Riesen: The Usage of Mainstream Technologies for Public Safety and Security Networks.

- TETRA:n ja GSM-R:n (eli GSM-ASCI) sekä tekninen että taloudellinen vertailu erityisesti ryhmäpuheluominaisuuden kannalta, myös Tetrapol-tekniikkaa sivutaan hieman.
- Lopputoteamuksena on, että vaikka GSM-R:n erityispiirteet hieman viittaavatkin PMR-ominaisuuksiin, niin TETRA kuitenkin on ylivoimainen PMR-verkon perusta, sekä teknisesti että taloudellisesti.

[8] TETRA MoU Association: TETRA or GSM-ASCI Network for Public Safety.

- TETRA:n ja GSM-R:n vertailu viranomaispalvelujen osalta.
- Viitataan myös dokumenttiin [7].
- Lopputoteamus: GSM-R häviää TETRA:lle kaikissa viranomaisominaisuuksissa.

[9] Gartner: Nødnett - Market Analysis Technology. A report for Direktoratet for Nødkommunikasjon.

- Tämän selvityksen tarkoituksena oli vastata kolmeen kysymykseen:
 - olisiko järkevä / toteuttamiskelpoinen tapa ratkaista turvallisuusviranomaisten tiedonsiirtotarpeet samoilla teknologioilla kuin mitä käytetään julkisissa langattomissa verkoissa kuten GSM ja 3G?
 - olisiko järkevä / toteuttamiskelpoinen tapa ratkaista nämä tiedonsiirtotarpeet samalla infrastruktuurilla julkisten langattomien verkkojen kanssa (ei siis rakennettaisi uutta verkkoa)?
 - onko olemassa parempia teknologioita kuin TETRA turvallisuusviranomaisten tiedonsiirtotarpeita varten?
- Selvityksessä arvioitiin seuraavia verkkoja / teknologioita: GSM/GPRS/EDGE, WCDMA/HSDPA/LTE/LTE-A, WiMAX, TD-CDMA, GSM-R, VoIP, Mesh Networks, Flarion (802.20), APCO P25, TetraPol ja TETRA.
- Vastaus kaikkiin kysymyksiin oli: **EI**.
- Primääristi tällä perusteella Gartner suositteli Norjalle TETRAn valintaa PMR-verkon tekniikaksi.

[10] Stelacon: Funktionell och finansiell analys av alternativa tekniker för gemensamt radiokommunikationsnät för skydd och säkerhet.

- Tämä Ruotsin hallitukselle tehty taloudellinen ja toiminnallinen selvitys pyrkii vastaamaan kysymykseen: onko TETRA:lle vaihtoehtoja?
- Tarkastellut vaihtoehdot olivat: GSM900/1800, GSM-R, UMTS ja CDMA450.
- Lopputoteama: mikään vaihtoehtoinen tekniikka ei pysty edes 5-10 vuoden tähtäimellä paremmin täyttämään viranomaisvaatimuksia kuin TETRA, ei teknisesti eikä taloudellisesti.

ETSi:n teknisessä raportissa TR 102 628 [25] on hyvä yhteenveto periaatteista, millä kriittinen kommunikaatioverkko täytyy suunnitella ja rakentaa, jotta se palvelisi myös poikkeustilanteissa. Erityisesti kiinnitetään huomiota ennalta varautumiseen (preparedness) ja verkon kykyyn toipua poikkeustilanteista (resilience). Näistä asioista kiinnostuneen lukijan kannattaa perehtyä tuohon dokumenttiin tarkemmin.

1.4 TETRA-standardin kehittyminen

1.4.1 Standardoinnista yleensä

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) on perustettu vuonna 1988 ja sen pääpaikka on Sophia Antipolis Ranskassa. ETSI:n tehtävänä on kehittää ICT-alan teknisiä spesifikaatioita ja standardeja, joita voidaan käyttää ympäri maailman, vaikka alun perin se perustettiin Euroopan tarpeita silmälläpitäen. ETSI:llä on yli 700 jäsentä 62 maasta. Jäseniä ovat mm. laitevalmistajat, verkko-operaattorit, palvelu- ja sisällöntuottajat, kansalliset viranomaiset, ministeriöt, yliopistot, tutkimuslaitokset, konsulttiyritykset ja käyttäjäorganisaatiot.

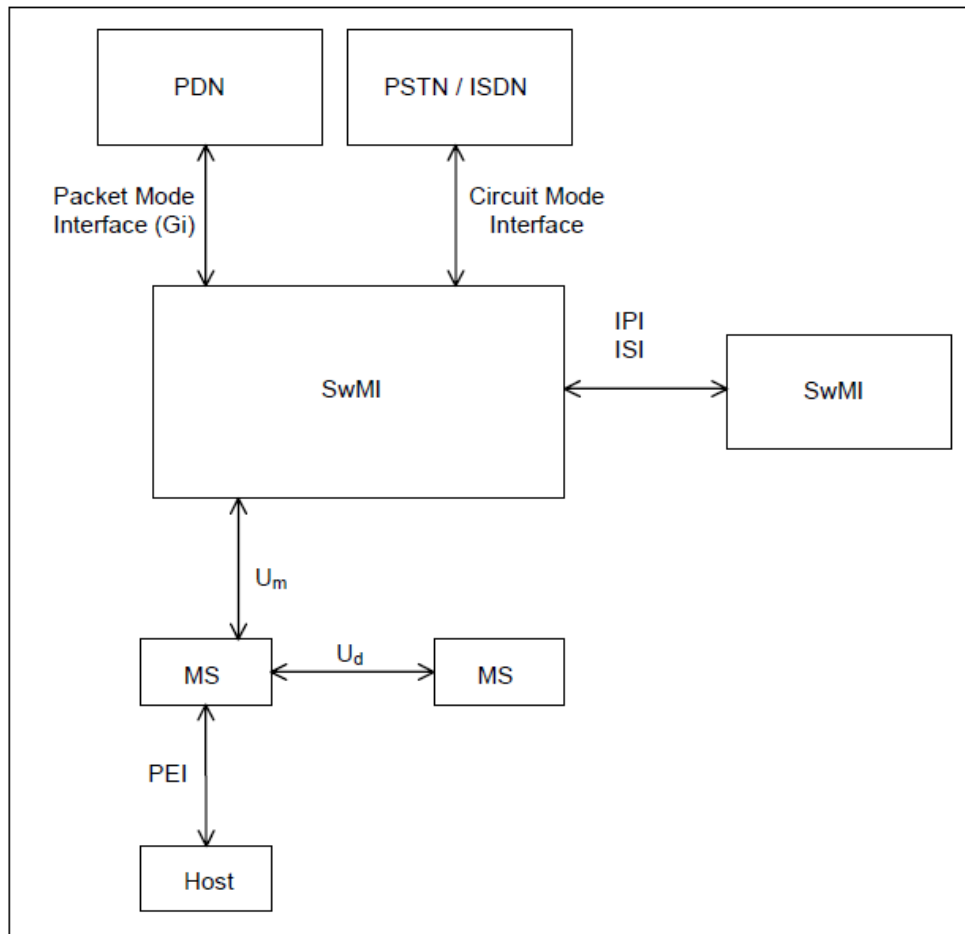
ETSI:n käytännön työ tapahtuu teknisissä komiteoissa (TC), joita on 27 kpl. Yksi niistä on **TC TETRA**, jonka vastuulla on TETRA-standardin kehitys. ETSI on myös jäsenenä 3GPP:ssä (3rd Generation Partnership Project), joka kehittää kaupallisten matkapuhelinpalveluiden perustana olevia standardeja.

TETRA Association (TA, joskus käytetään myös nimeä TETRA MoU = Memorandum of Understanding) on enemmän käyttäjälähtöinen organisaatio, johon kuuluu yli 150 organisaatiota yli 35 maasta. TA:n tehtävänä on mm. varmistaa, että eri valmistajien tuotteet ovat keskenään yhteensopivia. TA:n käytännön työ on jaettu työryhmiin, joita on kymmenkunta. Yksi näistä on Technical Forum (TF), joka on vastuussa yhteistoiminnallisuustestauksista (Interoperability testing) ja testi- ja sertifiointiprosesseista ylipäätensä. TA TF kehittää ja määrittelee TIP (TETRA Interoperability Profile)-spesifikaatiot ja testisuunnitelmat (IOP Test Plan), joita vastaan verkko- ja päätelaitteita testataan. IOP-testien suorittaminen on ulkoistettu puolueettomalle italialaiselle testilaboratoriolle ISCOMille. Testien mennessä hyväksytysti läpi, ISCOM myöntää laitevalmistajalle sertifikaatin, jossa mainitaan testatut toiminnot ja niiden tulokset. Tämä on jonkinlainen tae siitä, että ne toimivat yhteen myös muiden valmistajien laitteiden kanssa.

1.4.2 TETRA Release 1

ETSI:n määrittelemän TETRA (TERrestrial TRunked RAdio) -standardin ensimmäinen vaihe, jolle myöhemmin annettiin nimi **Release 1**, julkaistiin vuonna 1996. Sitä kutsutaan myös TETRA V+D (Voice + Data) -standardiksi. Ilmarajapinnan (AI) standardia täydennettiin muilla TETRA-standardeilla kattamaan verkon alkuvaiheen palvelut ja tärkeimmät rajapinnat, katso kuva 1.1. Täydennyksistä toteutettiin ISI vuonna 2000, IPI vuonna 2001, lisäpalvelut

pääasiassa vuosina 1999 ja 2000, DMO-perusosa vuonna 1998, PSTN vuonna 1999 ja ISDN vuonna 2000.



Kuva 1.1 TETRA Release 1:n rajapinnat [3]

Um	Verkon ja radiopäätelaitteen (MS) välinen ilmarajapinta (myös AI)
Ud	Kahden radiopäätelaitteen välinen ilmarajapinta (DMO suorakanavatoiminta)
PEI	Peripheral Equipment Interface, oheislaiteliitäntä esim. tietokonetta varten
SwMI	Switching and Management Infrastructure (mm. keskukset, tukiasemat, ...)
PDN	Packet Data Network, pakettiverkko
PSTN	Public Switched Telecommunications Network, puhelinverkko (myös PABX)
ISDN	Integrated Services Digital Network, digitaalinen monipalveluverkko
IPI	IP Interworking, IP-rajapinta TETRA-verkkojen välillä yleisen pakettiverkon kautta (tätä ei ole käytännössä toteutettu)
ISI	Inter System Interface, TETRA-verkkojen välinen liitäntä (ilman gateway-verkkoa)

Gi Pakettidatarajapinta yleisiin pakettiverkkoihin

Kuvasta puuttuvat verkonhallintarajapinta ja päivystäjärajapinta (dispatcher), joita ei ole standardoitu ja ne ovat siten valmistajakohtaisia.

Radiatorajapinnan (Um) tärkeimmät ominaisuudet:

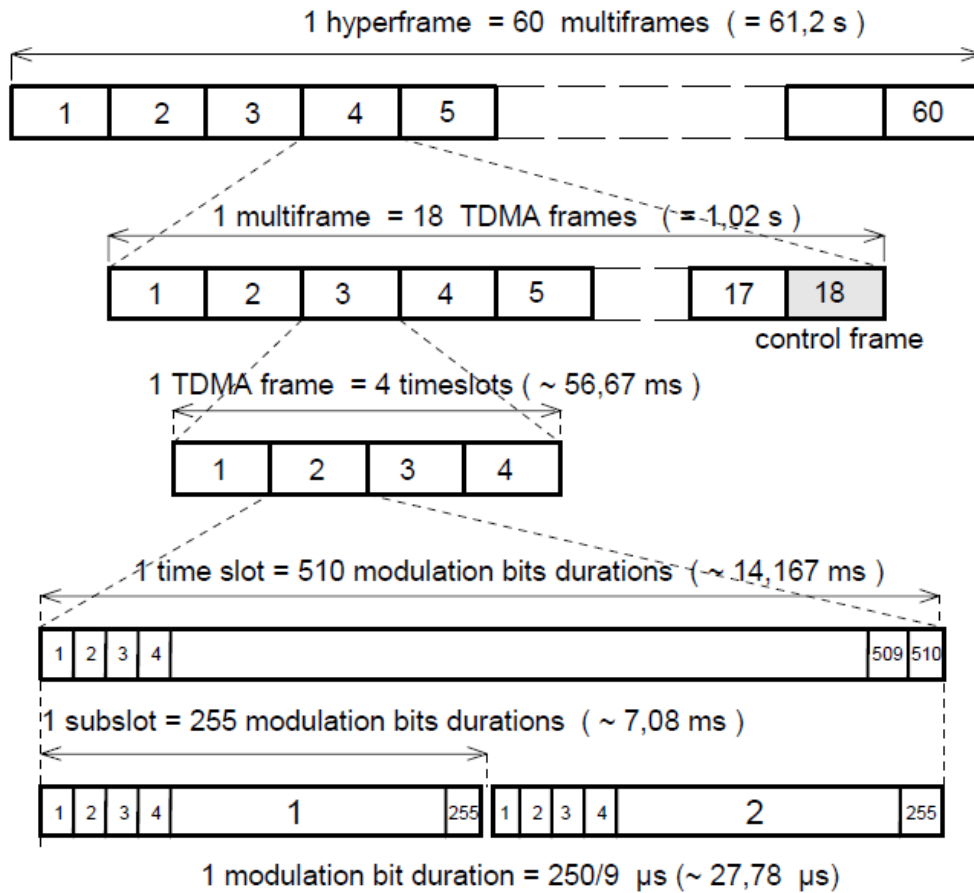
- 4 aikavälin TDMA-kehys, kesto n. 56,67 ms, katso kuva 1.2
- kanta-aallot 25 kHz:n välein, kanavatehokkuus siis $25/4=6,25$ kHz/kanava
- 18 TDMA-kehystä muodostaa ylikehyksen, joista kehykset 1–17 ovat liikennekanavien käytössä ja kehys 18 on varattu signalointikanavien käyttöön
- $\pi/4$ -DQPSK-modulaatio, maksimibruttonopeus (=raakanopeus) 36 kbit/s
- piiri- ja pakettikytkentäinen data (VIRVEssä vain pakettidata toteutettu)
- matalan bittinopeuden puhekoodekki ACELP (4.6 kbit/s)
- nopea puhelunmuodostus, tyypillisesti <300 ms
- ilmarajapinnan ja päästä-päähän -salaus

Radiokanavien nopeuslaskelmia

Yhden aikavälin maksimibittimäärä on 510, joista kuitenkin vain 432/288/144 (virheenkorjaus vastaavasti $r=1$ / $r=2/3$ / $r=1/3$) hyötykäytössä, loput menevät kehystykseen ja synkronointiin. Voidaan laskea seuraavat kanavanopeudet normaalia virheenkorjausta ($r=2/3$ eli kolmasosa biteistä käytetään virheenkorjaukseen) käytettäessä, katso kuva 1.3:

- Liikennekanavan nettonopeus = $17/18 * 288/510 * 36 = \mathbf{19,2 \text{ kbit/s}}$ (4 aikaväliä käytössä, normaalit päätelaitteet pystyvät kuitenkin käyttämään vain yhtä aikaväliä)
- Liikennekanavan nettonopeus = $17/18 * 288/510 * 9 = \mathbf{4,8 \text{ kbit/s}}$ (1 aikaväli käytössä)
- Nopean signalointikanavan (FACCH) nettonopeus = $18/18 * 288/510 * 9 = \mathbf{5,1 \text{ kbit/s}}$
- Hitaan signalointikanavan (SACCH) nettonopeus = $1/18 * 288/510 * 9 = \mathbf{282 \text{ bit/s}}$

Nopea signalointikanava FACCH voi käyttää hyväkseen kaikki kehykset 1–18 ja on käytössä vain silloin, kun liikennekanavia ei tarvita. Heti, kun yksikin liikennekanava varataan, tipahtaa signalointikanavan nopeus 1/18-osaan eli joudutaan käyttämään SACCH-kanavaa. Esimerkiksi täyspitkän tekstiviestin (140 merkkiä = 1120 bittia) siirto radiopinnassa kestää silloin minimissään 4 ylikehyksen ajan eli yli 4 sekuntia!



Kuva 1.2 TETRA V+D TDMA-rakenne [ETSI EN 300 392-2]

Virheenkorjaus	hyötybitit /aikaväli	1 aikaväli käytössä	2 aikaväliä käytössä	3 aikaväliä käytössä	4 aikaväliä käytössä
ei virh.korjausta (r=1)	432	7.2	14.4	21.6	28.8
norm. virh.korj. (r=2/3)	288	4.8	9.6	14.4	19.2
hyvä virh.korj. (r=1/3)	144	2.4	4.8	7.2	9.6

Kuva 1.3 Datsiirron maksiminettonopeudet radorajapinnassa (kbit/s)

Peruspalvelut lyhyesti:

- yksilöpuhelut
- ryhmäpuhelut
- suorakanavapuhelut (DMO=Direct Mode Operation) ilman verkon tukea

- hätäkutsu
- statusviestit
- tekstiviestit (SDS = Short Data Service)
- piirikytkentäinen datapuhelu (ei toteutettu VIRVEssä)
- pakettikytkentäinen datapuhelu

Lisäksi standardeissa määritellään joukko lisäpalveluja (=Supplementary Services = SS), joista osa on melko samanlaisia kuin missä tahansa matkapuhelinverkossa, mutta huomattava osa näistä on luonteenomaisia vain PMR-verkoille. Lisäpalvelut ovat (**PMR-spesifiset lihavoitu**):

Tunnus	Lisäpalvelu
SS-AL	Ambience Listening
SS-AP	Access Priority
SS-AS	Area Selection
SS-BIC	Barring of Incoming Calls
SS-BOC	Barring of Outgoing Calls
SS-CAD	Call Authorized by Dispatcher
SS-CCBS	Call Completion to Busy Subscriber
SS-CCNR	Call Completion on No Reply
SS-CFB	Call Forwarding on Busy
SS-CFNRy	Call Forwarding on No Reply
SS-CFNRc	Call Forwarding on Not Reachable
SS-CFU	Call Forwarding Unconditional
SS-CLIP	Calling Line Identification Presentation
SS-CLIR	Calling/Connected Line Identification Restriction
SS-COLP	Connected Line Identification Presentation
SS-CR	Call Report
SS-CRT	Call Retention
SS-CW	Call Waiting
SS-DGNA	Dynamic Group Number Assignment
SS-DL	Discreet Listening
SS-HOLD	Call Hold
SS-IC	Include Call
SS-LE	Late Entry
SS-LSC	List Search Call
SS-PC	Priority Call
SS-PPC	Pre-emptive Priority Call
SS-SNA	Short Number Addressing
SS-TPI	Talking Party Identification

Seuraavassa lyhyt kuvaus PMR-spesifisistä lisäpalveluista, kaikkia näitä ei välttämättä ole toteutettu VIRVEssä (syynä esim. se, että ne eivät ole pakollisia) tai toteutus voi poiketa spe-

sifikaatiosta. Jotkut palvelut on voitu toteuttaa ilman vaikutusta radiotiesignaalointiin, jolloin ne toimivat kaikilla päätelaitteilla.

(* = toteutettu Cassidian Rel5:ssä, tavalla tai toisella)

SS-AL Ambience Listening (*)

Päivystäjä voi pistää päätelaitteen monitorointitilaan (ilman indikaatiota käyttäjälle), jolloin hän voi kuunnella laitteen ympäristön ääniä.

SS-AP Access Priority (*)

Päätelaitteessa oleva prioriteettitaso (APL = Access Priority Level) määrittää ruuhkantilanteissa käyttäjän oikeuden käyttää verkon palveluja. APL voi olla palvelukohtainen ja portaistettu (matala, korkea, hätä). Verkko voi lähettää käyttäjille APL-tason, jonka ylittävät päätelaitteet pääsevät verkkoon.

SS-AS Area Selection (*)

Ryhmäpuhelun kuuluvuusalueeksi voidaan määritellä joku maantieteellinen alue, esim. tietty kaupunki. Puheryhmään määritellään silloin ryhmän alue (group area). Tämä on useimmissa verkoissa toteutettu ilman ilmatiesignaalointia tietokantapohjaisesti, jolloin se on riippumaton käytetystä päätelaitteesta.

SS-CAD Call Authorized by Dispatcher (*)

Kaikki puhelukutsut menevät päivystäjälle, joka päättää onko käyttäjällä oikeus puheluun. Tällä voidaan rajoittaa tarpeetonta liikennettä, etenkin muihin verkkoihin. Tämä on VIRV:ssä toteutettu osin ilman ilmatiesignaalointia, jolloin se on riippumaton käytetystä päätelaitteesta.

SS-CRT Call Retention

Tällä palvelulla voidaan suojautua altapurkavan etuoikeutetun puhelun (PPC) aiheuttamalta puhelun purulta. Useimmin tämä on toteutettu ilman ilmatiesignaalointia.

SS-DGNA Dynamic Group Number Assignment (*)

Dynaamisten ryhmien ohjelmointi voidaan tehdä päivystäjän toimesta ilmateitse esim. moniviranomaistilanteessa, kun halutaan, että poliisi, pelastusviranomaiset ja sairaankuljetus pystyvät kommunikoimaan keskenään. Ryhmämäärittelyt voidaan tehdä joko ryhmälle (Group Addressed) tai yksittäiselle käyttäjälle (Individually Addressed). Käyttäjä ei itse voi tehdä tätä määrittelyä.

SS-DL Discreet Listening (*)

Oikeutettu käyttäjä voi monitoroida muiden TETRA-käyttäjien välistä liikennettä ilman että nämä ovat siitä tietoisia. Optiona on myös oikeus osallistua keskusteluun tai jopa purkaa puhelu.

SS-IC Include Call

Käyttäjä, jolla on puhelu käynnissä, voi ottaa välipuhelun kolmannelle osapuolelle ja ottaa tämän mukaan alkuperäiseen puheluun. Tätä ei ole yleensä toteutettu TETRA-verkoissa, koska spesifikaatio (TETRA Interoperability Profile -spesifikaatio) puuttuu.

SS-LE Late Entry (*)

Ryhmäpuheluun voi liittyä tai se voidaan estää, vaikka puhelu olisi jo käynnissä. Tarve voi olla esim. pistettäessä puhelinta päälle tai tultaessa uudelleen verkon kuuluvuusalueelle (esim. tunnelin jälkeen), skannatessa muita ryhmiä (siirtymä korkeamman prioriteetin ryhmään tai siirtymä alemman prioriteetin ryhmään korkeamman päätyttyä) tai siirtyminen ryhmäliikenteeseen yksilöpuhelusta (sen aikana tai sen jälkeen).

SS-LSC List Search Call (*)

Käyttäjä voi määrittellä verkkoon soittolistan (SLN = Search List Number), johon soittamalla puhelu ohjautuu listalla ensimmäisenä olevalle. Jos tämä ei vastaa, soitto siirtyy listalla seuraavana olevaan numeroon. Käytännössä tämä on toteutettu ilman ilmarajapintasiinalointia tietokantaan perustuvana hakunumerona.

SS-PC Priority Call (*)

Verkon ruuhkatilanteissa päätelaitteen prioriteetti (maksimissaan 16 tasoa) määrittelee sen järjestyksen, jossa verkon resursseja allokoidaan. Korkeampi prioriteetti saa etuoikeuden.

SS-PPC Pre-emptive Priority Call (*)

Altapurkava etuoikeutettu puhelu (prioriteetit 12–15) syrjäyttää (ja tarvittaessa purkaa) alemman prioriteetin puhelun. Hätäkutsu saa korkeimman (15) prioriteetin. Hätäkutsu tehdään erillisellä painikkeella päätelaitteessa. Prioriteetit 0-11 eivät pura muita puheluja.

SS-SNA Short Number Addressing (*)

Lyhytnumeroiden käyttö: TETRA-käyttäjät yksilöidään ITSI (Individual TETRA Subscriber Identity)-numerolla, mutta verkko tunnistaa hänet myös lyhyemmällä (2-3 numeroa) numerolla, jolloin esim. saman organisaation käyttäjät voidaan tavoittaa lyhytnumeroilla. Tätä vastaa FSSN (Fleet Specific Short Number), joka on käytettävissä mm. VIRVEssä.

SS-TPI Talking Party Identification

Verkko lähettää puhujan mnemonisen tunnisteen (korkeintaan 15 merkkiä) ja/tai hänen prioriteettinsa puhelun kuuntelijoille. Palvelu voidaan aktivoida päätelaite- tai ryhmäkohtaisesti koskemaan sekä yksilö- että ryhmäpuheluja..

Peruspalvelut ja tärkeimmät lisäpalvelut ja niiden käyttö on yksityiskohtaisemmin kuvattu lähteessä [2].

1.4.3 TETRA Release 2

TETRA Release 2:n valmistelu käynnistyi ETSIn TETRA-projektissa vuonna 2000 ja käyttäjämäärittelyt (USR = User Service Requirements) valmistuivat vuonna 2005. Tarkoituksena oli parantaa TETRAn palveluja ja toimintoja vastaamaan paremmin kasvaneita käyttäjävaatimuksia ja parantaa TETRAn kilpailukykyä muihin langattomiin teknologioihin nähden.

Työlistalla oli 5 aihealuetta:

- nopea datasiirto (HSD=High Speed Data)
- puheenkoodaus (speech coding, AMR, MELPe)
- ilmarajapinnan parannukset (air interface enhancements), kuuluvuusalue 83 km:iin
- yhteistoiminta ja liikkuvuus (interworking and roaming)
- tilaajatiedot (SIM =Subscriber Identity Module)

Näistä kaikista aihealueista löytyy USR-dokumentit ETSI TR 102 021-x, x=2-6. Lisäksi löytyy yleiskatsausdokumentti (x=1), turvallisuusdokumentti (x=7) ja ilma-maa-ilma - palveludokumentti (AGA=Air-Ground-Air). USR-dokumenttisarjaa on sittemmin laajennettu.

Merkittävin uusi ominaisuus on nopea datasiirto (HSD), jota myös **TEDS**:ksi (TETRA Enhanced Data Service) kutsutaan. Taulukossa 1.4 on esitetty TETRA MoU:n HSD-työpajan tammikuussa 2002 arvioimat datasiirtopalvelut ja niiden tiedonsiirtotarpeet.

Taulukosta nähdään, että lähes kaikki datasiirtotarpeet voidaan tyydyttää < 80 kbit/s nopeuksilla. Siitä nähdään myös (ensimmäinen pystysarake), että millään datapalvelulla ei ole merkittävää vaikutusta TETRAn puhepalvelun tarpeeseen. Datapalveluja lisäämällä ei siis otaksuttu voitavan vähentää puhekapasiteettitarvetta. Käytännössä kuitenkin esim. dataliikenteellä tehty tietokantakysely vähentää puheella tehdyn vastaavan kyselyn tarvetta.

Applications	2005 Voice % impact	kBytes	kbits	Transfer time (seconds)	kbit/s (Net)	Application group
Location Services	-2 %	0,1	0,8	1	0,8	Real time short data
Telemetry (real time transfer)	0 %	0,2	1,6	0,5	3,2	Real time short data
Operation and control	0 %	0,2	1,6	0,5	3,2	Real time short data
Biodynamic vital data sampling, inc. ECG	0 %	5	40	10	4	Real time short data
Telemetry (Real time - 5 kbyte)	0 %	5	40	10	4	Real time short data
WAP/on-line forms	0 %	3	24	5	4,8	Database Interaction
People & Vehicles status/location/messaging(1 kbyte-)	-2 %	1	8	1	8	Real time short data
Data tasking e.g. command and control/work management	-5 %	5	40	5	8	Database Interaction
Fingerprint data abstracted from the fingerprint image	0 %	10	80	10	8	File transfer
Content Push (10 kbyte)	1 %	10	80	4	20	File Transfer
Interagency Communications inc. Intranet (10 kbyte)	0 %	10	80	4	20	File Transfer/Office Application
Database inquiries 10 kbyte to 100 kbyte	0 %	12.5	100	5	20	Database Interaction
Mobile computing - office applications	0 %	12.5	100	5	20	Office Application
Connect to hospitals and national health comm. network	0 %	100	800	20	40	File Transfer
Connect to hospitals and national health comm. network	1 %	50	400	10	40	Office Application
Internet incl. web browsing 10 kbyte to 50 kbyte (per page)	0 %	50	400	10	40	Office Application
Video streaming (surveillance)	0 %			delay a few seconds	50	Video Transfer
Graphics, maps, location 100 kbyte to 1Mbyte	-1 %	125	1 000	20	50	Image Transfer
e-mails incl. Attachments 2 Mbytes	0 %	2 000	16 000	300	53	File Transfer
Video Conferencing 64 kbit/s	0 %				64	Video Transfer
Image transfer (image JPEG $\pm$ 50 kbyte)	0 %	100	800	10	80	Image Transfer
Fingerprint image	0 %	100	800	10	80	Image Transfer,
Video clips 1 Mbytes to 2 Mbytes	0 %	2 000	16 000	32	500	Video Transfer

Taulukko 1.4 TETRAn arvioidut datasovellukset ja siirtotarpeet [3]

TEDSn ominaisuuksia lyhyesti:

- Monikantaaaltoratkaisu, 4 aikavälin TDMA-kantoaallot, TDMA-rakenne kuvan 1.2 mukainen eli yhteensopiva Release 1:n kanssa.
- Adaptiivinen modulaation ja koodauksen valinta radiolinkin laadun perusteella.
- Modulaatiotavat:
 - o 4-QAM , tehokas solun laidoilla

- 16-QAM, keskinkertaisille nopeuksille
- 64-QAM, isoille nopeuksille
- $\pi/4$ -DQPSK, ohjauskanaville (yhteensopiva release 1:n kanssa)
- $\pi/8$ -D8PSK, pikaratkaisu kohtuulliselle nopeuden nostolle
- PSK-modulaatiot (2 alinta) käytettävissä vain 25 kHz kanavilla.

Huom! Vaikka nämä PSK-modulaatiot ovatkin vaihtoehtoina mukana speksissä, niin käytännössä ne ovat QAM-modulaatioihin nähden tehottomampia, joten TETRA TEDS-toteutuksissa niitä ei ole mukana (ei ole asiakaskysyntää). Toisaalta, etenkin lepotilassa (eli pelkkä valmiinaolo) $\pi/4$ -DQPSK-modulaatio on hyvä vaihtoehto virrankulutuksen kannalta.

- Kanavaleveydet: 25, 50, 100 ja 150 kHz (100 ja 150 kHz edellyttävät puhepalveluja tiheämpää tukiasemaverkkoa, joten ne ovat käytännössä mahdollisia vain uusissa verkoissa).
- Lisääntynyt maksimi-SDS -kapasiteetti: nelinkertainen (25 kHz) ja kahdeksankertainen (50 kHz). TEDS onkin yksi ratkaisu erityisesti paikkatiedon ja hakulaitteiden tarvitsemaan lisääntyvään sanomaliikenteeseen. Toisaalta, kapasiteettiin suunnassa päätelaitteelta verkkoon vaikuttaa eniten aikavälien määrä eikä käyttäjämäärä/kanava kasva, vaikka kanavaan mahtuukin enemmän dataa.
- QAMia käyttävillä kanavilla apukantaaalloit 2,7 kHz:n välein: apukantaaaltoja 8 kpl (25 kHz:n kanavalla), 16 (50 kHz), 32 (100 kHz) ja 48 (150 kHz). Modulaatiosymboleita on 34 (DL) tai 31 (UL)/aikaväli/apukantaaalto.

Modulation and channel type	Gross bit rate (kbit/s)			
	25 kHz	50 kHz	100 kHz	150 kHz
$\pi/4$ -DQPSK 1-slot	9	-	-	-
$\pi/4$ -DQPSK 4-slot	36	-	-	-
$\pi/8$ -D8PSK 4-slot	54	-	-	-
4-QAM 4-slot	38	77	154	230
16-QAM 4-slot	77	154	307	461
64-QAM 4-slot	115	230	461	691

Taulukko 1.5 TEDS-kanavien (DL) raakanopeudet [4]

Taulukosta 1.5 nähdään TEDSn tarjoamat raakanopeudet eri kanavaleveyksillä ja modulaatioilla. Taulukon kaksi ylintä riviä vastaavat nykyistä release 1:tä ja ovat mukana vertailuarvoina. QAM-modulaatioilla alasuunnan (DL) **raakanopeus** saadaan seuraavasti:

(symbolia/aikaväli) * (bittiiä/symboli) * apukantaaaltojen lukumäärä * (aikavälejä/s)

Esim. 4-QAM (25 kHz): $34 * 2 * 8 * (1/14,167\text{ms}) = \mathbf{38,4 \text{ kbit/s}}$

Kun bruttonopeuksista vähennetään virheenkorjaukseen, kehystykseen, synkronointiin yms. liittyvät bittivirrat, niin saadaan taulukon 1.6 nettonopeudet.. Siitä voidaan havaita, että jos haluamme täyttää taulukossa 1.4 esitetyt datasiirtotarpeet (n. 80 kbit/s), niin täytyy käyttää 50 kHz:n kanavaa, 64-QAM-modulaatiota 4 aikavälillä ja $r=2/3$ -virheenkorjausta (siis 1/3 biteistä menee virheenkorjaukseen).

Modulation type and coding rate	Channel bandwidth (kHz)							
	25		50		100		150	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
$\pi/4$ -DQPSK, $r = 2/3$	15	15						
$\pi/8$ -D8PSK, $r = 2/3$	24	24						
4-QAM, $r = 1/2$	10	10	24	26	49	55	77	86
16-QAM, $r = 1/2$	19	20	47	51	98	110	153	173
64-QAM, $r = 1/2$	29	30	71	77	146	164	230	259
64-QAM, $r = 2/3$	39	40	94	103	195	219	306	345
64-QAM, $r = 1$	58	60	141	154	293	329	459	518

Taulukko 1.6 TEDS-kanavien (4-slot) nettonopeudet (kbit/s) [4]

TETRA Release 2 määrittelee pakettidatan siirtoon eri **palveluluokkia** seuraavasti [4]:

- a) **taustaluokka** ("best effort"-tyyppinen data)
 tyypillinen käyttö: tiedostonsiirto, kuvien ja karttojen siirto, päivystäjän viestien siirto liitteineen, potilas- ja asiakastiedostojen siirto, tietokantakyselyt
- b) **telemetrialuokka**
 tyypillinen käyttö: potilastietojen siirto sairaalaan, sijaintitietojen siirto, ajoneuvon telemetria-tietojen siirto
- c) **reaaliaikaluokka** (siirrettävä ajallaan, ei uusintalähetyksiä)
 tyypillinen käyttö: "video stream", videoneuvottelu

Pakettidatapalvelua käyttävä sovellus voi neuvotella radiorajapinnan palvelun laatuun (QoS) liittyvistä parametreista, joita ovat: palveluluokka, siirtonopeus, viive ja luotettavuus. Lisäksi on tullut mukaan dataprioriteettimekanismi, jolla päätelaite voi ilmaista tukiasemalle "etuoikeutensa" saada käyttää pakettidatan siirtoon varattuja resursseja.

Käytetty modulaatio, virheenkorjaus, kanavan leveys, yhteyden laatu (virhesuhde), saavutettava datanopeus ja solun säde (tai kuuluvuusalue) ovat toisistaan riippuvaisia ja ovat aina kompromissin tulos. Taulukosta 1.7 nähdään estimoidut solun säteet kaupunkiympäristössä ja taulukosta 1.8 vastaavasti esikaupunkiympäristössä.. Ne on laskettu 10 %:n kehysvirhesuhdella. Taulukoiden 1.7 ja 1.8 perusteella nähdään seuraavat riippuvuudet:

- kanavan leveyden kasvaessa nopeus kasvaa, mutta solun säde pienenee
- modulaation monimutkaistuessa nopeus kasvaa, mutta solun säde pienenee
- käytetyn taajuusalueen kaksinkertaistuessa (400 → 800 MHz) solun säde lähes puolittuu

Lisäksi voidaan tehdä mielenkiintoinen teoreettinen havainto, että 4-QAM-modulaatiolla ja 25 kHz kanavalla saavutetaan suurin solun säde (jopa suurempi kuin release 1:n arvoilla = ensimmäinen vaakarivi), mutta se tehdään nopeuden kustannuksella. Käytännössä TETRA 1 -kutsukanavan kuuluvuus ja 4QAM-moduloidun TEDS-pakettidatakanavan kuuluvuus ovat suunnilleen samansuuruiset.

Modulation type	Channel bandwidth (kHz)	Downlink range (km)		Uplink range (km)	
		400 MHz	800 MHz	400 MHz	800 MHz
$\pi/4$ -DQPSK, $r = 2/3$	25	10,8	6,2	6,4	3,7
$\pi/8$ -D8PSK, $r = 2/3$	25	7,8	4,4	4,6	2,6
4-QAM, $r = 1/2$	25	11,5	6,6	6,9	3,8
	50	9,5	5,4	5,7	3,1
	100	7,8	4,4	4,7	2,6
	150	6,8	3,9	4,1	2,3
16-QAM, $r = 1/2$	25	7,3	4,2	4,4	2,4
	50	6,0	3,4	3,6	2,0
	100	4,9	2,8	3,0	1,6
	150	4,6	2,6	2,8	1,5
64-QAM, $r = 1/2$	25	5,3	3,0	3,2	1,7
	50	4,0	2,3	2,4	1,3
	100	3,6	2,0	2,1	1,2
	150	3,1	1,8	1,9	1,0
NOTE: It is assumed that the handheld terminal has the same transmit mean power (1W) for $\pi/4$ -DQPSK and high-speed channels.					

Taulukko 1.7 TEDSn estimoidut solusäteet kaupunkiympäristössä [4]

Modulation type	Channel bandwidth (kHz)	Downlink range (km)		Uplink range (km)	
		400 MHz	800 MHz	400 MHz	800 MHz
$\pi/4$ -DQPSK, $r = 2/3$	25	15,8	9,9	9,4	5,9
$\pi/8$ -D8PSK, $r = 2/3$	25	11,4	7,1	6,8	4,2
4-QAM, $r = 1/2$	25	16,9	10,6	10,0	6,3
	50	13,9	8,7	8,2	5,1
	100	11,4	7,1	6,8	4,2
	150	10,0	6,3	5,9	3,7
16-QAM, $r = 1/2$	25	10,7	6,7	6,3	4,0
	50	8,8	5,5	5,2	3,3
	100	7,2	4,5	4,3	2,7
	150	6,8	4,2	4,0	2,5
64-QAM, $r = 1/2$	25	7,7	4,8	4,6	2,9
	50	5,9	3,7	3,5	2,2
	100	5,2	3,3	3,1	1,9
	150	4,6	2,9	2,7	1,7
NOTE: It is assumed that the handheld terminal has the same transmit mean power (1W) for $\pi/4$ -DQPSK and high-speed channels.					

Taulukko 1.8 TEDSn estimoidut solusäteet esikaupunkiympäristössä [4]

Taulukosta 1.9 selviää esimerkinomaisesti (yhdeällä modulaatiolla), miten toimintaympäristö eli etenemisprofiilit vaikuttavat solun kokoon: kun solun säde on kaupungissa 4,9 km, niin samoilla parametreilla se voi esikaupunkialueella olla 7,2 ja maaseudulla jopa 17,6 km.

Propagation environment	Range (km) at 400 MHz	Range (km) at 800 MHz
Urban	4,9	2,8
Suburban	7,2	4,5
Typical rural	17,6	11,6
NOTE: Downlink 16-QAM, 50 kHz HSD channel is used.		

Taulukko 1.9 TEDSn solusäteiden vertailu: kaupunki, esikaupunki, maaseutu [4]

Taulukosta 1.10 nähdään modulaation ja virheenkorjauksen vaikutus solun kuuluvuusalueeseen. Adaptiivisessa moduloinnissa primääri tarkoitus on säilyttää yhteys tarvittaessa siirtonopeuden kustannuksella. Mitä kauemmaksi tukiasemasta mennään, sitä ”löysempää” modulaatiota ja ”tiukempaa” virheenkorjausta on käytettävä, mikä samalla tietää saavutettavan maksiminopeuden laskua.

Channel modulation and bandwidth	Propagation environment	Uncoded channel range (km)	Coded channel range (km)	% of uncoded to coded coverage area
16-QAM, 25 kHz	Urban	2,0	6,0	11,0
64-QAM, 25 kHz	Urban	0,9	4,3	4,4
16-QAM, 50 kHz	Urban	1,2	4,9	6,0
16-QAM, 25 kHz	Suburban	2,9	8,8	10,9
64-QAM, 25 kHz	Suburban	1,2	6,4	6,8
16-QAM, 50 kHz	Suburban	1,7	7,2	5,6

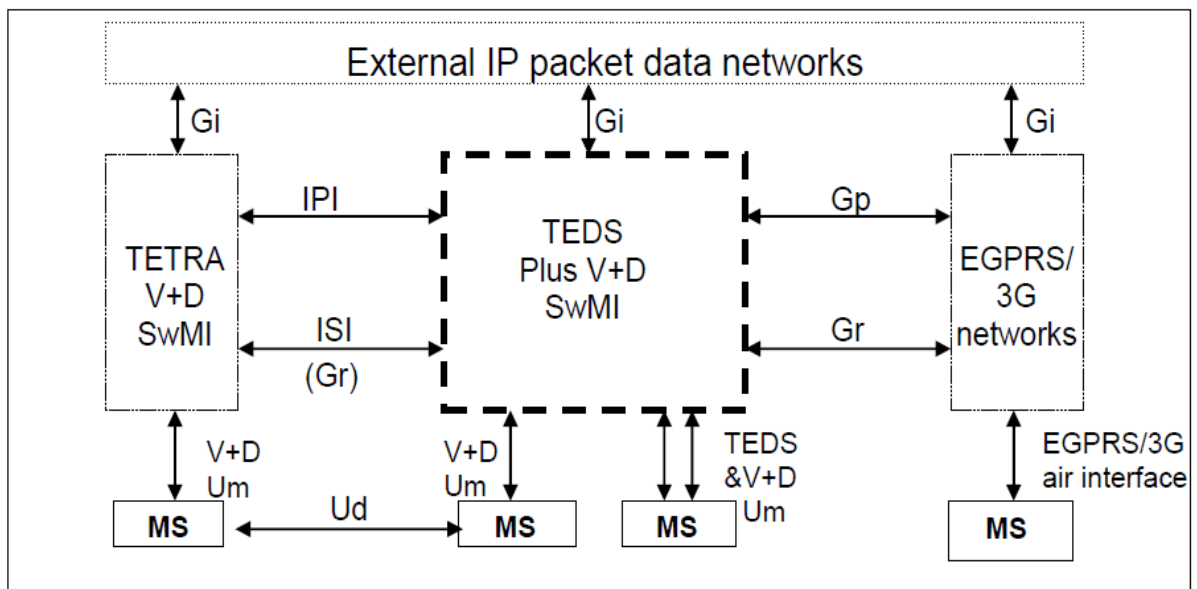
Taulukko 1.10 TEDSn solusäteiden vertailu: kanavakoodauksella ja ilman [4]

Koska spektri on rajallinen luonnonvara ja siitä on aina pulaa myös viranomaiskäytössä, niin on syytä tarkastella myös spektritehokkuutta. Se määritellään jakamalla saavutettava bittinopeus (bit/s) kanavan leveydellä (Hz) ja yksikkö on siis bit/s/Hz. Taulukossa 1.11 on kuitenkin käytetty normalisoituja arvoja eli TETRA release 1:n parametreilla (ylin vaakarivi) on arvo 1. Alle 1:n jäävät arvot tarkoittavat huonompaa spektritehokkuutta ja yli 1:n menevät arvot parempaa. Nähdään, että TEDS:llä saavutettavat tehokkuudet ovat yleensä parempia kuin perus-TETRA:lla, poikkeuksena vain 4-QAM-modulaatio. Tämä sama modulaatio osoittautui ongelmalliseksi jo taulukon 1.6 yhteydessä: vaatimaton bittinopeus, mutta hyvä kuuluvuusalue.

Modulation type and coding rate	Channel bandwidth (kHz)			
	25	50	100	150
$\pi/4$ -DQPSK, $r = 2/3$	1,00	-	-	-
$\pi/8$ -D8PSK, $r = 2/3$	1,52	-	-	-
4-QAM, $r = 1/2$	0,63	0,83	0,87	0,90
16-QAM, $r = 1/2$	1,27	1,62	1,75	1,83
64-QAM, $r = 1/2$	1,90	2,44	2,60	2,75
64-QAM, $r = 2/3$	2,54	3,27	3,48	3,65
64-QAM, $r = 1$	3,81	4,89	5,22	5,48

Taulukko 1.11 TEDSn spektritehokkuus (bit/s/Hz) [4]

Kuvasta 1.12 nähdään TETRA Release 2 mukaisen verkon liityntärajapinnat.



Kuva 1.12 TEDS + V+D SwMI:n rajapinnat [3]

Rajapintoja on tullut lisää Release 1:een nähden (vertaa kuva 1.1): TEDS-terminaalin on tuettava uutta ilmarajapintaa (vanhan ohella). Myös uudet verkkorajapinnat Gp ja Gr on määritel-

ty yleisiin 3G-verkkoihin pakettidatan siirtoa varten, tuki kaikille ulkoisille rajapinnoille on verkkovalmistajan päätettävissä.

Puheensiirrosta TEDS:ssä on käynnistynyt standardointityö, jonka pitäisi olla stabiili vuonna 2012. Erittäin todennäköisesti kyseessä on muu kuin VoIP-ratkaisu. Työ on osa Release 2:n laajennusta, joko 2.1 tai 2.2.

1.4.4 TETRA Release 3

ETSI:n teknisen komitean (TC TETRA) alatyöryhmän WG4 vastuulla on TETRA:n nopea datasiirto (HSD/TEDS). Työryhmässä on tähän asti keskitytty TEDS Direct Access -standardin viimeistelyyn, mutta TETRA:n pitkän tähtäimen evoluutiosta (LTE = Long Term Evolution) on myös käynnistynyt keskustelunaihe. Standardoinnin alkuvaiheessa on selvítettävä seuraavat seikat:

- Harmonisoitujen laajakaistataajuuksien saatavuus: Euroopassa on tarkoitus löytää aluetta 380–450 MHz harmonisoitu taajuusalue, mutta yhtenäistä käsitystä siitä ei tällä hetkellä ole.
- Taajuusalueen leveys ($n \times 1/3/5/10/20$ MHz) vaikuttaa ratkaisevasti teknologiavalintaan (esim. 3GPP:n 4G-ratkaisut on optimoitu isommille kaistoille 10–20 MHz).
- Synergiamahdollisuudet 3GPP:n 4G-tekniikoiden kanssa epäselvät, koska taajuusalueenratkaisua ei vielä ole.
- 4G-tekniikoiden IPR-oikeudet ja niiden soveltamissäännöt vielä määrittelemättä, liikkumavara 3GPP:n ulkopuolella epäselvä.
- Standardoinnin resurssit: pystytäänkö TC TETRA:n puitteissa määrittelemään evolutiostandardi, joka tehokkaasti hyödyntää laajakaistateknologiaa (esim. OFDM).

Taajuusalueiden saatavuus ja niiden harmonisointi eivät näillä näkymin ratkea aivan lähiaikoina, joten käytännössä TETRA Release 3:n standardointi voisi käynnistyä todenteolla aikaisintaan vuonna 2012. Standardin valmistumisaikataulu on sen jälkeen kiinni valituista lähtökohtavaihtoehdoista. Vaikka taajuusalueiden harmonisointi saataisiinkin tehtyä nopeasti, niin taajuuksien vapautuminen koko Euroopassa PMR-käyttöön kestää vuosia. Näin ollen Release 3 voisi tulla käyttöön vasta joskus 2010-vuosikymmenen lopulla.

1.5 VIRVEN kehittyminen

Tässä luvussa käydään ensin lyhyesti läpi VIRVEN historiaa. Lähteenä siinä on käytetty viitteen [2] esipuhetta, jonka Liikenne- ja Viestintäministeriön turvallisuusjohtaja Rauli Parmes on kirjoittanut. Yksityiskohtaisempaa tietoa kaipaavat voivat tutustua tuohon esipuheeseen. Sen jälkeen luodaan katsaus VIRVEN nykytilaan.

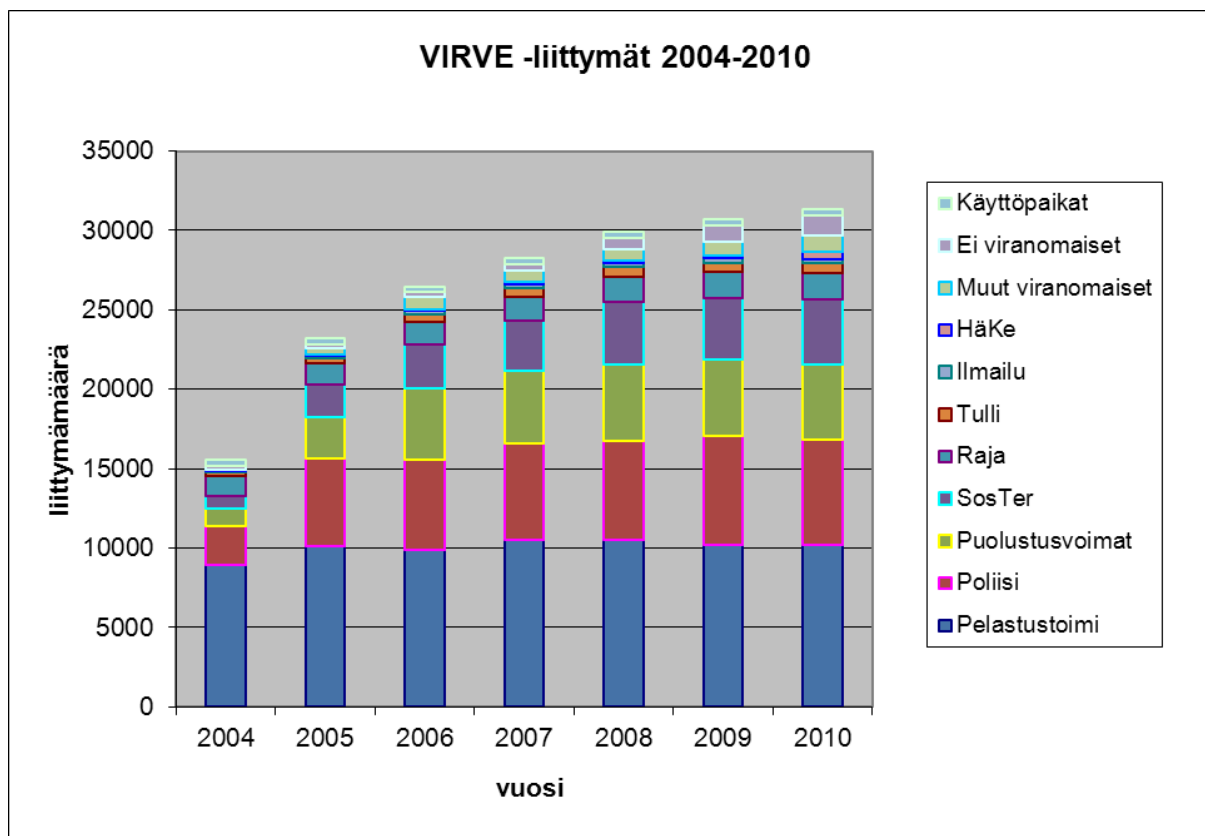
1.5.1 VIRVEN historiaa

- 1983 Ajatus turvallisuusviranomaisten yhteisen radioverkon rakentamisesta esitettiin liikenneministeriön (LM) alaisen Viestialan neuvottelukunnan (VANK) kokouksessa vuonna 1983.
- 1987 Posti- ja Telehallitus selvitti viranomaisten yhteiskäyttöisen verkon rakennetta ja tekniikkaa ja pyysi VANKia ottamaan asian hoidettavakseen. VANK perusti asiantuntijajaojen seuraamaan TETRA-standardin kehittämistä.
- 1990-luvun alku VANK ehdotti LM:lle viranomaisten yhteiskäyttöisen radioverkon rakentamista. LM selvitti verkon tarpeita eri viranomaisten kanssa ja tilasi radioverkon rakenteesta ja teknisestä toteutuksesta useita konsulttiselvityksiä. Todettiin, että yhteiskäyttöinen TETRA-verkko oli ainoa tarkoitukseen soveltuva malli ja 20–30% halvempi kuin viranomaisten erilliset verkot. Työnimi VIRVE vakiintui.
- 4.11.1994 TETRA MoU sovittiin allekirjoitettavaksi Kööpenhaminassa.
- 27.2.1995 LM asetti virallisen VIRVE-johtoryhmän valmistelemaan viranomaisradioverkkohanketta
- 12.5.1995 LM:n suunnittelukonsultti Oy Omnitele Ab luovutti konsulttityönsä LM:lle. Siinä arvioitiin tulevan verkon päätelaitemääriä seuraavasti [2]:
- | | |
|-----------------------------|---------------|
| ○ poliisi | 6 840 |
| ○ palo- ja pelastustoimi | 11 936 |
| ○ rajavartiolaitos | 1 607 |
| ○ valtionrautatiet | 3 882 |
| ○ puolustusvoimat | 2 023 |
| ○ tielaitos | 268 |
| ○ sosiaali- ja terveystoimi | 16 900 |
| ○ kuntien tekniset virastot | 6 400 |
| ○ Yhteensä | 49 856 |

1995-1997	VIRVE-johtoryhmä luopui VIRVE-osakeyhtiön perustamisesta tässä vaiheessa ja verkon rakentamisvastuu osoitetaan sisäasiainministeriön poliisi-osastolle. Se perusti VIRVE-yksikön hoitamaan rakennusprojektia. Laskennalliseksi päätelaitemääräksi vakiintui n. 50 000 kpl.
1998-2002	Verkon rakennusvaihe: rakentaminen aloitettiin Kaakkois-Suomesta ja viimeinen osaverkko valmistui Pohjois-Suomeen vuonna 2002. Rakentamisesta vastasi Sonera.
16.9.1999	Suomen Erillisverkot Oy perustetaan ja rekisteröidään.
7.6.2002	Sisäasiainministeriön asettama työryhmä esittää, että VIRVEN hallinnointitehtävät osoitetaan Liikenne- ja viestintäministeriölle (LVM) ja verkon muut kuin viranomaistehtävät annetaan tarkoitusta varten perustetulle osakeyhtiölle (eli Suomen Erillisverkot Oy:lle).
26.9.2003	Talouspoliittinen ministerivaliokunta (TALPO) hyväksyi verkon hallinnoinnin siirtämisen LVM:lle ja verkon omistuksen ja käytännön operoinnin osoittamisen Suomen Erillisverkot Oy:lle.
2004	Verkon käytön rahoitusmalli uudistettiin ja Suomen Erillisverkot Oy aloitti verkon käytön laskuttamisen vuoden 2004 alusta.
2005	Vuoden 2005 alussa tehtiin VIRVE käyttäjäkunnan keskuudessa tarvekysely, jonka perusteella arvioitiin realistiseksi liittymämäärätavoitteeksi 35 000.
2008-2012	VIRKE-investointiohjelma: tarkoituksena turvata verkon toimintakyky pitkälle tulevaisuuteen (ks. luku 1.5.3.4)

1.5.2 Käyttäjämäärien kehittyminen

Kuvassa 1.13 on esitetty VIRVEN liittymämäärän kehitys vuodesta 2004 alkaen (eli siitä lähtien, jolloin Suomen Erillisverkot Oy aloitti verkon käytön laskuttamisen). Suurimmat käyttäjäryhmät ovat alusta alkaen olleet pelastustoimi, poliisi, puolustusvoimat, sosiaali- ja terveystoimi ja rajavartiolaitos. Pelastustoimella on nykyään n. 1/3 liittymistä ja määrä on vakiintunut n. 10 000:een.



Kuva 1.13 VIRVEN liittymämäärien kehitys [lähde: Suomen Erillisverkot Oy]

Keskeiset käyttäjäorganisaatiot ovat olleet mukana verkon käytön suunnittelussa ja ominaisuuksien kehitystyössä alusta alkaen. Verkon operatiivisen käytön ohjeistuksesta vastaa pääkäyttäjryhmä, jossa on edustettuna suurimpien käyttäjäorganisaatioiden pääkäyttäjät.

1.5.3 VIRVE vuonna 2011

VIRVE on vuonna 2011 edelleen yksi merkittävistä TETRA- verkoista maailmalla. Merkittävän verkosta tekee muun muassa se, että se kattaa koko maan ja on laajasti kaikkien keskeisten turvallisuustoimijoiden käytössä. VIRVEN viestinnässä keskeisessä roolissa on puheviestintä ja siinä puheryhmäviestintä – ryhmäliikenne. Käytön alusta alkaen on viranomaisien yhteistyöhön liittyvä viestintä tärkeänä ja tästä johtuen jo alkuvaiheissa suunniteltiin yhteistyöohjeistus, jossa määriteltiin yhteistoimintaan liittyvät viestinnän periaatteet ja käytettävät puheryhmät. VIRVE on olennainen osa pelastus- ja muiden turvallisuusviranomaisten johtamisjärjestelmää. Se tarjoaa mahdollisuuden kommunikoida tietoturvallisesti yli viranomaisrajojen. Järjestelmään määritellyt puheryhmät tukevat tehokkaasti operatiivista johtamista. Tilannekuvaan tiedot ja ohjeet saadaan tehokkaasti perille operaatioon osallistuville. VIRVEN palveluja käytetään aktiivisesti viranomaisten päivittäisissä tehtävissä.

VIRVEN käyttö pelastustoimen ja poliisin kenttäjärjestelmien tiedonsiirtokanavana on lisännyt erityisesti SDS-tiedonsiirron määrää. Kasvu on ollut viime vuosina voimakasta. SDS:n käyttö tiedonsiirtokanavana perustuu VIRVEN tiedonsiirron luotettavuuteen ja käytettävyyteen poikkeusoloissa (myrskyt, suuronnettomuudet, suuret yleisötilaisuudet jne.).

Turvallisuusviranomaisten tarve saada reaaliaikaista tilannetietoisuutta onnettomuuspaikalta tilannekeskuksiin/johtopaikoille, sekä tiedonsiirto tilannekeskuksista kentälle ovat lähitulevaisuuden suurimpia haasteita, kun otetaan huomioon palveluille asetetut vaatimukset kuuluvuuden, kapasiteetin ja luotettavuuden suhteen.

Turvallisuusviranomaisten toiminta edellyttää tehokasta ja turvattua radioviestintää, joka ei saa olla ulkopuolisten kuunneltavissa eikä kaupallisten palveluiden tukkeutuminen saa estää viranomaisviestintää. VIRVEN tärkein viestintämuoto on ryhmäliikenne, mutta sen ohella erityisesti dataliikenne on voimakkaassa kasvussa. (Sisältö perustuu pääosin lähteeseen [14])

1.5.3.1 VIRVEN tekninen rakenne

Verkon käytössä on taajuusalue 380–400MHz. Verkossa on noin 1350 tukiasemaa, joilla on turvallisuussyistä merkittävää päällekkäispeittoa. Verkon keskuksat toimivat myös itsenäisesti erillisinä. Keskuksat on toteutettu kahdennetuina yksiköina ja automaattisilla varakytkeytymisohjelmistoilla. Keskuksat on asennettu EMP-suojattuihin suojatiloihin, joissa on varavoimajärjestelmät pitkiä sähkökatkoksia varten. Keskuksat on hajautettu 13 paikkakunnalle. Keskuksien väliset siirtotiet on kahdennettu ja ne kiertävät automaattisesti ruuhkautuneen tai viallisen keskuksen.

Verkko tarvitsee toimiakseen keskusten välisen IP-verkon. Tässä hyödynnetään operaattorin varmennettua runkoverkkoa. Tukiasemat on varustettu varakäyntiakuilla ja ulkoisen varavoimakoneen liitantomahdollisuudella. Tukiasema jatkaa ryhmäpuheluliikenteen välitystä vaikka siirtotie katkeaisi. Verkonhallintajärjestelmä seuraa verkon tilaa automaattisesti ja raportoi poikkeamista. Päätelaitteet toimivat tarvittaessa myös ilman verkkoa (DMO-suorakanavatoiminto). Kuuluvuutta on parannettu erilaisilla toistimilla. Verkon varmennuksiin on käytetty varareititystä, yksikkövarmennusta ja varmistettua energiansaantia. Näin on saatu tyydyttävä ajoneuvoradiokuuluvuus koko valtakuntaan sähköhäiriöistä riippumatta. Keskusalueiden tukiasemista on osa liitetty naapurikeskuksiin, jolloin yhden keskuksen totaalinen tuhoutuminen

ei lamautu koko alueen radioverkkopalvelua. VIRVEN tukiasemien mastopaikat ja siirtoyhteydet on toteutettu pääosin hyödyntäen eri operaattoreiden palveluja. Verkkoon on toteutettu myös erillinen varakeskus, jonka avulla vikaantunut tai tuhoutunut keskus voidaan korvata.

1.5.3.2 Verkon käytön hierarkisuus

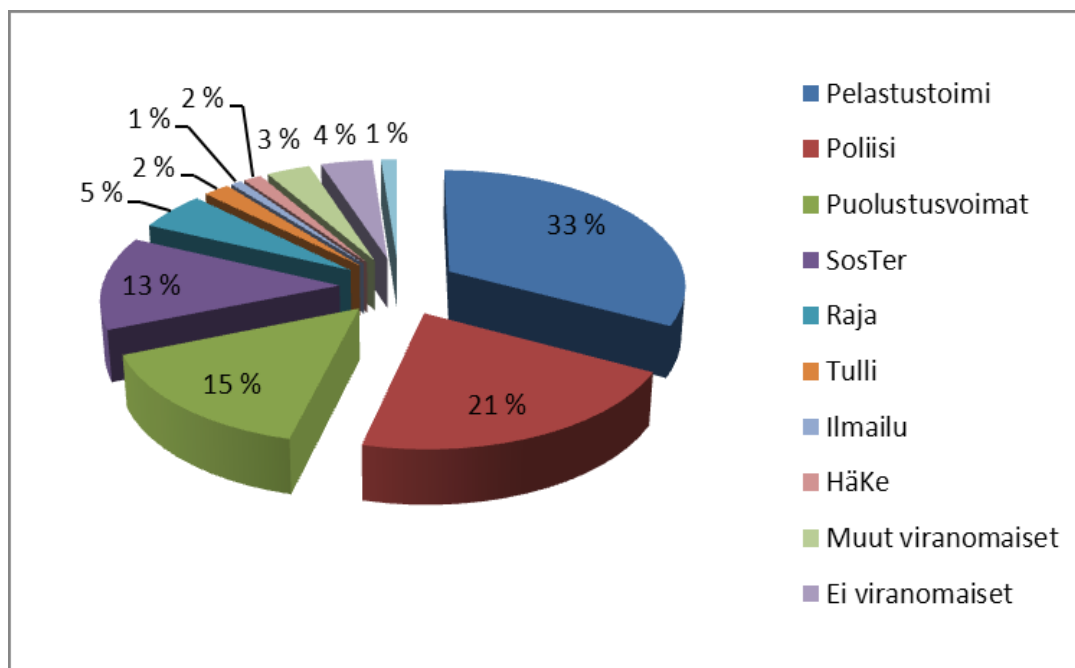
VIRVEN suunnittelussa on toteutettu itsenäisesti toimivien verkon osien hierarkinen käyttö. Verkon osat toimivat erillisinä, mutta niistä koottu verkko hyödyntää edellisen olemassaoloa ja kattavuus sekä palvelutaso paranevat hierarkiatason noustessa.

Hierarkiatasot ovat:

- Päätelaitteet suorakanavalla
- Ajoneuvoasema toistimena
- Ajoneuvoasema gateway-toiminnoissa
- Tukiasema ilman verkkoa ryhmäpuhelussa
- Keskus itsenäisenä keskusalueena (tietyin rajoituksin)
- Koko verkko transit-keskuksineen
- Kaikki palvelut mukaan lukien IP-pakettidata käyttäjäsovelluksissa

1.5.3.3 VIRVEN käyttäjäryhmät

Kuvasta 1.14 nähdään VIRVEN liittymien jakauma eri käyttäjäryhmiin vuoden 2010 alussa. Suurimmat käyttäjäryhmät ovat pelastustoimi, poliisitoimi, puolustusvoimat ja sosiaali- ja terveystoimi. Pelastustoimi on suurin käyttäjäryhmä kolmanneksen osuudella kaikista liittymistä. Neljän suurimman käyttäjäryhmän yhteenlaskettu osuus kaikista on 82 %. Ei-viranomaiskäyttäjiin kuuluvat mm. turva-alan yritykset ja energialaitokset. Käyttäjäryhmissä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia viime vuosina ja käyttäjämäärän kasvu on ollut maltillista.



Kuva 1.14 VIRVEN liittymäjakauma tammikuussa 2010 [lähde: Erillisverkot]

Ryhmäpuheluita verkossa välitetään viikossa noin 800 000 kappaletta ja lyhytsanomaviestejä välitetään noin 32 miljoonaa kappaletta viikossa. Asiakkaista noin 46 % on kunnallisia pelastus-, ja sosiaali- ja terveystoimen viranomaisia sekä niille palveluita tuottavia yrityksiä. Yritysassiakkaista ovat yhteiskunnan turvallisuuden kannalta kriittiset yritykset, kuten energialaitokset.

1.5.3.4 VIRVE kehittyä

Viisivuotisen VIRKE-investointiohjelman vuosille 2008–2012 on tarkoitus turvata VIRVEN toimintakyky pitkälle tulevaisuuteen. Ohjelmalla pyritään parantamaan VIRVE-palveluiden saatavuutta, verkon kuuluvuutta ja kapasiteettia. Myös VIRVEN keskusverkkoa modernisoidaan, verkon ohjelmistotasoa päivitetään ja datan siirto-ominaisuuksia parannetaan. Tavoitteena on, että VIRVE kokonaisuutena on ajantasainen ja toimintavarma viranomaisten viestintäverkko on käytössä vielä vuoden 2020 jälkeen.

Suomen VIRVEN rakentamisen jälkeen vastaavia TETRA-verkon investointipäätöksiä on tehty kaikkialla Pohjois-Amerikan ulkopuolella, lähialueella mm. Virossa, Ruotsissa, Tanskassa, Norjassa ja Saksassa. Erityisesti Saksan BOSNET-verkon rakentamisella on positiivinen vaikutus TETRA-palveluiden ja -päätelaitteiden kehitykseen, kun sinne tulee n. 500 000 uutta TETRA-verkon käyttäjää (katso tarkemmin liitteestä 2).

1.6 VIRVEN käyttö pelastustoimessa

Pelastustoimi on ollut mukana kehittämässä VIRVEä sen käyttöönoton alusta alkaen ja oli myös ensimmäisten joukossa ottamassa VIRVEä operatiiviseen käyttöön. Tästä johtuen pelastustoimi on päässyt vaikuttamaan siihen, minkälainen VIRVE on nykyään. Pelastustoimen pääasialliset VIRVEN käyttötavat ovat:

- radioviestintä, jossa tärkeimpänä viestintämuotona on ryhmäliikenne ja varalla suora-kanavaliikennöinti.
- dataviestintä, jossa tärkeimpänä viestintämuotona on lyhytsanomat ja niiden välittäminen radioiden ja järjestelmien välillä (statukset ja tekstiviestit), mukaan lukien paikannusviestit.

Radiojärjestelmää hyödynnetään pelastustoimen toimialaan liittyvien tehtävien vastaanottamisessa hätäkeskuksilta ja operatiivisten tilanteiden hoitamisessa (tiedon välittäminen, toiminnalliset käskyt). Järjestelmää hyödynnetään myös pelastustoimen operatiivisten resurssien tietojen välittämiseen eri tietojärjestelmille (mm. hätäkeskustietojärjestelmä, kenttäjohtamisjärjestelmät).

Käyttökohteina ovat mm.

- Asemaradiot
 - Hälytysstatukset, puheviestintä
- Ajoneuvoradiot
 - Puheviestintä, yksikön tilatieto, sijaintitieto, järjestelmiin liittyvä tiedonsiirto
- Käsiradiot
 - Puheviestintä, tilatiedot, sijaintitieto
- Modeemit
 - Tilatiedot, sijaintitiedot, järjestelmiin liittyvä tiedonsiirto

Radiojärjestelmän käytön periaatteet operatiivisessa toiminnassa ovat vakiintuneet pitkäaikaisen käytön myötä. Viime aikoina kehitystä on ollut eniten tilannekuvan muodostamista tukvien järjestelmien käytössä.

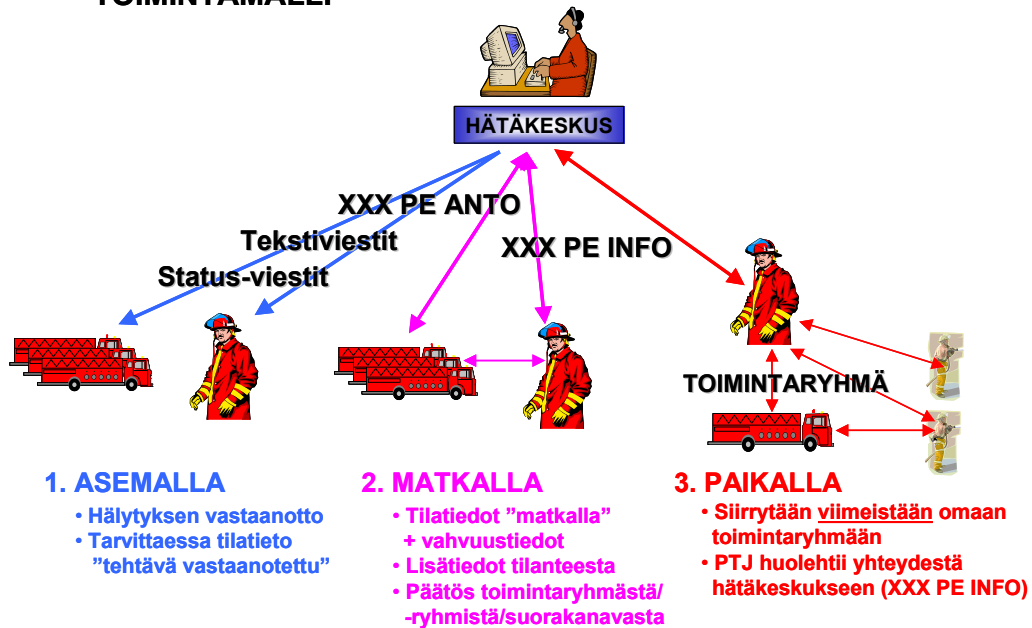
Operatiivisten tehtävien hoitaminen

Hätäkeskukset välittävät pelastustoimen resursseille sen toimialaan kuuluvat tehtävät. Tehtävän välittämiseen liittyy resurssien hälyttäminen ja tehtävätietojen välittäminen. Hälyttämistä varmennetaan yleisesti useilla radioilla ja lisäksi yleisen verkon matkapuhelimilla. Hätäkeskukset hälyttävät pelastustoimen resursseja lähettämällä ns. hälytysstatuksia. Tämän lisäksi tehtävään liittyvät tiedot välitetään radioihin tekstiviesteillä sekä puheella puheryhmässä. Tehtävään hälytetyn muodostelman johtaja ottaa tarvittaessa yhteyttä hätäkeskukseen, esimerkiksi tehtävään liittyvien lisätietojen saamiseksi. Hälytetyt resurssit kuittaavat saaneensa tehtäväilmoituksen lähettämällä lyhytsanoman (tilatieto) ”tehtävä vastaanotettu” tai ”matkalla”. Pelastustoimen resurssit kommunikoivat matkalla kohteeseen pääsääntöisesti puheviestinnällä. Resursseihin liittyvät tilatiedot välittyvät johtamisjärjestelmien kautta myös muodostelman johtajalle ja alijohtajille. Yhteistyötahojen kanssa kommunikoidaan puheviestinnällä, sillä resurssien tilatietojen välittäminen toisille toimialoille on vähäistä. Hätäkeskuksella on yleensä paras tieto tehtävään liitetyistä resursseista. Kun tehtävään osallistuvat resurssit pääsevät kohteeseen, lähettävät ne tilatiedon ”kohteessa”. Tehtävän hoitamiseen liittyvä viestintä tehdään pääsääntöisesti puheella. Kun kohteesta vapaudutaan, lähetetään tilatieto ”vapaa”. Tehtävä päättyy yleensä, kun palaudutaan asemalle ja lähetetään tilatieto ”asemalla”.

Pelastustoimi hyödyntää VIRVEä myös kenttäjohtamisjärjestelmien tiedonsiirtokanavana. VIRVEN välityksellä siirretään johtamisjärjestelmien kommunikointiin liittyvää informaatiota; paikkatietoa, status- ja tilatietoja sekä tekstiviestejä.

Kuvassa 1.15 on kuvattu periaatteellisella tasolla pelastustoimen operatiivisen viestinnän toimintamalli tehtävän vastaanottamisesta kohteessa tapahtuvaan toimintaan saakka.

TOIMINTAMALLI



Kuva 1.15 Pelastustoimen operatiivinen viestintämalli

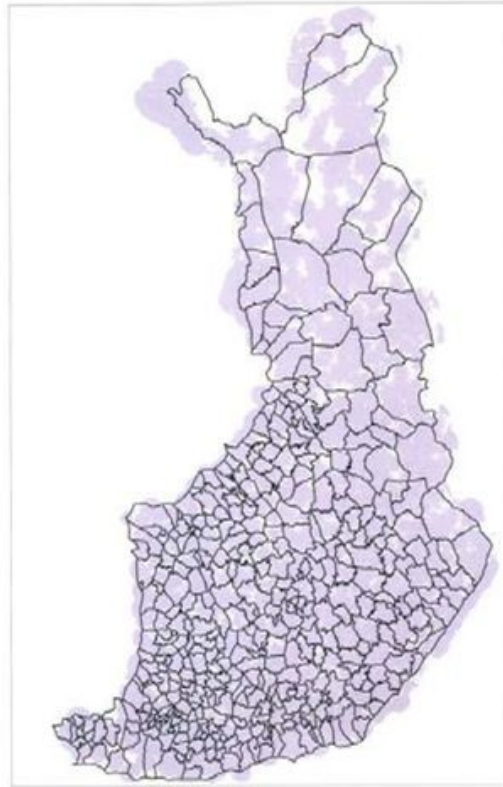
1.7 VIRVEN ongelmat ja kehittämiskohteet

PELTI-hankkeen haastatteluissa ja PELTI-työpajassa 25.–26.8.2010 on tuotu esille VIRVE:een ja sen palveluihin liittyviä ongelmakohtia ja toiveita, joita käsitellään tässä luvussa hieman tarkemmin.

1.7.1 Verkon kuuluvuus

VIRVE-käyttöönoton alkuaikoina tavoitteena oli hyvä ajoneuvokuuluvuus, sen jälkeen kattava käsiradiokuuluvuus ulkona. Nämä tavoitteet on pääosin saavutettu. Nyt tavoitteena on kattavampi sisätilakuuluvuus, missä on vielä monin paikoin ongelmia. Operaattorin ja käyttäjäorganisaatioiden tekemien kartoitusten ja kuuluvuusraporttien perusteella sekä tarve-/kustannusharkinnan pohjalta on ulko- ja sisätilakuuluvuutta jonkin verran parannettu rakentamalla uusia tukiasemia ja sisätilapeittoratkaisuja.

Kuvassa 1.16 on VIRVEN kuuluvuusaluekartta käsiradiopuhelimille ulkotilassa.



Kuva 1.16 VIRVEN kuuluvuus käsiradiopuhelimille [14]

1.7.2 Datasiirron ongelmat

VIRVEN nykyinen datasiirron kapasiteetti ja siirtonopeus koetaan sen käytön laajentamisen rajoittaviksi tekijöiksi. Kapasiteetti ja siirtonopeus määritellään tässä yhteydessä seuraavasti:

- **Kapasiteetti:** mittari sille, miten hyvin käyttäjä tai sovellus saa radioresurssin (kanava/aikaväli) käyttöönsä sitä tarvitessaan eli onko kanavia käytettävissä vai joutuuko niitä jonottamaan.
- **Siirtonopeus:** käyttäjän tai sovelluksen kokema todellinen päästä-päähän - siirtonopeus, yksikkönä (k)bit/s. Siirtonopeuteen vaikuttaa käytettävien aikavälien lukumäärä (nykyiset laitteet osaavat yleensä hyödyntää vain yhtä aikaväliä), käytetty virheenkorjaus ($r=1/3-1/1$) ja radiokanavan laatu (huono laatu edellyttää tiukempaa virheenkorjausta ja aiheuttaa uudelleenlähetyksiä). Siirtonopeuden perustella datasiirto usein luokitellaan **kapeakaistaiseksi** (korkeintaan kymmeniä kbit/s), **leveäkaistaiseksi** (satoja kbit/s) ja **laajakaistaiseen** (yli 1 Mbit/s).

Nykyisellään VIRVEN datasiirtopalvelut ovat käytännössä **lyhytsanomien** (=statusviestit + tekstiviestit SDS) siirtoa. Pakettidataa olisi mahdollisuus siirtää kuvan 1.3 mukaisilla nopeuksilla, joiden perusteella voidaan puhua kapeakaistaisesta datasiirrosta. Käytännön mittausten perusteella on päästy päästä-päähän nopeuksiin 2-4 kbit/s. VIRVE on parametroitu sallimaan vain yhden aikavälin/tukiasema kerrallaan pakettidatan siirtoon. Tällöin voi tulla tilanne, että tukiasemalla on kyllä vapaita aikavälejä, mutta niitä ei saa datakäyttöön.

Asumattomilla / harvaanasutuilla alueilla, etenkin yhden kantoaallon tukiasemilla, saattaa puhekapasiteetti loppua, jos toimijoita on useita saman tukiaseman kuuluvuusalueella. Näin voi käydä tosin missä vaan, jos toimijoiden määrä on suuri verrattuna tukiaseman kanavamäärään.

Lyhytsanomien välittämiseen liittyy ongelmana siirtoaikojen kasvu, jos samanaikaisesti samalla kantoaallolla on käytössä liikennekanava (puhe tai datasiirto). Silloin kun liikennekanavaa ei ole käytössä, tekstiviestit voidaan siirtää (verkosta päätelaitteeseen) nopealla signaalintikanavalla (FACCH). Heti, kun liikennekanava varataan, joudutaan tekstiviestit siirtämään hitaalla kanavalla (SACCH), jolloin nopeus putoaa 1/18-osaan ja yhden täysimittaisen tekstiviestin siirto voi kestää yli 4s (katso laskelma luvussa 1.4.2). Siirto siis hidastuu radikaalisti ja tukiaseman sanomapuskurit helposti täyttyvät. Voi käydä niin, että lyhytsanomia joudutaan hylkäämään puheviestinnän onnistumisen takaamiseksi. Tätä on VIRVEN järjestelmätasoissa 5 ja 5.5 pyritty parantamaan suurentamalla tukiaseman sanomapuskureita. Lisäksi on kehitetty mekanismi SDS-viestien priorisointiin, jolla parannetaan tärkeimpien viestien läpimenoa ruuhkatilanteissa.

Tuo yllämainittu tekstiviestien hidastumisongelma voi tulla esiin esim. hätäkeskuksen lähettäessä hälytysilmoituksia päätelaitteisiin ja samanaikaisesti kuuluttaa hälytystiedot ANTO-puheryhmässä. Tämän ongelman hätäkeskuspäivystäjä voisi mahdollisesti kiertää lähettämällä ensin SDS-viestit ja avaamalla kuulutusyhteyden vasta tämän jälkeen.

Lyhytsanomaviestien kuorma VIRVEssä on keskimäärin pieni, mutta paikallisia ja ajallisia kuormitushuippuja suunnassa verkosta päätelaitteelle on havaittu. Esimerkkejä tästä ovat viimeaikaiset ampumistapaukset Jokelassa, Kauhajoella ja Sellon kauppakeskuksessa Espoossa, jolloin puheenvuoroa saattoi joutua odottamaan normaalia pitempään.

Haastattelujen ja käyttäjäkommenttien mukaan painetta muullekin kuin kapeakaistaisen datasiirron hyödyntämiselle on olemassa. TEDS saattaisi tuoda ainakin osittaisen ratkaisun leveäkaistaiseen datasiirtoon, edellyttäen että se saataisiin käyttöön nopealla aikataululla. Laajakaistaratkaisut VIRVEssä ovat vielä pitkän ja kivisen tien päässä, eikä niiden toteutumisesta ole mitään varmuutta (ks. luku 1.4.4). Tulevaisuuden datasiirtotarpeita käsitellään tarkemmin luvussa 2.5.3.

1.7.3 Nauhoitus ja raportointi

VIRVEN puheliikenteen nauhoitus on ollut näihin päiviin asti varsin sekavaa: jokainen organisaatio toimii omilla räätälöidyillä tavoillaan, mitään yhteistä politiikkaa tai keskitettyä ratkaisua ei ole ollut olemassa. On puuttunut myös verkon puolesta tuki sellaisen aikaansaamiseksi. VIRVEN järjestelmätaso 5.0 toi mukanaan verkon keskuksiin digitaalisen 2x30-kanavaisen PCM-nauhoitusrajapinnan. Tähän liitántään kytketyllä nauhurilla voidaan haluttu ryhmä- tai yksilöpuhelu nauhoittaa.

VIRVEN järjestelmätaso 5.5 parantaa tilannetta tuomalla verkkoon TETRA Voice Gatewayn (TVG), mikä muuntaa puheen IP-dataksi, joka voidaan siirtää VIRVEN IP-siirtoverkossa minne halutaan, esim. tilannekeskukseen, tai sitten kerätä keskitettyyn paikkaan, jossa on nauhoituskapasiteettia. Pelastuslaitokset pystyvät jatkossa ohjaamaan ja hallinnoimaan tätä nauhoituspalvelua PeIP-liittymänsä kautta.

Myös dataliikenteen nauhoitusmahdollisuuksia on olemassa, jos siihen nähdään tarvetta. Jälkikäteen tapahtumia selvitellessä esim. johtamisjärjestelmien ja tapahtumankäsittelyjärjestelmien lokitiedostoista ja tilannekuvatalennuksista voi tosin olla enemmän hyötyä, kuin puhtaista datasiirtolokeista.

1.7.4 Päätelaitteet

Yleisenä havaintona voidaan todeta, että TETRA-päätelaitteiden kehitys on eriytynyt omalle polulleen yleisten verkkojen matkapuhelimien kehityksestä. Tähän on useitakin syitä: pienemmät markkinat ja sitä myötä pienet tuotantosarjat, kenttäkelpoisuusvaatimukset kuten koko, vesitiiviys, akun kesto, käyttöliittymä jne., päätelaite on pelkästään työkäytössä, jolloin ei tarvita viihdeominaisuuksia, päätelaitteen elinkaari pitempi, käyttöympäristöjen erilaisuus tuo vaatimuksen päätelaitekohtaiselle parametroinnille jne. Näistä syistä TETRA-päätelaitteet

ovat isompikokoisia, maksavat enemmän ja niiden multimediaominaisuudet ovat hyvin rajoitetut.

Isoissa pelastuslaitoksissa saattaa olla satoja päätelaitteita, joiden konfigurointi laitteita parametroiden kulloiseenkin käyttöympäristöön voi työllistää 1-2 henkilöä ympäri vuoden. Keskitetty parametroiden ratkaisu, jossa osaaminen olisi keskitetty yhteen paikkaan, eikä laitteita välttämättä tarvitsisi sinne toimittaa, voisi olla pitemmällä tähtäimellä hyvä ratkaisu. Se tietysti edellyttää, että päätelaitteet (ja verkonhallinta myös) tukevat ilmarajapinnan tai netin kautta tapahtuvaa konfigurointia. Tähän suuntaan ollaan ilmeisesti päätelaitekehityksessä menemässäkin, katso luku 3.4.2

Päätelaitteiden käyttöliittymät ovat valmistajakohtaisia ja tämän vuoksi niiden operointi ja hallinta eroavat huomattavasti toisistaan. Tarvitaan siis valmistajakohtaista käytön koulutusta, ohjeistusta, opettelua ja harjoittelua. Valmistajakohtaiset ohjeistukset olisi eroteltava yleisistä ohjeistuksista tai olisi ainakin selkeästi tuotava esiin, miten joku tietty ”tempu” tehdään miläkin laitteella.

Käyttäjätöiveenä on esitetty, että ajoneuvossa olisi yksi väylä, johon kaikki tarvittavat (langallisesti liitettävät) laitteet kytketään. Näitä liitettäviä laitteita ovat esim. tietokoneet, VIRVE-päätelaite (sekä puhe että data), muiden verkkojen modeemit, tilatietolähettimet, tulostimet, jne. Näiden lisäksi tarvitaan tietysti myös henkilökohtaiset VIRVE-käsiradiot jalkautumista varten. Lisäksi jos monikanavareitin ei ole tuohon väylään integroituna, niin se tarvitaan erillisenä (jolloin verkkomodeemit liittyvät siihen eikä väylään).

TETRA-hakulaitteelle olisi tarve miehistön hälyttämisessä. Sillä voitaisiin korvata erilliset hakujärjestelmät ja/tai yleisten matkapuhelinverkkojen SMS-viestit. Hakulaite olisi käyttökelpoinen erityisesti sellaisille henkilöille, joilla ei ole käytössä VIRVE-puhelinta tai jotka eivät halua/pysty kantamaan sitä jatkuvasti mukanaan, esimerkkinä sopimuspalokuntalaiset. Esteenä/hidasteena hakulaitteen yleistymiselle on, että nykyinen SDS-tekstiviesti vaatii vastaanottajalta kuittauksen, joten hakulaitteessa pitää olla myös lähetin, mikä vaikuttaa oleellisesti sen monimutkaisuuteen ja siten sen kokoon, hintaan ja akun/pariston kestoon.

2 TULEVAISUUDEN TARPEET PELASTUSTOIMESSA

2.1 Yleistä tulevaisuuden tarpeista

Pelastustoimen tiedonsiirtotarpeita nyt ja tulevaisuudessa on selvitelty haastatteluin (katso tämän dokumentin lopusta tiedot haastatteluista) ja PELTI-hankkeen työpajan (Kuopiossa 25.–26.8.2010) työryhmissä. Tässä luvussa esitetyt tarpeet/kommentit/ongelmat on pääasiassa koottu näiden tapahtumien aikaansaannoksista ja keskusteluista.

2.2 Langattoman tiedonsiirron (puhe + data) tarpeet operatiivisessa toiminnassa

Seuraavassa tarkastellaan pelastusyksikön resurssien tietotarpeita operatiivisen tehtävän elinkaaren eri vaiheissa:

- **Tehtävän vastaanottaminen hätäkeskuksesta**
 - o tehtävään liittyvä informaatio
 - o tehtävän vastaanottaminen ja kuittaus
 - o resursseihin liittyvä valmiusinformaatio, tehtävään osallistuvat resurssit (omat ja yhteistyötahot) ja niiden tilat sekä sijainnit
- **Matkalla kohteeseen**
 - o tehtävään osallistuvat resurssit (omat ja yhteistyötahot); tila, sijainti, valmius, muiden resurssien valmius
 - o kohdetiedot; valvontakamerakuva, varotiedot, kiinteistön tilaan liittyvät tiedot (paloilmoittimen tiedot, lämpöanturit jne.)
 - o kohteessa olevien yksiköiden ja yhteistyökumppaneiden välittämät tiedot
 - o liikennejärjestelmien ohjaaminen (liikennevalot, puomit jne.)
 - o esikäskeyjen ja tehtävään liittyvien tietojen jakaminen
 - o organisoitumiseen liittyvän informaation jakaminen
 - o vallitseva sääolosuhde ja ennuste
 - o tiedottaminen ja väestön varoittaminen
- **Kohteessa**
 - o tehtävään osallistuvat resurssit (omat ja yhteistyötahot); tila, sijainti, valmius, muiden resurssien valmius
 - o kohdetiedot; valvontakamerakuva, varotiedot, kiinteistön tilaan liittyvät tiedot (paloilmoittimen tiedot, kulunvalvonnan tiedot jne.)
 - o kohteessa olevien yksiköiden ja yhteistyökumppaneiden välittämät tiedot
 - o ulkopuoliset tiedot: konsultaatio ja kyselyt rekistereihin ja taustajärjestelmiin
 - o käskyjen ja tehtävään liittyvien tietojen jakaminen

- moniviranomaisviestintä
- tilanteen dynaamisuus: poistuvat ja uudet resurssit
- tiedottaminen ja väestön varoittaminen
- **Tehtävän päättäminen**
 - tilanteen purkamiseen liittyvän informaation jakaminen (poistumisluvat, tilatietojen päivittäminen)
 - tehtävään osallistuneet resurssit: tila, sijainti, valmius, muiden resurssien valmius ja valmiussiirtojen purkamiseen liittyvien käskyjen jakaminen

2.3 Hätäkeskusuudistus

Hätäkeskuslaitoksen visio 2015 [5]: Suomessa toimii vuoteen 2015 mennessä yhtenäinen, verkottunut ja luotettava valtakunnallinen Hätäkeskuslaitos, jonka ensimmäisenä lenkinä vastaa avuntarpeeseen viipymättä ja ammattitaitoisesti.

Tämän strategisen linjauksen mukaisesti Hätäkeskuslaitoksessa on käynnistynyt muutoshanke (HAKMU 2010–2015), jonka tavoitteena on [5]:

- Suomi jaetaan enintään kuuteen yhteistoiminta-alueeseen
- Siirtymäkaudella (2010–2015) hätäilmoitusten käsittely ja muu toiminta jatkuu normaaliin tapaan
- Muutokset toteutetaan suunnitelmallisesti ja vaiheittain pitkällä aikavälillä
- Hätäkeskustoiminnan kaikki kehittämistoimenpiteet toteutetaan vaarantamatta väestön turvallisuutta ja heikentämättä yhteistyöviranomaisten palvelua
- Muutoksessa noudatetaan hyvää henkilöstöpolitiikkaa
- Uusi toiminta- ja johtamismalli Hätäkeskuslaitokselle vuoteen 2015 mennessä
- Muutos koskee kaikkia hätäkeskuksia sekä hätäkeskusyksikköä
- Keskuksia ei yhdistetä toisiinsa, vaan perustetaan uudet uudella tavalla toimivat keskuksset

Tavoiteltavat muutokset ovat seuraavat [5]:

- 1) Yhdenmukaiset toimintamallit:
 - valtakunnallisesti vahvistetut riskinarvio-ohjeet integroituna järjestelmään
 - alueelliset eroavaisuudet huomioidaan vastesuunnitelmissa ja kohdekohtaisissa erityisohjeissa
- 2) Mahdollisimman pitkälle integroitu tietojärjestelmä:

- yhtenäinen tilannekuva ja tapahtumahallintakokonaisuus
- reaaliaikainen tiedonkulku hätäkeskus- ja kenttäjohtojärjestelmien välillä tehtävän hoidon aikana
- etäkäyttömahdollisuudet, kukin ylläpitää omia tietojaan itse ja kullakin pääsy tarvittaviin tukipalveluihin kenttäjärjestelmän kautta

3) Parannukset:

- paikkatieto-ominaisuudet (ilmoittaja, yksiköt ja reitin optimointi)
- tietojärjestelmän käytettävyyys
- rekisterien käyttö, dokumentointi
- tukipalveluiden järjestelyt
- lähimmän ja tarkoituksenmukaisimman yksikön käyttö

4) Puheluiden vuoto ruuhkatilanteessa

- edelleen ensisijaiset vastualueet
- tehtävän välittäminen tapahtumapaikan hätäkeskuksesta
- pysyvä kyky korvaavuuteen häiriötilanteissa

Sisäasianministeriö on 9.3.2010 päättänyt (SMDno/2010/371) hätäkeskusten sijaintipaikat, katso kuva 2.1. Suomen jako kuuteen yhteistoiminta-alueeseen oli päätetty jo hieman aiemmin.



Kuva 2.1 Uudet hätäkeskukset ja niiden toiminta-alueet

2.4 Pelastuslaitosten toiminnan kehittyminen

2.4.1 Hätäkeskusuudistuksen vaikutukset pelastuslaitoksissa

Pelastustoimen tehtäviä hoitaa Suomessa 22 alueellista pelastuslaitosta kuvan 2.2 mukaisesti. Kun verrataan kuvia 2.1 ja 2.2, nähdään, että yhden hätäkeskuksen palvelualueella on useita pelastuslaitoksia. Hätäkeskuksen kannalta katsottuna on välttämätöntä, että sillä on yhtenevät toimintaprosessit kaikkien alueensa pelastuslaitosten kanssa. Kun hätäkeskusuudistuksen tavoitteena on myös, että hätäkeskus voi ruuhka- ja häiriötilanteissa joutua korvaamaan toista hätäkeskusta, niin tämä edellyttää myös, että kaikilla hätäkeskuksilla on yhtenevät toimintaprosessit pelastuslaitosten suuntaan. Kokonaisvaikutus on siis, että hätäkeskukset toimivat samoilla pelisäännöillä pelastuslaitosten kanssa. Tämän ehtona on edelleen, että myös pelastuslaitosten toimintaprosessit hätäkeskusten kanssa ovat yhtenevät.

Pelastustoimen alueet

1. [Helsinki](#)
2. [Länsi-Uusimaa](#)
3. [Keski-Uusimaa](#)
4. [Itä-Uusimaa](#)
5. [Varsinais-Suomi](#)
6. [Kanta-Häme](#)
7. [Päijät-Häme](#)
8. [Kymenlaakso](#)
9. [Etelä-Karjala](#)
10. [Etelä-Savo](#)
11. [Keski-Suomi](#)
12. [Pirkanmaa](#)
13. [Satakunta](#)
14. [Etelä-Pohjanmaa](#)
15. [Pohjanmaa](#)
16. [Keski-Pohjanmaa](#)
17. [Pohjois-Savo](#)
18. [Pohjois-Karjala](#)
19. [Jokilaaksot](#)
20. [Kainuu](#)
21. [Oulu-Koillismaa](#)
22. [Lappi](#)



Kuva 2.2 Alueelliset pelastuslaitokset

Muutamia askeleita yhtenäisten toimintaprosessien suuntaan on jo otettu:

- Kenttäyksiköiden tunnistaminen
- VIRVEN puheryhmät

Luvuissa 2.4.2–2.4.3 kuvataan uudistuksia ja muutoksia, jotka ovat joko käynnistymässä tai käynnistyvät myöhemmin. Samaten niissä tuodaan esille vaatimuksia, joiden täyttyminen on hätäkeskusuudistuksen onnistumisen ehtona. Hätäkeskusuudistus on siis näidenkin uudistusten eteenpäin vievä voima.

2.4.1.1 Kenttäyksiköiden tunnistaminen

Eri viranomaisten kenttäyksiköt pitää pystyä tunnistamaan yksikäsitteisesti koko maassa. Tätä varten hätäkeskuslaitoksen toiminnallisen ohjauksen yhteistyöryhmä (ylijohtajakokous) on tehnyt 17.9.2010 päätöksen ([21], SMDno/2010/1806), jolla poliisi, pelastustoimi, sosiaali- ja terveystoimi ja Rajavartiolaitos ottavat käyttöön kenttäyksiköiden valtakunnallisen yksikkö-tunnusjärjestelmän. Se otetaan käyttöön hätäkeskusalueittain viimeistään kunkin uuden hätäkeskuksen aloittaessa toimintansa, mutta tavoitteena on, että se otettaisiin käyttöön jo vuoden 2011 loppuun mennessä Pohjois-Suomen ja Lapin hätäkeskuksen aloittaessa toimintansa.

Yksikkötunnukset ovat 7–8 merkkisiä seuraavasti:

- 1. merkki (Xxxxxxxx) kertoo hätäkeskusalueen numeron. Sitä käytetään tarvittaessa siirtymäaikana ja vain tietojärjestelmissä yksilöintitarkoituksessa.
- 2. merkki (xXxxxxxx) on kirjain, joka ilmoittaa yksikön toimialan: R pelastus, P poliisi, E terveystoimi, B rajavartiolaitos ja S sosiaalitoimi. Muita hätäkeskusrajapinnassa asioivien tahojen tunnuksia ovat A ilmailulaitos, C tulli, M puolustusvoimat ja V vapaaehtoiset.
- 3. ja 4. merkki (xxXXxxxx) ovat kirjaimia, jotka määrittelevät pelastuslaitoksen, poliisilaitoksen, sairaanhoitopiirin tai sen osan tai rajavartioston.
- viimeiset 3 tai 4 numeroa (xxxxXXXX) kukin toimiala saa käyttää tarkemman aluejaon, yksikön laadun tai yksikön järjestysnumeron ilmaisemiseen.

Esimerkki: **(1)P IU 133**, missä (1) on Uudenmaan hätäkeskusalue, P poliisi, IU Itä-Uusimaa, 1 tarkempi alue tai muuten valittu numero, 3 pakettiautomallinen henkilöauto ja 3 yksikön järjestysnumero.

Tarkempia tietoja yksikkötunnuspäätöksestä löytyy viitteestä [21].

2.4.1.2 VIRVEN puheryhmät

Hätäkeskusten ja viranomaisten välisen viestiliikenteen ja VIRVE-puheryhmäkäytäntöjen kehittämisen työryhmä (VIPU-työryhmä) on jättänyt tammikuun 2011 alussa esityksensä puheryhmäkäytäntöjen uusimiseksi. Työryhmän esitykseen sisältyi hätäkeskuksissa päivystettävät ja käytettävät viranomaisten puheryhmät hätäkeskuksittain. Esitykseen sisältyi myös viranomaisten yhteistoimintapuheryhmien uudistamistoimenpiteet. Koska VIPU-työryhmän esitys on turvallisuusluokiteltu, niin sitä ei tässä yhteydessä käsitellä tarkemmin.

2.4.2 Tietojärjestelmien uudistukset

Pelastuslaitosten nykyiset kenttäjärjestelmät ovat muutaman vuoden tähtäimellä korvautumassa yhtenäisillä ja hätäkeskustietojärjestelmien kanssa yhteensopivilla, KEJO-määrittelyn mukaisilla kenttäjärjestelmillä. Pelastuslaitokset ovat kehittämässä oman toimintansa tueksi tilannekeskuksia, joilla parannetaan alueellista tilannetietoisuutta ja toimintavalmiutta. Valtion turvallisuusviranomaisten käyttöön tulevilla TUVE-verkolla on keskeinen rooli tulevaisuuden turvallisuusviestinnässä ja palveluintegraatiossa. Pelastuslaitokset haluavat olla muka-

na tässä ja yksi keino palvelujen saannin varmistamisessa on PeIP-liittymät, joita ollaan parhaillaan ottamassa käyttöön. Näitä asioita käsitellään tässä luvussa.

2.4.2.1 Nykyisten kenttäjärjestelmien tulevaisuus

Pelastustoimen käytössä on tällä hetkellä kaksi kenttäjärjestelmää:

- PEKE
- Merlot-tuoteperhe

PEKE on käytössä tai tulossa käyttöön lähes kaikille pelastuslaitoksille. Merlot-tuoteperheessä on sovelluksia moneen käyttöön (Merlot mobile, office, palotarkastus, medi) ja sitä käyttävät lähinnä suurimmat pelastuslaitokset. Näiden kenttäjärjestelmien elinkaarta on vielä jäljellä, joten on selvää, että niitä käytetään vielä vuosia. Ne tulevat siis korvautumaan uusilla järjestelmillä (esim. KEJO) vaiheittain siten, että sekä vanhaa että uutta on käytössä rinnakkain. Tämä asettaa omat haasteensa näihin kenttäjärjestelmiin liittyviin muihin järjestelmiin.

2.4.2.2 Uudet johtamisjärjestelmät (TOTI / KEJO)

Hätäkeskuslaitos käynnisti syksyllä 2008 strategisen kehityshankkeen (**TOTI**), jonka keskeisinä osina ovat hätäkeskustoiminnan uudelleen arviointi ja arvioinnista tehtävien johtopäätösten mukaiset muutokset vuoteen 2015 mennessä sekä hätäkeskustoiminnan vaatiman teknisen infrastruktuurin kokonaisvaltainen uudistaminen samaan ajankohtaan mennessä.

Kehityshankkeen ensimmäisessä vaiheessa kuvattiin tulevaisuuden 112-toimintamalli sekä suoritettiin hätäkeskustietojärjestelmän toiminnallinen ja tekninen vaatimusmäärittely. Toteutetun määrittelytyön edetessä todettiin, että tarkoituksenmukaisen ja tehokkaan auttamisketjun aikaansaamiseksi 112-toimintaan osallistuvien viranomaisten (poliisi, pelastustoimi, sosiaali- ja terveystoimi sekä Rajavartiolaitos) tulisi tulevaisuuden toiminta-mallissa käyttää operatiivisessa kenttätoiminnassaan yhteistä kenttäjärjestelmäratkaisua, joka mahdollistaisi tehokkaan viranomaisten välisen tiedonvaihdon ja yhteisen tilannekuvan sekä tukisi ominaisuuksiltaan kunkin viranomaisen substanssiin liittyviä tarpeita.

Syksyllä 2009 Sisäasiainministeriö teki päätöksen kenttäjärjestelmien määrittelyprojektin toteuttamisesta osana Hätäkeskuslaitoksen TOTI-hanketta. Sisäasiainministeriön hallinnonalan

toimialojen (poliisi, pelastus, Rajavartiolaitos) lisäksi projektiin kutsuttiin edustus Sosiaali- ja terveysministeriöstä.

Kenttäjärjestelmien määrittelyprojekti (**KEJO**) toteutettiin vuoden 2010 aikana osana TOTI-hankkeen toista vaihetta. Projektissa toteutettiin poliisi-, pelastus-, sosiaali- ja terveystoimen sekä Rajavartiolaitoksen yhteisen operatiivisen kenttäjärjestelmän vaatimusmäärittely ja määrittely sekä yhteensovittaminen muiden eri viranomaisjärjestelmien kanssa (mm. TOTI, VITJA, SM:n hallinnonalan yhteiset palvelut, taustajärjestelmät).

KEJOn jatko sujuu siten, että syksyyn 2011 mennessä selvitetään sen kustannus- ja tehokkuusvaikutukset. Sen jälkeen on vuorossa mahdollinen rahoituspäätös ja kilpailutus. On näin ollen arvioitavissa, että uusi kenttäjärjestelmä voisi olla käytössä jossakin laajuudessa (esim. testikäytössä) aikaisintaan vuosina 2013–2015.

2.4.2.3 Pelastuslaitosten omat tilannekeskukset

Hätäkeskusuudistuksen tulemisen myötä pelastuslaitokset ovat alkaneet pohtia entistä aktiivisemmin omaa toimintaa tukevien valvomoiden/tilannehuoneiden toiminnan kehittämistä ja niiden muuttamista tilannekeskuksiksi. Tilannekeskukset eivät tule olemaan valtakunnallisten hätäkeskusten kunnallisia korvikkeita, vaan toimivat yhteistyössä niiden kanssa ja toimivat kenttätöiminnan tukena pelastustoiminnan johtamisessa. Tilannekeskusten perustamiseen liittyvät toimenpiteet ovat monissa pelastuslaitoksissa vielä alkutekijöissään, muutamilla laitoksilla on jo varsin toimiva tilannekeskus.

Tilannekeskuksen ajateltuja tehtäviä / tavoitteita olisivat esim. [20]:

- Päivittäisen turvallisuustilannekuvan ylläpitäminen omalla alueella: Tilannetietojen kerääminen, niiden analysointi, mahdollisten riskien ja uhkien arviointi ja tilannekuvan jakaminen muille viranomaisille ja muillekin yhteistyökumppaneille.
- Ei-kiireellisten tehtävien vastaanottaminen hätäkeskuksesta ja niiden jakaminen kenttäyksiköille.
- Operatiivisen pelastustoiminnan johtaminen, kunnes päällystöviranhaltija on päässyt kohteeseen ja hänellä on edellytykset jatkaa johtamista. Tämän jälkeenkin toimintaa kohteessa voidaan tukea tilannekeskuksesta käsin. Pelastuskomppanian ja sitä isompien tilanteiden johtaminen voidaan monesti hoitaa tilannekeskuksesta, koska komp-

panian johtajan läsnäolo kohteessa ei aina ole tarpeellista tilannetietoisuuden parantamisessa.

- Pelastuspalveluorganisaatioiden hälyttäminen: Silloin, kun hätäkeskus ei kykene suorittamaan määrätyn pelastuspalveluorganisaation hälyttämistä, se voidaan tehdä tilannekeskuksesta sopimalla asiasta hätäkeskuksen kanssa. Tilannekeskuksessa on varauduttava myös kuntien valmiustoiminnan käynnistämiseen johto- ja toimialakohtaisten ryhmien hälyttämisellä.
- Hätäkeskuksen ja kenttäyksiköiden välisen radioliikenteen ja liikennekurin seuraminen ja tarvittaessa laiminlyönteihin puuttuminen.
- Hätäkeskustietojärjestelmän etäkäyttö sekä pelastustoimen kenttäjärjestelmien käyttö ja ylläpito.
- Väestöhälyttimien hallinta: Tilannekeskuksesta voidaan käynnistää hälytinryhmiä ja valvoa hälyttimien tilaa.
- Tapahtumapäiväkirjan ylläpito.
- Pelastustoimen oman VIRVE-puheviestinnän tallentaminen joko paikallisella tallentimella tai etäkäyttöisen, keskitetyn tallentimen hallinta.
- Sähkö- ja televerkkojen vikatilannekuvan seuraaminen ja tarvittaessa vikatilanteisiin reagointi.
- Ilmoitusten vastaanotto muilta viranomaisilta ja yhteistyötahoilta: Ilmoitusten välittäminen pelastustoimelle, varsinkin silloin jos niillä on vaikutusta operatiivisten yksiköiden toiminnalle tai liikkumiselle (esim. katusulut, yleisötilaisuudet,...). Myös kuntalaisilta voidaan vastaanottaa ilmoituksia, kysymyksiä ja tiedusteluja.
- Säätilan kehittymisen seuranta operatiivisen toiminnan tukena oman sääaseman avulla ja/tai Ilmatieteenlaitoksen turvasääpalvelun avulla. Myös ulkoisen säteilyn valvonta kuuluu tehtäviin.
- Tiedottaminen yleisölle ja tiedotusvälineille yhdyskuntateknisten palveluiden häiriötilanteissa, onnettomuustapauksissa ja muissa erityistilanteissa.
- Tilannekeskus voi toimia miehittämättömänä, jos mitään akuuttia tilannetta ei ole päällä. Tarpeen vaatiessa se voidaan miehittää, virka-aikana se onnistuu välittömästi.

2.4.2.4 Hallinnon turvallisuusverkko TUVE

TUVE on valtion turvallisuusviranomaisten käyttöön suunniteltu tietoverkko, jonka tarkoituksena on taata luotettava viranomaisviestintä kaikissa tilanteissa. Kriittisen luonteensa takia

TUVEsta ei ole ollut paljon tietoa julkisuudessa, mutta joitakin artikkeleita asian tiimoilta on julkistettu. Julkiset tiedot löytyvät Valtiovarainministeriön nettisivuilta osoitteesta:

http://www.vm.fi/vm/fi/05_hankkeet/024_tuve/index.jsp.

Erillisverkkojen VIRVE-uutisissa 2/2010 on kerrottu TUVEsta seuraavaa:

”Hallinnon turvallisuusverkko TUVE tarkoittaa valtioneuvoston ja turvallisuusviranomaisten korkean varautumisen tietoliikennetarkkaisu. Hankkeen toimikausi on 9.4.2009–31.12.2011.

Tavoitteena on parantaa merkittävästi tietoliikenneverkon suojatasoa ja käytettävyyttä. Keskeistä ratkaisussa on, että kriittinen tietoaineisto varastoidaan ja hallinnoidaan Suomessa.

Turvallisuusverkon tarkoituksena on parantaa valtion johtamiskykyä, valtionjohdon päätöksentekokykyä, tilannekuvan muodostamista ja viranomaisten välistä tietojenvaihtoa sekä tiedon eheyden ja kiistämättömyyden edellytyksiä kaikissa turvallisuustilanteissa.

Poikkihallinnollisessa hankkeessa ovat mukana valtioneuvoston kanslia, valtiovarainministeriö, sisäasiainministeriö, puolustusministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö sekä ulkoasiainministeriö.

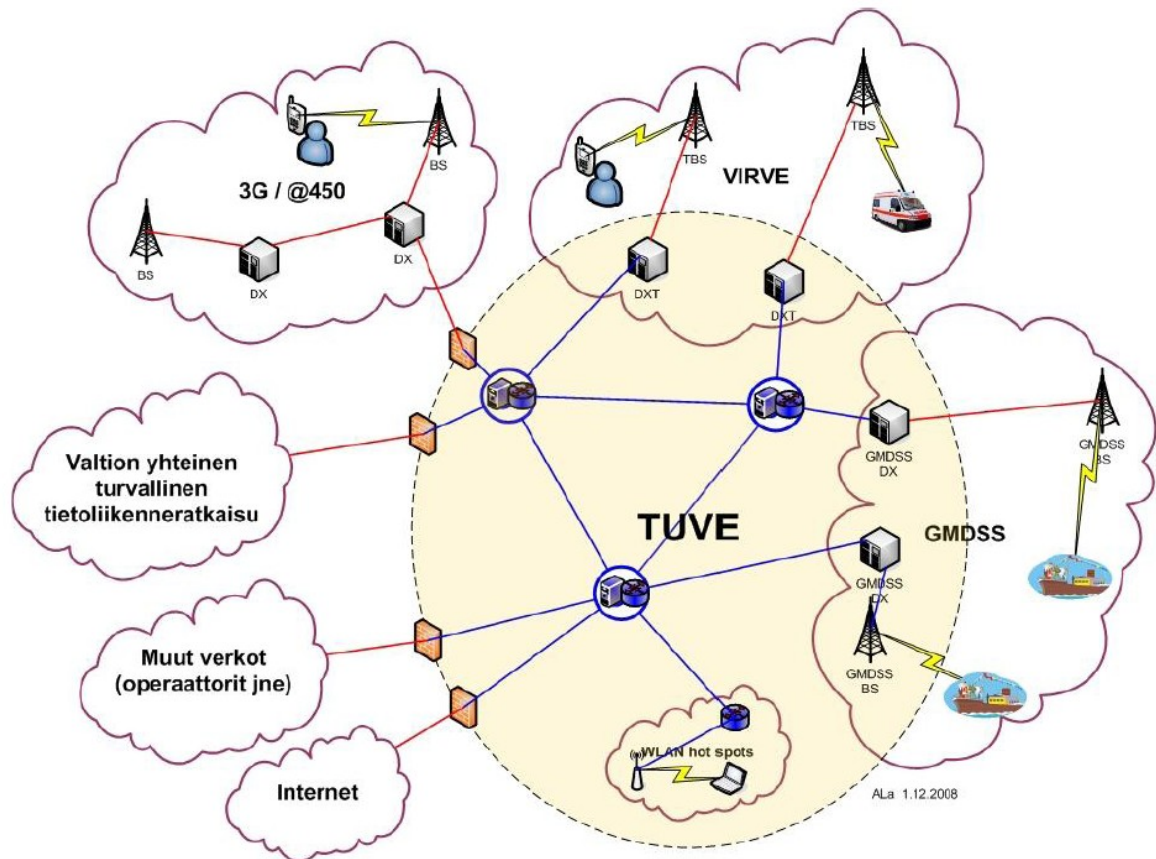
Puolustusministeriön ja sisäasiainministeriön osahankkeet vastaavat tietoliikenneverkon ja verkkopalvelujen toteuttamisesta. Hankkeen arvioinnista ja seurannasta vastaa valtioneuvoston kanslia. Hankkeen hallinnosta ja käytännön koordinoinnista vastaa valtiovarainministeriön hallinnon kehittämisosastolla toimiva TUVE-yksikkö.

TUVE-toimijoiden verkko-operaattorina tulee olemaan Puolustusvoimien johtamisjärjestelmakeskus Jyväskylässä ja palveluoperaattorina sisäasiainministeriön alainen hallinnon tietotekniikkakeskus HALTIK Rovaniemellä.

Turvallisuusverkon rajapinnat tulevat lähelle käyttäjiä. Joka turvallisuusviranomaisella on omia sovelluksia, jotka on tarkoitus laittaa TUVE-alustan päälle. Keskeisiä liittyviä tulee esim. hätäkeskusten uuteen tietojärjestelmään tai esim. poliisien ja pelastuksen johtamisjärjestelmiin. ”

Helsingin Sanomat kertoi 17.1.2011 ilmestyneessä jutussaan, että TUVE-hanke on vuoden myöhässä alkuperäisestä aikataulustaan: verkko valmistuu vuoden 2012 lopulla. Syynä viivästymiseen ovat valtiovarainministeriön hankepäällikkö Esko Vainion mukaan ”tekniikan nopea kehitys ja verkon rakentamisen aloituksen viivästyminen, hanke on osoittautunut arvioitua mutkikkaammaksi”. Artikkelin mukaan parhaillaan pohditaan, kuka tulee olemaan verkon ylläpitäjänä. Ratkaisu asiasta saataneen kevään 2011 aikana.

Kuvassa 2.3 on esitetty TUVEn liittynät muihin verkkoihin. Siitä nähdään, että TUVE, viranomaismoinsivirve VIRVE ja merenkulun hätäradiotjärjestelmä GMDSS ovat integroituneet kiinteästi toisiinsa: molempien verkkojen keskuksat ovat suoraan yhteydessä TUVEn.



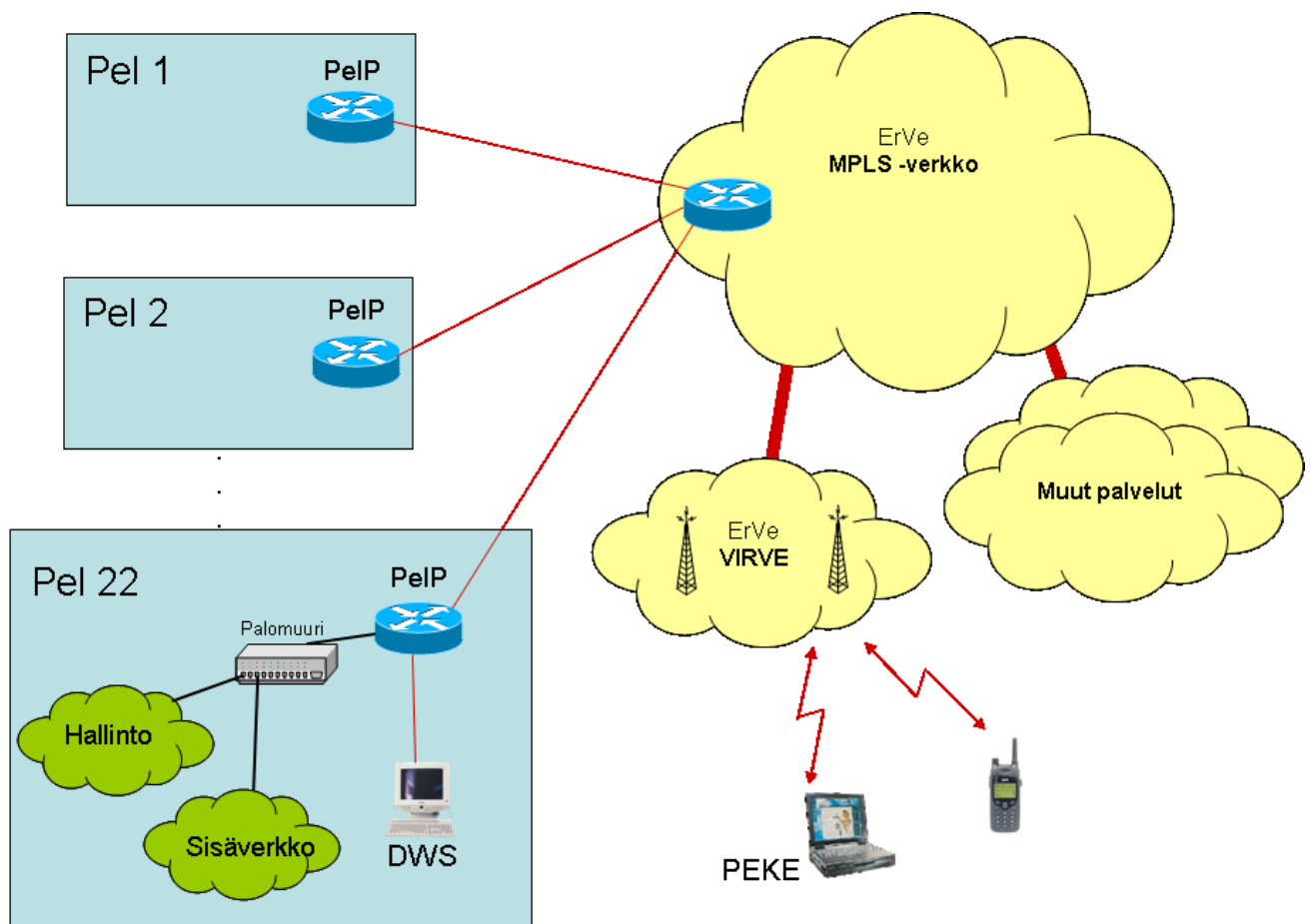
Kuva 2.3 TUVEn liittynät muihin verkkoihin [22]

Pelastustoimen toiveita TUVEn suhteen on tuotu julki PELTI-työpajassa 25.–26.8.2010: Pelastuslaitoksille on taattava pääsy TUVEn kautta tarjottuihin palveluihin hallinnollisista esteistä huolimatta. Pelastuslaitosten toiveena on keskitetty IP-pohjainen tietoverkko, jonka pääasia on toimivuus ja luotettavuus, kaikenkattava tietoturva ei ole pelastustoimelle niin tärkeä kuin esim. poliisille, varsinkaan jos johtaa toiminnallisuuden rajoituksiin. Seuraavassa luvussa kuvattu PeIP-verkko on yksi askel siihen suuntaan, joka tarjoaa mahdollisuuden TUVEn kautta saatavien palvelujen käyttöön.

2.4.2.5 Pelastuslaitosten operatiivinen IP-tietoverkko (PeIP)

Pelastuslaitoksilla on vireillä suunnitelma [15], jolla nämä liittyvät yhteiseen operatiiviseen IP-verkkoon, minkä kautta on sitten saatavissa turvallisuusviranomaisten tarvitsemat ja tarjoamat verkkopalvelut. PeIP-verkon periaate selviää kuvasta 2.4.

Kaikkiin pelastuslaitoksiin tulee PeIP-liittymä, jolla ne liittyvät Erillisverkkojen MPLS-runkoverkkoon. PeIP-liittymään voidaan suoraan kytkeä esim. VIRVEN IP-pohjainen DWSip-käyttöpaikka. Pelastuslaitoksen sisäverkot ja kunnalliset hallintoverkot erotetaan PeIP-verkosta palomuurilla. ErVen MPLS-verkon kautta päästään VIRVEN palveluihin ja muihinkin tarvittaviin viranomaispalveluihin. Samaten sitä kautta pelastuslaitokset voivat kommunikoida keskenään.



Kuva 2.4 Pelastuslaitosten PeIP-liittymät

PeIP-liittymä mahdollistaa mm. seuraavat palvelut [15]:

- käyttöpaikan tiedonsiirron (DWSip)
- Erillisverkkojen raportointipalvelut VIRVEstä
- VIRVE-puheliikenteen tallennuspalvelut
- jälleenhälyttämispalvelut
- hälytysyhteyksien varmentaminen asemille (varahälytys)
- PEKE-palveluiden käyttö (PEKE IP)
- pelastuslaitosten yhteiset palvelimet ja palvelut
 - o yhteiset ohjelmistohankinnat
 - o yhteinen sähköposti / kalenteri / levynjako
- videoneuvotteluyhteydet
- puhelinliikenteen varmentaminen (IP-puhelut)
- viranomaispalvelujen käyttöyhteydet

- yleisestä internetistä riippumattoman tietoverkkoyhteyden keskeisiin viranomaispalveluihin

Tammikuussa 2011 tilanne on sellainen, että kaikki 22 pelastuslaitosta ovat tilanneet PeIP-liittymän. Ne otetaan käyttöön alkuvuodesta 2011.

2.4.3 Moniviranomaisyhteistyö

Tilanteessa, jonka hoidossa tarvitaan useiden viranomaisten (häätakeskus, pelastus, poliisi, sairaankuljetus,...) yhteistyötä, on haasteena sujuva kommunikointi eri toimijoiden kesken. Sjuvan yhteistyön edellytyksiä ovat mm. totuudenmukaisen ja yhteisen tilannekuvan muodostaminen, johtamisjärjestelmien hyvä yhteistoiminnallisuus ja hallinnollisten haasteiden voittaminen.

2.4.3.1 Yhteisen tilannekuvan ylläpito

Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia vuodelta 2006 määrittelee tilannekuvan seuraavasti [18]:

***Tilannekuva** on päättäjien ja heitä avustavien henkilöiden ymmärrys tapahtuneista asioista, niihin vaikuttaneista olosuhteista, eri osapuolien tavoitteista ja tapahtumien mahdollisista kehitysvaihtoehtoista, joita tarvitaan päätösten tekemiseksi tietystä asiasta tai asiakokonaisuudesta. Tilannekuvan muodostamista ja ylläpitoa edesautetaan ylläpitämällä ja esittämällä tietoja tarkoituksenmukaisesti esimerkiksi kuvilla, teksteillä ja kaavioilla.*

Rauno Kuusiston tutkimusraportti: Tilannekuvasta täsmäjohtamiseen [19] määrittelee yhteisen tilanne kuvan seuraavasti:

***Yhteinen tilannekuva** on yhden tai useamman käyttäjän yhteisesti käytettävissä oleva oleellinen tieto, jota hyödynnetään yhteisessä suunnitteluprosessissa ja joka edesauttaa kunkin toimijan tilannetietoisuuden syntymistä. Yhteinen tilannekuva on yhteisesti ymmärrettävä malli ja kuvaus tilanteen tulkintaan vaikuttavista tiedoista. Yhteinen tilannekuva on siten samanaikaisesti useamman toimijan käytössä oleva tuokiokuva ja käsitys jostakin, joka on näille toimijoille jollakin tapaa yhteistä.*

Tilannekuva on siis subjektiivinen ja se syntyy kunkin toimijan omassa päässä hänen näkeminsä ja kuulemiensa tilannetietojen pohjalta. Näitä tilannetietoisuuteen vaikuttavia asioita ovat mm.:

- paikalliset aistihavainnot (näkö- ja kuulohavainnot)
- puheryhmien kautta kuullut tiedot
- johtamisjärjestelmien kautta saadut tiedot

Näiden tietojen pohjalta kukin toimija tekee omaan rooliinsa kuuluvia päätöksiä. Näihin päätöksiin ja niitä seuraaviin toimenpiteisiin vaikuttaa ilman muuta myös toimijan aikaisempi kokemus vastaavista tilanteista. Perinteisesti ryhmäpuhekanava on toiminut tehokkaana tilannekuvatiedon jakelukanavana, eikä sen rooli tule tulevaisuudessakaan varmaan heikkene-
mään, vaikka kehittyvät johtamisjärjestelmät tulevatkin tuomaan oman merkittävän lisänsä tilannekuvan ylläpitoon.

Tilannekuvatiedon keruuseen, jakeluun ja tallennukseen liittyy monia haasteita, mm.:

- Tieto on kerättävä mahdollisimman automaattisesti eli se ei saa työllistää käyttäjää eikä siten hidastaa hänen normaalia toimintaansa.
- Pitää varmistaa, että käsitellään vain relevanttia tietoa eli oikea tieto oikeaan roolin mukaiseen paikkaan. Mitä ylempänä toimintahierarkiassa ollaan, sitä suodatetumpaa ja pelkistetympää kerätyn ja siirretyn tiedon pitää olla.
- Tilannekuvatieto (ml. data, kuvat, video) on kerättävä, jaeltava ja tallennettava siten, että rajallinen radioverkon kapasiteetti ei liikaa kuormitu. Tämän kuormanhallinnan kannalta avainasioita ovat siirrettävän tiedon priorisointi ja kompressio sekä johtamissovellusten ja päätelaitteiden kognitiivisuus (eli sopeutuminen ympäristön asettamiin rajoituksiin, lyhyesti sanottuna ”mobiilitietoisuus”). Tätä asiaa käsitellään tarkemmin luvuissa 2.5.4–6.
- On pystyttävä toimimaan, vaikka puheyhteydet ja johtamisjärjestelmäyhteydet katkeaisivat tai niitä ei olisi ollenkaan, esim. päätelaite-/verkkovian tai radiopeiton puutteen vuoksi.

2.4.3.2 Johtamisjärjestelmien yhteistoiminnallisuus

TOTI / KEJO -hankkeissa on tähän mennessä määriteltä uuden hätäkeskustietojärjestelmän ja siihen kiinteästi liittyvän kenttäjohtamisjärjestelmän toiminnallisia (ja muitakin) vaatimuksia. Jotta tulevat uudet järjestelmät pelaisivat hyvin yhteen keskenään, pystyisivät toimimaan siirtymävaiheessa rinnakkain myös vanhempien järjestelmien kanssa ja olisivat käyttökelpoisia myös pitkälle tulevaisuuteen, on näiden uusien järjestelmien vaatimuksissa otettava huomioon myös seuraavia asioita:

- **Arkkitehtuuri:** Tietojärjestelmien tulisi perustua samoille avoimille palveluarkkitehtuuriratkaisuille. Hyviä lähtökohtia tähän ovat mm. SOA (Service Oriented Ar-

chitecture), TOGAF (The Open Group Architecture Framework) ja OSSAF (Open Safety & Security Architecture Framework).

- **Rajapinnat ja tietorakenteet:** Uusien tietojärjestelmien keskinäiset ja niiden rajapinnat muihin järjestelmiin (esim. taustajärjestelmät ja rekisterit) tulisi määritellä palvelulähtöisesti siten, että palvelun käytännön toteutus piilotetaan sen käyttäjältä. Näin palvelun toteutusta voidaan tarvittaessa muuttaa ilman että se aiheuttaa muutospaineita palvelun käyttöön. Rajapinnoissa, protokollissa ja tietorakenteissa tulisi hyödyntää hyväksi havaittuja, kansainvälisiä standardeja. Esimerkkejä näistä ovat vaikkapa OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)-standardit CAP (Common Alerting Protocol) ja EDXL (Emergency Data Exchange Language). Myös tilannekuvatiedon siirtoon tarkoitettun TSO (Tactical Situation Object) -standardin käyttöä kannattaa harkita. Lisätietoja ja linkkejä näihin arkkitehtuuri- ja rajapinta-asioihin löytyy liitteestä 2.

Standardoitujen rajapintojen, protokollien ja tietorakenteiden käyttö edistää järjestelmien avoimuutta ja helpottaa uusien ominaisuuksien kehittämistä järjestelmiin. Samalla se vähentää riskiä joutua yhden toimittajan räätälöityjen ratkaisujen vangiksi.

- **Toteutuslустat:** Uudet tietojärjestelmät tulisi rakentaa mahdollisimman alustariippumattomiksi, jotta niitä voidaan käyttää sekä nykyisillä että tulevaisuuden laitteilla. Näin niiden käyttökelpoinen laitekanta saadaan suuremmaksi ja tietojärjestelmien elinkaari saadaan pitemmäksi.
- **Tietoturva:** Salaustarpeet vaihtelevat eri viranomaisilla. Sen vuoksi tietojärjestelmien olisi salauksen osalta skaalauduttava erilaisiin tarpeisiin. Poliisilla on varmasti tiukimmat vaatimukset tämän osalta, pelastuslaitosten toiminta on pääosin julkista, joten salaustarpeet eivät ole niin tiukat. Myös käyttäjien tunnistamisen (autentikointi) ja käyttöoikeuksien hallinnan tarpeet ovat toimialakohtaisia, joten säätövaraa on niissäkin oltava.
- **Verifiointi ja auditointi:** Ennen kuin uusi tietojärjestelmä tuodaan mukaan toimintaympäristöön, on sen toiminta ja yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa pysyttävä todentamaan. Tätä varten olisi luotava verifiointi- ja auditointiprosessi. Nykyisin voidaan ottaa käyttöön minkäläinen järjestelmä tahansa, kukaan ei pysty takaamaan sen luotettavaa toimintaa.

Nämä yllä olevat vaatimukset tulisi ottaa huomioon jo vaatimusmäärittelyissä ja ne tulisi esittää järjestelmätoimittajille (tai ehdokkaille) jo hankintaprosessin alkuvaiheessa.

2.4.3.3 Hallinnolliset haasteet

Pelastusalan toimijat ovat hallinnollisesti sijoittuneet seuraavasti:

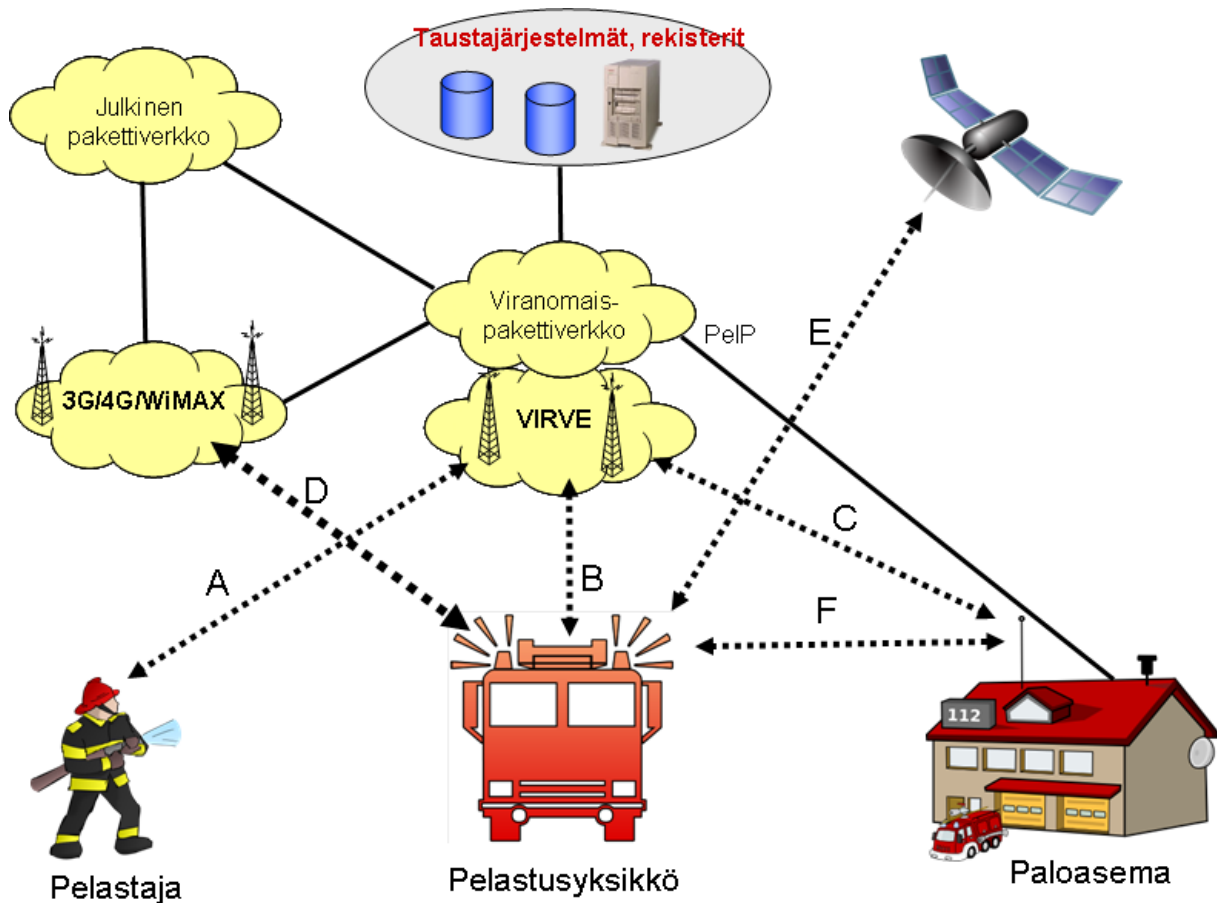
- Valtionhallinto: Hätäkeskuslaitos ja Sisäasiainministeriön pelastusosasto, Pelastusopisto, hallinnon tietotekniikkakeskus HALTIK.
- Kunnallishallinto: Pelastuslaitokset, sairaanhoitopiirit.
- Muut: Sopimuspalokunnat, meripelastusseurat, vartiointiliikkeet,...

Tämä hallinnollinen hajanaisuus vaikeuttaa yhteisen toiminnan suunnittelua ja toteutusta. HALTIK palvelee vain valtion viranomaisia [17], joten kunnallishallinnon ja muille toimijoille olisi turvattava pääsy tarvittaviin palveluihin. Nykyisin muut toimijat ovat täysin ulkona kaikista tietojärjestelmistä. Toimialakohtaisesti olisi päästävä yhteisiin, valtakunnallisiin toimintatapoihin, toimintaprosesseihin ja ohjeistuksiin. Käynnissä oleva hätäkeskusuudistus vie toki valtionhallinnon alaisia toimijoita tähän suuntaan, mutta sama tavoite tulisi olla myös muilla pelastusalan toimijoilla.

2.5 Pelastustoimen langattomat tiedonsiirtotarpeet

2.5.1 Tiedonsiirron rajapinnat

Kuvassa 2.5 on kuvattu tämän dokumentin arvioinneissa mukana olevat langattomat tiedonsiirtorajapinnat A-F.



Kuva 2.5 Langattoman tiedonsiirron rajapinnat

Rajapinta A: VIRVEN ilmarajapinta käsiradiopuhelimeen. Käytettävät palvelut: puhepalvelut, statusviesti ja tekstiviesti SDS.

Rajapinta B: VIRVEN ilmarajapinta ajoneuvoradioon/modeemiin. Käytettävät palvelut: puhepalvelut, statusviesti, tekstiviesti SDS ja kapeakaistaiset pakettidatapalvelut.

Rajapinta C: VIRVEN ilmarajapinta asemaradioon/modeemiin. Käytettävät palvelut: puhepalvelut, statusviesti, tekstiviesti SDS ja kapeakaistaiset pakettidatapalvelut.

Rajapinta D: Ilmarajapinta kaupallisiin 3G/4G/WiMAX-verkkoihin, joko monikanavareititin tai integroidun radiopäätelaitteen kautta. Käytettävät palvelut: nopeat pakettidatapalvelut (esim. kuvansiirto, video, tiedostonsiirto, sähköposti, internet-selailu)

Rajapinta E: Satelliittiyhteys. Käyttö voi tulla kyseeseen lähinnä silloin, kun D-rajapintaa ei ole ja tarvitaan nopeaa datasiirtoa. Käytettävät palvelut: nopeat pakettidatapalvelut (esim. kuvansiirto, video, tiedostonsiirto, sähköposti, internet-selailu)

Rajapinta F: Pelastusyksikön ja paloaseman välinen WLAN-rajapinta, jota käytetään tietojen ja tietokantojen replikointiin ajoneuvon ollessa tallissa. Käytettävät palvelut: tie-

dostonsiirto molempiin suuntiin, tietokantojen synkronointi. Samanlainen WLAN-rajapinta voisi toimia myös operatiivisessa käytössä kohteessa tai sen lähetyvillä, jos siellä on käytettävissä avoin WLAN-tukiasema, johon viranomainen pääsee kirjautumaan. Silloin tämä rajapinta olisi osa monikanavaisuutta (katso tarkemmin luku 2.5.4 Datasiirron erityisvaatimuksia).

2.5.2 Puhepalvelut

VIRVEN puhepalvelut (ryhmäpuhelu, yksilöpuhelu ja suorakanavapuhelu) tulevat jatkossakin olemaan viranomaiskommunikoinnin perusta. Kehittyvät datapalvelut eivät tule lähitulevaisuudessa korvaamaan puhepalveluja, vaan täydentämään niitä.

Viranomaisten käyttämissä puhepalveluissa **voi** kuitenkin tapahtua seuraavia muutoksia tulevina vuosina:

- Puheyhteydet julkisiin matkapuhelinverkkoihin tulevat lisääntymään: Jo nyt voidaan liittää henkilö julkisesta verkosta osaksi VIRVE-puheryhmää. Tämä mahdollistaa poliittisten vastuunkantajien ja asiantuntijoiden osallistumisen kentällä tapahtuvaan operatiiviseen toimintaan.
- Kansainvälinen toiminta kasvaa: TETRA-verkkoja yhdistetään toisiinsa ISI-rajapinnan kautta. Erityisesti Schengen-sopimuksen mukainen, rajojen yli tapahtuvan yhteistyön operatiivinen toiminta ja kommunikointi helpottuvat.
- IP-pohjaiset puhepalvelut lisääntyvät: Voice over IP (VoIP)-tekniikan merkitys tulee kasvamaan.
- Monitoimipuhelimet tulevat yleistymään: samassa päätelaitteessa voi olla tuki TETRA:lle, 3G/4G:lle, WLANille,...

2.5.3 Datasiirron palvelut

Hätäkeskuslaitoksen KEJO-projektissa määriteltiin tulevaisuuden kenttäjohtamisjärjestelmän tarpeet ja operatiiviset vaatimukset käyttötapausten avulla.. Taulukossa 2.1 on listattu näihin käyttötapauksiin liittyviä operatiivisen tiedon elementtejä, arvioitu näiden tietosisällön kokoa, esitetty tarvittava verkkopalvelu niiden siirtoon eri rajapinnoissa (kuvan 2.5 mukaisissa rajapinnoissa) ja laskettu siirrossa tarvittava nopeus, jotta sisältö siirtyisi kohtuujassa.

Oper.tieto/ tapahtuma	verkkopalvelu	rajapinnat (kuva 2.5)	tyypillinen koko/määrä (tavua)	nopeustarve (kbit/s)	siirtoaika (s)
hälytystiedot	SDS	A,B,C	n x 140	2,4	n x 0,5
tilatieto	statusviesti	A,B,C	2	2,4	7 ms
paikannustiedot	SDS	A,B	100	2,4	0,3
kohdetiedot	multimediaviesti	B,D,E	100k	1000	0,8
tilannekuva	tiedostonsiirto	B,D,E	50k	1000	0,4
rekisterikysely	tiedostonsiirto	B,D,E	50k	1000	0,4
tiedote	sähköposti	B,D,E	20k	100	1,6
still-kuva	multimediaviesti	D,E	500k	2000	2
video-otos	multimediaviesti	D,E	10M	5000	16
reaaliaik. video	videostriimaus	D,E	jatkuva	256	-

Taulukko 2.1 Operatiivisen tiedonsiirron tarpeita

Nähdään, että tietoelementeistä vain hälytystiedot, tilatiedot ja paikannustiedot pystytään siirtämään nykyisen VIRVEN datasiirtopalveluilla kohtuujassa. Muiden elementtien siirrossa on turvauduttava muiden verkkojen palveluihin

ETSI TC TETRA:n vuonna 2006 arvioimia datasiirtotarpeita on listattu taulukossa 1.4. Siitä nähdään, että siirtotarpeet on arvioitu hieman maltillisemmin kuin yllä, esim. 2 Mt sähköpostiviestille on sallittu 5 minuutin siirtoaika, jolloin kaistaa tarvitaan vain n. 53 kbit/s. Tämä on kuitenkin kapasiteettikysymys: mitä pienempi kaista, sitä kauemmin siirto kestää ja sitä pitempään siirtokapasiteetti on varattuna, jolloin muutkin käyttäjät voivat joutua odottelemaan. VIRVEssä usean yhtäaikaisen käyttäjän tapauksessa verkon kapasiteettia lomitetaan, jolloin kaikkien siirtoajat kasvavat. Tavoitteena voisi pitää, että kaikki palvelut voidaan toteuttaa ilman turhauttavan pitkiä odotteluajoja. Tarvittava siirtoaika riippuu mm. käytetystä palvelusta, sen tietosisällöstä ja tilanteesta, missä ollaan (esim. tehtävältä paluussa voidaan sallia pitemmät siirtoajat kuin kohteessa ollessa).

2.5.4 Datasiirron erityisvaatimuksia

Luokittelu ja priorisointi

Ylikuormitustilanteita ja muutenkin sellaisia tilanteita varten, jolloin siirtokapasiteettia on niukasti (tai ei ollenkaan) tarjolla, datasiirron tarpeet on pystyttävä luokittelemaan. Luokittelua voidaan sitten käyttää hyväksi liikenteen priorisoinnissa koko siirtoketjussa: kenttäjärjestelmän asiakasohjelma–radiopäätelaite–radioverkko–kiinteä siirtoverkko–kenttäjärjestelmän palvelin.

Datasiirtotarvetta olisi pystyttävä arvioimaan kulloisessakin tilanteessa sekä proseduuritasolla että yksittäisen viestin tietosisällön näkökulmasta. On pystyttävä päättämään, onko joku tietty toiminne tarpeen suorittaa juuri nyt, vai voiko sen siirtää odottamaan parempaa tarjottua kapasiteettia. Samaten jonkin yksittäisen viestin suurikokoisen infoelementin kohdalla on pystyttävä ratkaisemaan, onko sen siirtäminen aivan välttämätöntä, vai voidaanko sen siirtämistä lykätä tai voidaanko se jopa kokonaan hylätä.

Luokittelun on oltava dynaaminen eli siirtotarve ja sen kiireellisyys voi riippua kulloisestakin operatiivisesta tilanteesta (statuksesta), esim. kohteessa ollessa voi joku tietty toiminne tai viesti olla pakollinen, mutta matkalla ollessa sen suoritusta tai siirtoa voi lykätä, jos on tarpeen.

Luokittelu voisi olla esimerkiksi seuraavan tyyppinen:

- **kriittinen:** on suoritettava/ siirrettävä aina ja välittömästi
- **ei-kriittinen:** suoritusta/siirtoa voidaan lykätä odottamaan parempaa kapasiteettia
- **valinnainen:** suoritus/siirto voidaan jättää kokonaan tekemättä

Luokittelua voivat käyttää hyväkseen kenttäjärjestelmät, päätelaitteet ja radioverkko priorisoidessaan käsittelemäänsä liikennettä. Parhaat priorisointimahdollisuudet on kenttäjärjestelmissä ja päätelaitteissa eli siellä, missä tiedetään yksikön operatiivinen tila ja radiokanavan tila. Radioverkko ei voi enää muuta kuin noudattaa annettua luokittelua.

Tätä kenttäjärjestelmien ja päätelaitteiden kykyä luokitella ja priorisoida dataliikennettä operatiivisen tilanteen ja radiokanavan tilan mukaan voidaan kutsua myös nimellä ”**mobiliitietoisuus**” (tai pelkästään kenttäjärjestelmistä puhuttaessa nimellä ”**sovellusälykyys**”)

Monikanavaisuus

Radiopäätelaitteen (tai -laitteiden)/ monikanavareitittimen on oltava joka hetki tietoinen kunkin tuetun verkon (VIRVE/3G/4G/WiMAX/WLAN/...) kuuluvuudesta ja sen radiokanavan tilasta. Tämä tilatieto on oltava käytettävissä myös kenttäjärjestelmässä, joka tämän tiedon perusteella pystyy valitsemaan parhaiten tilanteeseen, tarpeeseen ja luokitteluun sopivan siirtokanavan. Kenttäjärjestelmän käyttäjän ei siis tarvitse huolehtia siirtokapasiteetin valinnasta, vaan hän voi keskittyä operatiiviseen toimintaan.

Tähän automaattiseen monikanavaisuuteen voidaan ottaa yhdeksi elementiksi myös mahdollisuus käyttää joko langallista tai langatonta (WLAN) lähiverkkoa, jos sellainen on kohteessa tai sen välittömässä läheisyydessä tarjolla. Monissa kiinteistöissä ja omakotitaloissa on nykyään laajakaistaliitäntä ja julkisia ns. ”hotspotteja” löytyy monista kaupungeista lähes joka korttelista. Näiden ”**WLAN-palopostien**” käyttömahdollisuutta viranomaisliikenteeseen tulisi selvittää.

Turvallisuus

Kun datasiirto tapahtuu VIRVEN kautta, on siirron turvallisuus yleensä riittävällä tasolla. Jos/kun siirtoon käytetään kaupallisten operaattoreiden verkkoja, on siirron turvallisuudesta huolehdittava erikseen kulloistenkin turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Kyseeseen tulevat silloin esim. päästä-päähän -salauksen käyttö tai VPN-yhteyksien käyttö.

Erityistilanteet

Käytännön toiminnassa voi tulla vastaan monenlaisia erityistilanteita:

- kaikki verkkoyhteydet ovat poikki (esim. ollaan verkkojen peiton ulkopuolella)
- VIRVE toimii, muita verkkoyhteyksiä ei ole
- kaikki verkkoyhteydet pätkivät ja toimivat epäluotettavasti
- VIRVE ei toimi, muita yhteyksiä on tarjolla
- ...

Kaikissa näissä erityistilanteissa kenttäjärjestelmien/ päätelaitteiden/ monikanavareitittimien toiminta ei saa halvaantua. Niissä on oltava mekanismit, joilla erityistilanteet hoidetaan ja niistä selvitään, kun palataan normaaliin toimintaan.

2.5.5 Päätelaitteiden vaatimuksia

Päätelaitteiden (mukaan lukien monikanavareititin) on tuettava kaikkia luvussa 2.5.4 kuvattuja ominaisuuksia: ***mobiilitietoisuus, monikanavaisuus, turvallisuus ja erityistilanteet***. Monikanavaisuus voidaan toteuttaa joko päätelaitteessa (sisältää TETRA/3G/4G-modeemin) tai sitten erillisellä monikanavareitittimellä (jos on radio-osat valittuja verkkoja varten). Olipa ratkaisu kumpi tahansa, aina on oltava mukana tuki TETRA-verkolle.

2.5.6 Kenttäjärjestelmien vaatimuksia

Kenttäjärjestelmien on tuettava seuraavia luvussa 2.5.4 kuvattuja ominaisuuksia: ***sovel-lusälykyys, turvallisuus ja erityistilanteet***. Lisäksi niiden on täytettävä luvuissa 2.4.3.1 (Tilannekuva ylläpito) ja 2.4.3.2 (Johtamisjärjestelmien yhteistoiminnallisuus) kuvatut vaatimukset. Perusvaatimuksena on tietysti vielä KEJO-hankkeessa määritellyt vaatimukset.

3 TULEVAISUUDEN TEKNOLOGISET MAHDOLLISUUDET

Tässä luvussa luodaan ensin katsaus VIRVEN verkkoteknologian kehittymiseen ja uusiin ominaisuuksiin. Sen jälkeen tarkastellaan verkkoarkkitehtuurin muutoksia verkkojen välisen liitännän (ISI) ja pakettikytkentäisen siirtoverkon (ToIP) avulla. Sitten käydään läpi TETRA-päätelaitteiden tulevaisuuden näkymiä. VIRVEä täydentäviin verkkotekniikoihin luodaan lyhyt katsaus (tarkemmat selvitykset teknologioista löytyvät tämän dokumentin liitteestä 1) ja analysoidaan niiden verkkoteknisiä ominaisuuksia VIRVEen verraten.

3.1 VIRVEN tulevaisuus

3.1.1 Release 5.0

VIRVEssä on otettu käyttöön keväällä 2010 järjestelmätaso Release 5.0. Se oli pääosin ohjelmistopäivitys, pakollisia laitepäivityksiä siihen ei sisältynyt. Päivitys vaikutti seuraaviin verkkoelementteihin: DXT, CDD, TCS ja DWS. Release 5.0 mahdollistaa mm. seuraavat verkon ominaisuudet ja toiminnallisuudet (Huom. Vaikka ominaisuus sisältyy järjestelmätasoon, niin sitä ei ole välttämättä otettu käyttöön tai edes hankittu):

- **Digitaalinen nauhoitusrajapinta:** Keskuksessa on 2x30-kanavainen PCM-audioliitanta, johon voidaan liittää erillinen nauhuri. Näin voidaan nauhoittaa halutun ryhmän puhelut tai yksilöpuhelut.
- **Puhelun siirto päivystäjän toimesta** (call transfer by dispatcher): Päivystäjä voi kytkeä yksilöpuhelun eteenpäin. Tämä mahdollistaa puhelut sellaisille käyttäjille, joilla ei muuten ole soitto-oikeutta tiettyihin numeroihin tai verkkoihin. Samaten se mahdollistaa oman palvelukeskuksen perustamisen tietyille käyttäjäorganisaatiolle.
- **Radiopäätelaitteen väliaikainen tai pysyvä poisto** ilmarajapinnan yli (terminal stun/kill): Päätelaite voidaan poistaa verkosta väliaikaisesti (stun), jolloin sitä ei voi enää käyttää kuin mahdollisesti hätäpuheluihin. Laitetta voidaan kuitenkin seurata ja sen ääniympäristöä kuunnella. Väliaikaista poistoa voidaan käyttää esim. ajoneuvopuhelimeen silloin, kun ajoneuvo on huollossa. Pysyvä poisto (kill) estää laitteen käytön kokonaan. Samalla suorakanavan (DMO) käyttö estyy. Sitä voidaan käyttää esim. varastettujen laitteiden käytön estämiseen.
- **Pakotettu yksilöpuhelun lopetus** (forced individual call release): Päivystäjä voi lopettaa yksilöpuhelun, jos hän haluaa välittää kiireellisen viestin yksilöpuhelun jommalle kummalle osapuolelle tai tarvitsee varatun ilmatieresurssin muuhun käyttöön. Käyttäjälle annetaan varoitussignaali 3 sekuntia ennen puhelun purkua.

- **Ennakkovaroitus puhelun katkaisusta** (pre-warning of call disconnection): Järjestelmä antaa mahdollisuuden määrittää maksimikestot erityyppisille puheluille. Kun puhelun maksikesto aika lähestyy loppuaan, puhuja saa n. 30 s ennen loppua varoitusta äänen. Näin käyttäjä voi tietoisesti lopettaa puhelun. Yksilöpuheluille voidaan määrittää lyhyempi maksimikesto, jolloin säästetään verkkoresursseja muuhun käyttöön.
- **Ryhmäpuhelun tarjonta varatulle yksilöpuhelutilaajalle** (group call offered to ongoing individual call): Käyttäjä voidaan kutsua puheryhmään, vaikka hänellä olisi meillä yksilöpuhelu. Näin yksilöpuhelut eivät estä osallistumista tärkeisiin ryhmäpueluihin.
- **Neuvottelu-/ryhmäpuhelu** (semi-conference call): Kun päivystäjä puhuu, kaikki kuulevat. Kun käyttäjä puhuu, vain päivystäjä kuulee. Päivystäjä voi myös muuttaa normaalin ryhmäpuhelun tällaiseksi puhelun aikana.
- **Kaksisuuntainen autentikointi** (mutua authentication): Radiopäätelaite varmistaa, että verkko on oikea. Näin päätelaite ei voi liittyä valeverkkoon, josta se ei pääse pois kuin menemällä kuuluvuusalueen ulkopuolelle tai katkaisemalla virran. Samaten verkko tarkistaa päätelaitteen oikeellisuuden ja estää näin vale- tai autorisoimattoman laitteen käytön.
- **Puhelinverkon käyttäjä puheryhmään** (PSTN user in TETRA talk group): Puhelin- tai matkapuhelinverkon käyttäjä voidaan ottaa mukaan ryhmäpuheluun tai hän voi aloittaa uuden puhelun. Pääsyä voidaan hallita PIN-koodilla ja hänen prioriteettinsa voidaan määritellä päivystäjän toimesta. Näin ulkopuolinen asiantuntija, TETRA-puhelimensa hukannut tai VIRVEN kantoalueen ulkopuolella oleva käyttäjä pääsee mukaan ryhmäkommunikointiin.
- **Määrävälein tapahtuva rekisteröinti** (periodic registration): Radiopäätelaitteet rekisteröityvät säännöllisesti verkkoon ja ilmoittavat paikkansa. Näin päivystäjä voi huomata laitteet, jotka ovat kuuluvuusalueen ulkopuolella, jotka on suljettu tai joiden akku on tyhjentynyt. Tämä on erityisen hyödyllinen kiinteästi asennettujen passiivisessa tilassa olevien päätelaitteiden tilan tarkistamisessa (esim. sireeniohjaus). Siten verkon tilannetietoisuus paranee.
- **Päivystäjän käyttöpaikan (DWS) parannukset** (enhanced dispatching): Ulkoinen tulevan puhelun ilmaisin, tulevat puhelut helpompi havaita esim. yöaikaan. Parannettu näkymä tulevien puheluiden jonoon parantaa käyttöpaikan käyttäjän tilannetietoisuutta.

- **Hallintatapahtumien loki** (logging of management events): Verkon ylläpitäjä voi jäljittää, kuka on kirjautunut verkkoon ja mitä muutoksia hän on tehnyt. Tämä auttaa selvittämään tilanteita, joissa epäillään esim. toimivallan ylitysyriä tai inhimillisiä virheitä.
- **Parannettu tekstiviestikeskustuki** (enhanced Short Message Service centre support): Tieto palvelukeskukselle (SMSC), kun käyttäjä palaa kuuluvuusalueelle tai käynnistää puhelimensa. Organisaatioille voidaan määritellä omat viestikeskukset. Tekstiviestejä voidaan välittää VIRVEN ja matkapuhelinverkkojen välillä.
- **Verkkojen välinen liikenne** (Inter-System Interface = ISI): Vaiheen 1 palvelut ovat sijainnin päivitys (verkkovierailu), yksilöpuhelu, statusviesti ja tekstiviesti SDS. Myös ryhmäpuhelu digitaalisen 4-lankaliitännän (G4WIF) kautta onnistuu. Katso tarkemmin luvusta 3.2.
- **Monitaajuustuki tukiasemaverkolle** (multi-frequency radio access): radioverkossa voi olla useamman taajuusalueen tukiasemia, tietyin ehdoin jopa samassa tukiasemassa voidaan käyttää eri taajuusalueen kantoaaltoja.
- **Käyttäjärühmälle varattu tukiasema** (exclusive capacity for user groups): tällä toiminteella tukiasema voidaan varata vain tietylle käyttäjäryhmälle.

3.1.2 Release 5.5

Release 5.5 (julkaistu huhtikuussa 2009, tulossa VIRVE-käyttöön keväällä 2011) vaikuttaa verkkoelementteihin DXT, TBS, CDD, TCS ja DWS ja tuo mm. seuraavia lisäominaisuuksia/-toiminnallisuuksia:

- **Käyttäjäkuulutus** (enhanced broadcast call): Oikeuden saanut käyttäjä voi tehdä kuulutuksen kentältä. Tämä täydentää taustaryhmän mahdollistamaa kuulutusta, jonka voi käynnistää vain päivystäjä.
- **Palvelun prioriteetti** (service priority): Eri organisaatiot voidaan priorisoida omalla tavallaan, myös eri palvelut (ryhmäpuhelu, yksilöpuhelu, datasiirto) voidaan priorisoida eri tavalla eri organisaatioissa. Tämä antaa verkko-operaattorille mahdollisuuden asiakkaiden palvelupriorisointiin sopimusten ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti.
- **Ryhmän elinaika** (group lifetime): Puheryhmille voidaan antaa elinaika, jonka jälkeen ne purkautuvat automaattisesti. Tämä helpottaa väliaikaisten puheryhmien hallintaa, koska niitä ei tarvitse erikseen purkaa.
- **Päivystäjän käynnistämä hätäpuhelu** (dispatcher initiated emergency call): Päivystäjä voi käynnistää hätäpuhelun.

- **Yksilöpuhelualue** (individual call area): Kullekin käyttäjälle voidaan määritellä oma maantieteellinen alue, jolla hän voi soittaa tai ottaa vastaan yksilöpuhelun. Tämän avulla käyttäjiä voidaan luokitella eri palvelutasoille.
- **Ketjutettu tekstiviesti** (concatenated SDS): entistä pitempiä tekstiviestejä voidaan lähettää (myös käyttöpaikasta, ei enää tarvetta selata useita lyhyitä viestejä).
- **Lähetyksen eston seuranta** (TX inhibit): Järjestelmä pitää yllä listaa puhelimista, joilla on lähetyksen esto päällä. Päivystäjä näkee tämän, mikä parantaa päätelaitteiden hallintaa ja sitä kautta tilannetietoisuutta.
- **Sijaintitietoprotokollan tuki** (positioning LIP support): Tuki TETRA Release 2:n mukaiselle paikkatietoprotokollalle ja paikkatiedon näyttämiseksi käyttöpaikalla.
- **Kontrollikanavan yläsuunnan kuormanhallinta** (MCCH uplink load support): Yläsuunnan ylikuormitustilanteissa järjestelmä rajoittaa paikannustietojen välitystä (LIP) tukiasemakohtaisesti. Näin taataan tärkeämmille tiedoille siirtokapasiteettia.
- **Tukiasematransmission optimointi** (optimisation of TB3 transmission): siirtoyhteyden aikavälitarve minimoidaan ja samalla saadaan lisäkapasiteettia ohjaustiedon siirtoon.
- **Käyttäjähallinnan parannus**: Yksittäisen käyttäjän hallinta voidaan antaa toisen organisaation tehtäväksi väliaikaisesti tai pysyvästi. Tämä mahdollistaa käyttäjän tai organisaation alistamisen toisen organisaation hallintaan esim. katastrofiin liittyvässä yhteistoiminnassa.
- **Salaus tukiasemayhteyksien vikatilanteessa**: AIE-SCK-salaus on käytettävissä myös tukiaseman itsenäisen toiminnan aikana
- **Kaksoisskannauksen tuki** (dual watch support): Järjestelmä pitää yllä tietoja päätelaitteista, jotka oman toimintatilansa (TMO tai DMO) ohella skannaavat toista tilaa. Näin ne ovat aina tavoitettavissa.
- **Vahvistettu ryhmäpuhelu** (confirmed group call): Ryhmäpuhelun aloittaja saa indikaation, jos jollakin solulla ei ole saatu radioresurssia varatuksi.

3.1.3 Release 6.0

Release 6.0 on työn alla ja se julkaistaan vuoden 2011 aikana. Vielä ei ole varmaa tietoa julkaisun ominaisuuksista, mutta mm. seuraavia ominaisuuksia on ehdolla:

- **TEDS-alusta (vaihe 1)**: nopean datasiirron tuki (katso luku 1.4.3), TEDS-päivitys hankittava erikseen.
- **Uusia kanavia**: Common secondary control channel ja dedicated data channel.

- Priorisointi: SDS-prioriteettiprofiilit ja organisaatiokohtaiset palveluprioriteetit.
- **ISI vaihe 2** (ks. luku 3.2.): ITSI-numerointituki, liikkuvuudenhallinta autentikoinnin kanssa, ryhmäpuhelu (ISIn kautta, ei enää G4WIFn kautta).
- **Paikkasidonnainen ryhmäpuhelu.**
- **Yksilöpuhelun tarjonta käynnissä olevan yksilöpuhelun aikana.**
- **Statistiikkaparannuksia:** mittaustietojen keruu ja reaaliaikainen monitorointi.
- **Salausparannuksia:** sekä ilmarajapintaan (AIE) että päästä-päähän (e2ee)

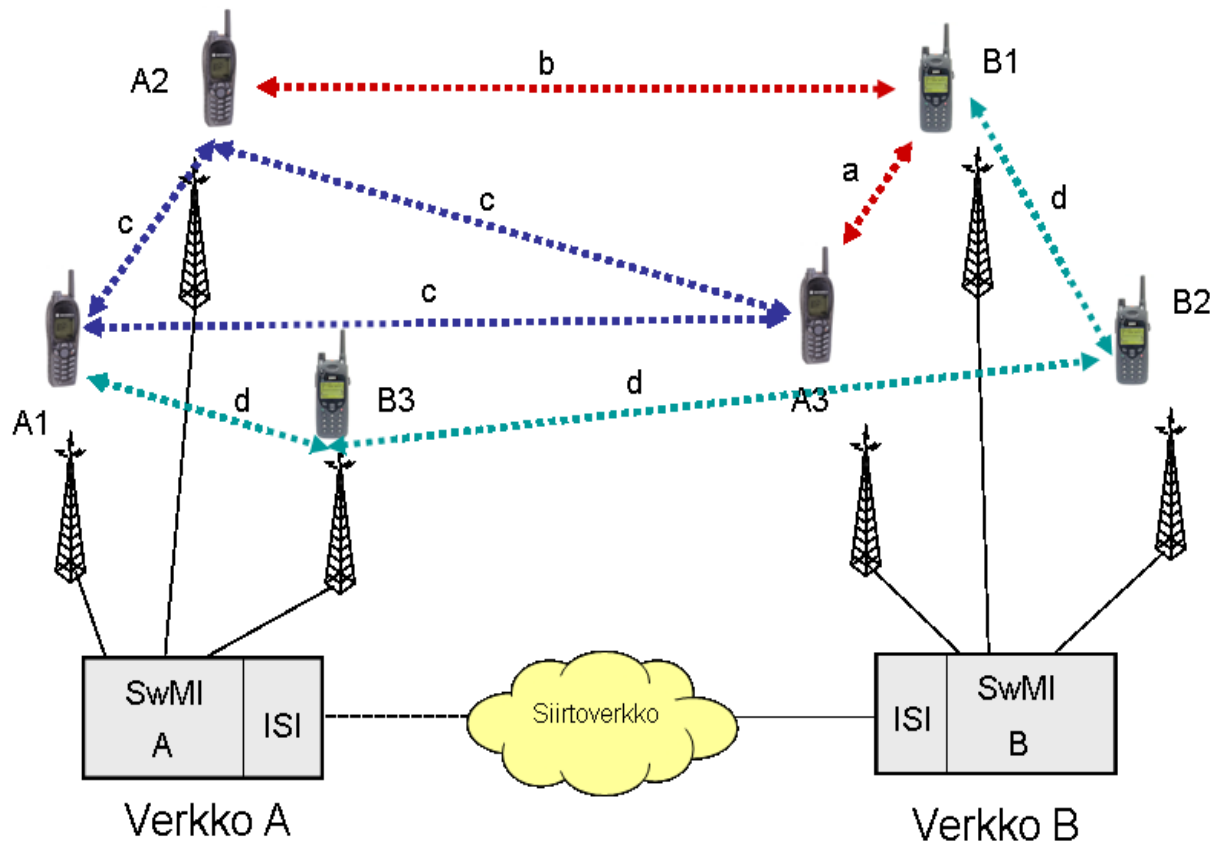
3.1.4 Seuraavat järjestelmäjulkaisut

Seuraavat järjestelmäjulkaisut pitävät oletettavasti sisällään esim. TEDSiin liittyviä parannuksia / uusia ominaisuuksia ja verkkojen välisen rajapinnan ISIn seuraavan vaiheen ominaisuuksia. Tarkempaa tietoa näistä ja niiden toteutumisen aikatauluista ei tällä hetkellä ole.

3.2 Inter-System Interface (ISI)

TETRA-verkkoja on tarvetta kytkeä yhteen mm. seuraavista syistä (katso kuva 3.1):

- **verkkovierailu:** verkon A käyttäjä vierailee (toisen maan) verkossa B ja haluaa käyttää puhelintaan siellä joko paikalliseen yksilöpuheluun tai ryhmäpuheluun (tapaus a)
- **verkkojen väliset puhelut:** verkon A käyttäjä soittaa kotiverkostaan toisen verkon B käyttäjälle (tapaus b)
- **verkkojen väliset ryhmäpuhelut:** A-verkon käyttäjä voi vieraillessaan B-verkossa osallistua myös A-verkon ryhmäpuheluihin (tapaus c) tai sitten verkkojen A ja B paikalliset puheryhmät voidaan kytkeä yhteen (tapaus d, käyttäjät voivat olla omissa verkoissaan tai vierailulla toisessa verkossa)
- **verkon laajennus:** erilliset verkot kytetään yhteen ja saadaan laajempi ja kattavuudeltaan laajempi verkko (tämä on lähinnä teoreettinen vaihtoehto, yhtään toteutusta ei ole olemassa, eikä se ole ISIn tavoitteenakaan)



Kuva 3.1 Inter-System Interface (ISI)

ETSI:n TC TETRA on määritellyt verkkojen välisen yhteistoiminnan ISI-spesifikaatioissaan EN 300 392-3-x, x=1...5 ja TS 100 392-3-y, y=6...8. Näissä määritellään verkon lisätoiminnot, joilla voidaan toteuttaa yksilöpuhelut, ryhmäpuhelut, tekstiviestit SDS ja liikkuvuuden hallinta. On huomattava, että tarkoituksena ei ole, että yhteenkytketyt verkot toimisivat kuin yksi laajempi verkko, vaan että käyttäjät voivat tehdä verkkovierailun ja käyttää vieraan verkon (ja myös oman) palveluja.

ETSI TR 101448 [12] määrittelee ISIn yleiset toiminnalliset vaatimukset, jotka on johdettu 3 maan (Belgia, Hollanti ja Saksa) pilottiskenaarioista (3CP) vuodelta 2003. Samaten siinä on määritelty tarvittavat palvelut ja lisäpalvelut ja näiden tärkeysjärjestys, katso kuva 3.2.

Table 1: Teleservices

Teleservices		
Service number	Service	Phase
1	Group call	1
2	Emergency call	1
3	Individual call	2
4	Status	2
5	SDS-4	2
6	Telephone call	2
7	Packet data	3

Table 2: Supplementary services

Supplementary Services		
Service number	Service	Phase
1	Migration, Authentication, DCK encryption and local services	1
2	Talking Party Identity	1
3	Calling Line Identity	2
4	Individual DGNA	2
5	Pre-emptive Priority Call	2
6	Enable/Disable	2

Kuva 3.2 ISIn vaiheistus [12]

TETRA Associationin TF (Technical Forum) on puolestaan vaiheistanut ISIn toteutuksen useampaan vaiheeseen (, jotka hieman poikkeavat kuvan 3.2 vaiheista) ja luonut niitä varten TIP (TETRA Interoperability Profile)-spesifikaatiot ja testisuunnitelmat (IOP Test Plan) joista verkon toiminnetta varten. Yhteensopivuustestien suorittaminen on ulkoistettu puolueettomalle italialaiselle testilaboratoriolle ISCOMille. Testien mennessä hyväksytysti läpi, ISCOM myöntää laitevalmistajalle sertifikaatin, jossa mainitaan testatut toiminnot ja niiden tulokset.

Verkkovalmistajilla on taas omat vaiheensa ja kehitysaikataulunsa ISIn suhteen. Esim. Cassidian (entinen EADS) on vaiheistanut ISI-kehityksen seuraavasti [13]:

- **Release 5.0:** verkkovierailu, yksilöpuhelu, statusviesti, tekstiviesti SDS
- **Release 5.5:** verkkovierailu, sijainnin päivitys kotiverkkoon, yksilöpuhelu, statusviesti, SDS, puhelinverkkopuhelu, soittajan näyttö, ryhmäpuhelu digitaalisen 4-johdinliitännän (G4WIF) kautta (paikallisten puheryhmien yhdistäminen)

- **Release 6.0:** edellisten lisäksi: radiolaitteen autentikointi ISIn yli kotiverkosta, ryhmäpuhelun parannuksia, päästä-päähän -salaus, TPI-välitys, numerointimekanismin parannuksia, useamman kuin kahden verkon yhdistäminen ryhmäpuheluun

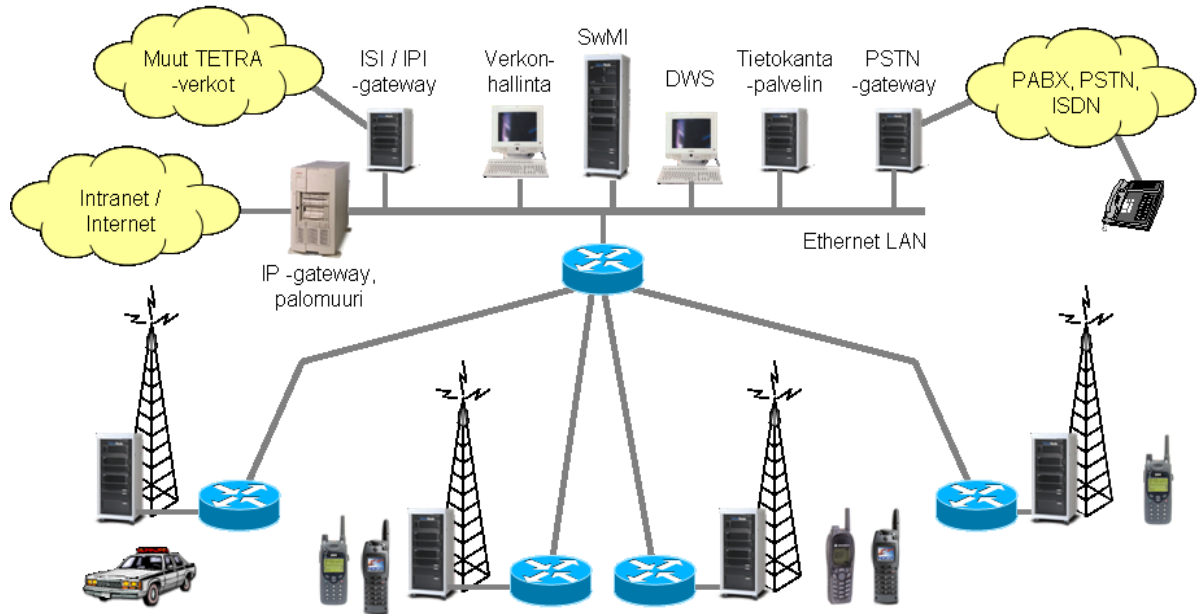
Ensimmäisen ISI IOP -sertifikaatin on saanut EADS vuonna 2007 TETRA:n järjestelmätasolle Release 5. Se sisälsi seuraavat verkkojenväliset toiminnot: verkkovierailu, yksilöpuhelu, statusviesti ja tekstiviesti SDS. Vuonna 2009 EADS sai ISI IOP -sertifikaatin yhteistoiminnasta Motorola Dimetra IP:n kanssa. EADS:n järjestelmätaso oli Rel 5.5 (W5 15.6-0) ja Motorolan R6.1-ISI v2. Testatut toiminnot olivat: verkkovierailu, yksilöpuhelu ja SDS.

Euroopassa on meneillään monia aktiviteetteja PMR-verkkojen yhteenliittämiseksi ja verkkovierailujen mahdollistamiseksi: esim. EU PCWG:n (Police Cooperation Working Group) radioasiantuntijaryhmän ISI-alatyöryhmä miettii TETRA–TETRA - ja TETRA–Tetrapol -verkkojen yhteenliittämistä tarkoituksena edistää rajojen yli tapahtuvaa yhteistyötä. Tarkoituksena on myös saada tämä kehityshanke Euroopan komission rahoittamaksi. Radioasiantuntijaryhmän tehtävänä on myös etsiä pitkän tähtäimen ratkaisuja mobiililaajakaistaan ja sille sopivia harmonisoituja taajuusalueita.

3.3 TETRA over IP (ToIP)

Perinteisesti TETRA-verkon verkkoelementtien (SwMI, TBS, DWS) väliset siirtoyhteydet on hoidettu piirikytkentäisesti LL (Leased Line)-yhteyksillä. Globaali trendi on kuitenkin siirtyä vähitellen pakettikytkentäisten Internet-protokollien käyttöön. Näin myös TETRA-verkoissa voidaan tehdä. Kun LL-yhteydet korvataan reititinverkolla, saadaan kuva 3.3 mukainen verkoarkkitehtuuri. On huomattava, että vaikka verkkoelementit liittyvät suoraan reitittimiin, niin reitittimien väliset yhteydet voivat olla mitä vain, jopa piirikytkettyjä LL-yhteyksiä tai ADSL-yhteyksiäkin siirtotarpeesta riippuen.

TETRA-over-IP



Kuva 3.3 TETRA over IP [11]

ToIP-arkkitehtuurin hyvät puolet verrattuna perinteiseen ratkaisuun:

- Yksi ja sama ratkaisu sopii kaikkeen tiedonsiirtoon (TETRA-liikenne ja signalointi, statusviestit, tekstiviestit, pakettidata, verkonhallinta (SNMP, http)).
- Suuri osa tarvittavista reititys- ja siirtolaitteista on hyllytavaraa (COTS=Commercial Off-The-Shelf).
- Verkon topologia on joustava (tähti, ympyrä,...).
- Hyvä vikasietoisuus (linkkiviat ja laiteviat), jos valitaan sopiva topologia ja verkkoelementtien varmennus on kunnossa.

Myös joitakin huonoja puolia on:

- Tarvitaan erillinen reititinverkko, yleisiä datasiirron reititinverkkoja ei voida käyttää (viiveiden ja turvallisuuden vuoksi).
- Ylimääräisiä sovittimia voidaan tarvita, kun reitittimet kytketään siirtoyhteyksille.
- IP-liikenne tuhlaa ylimääräistä kaistaa (pakettien otsikkodata), varauduttava ylimääräiseen siirtokapasiteettiin.

- IP-liikenne ei ole yhteensopivaa laitevalmistajien välillä, koska kullakin on omat protokollansa puhelunmuodostukseen ja puheen-/datasiirtoon (eli tilanne ei muutu miksiäkään alkuperäisestä, jossa sama ongelma).
- Ratkaisut eivät ole yhteensopivia VoIP-ratkaisujen kanssa (H.323, SIP), yhteensopivuus voisi tuoda lisäviiveitä (SIP) ja transkoodaustarpeita (ACELP <-> H.323).
- Liikenteen priorisointi voi olla ongelma: puhe tarvitsee suuremman prioriteetin kuin ohjaustieto tai verkonhallinta (tarvitaan MPLS).
- Puheen laadun (QoS) varmistaminen haastava tehtävä.

Siirtyminen ToIP-ratkaisuihin ei tapahdu nopeasti ja yhdellä kertaa, vaan vaiheittain. Verkkoelementeissä tulee olemaan valmiudet molempiin vaihtoehtoihin, joista verkon operaattori voi sitten valita kussakin tapauksessa itselleen sopivimman ratkaisun siirtotarpeen, varmistuksen ja kustannusten perusteella. Näin myös Cassidian (ent. EADS) Release 6 tulee tarjoamaan sekä piiri- että pakettikytkentäiset siirtoyhteyshämmöisyydet.

3.4 Päätelaitteet

Tässä luvussa tarkastellaan TETRA-päätelaitteiden tulevaisuuden näkymiä. Sen on kirjoittanut Antti Eskelinen (Cassidian Systems).

3.4.1 Yleistä päätelaitteiden tulevaisuuden näkymistä

VIRVEN päätelaitteiden kehitys on verkon alkuajoista lähtien perustunut käyttäjäorganisaatioiden toimintatapojen kehitykseen. Päätelaitteen tärkein ominaisuus on ollut ja tulee jatkossakin olemaan sen puheominaisuudet. Käytettävän tiedonsiirtoteknologian jälkeen VIRVE-päätelaitteiden merkittävin ero matkapuhelimiin on ollut viranomaisviestintään liittyvissä toiminnallisuuksissa (esim. ryhmäpuhelu) sekä vaativan käytön asettamilla vaatimuksilla. Lähtökohtaisesti viiveetön toimintavalmius, kestävyys, luotettavuus (mm. riittävä puhe- ja valmiusaika) sekä käytettävyys erikoistilanteissa johtavat GSM-puhelimista poikkeavaan muotoiluun. Teknologisen kehityksen myötä päätelaitteen kokoa on ollut mahdollista pienentää, mutta vaatimukset mm. näytön ja näppäinten käytettävyyden sekä toiminta-aikojen suhteen ohjaavat päätelaitteen suunnittelua.

Puheominaisuuksien lisäksi päätelaitteisiin on kehityksen myötä tullut toimintoja, joiden olemassaolo on edellytys viranomaisviestinnälle. Hyvänä esimerkkinä näistä voisivat olla vaikkapa SDS- ja statusviestit sekä GPS-paikkatieto. Yhtenä uutena ominaisuutena voidaan mai-

nita anturitiedon hyödyntäminen tilannekuvan muodostamisessa, yksi esimerkki tästä on kiihtyvyyssantureihin perustuva "man-down"-tunnistus ja tähän perustuvat automaattiset hälytystoiminnot. Lisäksi äänen laatua voidaan parantaa erilaisilla algoritmeilla ja taustamelun suodatuksella. Tulevaisuuden muuttuvat toimintatavat asettavat haasteita myös päätelaitteiden kehitykselle, puheliikenne tulee saamaan rinnalleen vaihtoehtoisia käyttötapoja, kuten näkö- ja tuntoaistisiin perustuvia toimintoja. Seuraavassa on tehty lyhyt katsaus eri päätelaitetyyppien kehitykseen ja tulevaisuudennäkymiin

3.4.2 Päätelaitteiden hallinta

Päätelaitteiden hallinta on yksi merkittävimmistä VIRVE-päätelaitteiden käyttöön vaikuttavista tekijöistä. Päätelaitteiden ohjelmoinnilla saadaan päätelaitteiden asetukset (esim. puheryhmät, puhelinmuistio, valikkorakenne jne.) vastaamaan käyttäjäorganisaation tarpeita. Tehokas päätelaitteiden ohjelmointiratkaisu on ehdoton edellytys tehokkaalle päätelaitteiden hallinnalle.

Päätelaitteen etähallinta mahdollistaa jo nykyään esimerkiksi valittujen päätelaitteiden komentamisen suorakanavatilaan pelastustoiminnan johtajan sovelluksesta. Dynaamisella puheryhmien hallinnalla (DGNA) voidaan muokata puheryhmiä operatiivista toimintaa tukeviksi.

Tulevaisuudessa päätelaitteiden asetukset ja jopa ohjelmistopäivitykset voidaan hoitaa ilmatien yli ("over-the-air") ilman, että radioita tarvitsee toimittaa erikseen päivitettäväksi. Tällä sekä säästetään kustannuksia että varmistetaan, että operatiivisessa käytössä on aina riittävästi oikein konfiguroituja radioita.

3.4.3 Henkilökohtainen ympäristö

(esim. Cassidianin THR880i ja THR9i, Sepuran STP8100 ja Motorola MTP850)

Jo nyt on käsiradioissa nähtävissä käyttötarkoituksen mukaan eriytyminen. Tavallisimmin eriytyminen voidaan tehdä päätelaitteen ohjelmointivaiheessa. Markkinoille on tulossa yksinkertaistettuja päätelaitemalleja, joiden tarkoituksena on tarjota peruskäyttäjälle helppokäyttöinen päätelaite. Radioiden suunnittelussa on ollut lähtökohtana se, että käyttäjän tarvitsisi huolehtia vain perustoiminnoista. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa vain viestiliikennettä puheella.

Toisena ääripäänä ovat käyttäjät, jotka tarvitsevat erikoissovelluksia päätelaitteissaan. Markkinoilla on päätelaitteita joissa on sovellusympäristöt (esim. Java) asiakaskohtaisia sovelluksia varten. Yksi tulevaisuuden suuntaus onkin varmasti sovellusten yleistyminen myös TETRA-päätelaitteissa. Aikaisemmin pienet toimitusmäärät eivät ole mahdollistaneet eriytyneitä laiteratkaisuja, mutta viime vuosien kehitys mobiililaitteissa on tehnyt tämän mahdolliseksi. Tulevaisuuden kehityspolkuna voidaan nähdä PDA-tyyppisten laitteiden yleistyvän mm. johtamistoiminnassa sekä sairaankuljetustehtävissä. On mahdollista, että tulevaisuuden "TETRA-PDA" voisi olla moniosainen siten, että tiedonsiirto ja sovellukset olisivat hajautettuina eri laitteisiin. Nopeat tiedonsiirtoyhteydet, kuten TEDS, tulevat muuttamaan laitteiden käyttötapoja. Käyttäjän saatavissa olevaa ja päätelaitteen automaattisesti keräämää informaatiota voidaan lähettää johtokeskuksiin yhä enemmän.

Lisälaitteet, kuten headsetit, mahdollistavat päätelaitteiden käytön suojaruukissa. Lisäksi lisälaitteilla voidaan parantaa puheviestinnän laatua. Markkinoilla on saatavilla useiden lisälaittevalmistajien malleja, jotka parhaimmillaan ovat yhteensopivia eri päätelaittevalmistajien radioiden kanssa. Yksi nähtävissä oleva tulevaisuuden kehityssuunta on varmasti lisälaitetarjonnan monipuolistuminen ja saatavuus erikoissovelluksiin.

Toinen kehityssuunta on älykkäiden lisälaitteiden markkinoille tulo: päätelaitteiden kehittyneet tiedonsiirto-ominaisuudet (esim. Bluetooth ja WLAN) mahdollistavat mm. savusukeltajan toimintakyvyn reaaliaikaisen valvonnan ja hälytykset (esim. paineilman määrä, lämpötilaanturit, syke, lämpökameran kuva). Tämä tietysti edellyttää yhteistä rajapintaa ko. laitteiden ja päätelaitteen välillä. Myös eri menetelmiä sisätilapaikannuksen toteuttamiseksi tutkitaan.

3.4.4 Ajoneuvoympäristö

(esim. Cassidianin TMR880i ja TGR990, Sepuran SRG3900 ja Motorolan MTM800)

Ajoneuvoympäristöön asennettavat radiot ovat tyypillisesti kiinteästi ajoneuvoihin tai toimistoympäristöön tarkoitettuja laitteita, jotka eroavat käsiradioista korkeamman lähetystehon, koon, käyttöliittymän ja käytettävien lisälaitteiden puolesta. Markkinoilla on myös suora-kanavatoistin- ja gateway-radioita, joilla voidaan parantaa viranomaistoiminnan edellytyksiä tilanteissa, joissa verkko ei ole käytettävissä. Ajoneuvoon asennettava gateway-radio voisi mahdollistaa operatiivisen toiminnan suorittamisen verkkoa kuormittamatta suorakanavalla. Ajoneuvoradioiden lisäksi ajoneuvoihin on saatavilla käsiradioiden asennussarjoja, jotka tarjoavat ulkoisen antennin, yhteyden tietokoneeseen sekä latausmahdollisuuden.

Ajoneuvoradioiden kehityksessä on nähtävissä pyrkimys suurempaan yhteiskäyttöön muun ajoneuvon asennettavan kaluston, kuten esimerkiksi ajoneuvotietokoneiden kanssa. Tulevaisuudessa tullaan menemään yhä enemmän kohti integroituja kokonaisratkaisuja, missä auton telemetria, valojen ohjaus, puhe, kuva, video jne. jakavat saman käyttöliittymän.

VIRVEN ajoneuvoradio toimii jo nykyisin dataradiokäytössä. Tulevaisuuden ajoneuvoradiot tulevat todennäköisesti sisältämään mahdollisuuden sisällyttää nopeampia datayhteyksiä (esim. TEDS, HSPA ja LTE) ajoneuvoasemaan sekä reititysominaisuudet (käsiradioiden monikanavaominaisuuksissa saattaa olla teknisiä rajoitteita, mutta mahdollisuutta henkilökohtaisen radion monikanavaisuuteen tutkitaan). Yhtäaikainen kriittinen puhe- ja dataliikenne mahdollistavat operatiivisissa malleissa luotettavat puhe- ja datapalvelut. Molempien palveluiden laatu (QoS) voidaan varmistaa TEDS Direct Accessin kautta. Liikkuva laajakaistayhteys ajoneuvossa tulee mahdollistamaan tehokkaan pelastustoiminnan johtamisen ajoneuvosta käsin. Poikkeusoloissa kiinteät TETRA-radioasennukset tulevat jatkossakin olemaan yhteiskunnan toiminnan kriittisiä elementtejä.

Yhteensopivuus muiden ajoneuvojärjestelmien (esimerkiksi antureista saatava tieto ja videojärjestelmät) kanssa tulee mahdollistamaan monipuolisemman tilannekuvan muodostamisen johtotasolla. Langattomat paikallisverkkoyhteydet mahdollistavat ajoneuvon tietoliikenne- ja tietovarastoresurssien käytön myös ajoneuvon ulkopuolelta. Yhtenä sovellusesimerkkinä voisi olla pienten miehittämättömien lennokkien kautta saatavan videokuvan hyödyntäminen pelastustoiminnassa. Yhteys liikkuvan johtokeskuksen ja lennokin välillä voisi olla WLAN-yhteyden kaltainen.

3.4.5 Dataradiot

(esim. Cassidianin TDR880i ja Xerigo 3)

Dataradiot ovat puhtaasti tiedonsiirtoon käytettäviä laitteita. Laite, joka ei sisällä puheominaisuuksia on sekä hankinta- että käyttökustannuksiltaan edullisempi kuin esimerkiksi ajoneuvoradio. Lisäksi pieni koko mahdollistaa joustavammat asennukset. Ensimmäisiä TEDS-yhteensopivia dataradioita testataan parhaillaan. Kriittisen tiedon siirtokanavana TETRA ja TEDS säilyttävät varmastikin paikkansa, vaikka niiden rinnalle on jo nyt otettu käyttöön nopeampia kaupallisia datayhteyksiä. Onkin mahdollista, että myös tulevaisuuden VIRVE-

dataradiot sisältäisivät vaihtoehtoisia datayhteyksiä. Dataradioiden lisäksi markkinoilla on integroitavia TETRA-datamoduuleja, joiden avulla laitevalmistajat pystyvät valmistamaan datalaitteita erikoissovelluksiin (esim. tabletit, etävalvonta ja –mittaus). Yksi tulevaisuuden suuntauksista kiinteiden asennusten osalta onkin varmasti sensoritiedon kerääminen ja sen välittäminen luotettavaa siirtotietä käyttäen. Sovellusesimerkkeinä ovat vaikkapa säteilyn ja kemikaalipitoisuuksien mittaus sekä kiinteistö- ja rajavalvonta.

3.5 VIRVEä täydentävät datasiirtoratkaisut

Tämän loppuraportin liitteessä 1 (”VIRVEN vaihtoehtoiset ja täydentävät ratkaisut”) on kuvattu lyhyesti niitä langattomia teknologioita, joilla on eniten potentiaalia täydentää viranomaisverkko VIRVEN tiedonsiirtopalveluja. Nämä teknologiat ovat:

- GERAN (2G / GSM / GPRS / EDGE / E-EDGE)
- UTRAN (3G / UMTS / WCDMA / HSPA / HSPA+)
- E-UTRAN (LTE / LTE-Advanced)
- @450 (Flash-OFDM)
- WiMAX
- GSM-R (GSM ASCII)
- WLAN
- Satelliittipalvelut: Inmarsat BGAN ja DVB-RCx

Digitan tällä hetkellä ylläpitämässä @450-verkossa käytetty Flash-OFDM -tekniikka on jätetty tarkemmin kuvaamatta liitteessä 1 (viitteet lähdemateriaaliin kuitenkin löytyy), koska sen tulevaisuus on tämän raportin kirjoitushetkellä vielä hämärän peitossa. Flash-OFDM -tekniikan tuki on loppumassa parissa vuodessa ja Digitalta verkon ja toimiluvan hankkinut Datame Oy on väläytellyt uusiksi mahdollisiksi tekniikoiksi LTE:tä ja CDMA:ta, huolimatta siitä, että Datame on rakentamassa melko kattavaa (lähes maanlaajuista) langatonta verkkoa WiMAX-tekniikalla. @450-verkko on kuitenkin mukana vertailuissa luvussa 3.6, koska se on ollut jo muutaman vuoden myös viranomaiskäytössä.

Myös kaupallisten 2G-verkkojen elinkaari alkaa olla päättymässä ja ne tullaan korvaamaan 3G/LTE-teknologioilla. Tämä ei kuitenkaan ole viranomaisviestinnän kannalta ongelmallista, sillä lähes kaikki käytössä olevat ja kaikki uudet päätelaitteet tukevat jo 3G/HSPA-verkkoja. LTE/4G-päätelaitteet alkavat yleistyä sitä mukaa kuin operaattoreiden verkot valmistuvat. On

kuitenkin huomattava, etteivät kaikkien eri 4G-teknologioiden päätelaitteet välttämättä ole enää yhteensopivia vanhempien verkkoteknologioiden (mukaan lukien 3G) kanssa.

GSM-R on jätetty pois vertailuista sen huonon kattavuuden ja muutenkin vähäisen merkityksen takia. GSM-R on nähtävä vain raideliikenteen turvajärjestelmän osana, muuta roolia sille on vaikea kuvitella.

Lukijan, joka haluaa perustiedot ko. teknologioista, kannattaa perehtyä liitteen 1 ja sen lähdeviitteiden sisältöön.

3.6 Verkkoteknologioiden analyysi

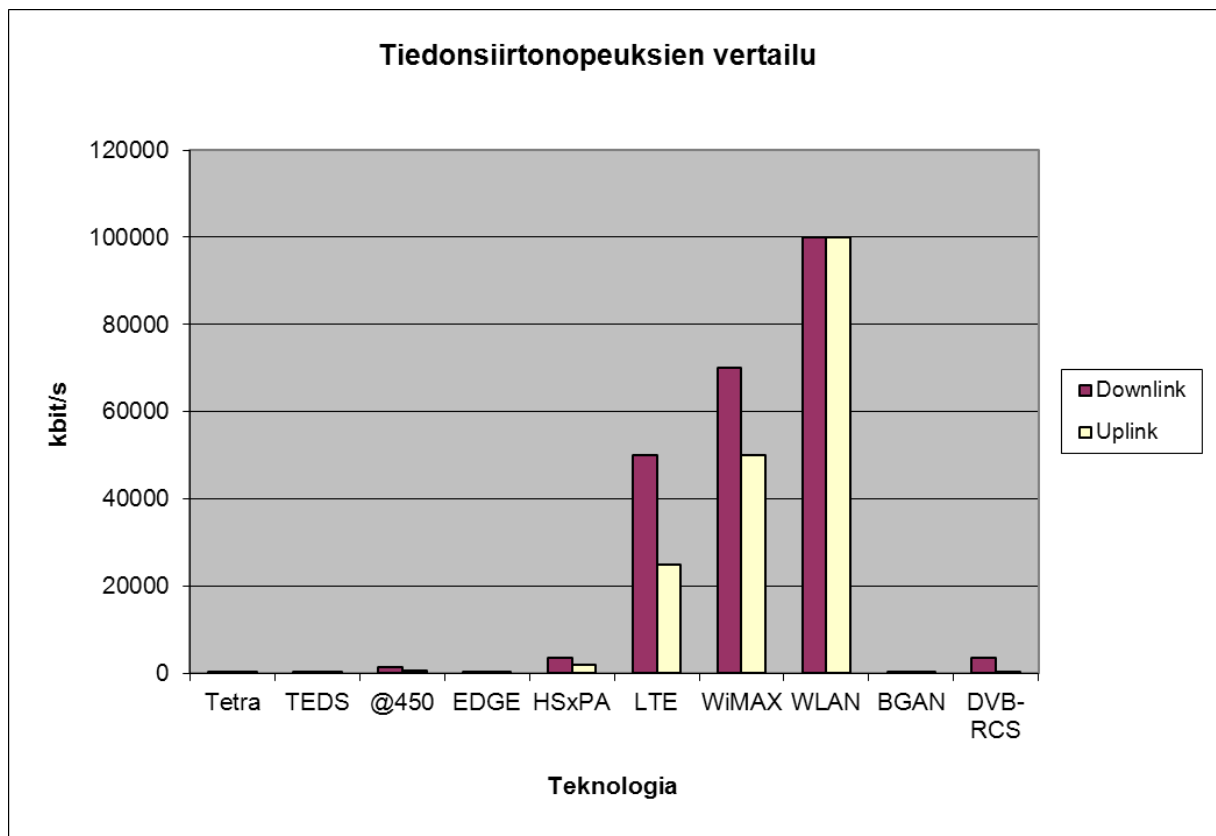
3.6.1 Tiedonsiirtonopeuksien vertailu

Kuvassa 3.4 on vertailtu VIRVEN nykyistä TETRA-tekniikkaa ja mahdollisesti tulevaa TEDS-tekniikkaa vaihtoehtoisiin teknologioihin tiedonsiirtonopeuksien osalta. Näistä vaihtoehtoisista teknologioista löytyy kuvaukset tämän dokumentin liitteestä 1. Kustakin teknologiasta on arvioitu saavutettava käytännön nopeus, joka on huomattavasti pienempi kuin teoreettinen maksiminopeus (tähän vaikuttaa mm. muiden käyttäjien määrä, radiokanavan laatu ja päätelaitteen ominaisuudet).

Vertailu on tehty seuraavilla parametreilla:

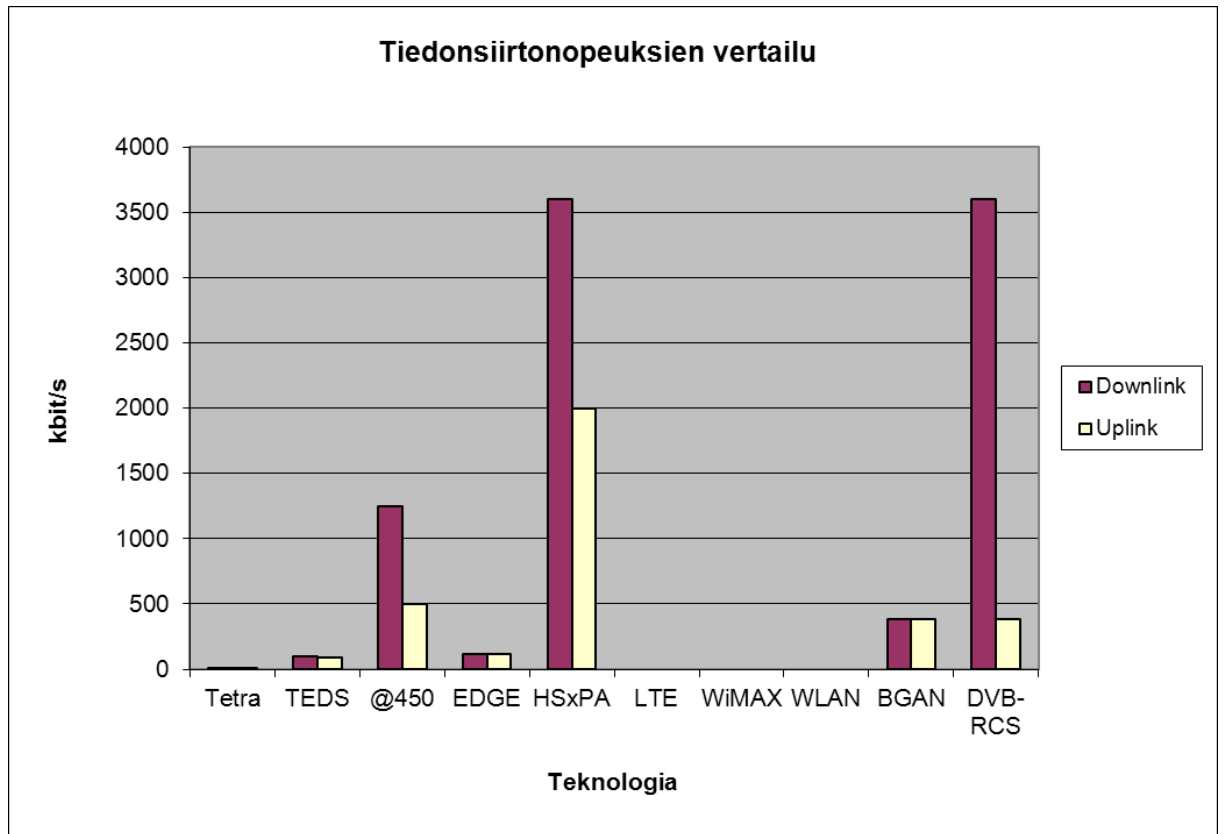
Teknologia	Radioparametrit	Nopeus (kbit/s,DL)	Nopeus (kbit/s,UL)
TETRA	1-slot, 25 kHz, $r=2/3$, QPSK	4,8	4,8
TEDS	4-slot, 50 kHz, $r=2/3$, 64QAM	103	94
@450	1.25 MHz kantaalto	1250	500
EDGE	MCS-6, 4-slot, 8- PSK	120	120
HSxPA	5 MHz, $r=3/4$, 16QAM, 5/15 koodia	3600	2000
LTE (R8)	20 MHz, 2x2 MIMO, 16QAM	50000	25000

WiMAX (Rel2)	20 MHz, TDD, 2x2MIMO	70000	50000
WLAN (802.11n)	20 MHz, r=2/3, 2- stream, 64QAM	100000	100000
BGAN (Inmarsat)		384	384
DVB-RCS (Tooway)		3600	384



Kuva 3.4 Tiedonsiirtonopeuksien vertailu

Nähdään selvästi, että TETRA/TEDS ja EDGE painivat satelliittitekniikka BGANin kanssa aivan omassa sarjassaan ja niiden nopeudet ovat huomattavan pieniä tuleviin uusiin langattomiin tekniikoihin verrattuna. Jotta nähtäisiin hitaampien tekniikoiden keskinäinen suhde, jätetään nopeimmat kolme (LTE, WiMAX ja WLAN) pois: saadaan kuva 3.5.



Kuva 3.5 Tiedonsiirtonopeudet ilman nopeimpia teknologioita

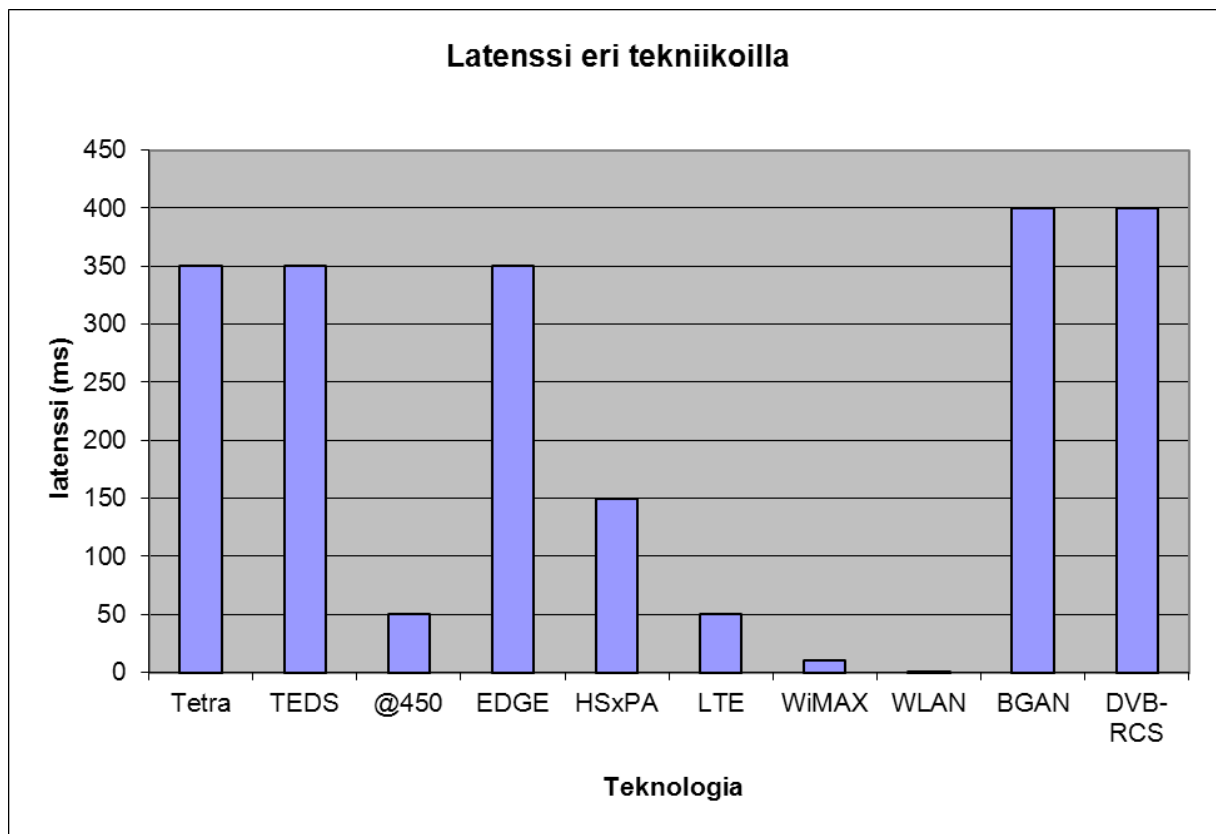
Kuvista 3.4 ja 3.5 nähdään selvästi, että jos halutaan siirtää kohtuulaatuista liikkuvaa kuvaa, isoja tiedostoja tai multimediaa, niin TETRA/TEDS ja EDGE eivät ole kovin houkuttelevia vaihtoehtoja nopeuksien kannalta: siirtoajat tulevat olemaan pitkiä muihin teknologioihin verrattuna.

3.6.2 Latenssien vertailu

Kuvassa 3.6 on vertailtu eri teknologioiden latensseja. 3GPP-tekniikoilla latenssi on mitattu tilaajalaitteen ja Gi-rajapinnan välistä eli väliltä UE-GGSN, katso tarkemmin [16, Figure 19 sivulla 51]. Gi-rajapinnan sijoittumisen näet esim. tämän dokumentin liitteen 1 kuvasta 3.9.

Latenssilla on loppukäyttäjälle se merkitys, että latenssin pienetessä hänen kokemansa palvelun reaaliaikaisuus ja käyttökokemus paranee. Yleinen trendi kaikkien verkkoteknologioiden kehityksessä on, että pyritään mahdollisimman pieneen latenssiin, tämä havaitaan myös kuvasta 3.6.

Tämän raportin kirjoittaja ei ole saanut käyttöönsä TETRA-verkoissa mahdollisesti mitattuja latensseja. Jonkinlaisen arvion pystyy tekemään kuvan 3.7 perusteella. Siinä on TETRA Release 2:n pakettidataluokat ja niille sallitut siirtoviiveet päästä–päähän eli päätelaitteesta toiseen samassa TETRA-verkossa. Kun nuo sekuntiluokkaa olevat arvot jaetaan kahdella, niin saadaan jonkinlaiset, kuvan vertailukelpoiset estimaatit sallituille latensseille. Pienillä pake- teilla (alle 128 oktetia) voidaan ennustaa päästävän samoihin latenssiarvoihin kuin esim. GPRS:llä tai jopa EDGE:llä eli muutamaan sataan millisekuntiin.



Kuva 3.6 Latenssien vertailua

Delay Class	Packet size ≤ 128 octets		128 octets < Packet size ≤ 1 024 octets		1 024 octets < Packet size ≤ 2 002 octets	
	Mean transfer delay (s)	95th percentile delay (s)	Mean transfer delay (s)	95th percentile delay (s)	Mean transfer delay (s)	95th percentile delay (s)
Low	< 1	< 3	< 3	< 7	< 5	< 10
Moderate	< 5	< 25	< 15	< 75	< 30	< 150
High	< 50	< 250	< 75	< 375	< 110	< 560
Unpredictable	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined	Undefined

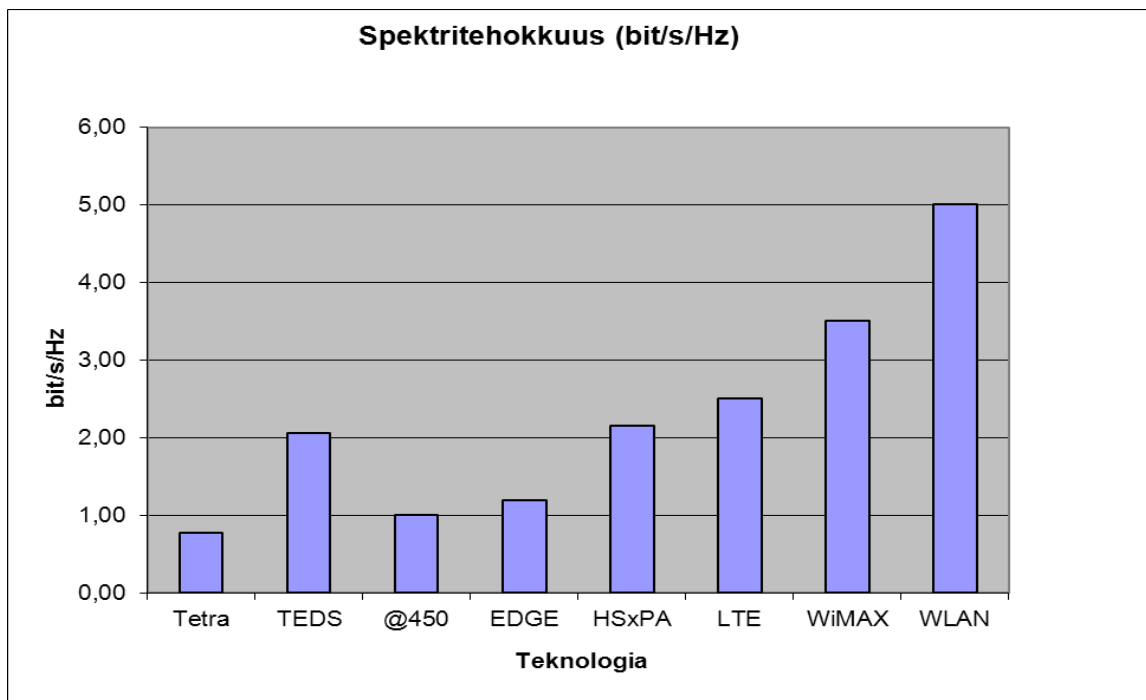
Kuva 3.7 TETRA TEDSin viiveluokat [4]

Satelliittitekniikoiden latenssi on arvioitu: vertailun satelliittitekniikat käyttävät geostationäärisiä satelliitteja, jolloin jo yhdensuuntaisesta matkasta satelliittiin kertyy n. 140 ms viive (42 000 km).

3.6.3 Spektritehokkuuden vertailu

Spektritehokkuudella ei juuri ole merkitystä loppukäyttäjälle, mutta verkko-operaattorille se on merkittävä suunnitteluparametri. Spektritehokkuus määritellään seuraavasti: saavutettava siirtonopeus / käytössä oleva siirtokaista. Yksikkönä on siis bit/s/Hz.

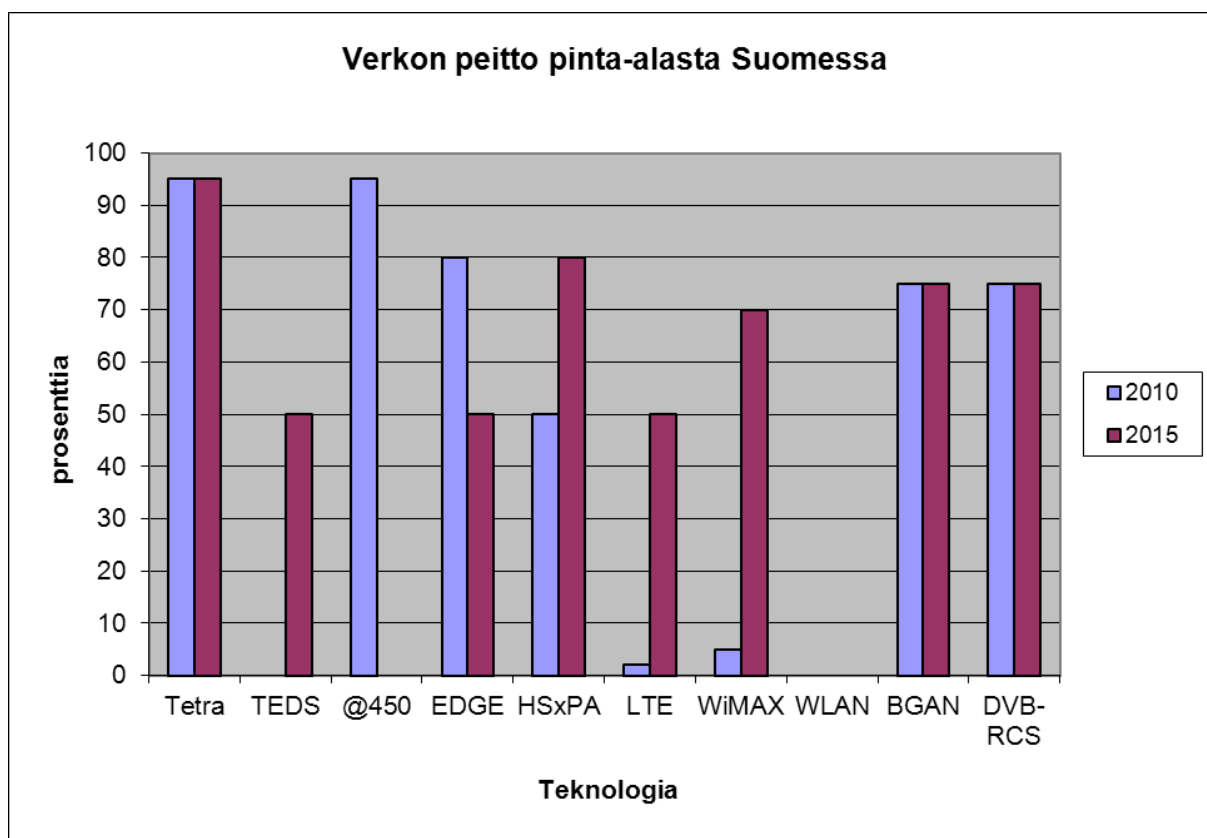
Kuvassa 3.7 on laskettu eri teknologioiden spektritehokkuuksia. Mitä suurempi tämä arvo on, sitä paremmin tekniikka käyttää hyväkseen rajallista luonnonvaraa eli radiospektriä. Verkko-operaattorilla on aina käytössään toimiluvan mukainen rajallinen spektri, joten hänen intresseissään on käyttää se mahdollisimman tehokkaasti hyväksi. Teknologioiden kehittyessä havaitaan myös spektritehokkuuden paranevan. Satelliittitekniikat on jätetty taulukosta pois, koska niiden käyttämällä kaistalla ei ole merkitystä maanpäällisiin verkkoihin.



Kuva 3.7 Spektritehokkuus

3.6.4 Verkkojen kuuluvuusalueiden vertailu

Kuvassa 3.8 on esitetty arvioita siitä, miten verkkojen kattavuus Suomessa kehittyy. Nämä arviot ovat kirjoittajan henkilökohtaisia näkemyksiä



Kuva 3.8 Verkkojen kuuluvuusaluearvioita

Arvioihin liittyy monenlaisia riskejä ja ne on nähtävä vain yhtenä mahdollisuutena, jonka toteutumisen todennäköisyys riippuu verkko-operaattoreiden tulevaisuudensuunnitelmista ja niiden toteutumisesta. Arvio on tehty seuraavilla teknologiakohtaisilla oletuksilla/reunaehdoilla:

TETRA/TEDS: Vaikka VIRVEN jokaiseen tukiasemapaikkaan on tuotavissa TEDS (ohjelmistopäivityksillä ja mahdollisesti kantoaallon lisäämisellä), niin se ei välttämättä tarkoita, että TEDS-kuuluvuus (suurimmilla siirtonopeuksilla) on sama kuin nykyinen VIRVEN kuuluvuus. Jos tyydytään vain pieniin nopeuksiin (ja 4QAM-modulaatioon), niin kuuluvuus on sama, mutta nopeusparannusta ei saada (katso taulukko 1.6). Jos halutaan suurempia nopeuksia, olisi pystyttävä käyttämään modulaatioita 16QAM ja 64QAM, joilla solun säde on kuitenkin vain puolet normaalista (katso taulukko 1.7).

Jos tukiasemaverkkoa ei täydennetä tai muuten laajenneta kuuluvuutta (esim. solujen sektoroinnilla ja suuntaavilla antennilla), niin TEDS-kuuluvuus voi jäädä jopa alle puoleen nykyisestä. Käytössä olevan linkkiadaptaation takia kuuluvuusalue kuitenkin pysyy käytännössä samana, mutta solun laidoilla nopeudet ovat pienempiä.

- EDGE: EDGE on nykyään kaupallisista mobiilidata verkoista kattavin, se on käytössä lähes kaikissa 2G-verkoissa. Verko-operaattorit kuitenkin vähitellen korvaavat EDGE-verkkojaan kehittyvillä 3G- ja 4G-ratkaisuilla ja samalla poistavat käytöstä 2G-tukiasemiaan.
- @450: Verkkotuli maankattavaksi (99,9 % väestöstä) v. 2010. Tulevaisuudesta ei ole vielä muuta tietoa kuin että teknologia vaihtuu muutaman vuoden sisällä.
- HSxPA: EDGE-verkot korvautuvat vähitellen HSxPA-verkoilla. Kaikki 3G-operaattorit pystyttävät kilpaa uusia tukiasemia. 3G-verkoista tulee kattavuudeltaan paras (VIRVEN jälkeen).
- LTE: LTE-verkkoja on jo muutama toiminnassa, mutta kovin nopeaa niiden kasvu ei ole. Tulevista taajuusratkaisuista riippuu, tuleeko 4G-verkoista koskaan maanlaajuisia ja onko sille tarvittakaan, jos 3G-peitosta tulee kattava.
- WiMAX: Nykyään on pieniä paikallisia WiMAX-verkkoja, mutta Datame Oy on luvannut rakentaa 70 % Suomen väestöstä kattavan verkon 3 vuoden sisällä. Oman mausteensa tähän tuo Datamen @450-verkon haltuunotto Digitalta ja tulevat teknologiaratkaisut tämän verkon taajuuksien käytölle.
- WLAN: WLAN-verkot ovat aina paikallisia (kuuluvuus muutama sata metriä), joten niiden kuuluvuutta ei ole syytä arvioida muiden rinnalla.
- BGAN/DVB-RCS: Satelliittitekniikan kuuluvuusalueita rajoittaa maantieteelliset esteet ja tarvittavan peilin koko. Esim. Pohjois-Suomessa (Lapissa) tarvitaan jo niin iso lautanen, ettei sen mukana kuljettaminen ole enää realistista.

3.6.5 Taajuusalueiden käyttö manner-Suomessa

Taulukossa 3.9 on esitetty matkaviestinkäyttöön allokoitujen taajuusalueiden käyttö nyt ja vuonna 2015 (arvio) manner-Suomessa, Ahvenanmaa siis pois lukien. Lähteenä on käytetty Viestintäviraston raporttia: Radiotaajuuksien kysyntä tulevaisuudessa [26]. Kaupallisten mat-

kaviestinverkkojen taajuudet on yleensä jaettu tasan kolmen operaattorin kesken: TeliaSonera, Elisa ja DNA. Vain 2.6 GHz:n alueella on neljäskin jakaja: Datame.

Taajuusalue	Operaattori-koht. kaista	Operaattori	Teknologia v. 2011	Teknologia v. 2015
380 MHz	2x5 MHz	Erillisverkot	TETRA	TETRA
385 MHz	2x4(5) MHz	Erillisverkot	-	TEDS
450 MHz	2x4,5 MHz	Datame	Flash-OFDM	CDMA/LTE?
800 MHz	2x10 MHz	TeliaSonera	-	LTE-A
	2x10 MHz	Elisa	-	LTE-A
	2x10 MHz	DNA	-	LTE-A
900 MHz	2x11.7 MHz	TeliaSonera	EDGE/HSPA	EDGE+/HSPA+
	2x11.7 MHz	Elisa	EDGE/HSPA	EDGE+/HSPA+
	2x11.7 MHz	DNA	EDGE/HSPA	EDGE+/HSPA+
1800 MHz	2x25 MHz	TeliaSonera	EDGE/HSPA?	LTE-A
	2x25 MHz	Elisa	EDGE/HSPA?	LTE-A
	2x25 MHz	DNA	EDGE/HSPA?	LTE-A
2 GHz	2x20 MHz 1x5 MHz	TeliaSonera	3G/HSPA	3G/HSPA+
	2x20 MHz 1x5 MHz	Elisa	3G/HSPA	3G/HSPA+
	2x20 MHz 1x5 MHz	DNA	3G/HSPA	3G/HSPA+
2.6 GHz	2x17.5 MHz 1x12.5 MHz	TeliaSonera	LTE	LTE-A
	2x17.5 MHz 1x12.5 MHz	Elisa	LTE	LTE-A
	2x17.5 MHz 1x12.5 MHz	DNA	LTE	LTE-A
	2x17.5 MHz 1x12.5 MHz	Datame	WiMAX1.5	WiMAX2

Taulukko 3.9 Matkaviestintaajuuksien käyttö manner-Suomessa [26]

4 YHTEENVETO: TOTEUTUSMAHDOLLISUUDET JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään yhteenvetomaisesti VIRVEN ja muiden langattomien verkkoteknologioiden nähtävissä olevat roolit tulevaisuuden pelastustoimen langattomassa tiedonsiirrossa. Samalla spekuloidaan muutamalla kehitysskenaariolla ja arvioidaan niiden toteutumisen vaikutuksia. Lopuksi luetellaan nykytilannetta kuvaavat faktat, tehdään joitakin ehdotuksia, miten asiassa voitaisiin edetä, annetaan muutamia suosituksia ja listataan vielä avoimia ja lisäselvitystyötä vaativia asioita.

4.1 VIRVEN rooli

4.1.1 Puhepalvelut

VIRVEN puhepalvelut toimivat hyvin ja niihin ollaan käyttäjäkunnan keskuudessa tyytyväisiä. Suuria muutoksia puhepalveluiden käyttöön ei ole tulossa. Jo käyttöönotettu VIRVEN järjestelmätaso 5.0 ja tulevat uudet järjestelmätasot 5.5 ja 6.0 tuovat muutamia uusia ominaisuuksia, jotka monipuolistavat myös puhepalveluiden käyttöä (ks. tarkemmin luku 3.1). Niiden ottamista aktiivikäyttöön kannattaa harkita ominaisuus ominaisuudelta.

Kehittyvät nauhoituspalvelut (ks. luku 1.7.3) ja tilannekeskukset (ks. luku 2.4.2.3) antavat uusia mahdollisuuksia puheluiden nauhoitukseen. Niitä kannattaa hyödyntää harkiten. On myös ratkaistava, onko keskitetty vai hajautettu nauhoituspalvelu käyttäjien kannalta paras ratkaisu.

4.1.2 Datapalvelut

VIRVEN tarjoamat datapalvelut ovat tällä hetkellä varsin rajoitetut (ks. luku 1.7): datasiirto on nykyisellään lähinnä hälytystietojen, tilatietojen ja sijaintitietojen välitystä, jota tehdään statusviestien ja tekstiviestien (yhteinen nimitys: lyhytsanomien) avulla. Varsinainen pakettidatan siirto on kapeakaistaista (nopeudet luokkaa 2-4 kbit/s), jolloin sen hyödyntäminen kenttäjärjestelmissä ja muissa sovelluksissa on rajoitettua. Myös lyhytsanomien välityksessä on havaittu ongelmia ruuhkatilanteissa (ks. luku 1.7.2).

On selvää, että VIRVEN datapalvelut eivät nyt eivätkä muutaman vuoden tähtäimelläkään tule täysin täyttämään tulevaisuuden kenttäjärjestelmien ja niiden käyttäjien tarpeita (ks. luku 2.5.3). Uudet VIRVEN järjestelmätasot ja mahdollinen TEDS-käyttöönotto voivat tuoda osittaisen ratkaisun tiedonsiirron ongelmiin tarjoamalla leveäkaistaista (alle 1 Mbit/s) datasiirtoa,

mutta varsinainen laajakaistainen (yli 1 Mbit/s) datasiirto jää edelleen odottamaan tulevaisuuden ratkaisuja. Uudet järjestelmätasot ja TEDS (25/50 kHz kaistaleveydellä) voivat tuoda seuraavia parannuksia:

- lyhytsanomien välityskapasiteetti 4-kertaistuu (25 kHz) tai 8-kertaistuu (50 kHz)
- lyhytsanomien priorisointi tulee mahdolliseksi, myös tukiaseman sanomapuskurit ovat kasvaneet
- lyhytsanomia voidaan ketjuttaa
- pakettidatasiirron nopeus nousee luokkaan 20–100 kbit/s (ks. taulukko 1.6)

Yllämainituista parannuksista huolimatta on selvää, että tulevaisuuden tarpeiden täyttämiseen (ks. luku 2.5.3) tarvitaan muitakin ratkaisuja kuin VIRVE.

4.1.3 Verkon päivitysmahdollisuuksista

Euroopassa TETRA-verkkojen viranomaiskäyttöön on harmonisoitu taajuusalue 380–400 MHz. Tältä alueelta on nykyisten verkkojen käytössä 2x5 MHz, duplex-väli on 10 MHz.

Suomessa VIRVEN käytössä on taajuuksia Viestintäviraston taajuusjakotaulukon [27] mukaisesti seuraavasti:

- 380,0125–384,9875 MHz suunta päätelaite → tukiasema
- 390,0125–394,9875 MHz suunta tukiasema → päätelaite

Kantoaaltoja (25 kHz rasteri) tälle 5 MHz kaistalle mahtuu n. 200 kpl.

Myös loput alueesta 380–400 MHz on varattu TETRA -tekniikan käyttöön seuraavasti:

- 385,0125–389,9875 MHz suunta päätelaite → tukiasema
- 395,0125–399,8875 MHz suunta tukiasema → päätelaite

Viestintäviraston dokumentissa ”Radiotaajuuksien kysyntä tulevaisuudessa” [26] todetaan:

”Suomessa myös 385–390/395–399,9 MHz:n väliset taajuuskaistat on osoitettu TETRA-standardin mukaisille verkoille. Tältä kaistalta on VIRVEN laajennuskaistaksi jo osoitettu 385–386/395–396 MHz:n taajuuskaistat. Loppuosa kaistasta pidetään laajennuskaistana viranomaistoimintaan, jos esimerkiksi nopeampaa datasiirtoa tarjoava TETRA TEDS tai muu vastaava tekniikka halutaan ottaa viranomaisten radioverkon käyttöön. Oletettavasti seuraavan kymmenen vuoden aikana koko 380–400 MHz:n taajuuskaista tarvitaan viranomaiskäyttöön. Viranomaisten suurta tiedonsiirtokapasiteettia vaativien langattomien datasiirtosovelluksien määrän odotetaan myös kasva-

van, joten myös muilta taajuusalueilta on todennäköisesti tarpeen osoittaa lisätaajuuksia leveä- ja laajakaistaisten viranomaisradioverkkojen käyttöön.”

VIRVEN käyttöön on jo siis osoitettu lisäkaistaa 2x1 MHz eli 40 lisäkantoaaltotaajuutta suuntaansa.

ETSin tekninen komitea (TC TETRA) on puolestaan esittänyt [24, luku 6.1], että viranomais-toimintaan tarvitaan lisäkaistaa 2x 16 MHz kuvan 4.1 mukaisesti nykyisen 2x5 MHz lisäksi. Kuvassa on kirjoittajan mielestä virhe: nykyisen allokation verkonlaajuinen kanavamäärä (= kantoaaltojen määrä) on 120, vaikka sen pitäisi olla 200.

Channel Type	Number of Channels	Total Spectrum MHz (paired bands)
NB	120 (network wide) 10 (per site)	2 x 5 (existing allocation)
New NB	120 (network wide) 6 (per site)	2 x 3
New WB	20 (network wide) 2 (per site)	2 x 3
New BB	1 (network wide and per site)	2 x 10
Cognitive Pilot Channel (CPC)	1 or more	n x 0,1 (100 kHz) within tuning range
Total new requirement (excl. CPC)		2 x 16

Kuva 4.1 TC TETRAn arvio uudesta spektritarpeesta [24]

Kapeakaistaisiin (NB) palveluihin tarvittaisiin lisää 2x3 MHz alueelta 300–790 MHz (ensisijaisesti alueelta 380–470 MHz). Leveäkaistaisiin (WB) palveluihin tarvittaisiin samoin 2x3 MHz samalta alueelta. Laajakaistapalveluille (BB) olisi löydettävä 2x10 MHz 1 GHz:n alapuolelta, ensisijaisesti nykyisin käytössä olevan taajuusalueen välittömästä läheisyydestä.

Näin ollen näyttää siltä, että VIRVEN laajentaminen voisi tapahtua esim. seuraavasti:

- kapeakaistaiset palvelut 2x1 MHz
- leveäkaistaiset palvelut (TEDS) 2x4 MHz

Uusia kantoaaltoaajuuksia saataisiin TEDS-käyttöön teoreettisesti laskien 160, 80, 40 tai 26 riippuen kaistaleveydestä (25, 50, 100 ja 150 kHz vastaavasti), jos laajennus tehtäisiin uusilla lähetin-/vastaanotinyksiköillä. Jos päivitys tehdään puhtaana ohjelmistopäivityksenä (= jo olemassa oleva lähetin-/vastaanotinyksikkö päivitetään TEDSiin), niin käytössä olevien kantoaaltojen määrä ei kasva.

TEDS-kuuluvuuden suunnittelussa on otettava huomioon, että tehokkaimmat modulaatiot (16QAM ja 64QAM) ovat käytettävissä vain tukiaseman läheisyydessä, katso tarkemmin luvusta 3.6.4 ja taulukosta 1.7. Haluttaessa suuria nopeuksia koko nykyisellä kuuluvuusalueella, joudutaan joko rakentamaan lisää tukiasemapaikkoja tai sitten käyttämään suuntaavia antennejä (ja mahdollisesti solujen sektorointia) TEDSin osalta.

Laajakaistapalveluiden tulevaisuudesta ei ole tällä hetkellä selvää käsitystä, koska se odottaa harmonisoitua, yleiseurooppalaista taajuusalue ratkaisua ja sen myötä tehtävää teknologiaratkaisua (katso tarkemmin luvusta 1.4.4).

Ratkaisu VIRVEN laajentamisesta tehdään tietenkin asiakastarpeen ja taloudellisten laskelmien perusteella, eikä sen pohtiminen kuulu tämän raportin aihepiiriin.

4.2 Muiden teknologioiden rooli

Tässä luvussa pohditaan, mikä minkin VIRVEä täydentävän teknologian rooli voisi olla tulevaisuudessa. Tarkempaa teknistä tietoa näistä löytyy liitteestä 1.

Muista teknologioista (kuin TETRA) ja niille pohjautuvista verkoista puhuttaessa on aina muistettava, että niitä ei ole suunniteltu eikä rakennettu kriittisen kommunikaation käyttöön. Ne eivät siis voi olla ensisijaisia vaihtoehtoja viranomaiskäyttöön.

4.2.1 @450 / WiMAX/ Datame

Maanlaajuisen @450-verkon liiketoiminta ja toimilupa on siirtymässä Digitalta Finnet-konserniin kuuluvalla Datame Oy:lle. Valtioneuvosto on tammikuussa 2011 hyväksynyt tämän siirron [28]. Datame on samalla hakenut toimilupansa muutosta, jolla toimilupa tehtäisiin teknologiariippumattomaksi. Nykyisin käytössä olevalta Flash-OFDM –tekniikalta on loppumassa tuki ja Qualcomm ja Nokia Siemens Networks ovat aloittaneet teknologian

alasajon omissa tuotteissaan. Datame on väläytellyt vaihtoehtoisina tekniikoina CDMA:ta ja LTE:tä [28].

@450 verkossa on n. 18 000 tilaajaa, joista palveluoperaattori TeliaSoneran asiakkaita on n. 14 000. Näistä huomattava osa on viranomaisasiakkaita, jotka syystä ovat huolestuneet verkon tulevasta kohtalosta [29].

@450-verkolla on käytössä taajuudet 452,425–456,925 MHz (pääteläite → verkko) ja 462,425–466,925 MHz (verkko → pääteläite). Kaistaa on siis 4,5 MHz suuntaansa, josta n. 3,2 MHz on käytössä koko maassa ja n. 1,3 MHz on paikallisten käyttörajoitusten piirissä, muun muassa elinkeinoelämän PMR-käytön vuoksi.

Datame Oy on rakentamassa myös kattavaa WiMAX-verkkoa Suomeen (ks. liite 1, luku 5.7). WiMAX ei kuitenkaan ole yhtenä ajateltuna tekniikkana @450-verkon uusimisessa, katso liite 1, luku 7.. Yhtenä selityksenä voisi olla, että WiMAX-verkon taajuusalue (2.6 GHz) on niin kaukana @450-verkon taajuudesta, että samaan päätelaitteeseen on vaikea rakentaa tukea molemmille. Toinen selitys on, että WiMAXin tiedonsiirtonopeudet jäisivät 450-taajuusalueella ja 4,5 MHz:n kaistalla aika pieniksi. Tosin sama pätee myös LTE:hen. Kolmas asiaan vaikuttava asia voisi olla se, että sekä CDMA että LTE tukevat piirikytettyä puheliikennettä, toisin kuin WiMAX. Tämä antaisi Datamelle mahdollisuuden tarjota verkossaan myös puhepalveluja. Se kyllä onnistuu WiMAX-verkossakin, mutta pakettikytkentäisesti (VoIP). CDMA:n valinnan puolesta uudeksi teknologiaksi puhuisi se, että se on jo kypsää teknologiaa, jolla on jo rakennettu paljon verkkoja ja päätelaitteita on hyvin saatavilla, myös 450 MHz:n alueelle.

Datamen WiMAX-verkon topologiasta ei ole vielä käytettävissä tietoa, epäselvää on mm. se, tukeeko se maanlaajuista liikkuvuutta, toisin sanoen voiko samaa päätelaitetta (tai liittymää) käyttää koko maan alueella ja tukeeko se kanavanvaihtoa. Jos kokonaisuus on vain rypäs erilisiä verkkoja, niin sen käytettävyyys viranomaiskommunikointiin on aika rajoitettu.

Lähikuukausina tai viimeistään vuoden–kahden sisällä olemme asiassa viisaampia, kun tiedämme, mihin suuntaan nykyistä @450-verkkoa ja ko. taajuusalueen käyttöä kehitetään. Siihen asti kannattaa olla pidättyväinen ainakin uusinwestoinneissa, jotka ovat riippuvaisia Flash-OFDM -tuesta.

4.2.2 2G/3G

2G/EDGE ja 3G/HSPA ovat tämän päivän valtavirtaa kaupallisissa matkapuhelinverkoissa, sekä verkkojen kattavuus että tilaajamäärät ovat suurempia kuin missään muissa matkapuhelinverkoissa. Kolmen operaattorin (TeliaSonera, Elisa ja DNA) verkot toimivat sekä 900 MHz:n että 1800 MHz:n alueilla, 3G/HSPA myös 2 GHz:n alueella. Ylemmät taajuusalueet tarjoavat kapasiteettia ja suurempia nopeuksia asutuskeskuksissa ja 900 MHz:n alueella voidaan rakentaa kattavaa kuuluvuutta myös harvaanasutuille alueille.

Myös näiden verkkojen tulevaisuus on turvattu 5-10 vuoden tähtäimellä. 2G-verkoissa EDGE korvautuu pikkuhiljaa EDGE+:lla tai HSPA/HSPA+:lla ja 3G-verkoissa HSPA korvautuu HSPA+:lla tai LTE/LTE-A:lla.

On huomattava, että EDGE-tekniikka on vähitellen lähestynyt 3G-tekniikoita sekä nopeuksien että ominaisuuksien (mm. yhtäaikainen puhe/data) suhteen, ks. tarkemmin liite1, luku 2.5. Perus-EDGE:llä päästään jo 100–200 kbit/s nopeuksiin eli samaan luokkaan TETRA TEDS:n kanssa (50 kHz). EDGE+ tarjoaa jo multimedianopeuksia 1-2 Mbit/s. Tulevaisuuden EDGE+-tuesta sekä verkoissa että päätelaitteissa ei ole käytettävissä luotettavaa tietoa.

2G/3G-tekniikoilla päästään jo nykyään multimedian vaatimiin tiedonsiirtonopeuksiin, joten on selvää, että pelastustoimen langattomassa tiedonsiirrossa on oltava tuki sekä EDGE/EDGE+ että HSPA/HSPA+ -teknologioille.

4.2.3 4G/LTE

TeliaSonera ja Elisa ovat jo avanneet omat 4G/LTE-verkkonsa Suomessa. Vuoden 2011 aikana näin tulee tekemään myös DNA [Digitoday 10.1.2011]. Nämä kokeiluluonteiset verkot toimivat 2.6 GHz:n taajuusalueella, jolla ei kannata rakentaa maanlaajuisia verkkoja. Näillä verkoilla on tarkoitus tarjota lisäkapasiteettia ja suurempia datasiirtonopeuksia suurimmissa asutuskeskuksissa. Toisaalta Datame aikoo rakentaa samalle taajuusalueelle WiMAX-pohjaisen verkon (katso tarkemmin liite 1 luku 5.7), jonka tavoitteena on 70 %:n kuuluvuus Suomen väestöstä, joten aivan poissuljettu ei kattava LTE-verkkokaan tällä alueella ole.

800 MHz:n taajuusalue (790–862 MHz) on vapautumassa Suomessa matkaviestinkäyttöön, ks. tarkemmin liite 1, luku 5.6. Viestintävirasto on varannut alueen ”digitaalista laajakaistaista

matkaviestinverkkoa” varten [27]. Alue oli aikaisemmin analogisten televisiolähetysten käytössä (UHF-alueen yläpää), mutta vapautui siirryttäessä digitaalisiin lähetyksiin. Alueen käyttöä rajoittaa edelleen koordinointi naapurimaiden, Ruotsin ja etenkin Venäjän, kanssa. Venäjällä alueella on toiminut ilmailun radionavigointijärjestelmä [26], mutta viimeisimpien tietojen mukaan [L1-29] Venäjä on luopumassa alueesta. Sen jälkeen käytön rajoitteena on enää alueella toimivat langattomat mikrofoniit. Sopu tämän alueen käyttöehdoista syntyy seuraavassa maailman radiokonferenssissa vuonna 2012 (WRC-12).

800-alue on otollinen maanlaajuisen verkon rakentamiseen, koska tukiasemia ei tarvita niin paljon kuin ylemmillä taajuuksilla. Viestintäviraston aikomuksena on varata kolmelle operaattorille kullekin 2x10 MHz kaista tältä alueelta [26], ks. tarkemmin taulukosta 3.9. Tämän lisäksi alueelle jää vielä 11 MHz:n pariton kaista esimerkiksi pienitehoisten radiolaitteiden käyttöön. Parillisen kaistan (10 MHz) kapeuden takia aivan suurimpiin käyttäjänopeuksiin ei tulla maanlaajuisesti pääsemään, mutta näitä huippunopeuksia tarjotaan sitten 2.6 GHz:n verkoissa asutuskeskuksissa.

Näin ollen vaikuttaa siltä, että Suomessa on viiden vuoden tähtäimellä käytössä laajakaistainen, maanlaajuinen 4G-verkko, jonka tekniikkana on LTE/LTE-A. Sitä täydentävät edelleen kehittyvät 3G/HSPA/HSPA+ -verkot, joista tosin osa voidaan päivittää 4G-tekniikkaan. Pelastustoimenkin on siis muutaman vuoden tähtäimellä varauduttava kattavaan 4G-tekniikan käyttöönottoon.

4.2.4 WLAN

Langattomalle lähiverkkotekniikalle on nähtävissä kolme käyttötapaa:

- ajoneuvon ja paloaseman välinen tiedonsiirto (rajapinta F kuvassa 2.5)
- ajoneuvon ja sen välittömän ympäristön sisäinen tietoverkko
- ajoneuvon ja julkisen WLAN-verkon välinen yhteys

Kun ajoneuvo palaa paloaseman talliin, se voi liittyä paloaseman paikalliseen WLAN-verkkoon ja käynnistää tiedonsiirron, jossa sekä ajoneuvon että paloaseman tietojärjestelmät voidaan päivittää ajantasalle. Ajoneuvosta voidaan siirtää esim. viimeisen tapahtuman aikana kertyneet tiedot: lokitiedostot, kuvat, video-otokset, tilannekuvaotokset jne. Nämä ovat yleensä niin suuria kooltaan, ettei niitä kannata siirtää muita yhteyksiä käyttäen tienpäältä. Ajoneu-

voon päin voidaan siirtää ajoneuvossa olevien lokaalien tietokantojen päivityksiä, esimerkiksi kartta-aineistoja tai rakennusten pohjapiirroksia.

Ajoneuvon sisäisen tietoverkon toteuttaminen langattomasti joko kokonaan tai osittain mahdollistaa laitteiden sijoittelun vapaasti. Tarvittaessa esim. läppäriä voidaan käyttää myös ajoneuvon ulkopuolella sen välittömässä läheisyydessä.

Ravintoloilla, kauppakeskuksilla, julkisilla laitoksilla, yrityksillä ja jopa yksityisillä ihmisillä on paljon käytössä WLAN-tukiasemia, joihin pääsee kirjautumaan jopa ilman käyttäjätunnuksia. Näiden hyödyntämismahdollisuudet ovat usein sattumanvaraisia ja niitä kannattaa etsiä ja yrittää käyttää vain silloin, kun muita yhteyshmahdollisuuksia on huonosti tarjolla. Niiden käyttöön liittyy myös juridisesti epäselviä ja tulkinnanvaraisia piirteitä esimerkiksi käyttöoikeuksien suhteen.

4.2.5 Satelliittitekniikat

Satelliittitekniikoilla voisi olla täydentävä rooli pelastustoimen langattomassa tiedonsiirrossa, kun joku tai jotkut seuraavista ehdoista täyttyvät:

- Ollaan VIRVEN tai kaupallisten matkapuhelinverkkojen peiton ulkopuolella. Syynä voi olla aukko peitossa tai verkkojen vikatilanne esimerkiksi myrskyvahinkotilanteissa.
- Yhteyden tarve on pitkäkestoinen, tunneista päiviin. Satelliittiyhteyden toimintakuntoon saattaminen (mm. lautasantennin suuntaus) saattaa kestää 10–15 minuuttia, joten lyhytaikaista tarvetta varten sitä ei kannata tehdä.
- Halutaan paikallista VIRVE- tai matkapuhelinverkkokapasiteettia (kun sitä muuten ei ole tarjolla) siirrettävän tukiaseman avulla. Silloin satelliittitekniikalla voidaan hoitaa yhteyden tukiasemalta verkon keskukseen.

Satelliittitekniikan hyödyntämismahdollisuudet tiedonsiirtoon Suomessa paranevat oleellisesti kesällä 2011, kun TeliaSonera aloittaa EutelSatin KA-SAT -satelliitin palvelujen tarjoamisen, ks. tarkemmin liite 1, luku 9.4. Lautasantennin ja modeemin yhdistelmällä (hintaluokka-arvio n. 500 €) voidaan päästä nopeuksiin 10/4 Mbit/s (DL/UL) tai 4/1 Mbit/s, liittymätyypistä riippuen. Tämän ratkaisun käyttökelpoisuus ja tulevaisuuden mahdollisuudet kannattaisi selvittää

käytännön kokeiluilla. Jos se selvitysten ja kokeilujen perusteella vaikuttaa lupaavalta, siitä voisi tuotteistaa yhden lisätyökalun turvallisuusviranomaisten tiedonsiirron ”työkalupakkiin”.

Siirrettävä tukiasema voidaan pystyttää WISECOM-projektissa suunniteltujen periaatteiden mukaisesti, ks. liite 1, luku 9.5. Näitä on varmistamattomien tietojen mukaan käytössä muutamassa paikassa maailmalla, mutta Suomessa ei näistä vielä ole käyttökokemusta, eikä ole tietoa näiden sopivuudesta VIRVE-käyttöön.. GSM- ja 3G -verkkoihin sellaisia kyllä löytyy, esim. TriaGnoSys GmbH:n GSMConnex ja TriaSat3G

4.3 Kehitysskenaarioita

Tässä luvussa on hahmoteltu mahdollisia kehitysvaihtoehtoja, joista osaa voidaan hyvällä syyllä pitää hypoteettisina. Tarkoituksena on vain luonnostella mahdollisia kehityspolkuja ja niiden seuraamuksia viranomaisviestinnän kannalta. Näiden kehitysvaihtoehtojen toteutumiseen vaikuttaa muun muassa:

- miten VIRVE kehittyy lähivuosina
- miten muut langattomat verkot kehittyvät Suomessa
- saavatko viranomaisverkot oman taajuusalueen (ja jopa koko Euroopassa harmonisoidun alueen) laajakaistaista langatonta siirtoa varten, mikä on sille silloin allokoitu spektri ja mikä on käytetty teknologia
- miten kriittinen kommunikaatio kehittyy globaalisti

Skenaarioita on 3 ja niiden erilaisia kehitysvaiheita kuvataan isoilla aakkosilla A–F. Graafinen yhteenveto, jossa on myös aikaskaala mukana, löytyy luvusta 4.3.4.

4.3.1 Skenaario 1: Kaikki palvelut VIRVEN avulla

Tämä skenaario olettaa, että VIRVEN palvelujen lisäksi ei käytetä kaupallisten matkaviestinverkkojen tiedonsiirtopalveluja. Kaikki palvelut toteutetaan kriittisen kommunikaation VIRVELLä ja sovellukset ovat älykkäitä ja mobiilitietoisia ja osaavat siten minimoida tiedonsiirron tarpeen kompressoinnilla ja priorisoinnilla.

A) Puhe + kapeakaistainen datasiirto (TETRA Rel 1) = nykytilanne

Tämä on nykytilanne ja lähtötilanne kaikissa skenaarioissa. Datasiirron nopeudet rajoittuvat välille 2-4 kbit/s.

B) Puhe + leveäkaistainen datasiirto (TETRA Rel 2 = TEDS)

Tässä vaiheessa on leveäkaistainen datasiirto (TEDS) otettu käyttöön VIRVEssä. Sen tuki ei välttämättä ole maanlaajuinen, vaan sillä tuodaan lisäkapasiteettia lyhytsanomien välitykseen ruuhkaisimmille seuduille. Samalla se kuitenkin parantaa myös puhepalvelujen laatua, koska se vapauttaa kapasiteettia niille.

C) Puhe + laajakaistainen datasiirto (TETRA Rel 3)

Tämä vaihe edellyttää, että TETRA-tekniikkaan on saatu aikaiseksi laajakaistaratkaisu, minkä edellytys on taas sopivan taajuusalueen löytyminen viranomaisviestintään. Ajallisesti tämä voisi sijoittua 2010-luvun loppuun tai 2020-luvun alkuun.

Kehitysvaihtoehdot: $A \rightarrow B \rightarrow C$

Kompressoio- ja priorisointitarvetta voidaan vähentää siirryttäessä vaiheesta toiseen, koska tiedonsiirron kanavaleveys samalla kasvaa.

Riskit: Skenaario 1:n ongelma on, että sen laajakaistaiset datapalvelut ovat vuosikymmenen päässä, eikä sitäkään voida varmasti taata. Tarve niille on kuitenkin jo olemassa ja siksi muita palveluita käytetään jo nyt ei-kriittisen tiedon siirtoon. Tämän vuoksi skenaario 1 ei ole realistinen.

4.3.2 Skenaario 2: Puhe ja lyhytsanomat VIRVEllä, nopeat datapalvelut muilla verkoilla

Tässä skenaariossa kriittinen kommunikaatio hoidetaan VIRVEllä ja laajakaistaiset ei-kriittiset datasiirtotarpeet muilla verkoilla monikanavaisuutta hyödyntäen.

D) Puhe + kapeakaistainen datasiirto + laajakaistadatasiirto (3G/4G)

Tässä vaiheessa on VIRVEN nykytilaa täydennetty laajakaistaisella kaupallisten verkkojen pakettidatatuella. Käytännössä siis vaihetta A on täydennetty monikanavaisella reitittimellä.

E) Puhe + leveäkaistainen datasiirto + laajakaistadatasiirto (3G/4G)

Tämä vaihe on muuten sama kuin B, mutta käytössä on monikanavareititin laajakaistatukea varten. Samaan tulokseen päädytään myös lisäämällä TEDS vaiheeseen D.

Kehitysvaihtoehdot: $A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow C?$

$A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow E$

$$A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F?$$

Tämä skenaario 2 on houkuttelevin, koska se tarjoaa laajakaistaiset datasiirtopalvelut jo lähes alusta lähtien ja lisäksi loppuvaiheessa on eniten valinnanvaraa. Valinnanvara on riippuvainen vaiheiden C ja F toteutumisesta.

Riskit: Skenaarion 2:n riskinä on se, *kuinka voimakkaasti tukeudutaan kaupallisiin laajakaistasiirtoratkaisuihin ja mikä on niiden saatavuus onnettomuustilanteiden hoitamisen aikana.*

4.3.3 Skenaario 3: VIRVE korvataan 2020-luvulla jollain muulla

Tämä skenaario on muuten samanlainen kuin skenaario 2 seuraavat 10 vuotta, mutta se olettaa, että nykyisen kaltainen, TETRA-pohjainen VIRVE tulee tiensä päähän ja poistuu käytöstä. Viranomaisverkko voi edelleenkin olla nimeltään VIRVE, mutta sen teknologia pohjautuu johonkin muuhun kuin TETRAan. Skenaarion loppuvaihetta, joka voisi hämmöttää jossain 2020-luvun alussa, voisi yrittää kuvailla seuraavasti:

- F) Viranomaiskäyttöön ei ole onnistuttu löytämään harmonisoitua taajuusaluetta. Sen vuoksi TETRA:n laajakaistarakaisuakaan ei ole voitu määritellä. TETRA-tekniikka jää siis vajavaiseksi, eikä sillä pystytä yksin suoriutumaan operatiivisista tehtävistä.

Joku muu teknologia (4G/5G?) nousee dominoivaan asemaan ja sillä voidaan rakentaa sekä kaupalliset palvelut että viranomaispalvelut. On rakennettu maanlaajuinen verkko ja kriittisen kommunikaation vaatimukset on voitu ottaa huomioon verkon ja sen palvelujen toteutuksessa.

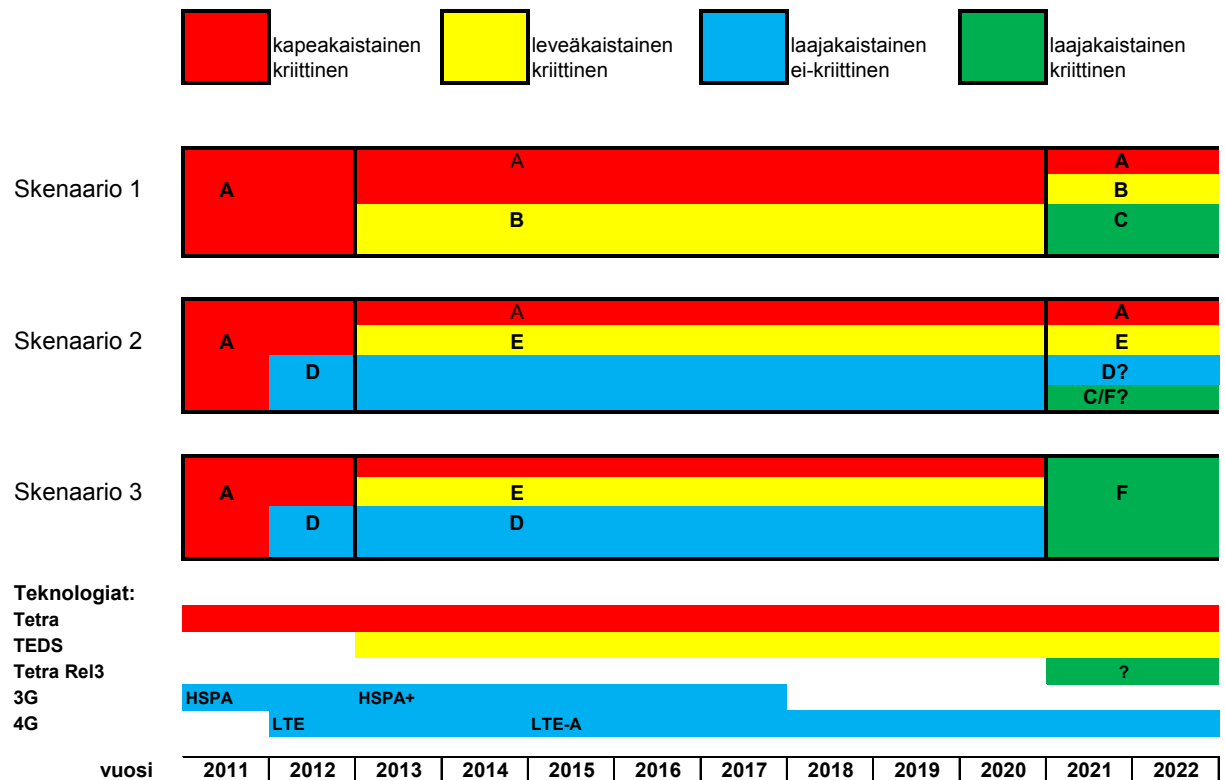
Kaupalliset verkot ja viranomaisverkko voivat olla erillisiä tai sitten rakennetaan yksi suurikapasiteettinen, viranomaisvaatimukset täyttävä verkko, jolla voidaan tarjota myös kaupalliset palvelut. Kaupallisista palveluista voisivat vastata verkossa toimivat palveluoperaattorit, jotka pyörittäisivät omia ”virtuaaliverkkojaan”. Viranomaispalveluille on määriteltävä taattu minimikapasiteetti, jota kaupalliset palvelut eivät voi käyttää missään tilanteessa. Radiorajapinta voisi olla kognitiivinen, jolloin kapasiteettia pystytään joustavasti osoittamaan sinne, missä tarve on suurin.

Kehitysvaihtoehdot: $A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$

Riskit: Skenaario 3:n pahin kompastuskivi on kriittisen kommunikaation tuki muussa kuin TETRA-tekniikassa. Sen toteutumisesta ei ole tällä hetkellä näkyvissä mitään merkkejä. Toki voi olla niin, että VIRVE vain vaihtaa teknologiapohjaa ja muuten sen palvelut ja ominaisuudet pysyvät vähintään entisinä. Silloin skenaarion houkuttelevuus ja toteutumistodennäköisyys kasvaisivat huomattavasti.

4.3.4 Yhteenveto skenaarioista

Kuvassa 4.2 on havainnollistettu skenaarioiden ja niiden vaiheiden ajallista riippuvuutta. Siinä on esitetty myös muutaman avainteknologian kehityskulku.



Kuva 4.2 Kehitysskenaariot ja teknologiat

Nähdään, että skenaariot 2 ja 3 ovat varhaisen laajakaistatukensa (vaikkakin ei-kriittisen) ansiosta houkuttelevia. Skenaario 2 antaa lisäksi eniten valinnanvaraa ajanjakson loppupuolella, joten sitä voidaan pitää pitkällä tähtäimellä suositeltavimpana. Laajakaistainen kriittinen tiedonsiirto antaa odottaa itseään vielä 10 vuotta, eikä siitä silloinkaan ole varmuutta.

4.4 Miten tästä eteenpäin: faktat, suositukset, lisäselvitykset

Tässä luvussa todetaan ensin yhteenvetomaisesti tilanne, missä ollaan ja mitkä seikat vaikuttavat pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeisiin ja niiden tulevaisuuden kehitykseen. Sen jälkeen annetaan muutamia ehdotuksia ja suosituksia, joilla tulevaa kehitystä voidaan toivottavasti ohjata haluttuun suuntaan. Lopuksi listataan vielä asioita, joita pitäisi selvittää tarkemmin ja jotka vaativat lisäkehitystyötä. Käsitellyt asiat numeroidaan, jotta niihin on helpompi myöhemmin viitata: F = faktat, S = suositukset ja L = lisäselvitystä vaativat asiat.

4.4.1 Yhteenvedo nykytilanteesta, faktat (F)

- F1: VIRVE on viranomaistoimintaan sopiva tiedonsiirtoverkko, jolle ei ole tällä hetkellä puhepalveluiden osalta nähtävissä kilpailijaa.
- F2: VIRVEN datasiirto-ominaisuudet ovat sen verran rajoitetut, että ne eivät täytä kaikkia tulevaisuuden tiedonsiirtotarpeita. Kapeakaistainen datasiirto toimii, leveäkaistainen datasiirto (=TEDS) on mahdollista ottaa käyttöön, mutta sekään ei ole ratkaisu kaikkiin tarpeisiin. Laajakaistainen datasiirto on VIRVEssä ainakin 5-10 vuoden päässä, eikä senkään toteutumisesta ole vielä muuta kuin arvailuja.
- F3: TETRA-tekniikan lisäksi tarvitaan muita teknologioita tiedonsiirtotarpeiden tyydyttämiseksi. Näitä vaihtoehtoja ovat 2G/EDGE, 3G/HSPA, 4G/LTE, WLAN ja satelliittitekniikat. Mukaan on laskettava myös nykyisen @450-verkon (tai sen evoluution) tuki, riippumatta sen tulevaisuuden ratkaisuista.
- F4: Pelastustoimen (ja myös muiden viranomaisten) operatiivinen toimintatapa pitää sovitaa luotettavien, aina saatavilla olevien tiedonsiirtopalveluiden varaan. Toiminta ei voi pohjautua ajallisesti tai paikallisesti rajoitettuihin tai muuten epäluotettaviin palveluihin.
- F5: Laajakaistaisten langattomien tiedonsiirtopalveluiden tarve tulee kasvamaan. Paras tae niiden hyödyntämiseen olisi yksinomaan viranomaiskäyttöön allokoitu, riittävän leveä kaista sopivalta (ja eurooppalaisittain harmonisoidulta) taajuusalueelta, jolloin maanlaajuisen kuuluvuuden rakentaminen olisi kustannustehokasta.

4.4.2 Suosituksia (S) jatkotoimenpiteiksi

- S1: Selvitetään, onko VIRVEN TEDS-ominaisuuden päivitys järkevää tehdä ja jos näin on, niin mikä on sen sisältö, vaiheistus ja vaikutus loppukäyttäjille. Myös kokonaistalou-

dellisuus (OPEX + CAPEX) on otettava huomioon. Erillisverkot vastaa tästä selvityksestä ja sen perusteella tehtävästä päätöksestä.

- S2: Selvitetään monikanavareitittimien markkinatilanne ja toimittajat Suomessa ja ulkomailla. Evaluoidaan potentiaaliset vaihtoehdot ja valitaan toimittaja (tai toimittajat). Pyritään vaikuttamaan reitittimien ominaisuuksiin siten, että ne paremmin vastaavat tulevaisuuden tarpeita. Tärkeänä kriteerinä on tuki halutuille verkoille. Erityishuomiota on kiinnitettävä myös turvallisuusominaisuuksiin, kanavanvaihdon sujuvuuteen sekä saman verkon tukiasemien välillä että verkkojen välillä, poikkeustilanteiden hallintaan, laitteen hallintaan sekä paikallisesti että etäkäyttöisesti ja liitántärajapintaan kenttäjärjestelmään päin. Monikanavaratkaisu on tuotteistettava siten, että pelastuslaitokset voivat ottaa käyttöönsä varman ja käytännössä kokeillun ”pakettiratkaisun”.
- S3: Varmistetaan, että uuden kenttäjärjestelmän (KEJO) ja uuden hätäkeskustietojärjestelmän (TOTI) vaatimukset noudattavat valtion IT-strategian linjauksia, joihin kuuluu mm.:
- **yhteentoimivuus:** arkkitehtuuri ja palvelurajapinnat
 - **toimintavarmuus**
 - **turvallisuus:** tietoturvallisuus ja käyttöoikeudet

Palvelurajapintojen ja erityisesti ilmarajapintojen määrittely on tehtävä niin, että se tukee:

- toimittajariippumattomuutta, tavoitteena monitoimittajaympäristö
- sanomaliikenteen luokittelua ja sen mahdollistamaa priorisointia

Lisätietoa asiasta löytyy luvusta 2.4.3.2.

4.4.3 Lisäselvitys- ja kehitystyötä vaativia asioita (L)

- L1: Kenttäjärjestelmän sanomaliikenteen luokittelu radiorajapinnassa: KEJO-määrittelyä on täydennettävä toiminnoittain (käyttötapauksittain) sanomakohtaisilla ja infoeleментikohtaisilla luokitteluilla, mikä antaa mahdollisuuden tiedonsiirron priorisointiin ruuhkatilanteessa. Lisätietoa asiasta löytyy luvusta 2.5.4.
- Lisäksi on selvitettävä, mitä mahdollisuuksia VIRVEN uudet järjestelmätasot tuovat sanomapriorisointiin.
- L2: Seurataan 450 MHz:n taajuusalueen verkkoratkaisun kehittymistä ja erityisesti sen uutta teknologiaratkaisua. Kun se on selvillä, analysoidaan uuden teknologian ja koko

verkon tuomat mahdollisuudet viranomaisviestintään. Siihen asti pidättäydytään uusinvestoinneista tämän verkon palvelujen suhteen, ainakin jos operaattori ei korvaa teknologiavaihdosta aiheutuvia kustannuksia.

- L3: Selvitetään TeliaSoneran kesällä aloittaman laajakaistaisen satelliittipalvelun sopivuus pelastustoimen käyttöön. Selvitykseen voisi kuulua myös käytännön kokeilu ja kokemusten jalostaminen toimintaohjeiksi. Katso lisätietoa luvusta 4.2.5 sekä liitteestä 1, luku 9.4.

LÄHDELUETTELO

- [1] A. Rissanen, L. Jaakkola, H. Rantanen: Pelastustoimen langaton tiedonsiirto viranomaisverkossa. Pelastusopiston julkaisu 2/2002. ISBN 951-98649-7-0. 125 sivua.
- [2] K. Heikkonen, T. Pesonen, T. Saaristo: VIRVE-radio; TETRA viranomaiskäytössä. Edita Publishing Oy 2005. ISBN 951-826-786-3. 102 sivua.
- [3] ETSI TR 102 491 v1.2.1: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); TETRA Enhanced Data Service (TEDS); System reference document. Toukokuu 2006. 30 sivua.
- [4] ETSI TR 102 580 v1.1.1: Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Release 2; Designer's Guide; TETRA High-Speed Data (HSD); TETRA Enhanced Data Service (TEDS). Lokakuu 2007. 180 sivua.
- [5] Martti Kunnasvuori: Hätäkeskuslaitos ja uusi strategia 2015. Esitelmä VIRVE-päivänä 2.3.2010. 20 sivua.
- [6] Duncan Swan (Mason Communications Ltd.): Analysis in the ability of Public Mobile Communications to support mission critical events for the Emergency Services. Maaliskuu 2003. 37 sivua.
- [7] Simon Riesen: The Usage of Mainstream Technologies for Public Safety and Security Networks. Diplomityö, Helsinki University of Technology, 9.10.2003. 69 sivua.

- [8] TETRA MoU Association: TETRA or GSM-ASCI Network for Public Safety. Toukokuu 2004. 13 sivua.
- [9] Gartner: Nødnett - Market Analysis Technology. A report for Direktoratet for Nødkommunikasjon. Julkaistu 12.12.2008. 46 sivua.
- [10] Stelacon: Funktionell och finansiell analys av alternativa tekniker för gemensamt radiokommunikationsnät för skydd och säkerhet. Julkaistu 23.9.2002. 77 sivua.
- [11] Bert Bouwers (Rohill Technologies B.V.): Introduction TETRA over IP. Esitys TETRA World Congressissa (TWC) 2003. 24 sivua.
- [12] ETSI TR 101 448 1.1.1 (2005-05): Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Functional Requirements for the TETRA ISI derived from Three-Country Pilot Scenarios. Toukokuu 2005. 24 sivua.
- [13] EADS Security & Communication Solutions: EADS TETRA System Inter-System Interface (ISI) Roadmap. Toukokuu 2010. 6 sivua.
- [14] Sisäasiainministeriö, Pelastustoimi: VIRVE-verkko kehittyy. 3 sivua.
<http://www.pelastustoimi.fi/artikkelit/4551>
- [15] Jukka Kangasvieri (projektityöryhmä): Pelastuslaitosten IP-verkkoliittymä (PeIP). ”Pelastuslaitosten yhteinen operatiivinen tietoverkko”. Marraskuu 2010. 11 sivua
- [16] Rysavy Research/3G Americas: TRANSITION TO 4G. 3GPP Broadband Evolution to IMT-Advanced. Syyskuu 2010. 132 sivua.
- [17] Valtioneuvoston asetus Hallinnon tietotekniikkakeskuksesta 23.8.2007/810. Löytyy osoitteesta: <http://www.edilex.fi/saadokset/lainsaadanto/20070810>
- [18] Puolustusministeriö: Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 23.11.2006. Löytyy osoitteesta:
http://www.defmin.fi/files/815/YETT_2006.pdf

- [19] Rauno Kuusisto (Liikenne- ja viestintäministeriö): Tilannekuvasta täsmäjohtamiseen. Johtamisen tietovirrat kriisin hallinnan verkostossa. LMV Helsinki 2005.
- [20] Heikki Suomalainen: Tilannehuoneesta aktiiviseen tilannekeskukseen. Tutkielma. Turun Kauppakorkeakoulu. 15.1.2011. 31 sivua.
- [21] Sisäasiainministeriö, Pelastusosasto: Viranomaisten yhteisen yksikkötunnusjärjestelmän käyttöönotto. SMDno/2010/1806 Julkinen.
- [22] Esko Vainio (Valtiovarainministeriö): TUVE-verkko ja sen liittymä muihin verkkoihin. Esitys VAHTI-teemapäivässä 9.12.2010. Ladattu Valtiovarainministeriön verkkosivulta: http://www.vm.fi/vm/fi/05_hankkeet/024_tuve/index.jsp. 17 sivua.
- [23] Häätokeskuslaitos: TOTI-hanke. Luettavissa osoitteessa:
<http://www.hatakeskuslaitos.fi/index.php?pageName=toti>
- [24] ETSI TR 102 628 v.1.1.1 (2010-08): Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); System reference document; Land Mobile Service; Additional spectrum requirements for future Public Safety and Security (PSS) wireless communication systems in the UHF frequency range. 72 sivua.
- [25] ETSI TR 102 445 V.1.1.1 (2006-10): Emergency Communications (EMTEL); Overview of Emergency Communications Network Resilience and Preparedness. 16 sivua.
- [26] Viestintävirasto: Radiotaajuuksien kysyntä tulevaisuudessa. Viestintäviraston raportti 2010. 43 sivua. Ladattavissa osoitteesta:
http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/5pfGHSZSN/Radiotaajuus_2010_final.pdf
- [27] Viestintävirasto: Taajuusjakotaulukko 9 kHz–400 GHz. 4.11.2009. 157 sivua. Ladattavissa osoitteesta:
<http://www.ficora.fi/attachments/suomimq/5l20LCx58/M4TJT.pdf>

- [28] IT-Viikko: Hallitus hyväksyi 450-verkon myynnin. Uutinen 20.1.2011. Ladattavissa osoitteesta: <http://www.itviikko.fi/uutiset/2011/01/20/hallitus-hyvaksyi-450-verkon-myyntin/2011931/7>
- [29] Taloussanomat: Viranomaiset huolissaan 450-verkon tulevaisuudesta. Uutinen 28.12.2010. Ladattavissa osoitteesta: <http://www.taloussanomat.fi/kotimaa/2010/12/28/ts-viranomaiset-huolissaan-450-verkon-tulevaisuudesta/201017935/12>

LYHENTEET

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ACELP	Algebraic Codebook Excited Linear Prediction (TETRA:n puhekoodekki)
AMR	Adaptive Multiple Rate, puhekoodekki (3G- yhteensopiva)
bps	bit/s (siirtonopeus: bittiä/sekunti)
EDGE	Enhanced Data rates for Gsm Evolution
DGNA	Dynamic Group Number Assignment (dynaaminen ryhmien määrittely)
DL	Downlink (suunta tukiasema → päätelaite)
DMO	Direct Mode Operation (suorakanava)
EDXL	Emergency Data eXchange Language
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FACCH	Fast Associated Control CHannel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FSSN	Fleet Specific Short Number (TETRA:n lyhytnumero)
GERAN	Gsm Edge Radio Access Network
GPRS	General Packet Radio Service
GMDSS	Global Maritime Distress Safety System (merenkulun hätäradiojärjestelmä)
GSM	Global System for Mobile communications
HSD	High Speed Data (TETRA:n nopea datapalvelu, myös TEDS)
IP	Internet protocol
LTE	Long Term Evolution (3GPP Rel 8)
MELPe	Mixed Excitation Linear Predictive enhanced (NATO-puhekoodekki)

OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OSSAF	Open Safety and Security Architecture Framework
PEI	Peripheral Equipment Interface (TETRA-päätelaitteen oheislaiteliitäntä)
PeIP	Pelastuslaitosten IP-verkkoliittymä
PMR	Professional (tai Private) Mobile Radio
PPDR	Public Protection and Disaster Relief
PSS	Public Safety and Security
QoS	Quality of Service
SACCH	Slow Associated Control CHannel
SIM	Subscriber Identity Module
SDS	Short Data Service (TETRA:n lyhytsanomapalvelu)
SMS	Short Message Service (3GPP:n lyhytsanomapalvelu)
SOA	Service Oriented Architecture (palvelukeskeinen arkkitehtuuri)
SwMI	Switching and Management Infrastructure (TETRA:n verkko-osa)
TETRA	TErrestrial TRunked RAdio
TDD	Time Division Duplex
TEDS	TETRA Enhanced Data Service
TDMA	Time Division Multiple Access
TMO	Trunked Mode Operation (TETRA:n järjestelmätila)
TOGAF	The Open Group Architecture Framework
ToIP	TETRA over IP
TSO	Tactical Situation Object (tilannekuvan siirtoprotokolla)
UL	Uplink (suunta päätelaite → tukiasema)
WiMAX	Worldwide interoperability for Microwave Access (IEEE 802.16)
WLAN	Wireless Local Area Network

HAASTATTELUT

- 27.4.2010 Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos, Espoo Leppävaara. Mukana Lauri Jaakkola LUPel, Kimmo Markkanen LUPel, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.
- 27.4.2010 Erillisverkot, Otaniemi. Mukana Antti Koponen ErVe, Harri Virtanen ErVe, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.

- 22.6.2010 Keski-Pohjanmaan ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitos, Kokkola. Mukana Jukka Kangasvieri KPPel, Harri Virtanen ErVe, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.
- 13.7.2010 Helsingin kaupungin pelastuslaitos. Mukana Harri Lehto HelPel, Mikael Siitonen HelPel, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.
- 4.8.2010 Logica, Helsinki. Mukana Ilpo Paltemaa Logica, Juha Tammela Logica, Teemu Virtanen Logica, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.
- 18.8.2010 EADS Security Networks, Helsinki. Mukana Jaakko Saijonmaa EADS, Tuomas Korpilahti EADS, Kalle Marttila EADS, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.

TYÖPAJAT

PELTI-työpaja Pelastusopistolla 25.–26.8.2010. Mukana n. 30 henkilöä seuraavista organisaatioista: Sisäasiainministeriö, Poliisi, Pelastuslaitokset (HKIPEL, LUPEL, OUKA, KPPEL, PHPEL, EKPEL, TREPEL, JOKILPEL), Haltik, Erilliset verkot, Rajavartiolaitos, Pelastusopisto, EADS ja Logica.

PELTI-KEJO -työpaja 29.10.2010 Pelastusopistolla. Mukana Markus Asikainen POL, Lauri Jaakkola L-U PEL, Harri Virtanen ErVe, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.

Työpaja 25.–26.11.2010 Pelastusopistolla. Mukana Harri Virtanen ErVe, Kari Junttila PeO ja Markku Rantama PeO.

LIITE 1

VIRVEä täydentävät langattomat verkkopalvelut. Tekijä Markku Rantama PeO.

LIITE 2

Kansainvälinen katsaus: Muutamien eurooppalaisten TETRA-verkkojen tietoja. Luettelo PSS-alan kansainvälisistä kehitysprojekteista ja yhteistyöorganisaatioista. Sisältää myös linkkejä kansainvälisiin arkkitehtuurityöryhmiin ja -dokumentteihin. Tekijä Markku Rantama PeO.



PELASTUSOPISTO

LIITE 1

28.2.2011

VIRVE:Ä TÄYDENTÄVÄT LANGATTOMAT VERKKOPALVELUT

Markku Rantama

TIIVISTELMÄ

Tämä dokumentti on liitetiedosto Pelastusopiston hankkeen ”Pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeet tulevaisuudessa (”PELTI”-hankkeen) loppuraporttiin. Sen tehtävänä on antaa perustiedot viranomaisverkko VIRVEä täydentävistä langattomista verkkopalveluista. Syvällisempää ja enemmän yksityiskohtiin menevää tietoa löytyy dokumentin lähdeviitteistä.

SISÄLLYSLUETTELO

1	LANGATTOMAN TEKNIIKAN KEHITYKSESTÄ	3
2	GERAN (2G / GSM / GPRS/ EDGE / E-EDGE).....	4
2.1	GSM.....	4
2.2	GPRS (2.5G).....	5
2.3	EDGE (2.75G)	6
2.4	Enhanced EDGE (R4).....	7
2.5	Evolved EDGE (R7)	7
3	UTRAN (3G / UMTS / WCDMA / HSPA / HSPA+).....	9
3.1	UMTS / WCDMA (R99 ja R4).....	11
3.2	HSPA (R5 ja R6)	14
3.3	HSPA+ (tai Evolved, R7-R10)	18
4	E-UTRAN (LTE, LTE-Advanced).....	20
4.1	LTE (R8).....	20
4.2	LTE- Advanced (Advanced E-UTRAN / 4G)	25
5	WiMAX.....	28
5.1	WiMAX-standardin kehityksestä	28
5.2	IEEE 802.16-2004	29
5.3	Release 1.0 (IEEE 802.16e-2005).....	32
5.4	Release 1.5 (IEEE 802.16-2009)	33
5.5	Release 2.0 (IEEE 802.16m).....	34
5.6	WiMAXin tulevaisuus	40
5.7	WiMAX-verkot Suomessa.....	43
6	GSM-R	45

7	@450 (Flash-OFDM)	50
8	WLAN	54
8.1	Yleistä	54
8.2	Standardin IEEE 802.11 kehitys	54
8.3	Uusin standardi IEEE 802.11n-2009	55
8.4	Standardi IEEE 802.1X-2004	58
9	LAAJAKAISTAISET SATELLIITTIPALVELUT	59
9.1	Inmarsat BGAN	59
9.2	DVB-RCx	60
9.3	Kaupallisia satelliittipalveluja.....	62
9.3.1	EutelSat (www.eutelsat.net)	62
9.3.2	SES Astra.....	66
9.4	Palveluntarjoajia	68
9.5	WISECOM-projekti.....	69

LÄHDELUETTELO

LYHENTEET

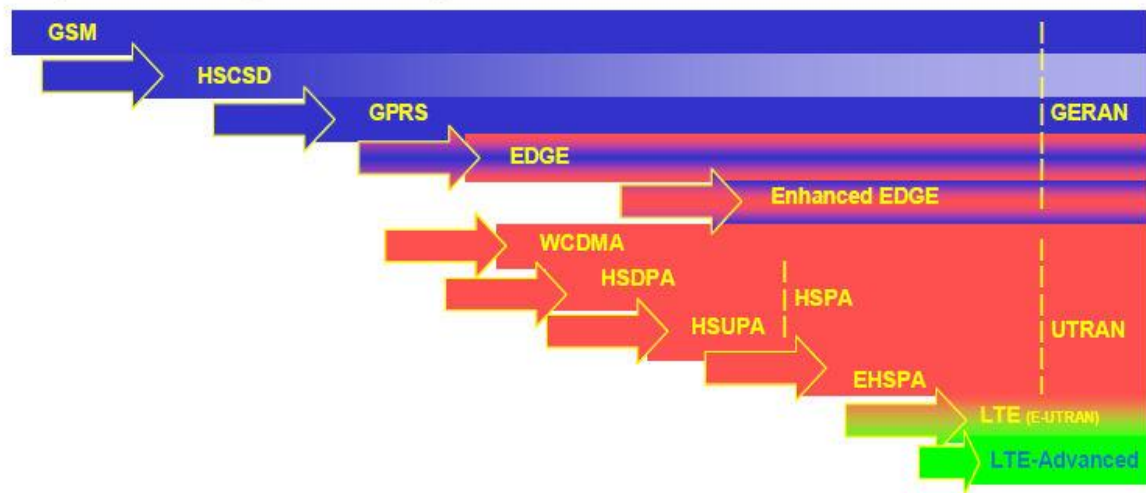
1 LANGATTOMAN TEKNIIKAN KEHITYKSESTÄ

Langattomien matkapuhelinjärjestelmien kehitystä viimeisten 40 vuoden aikana voidaan kuvailla seuraavasti (syklit n. 10 vuotta):

- Analogiset, käsivälitteiset järjestelmät (Suomessa ARP = Auto Radio Puhelin), otettiin käyttöön 1970-luvulla.
- Analogiset matkapuhelinjärjestelmät (ensimmäiset automaattiset solukkopuhelinjärjestelmät eli 1. sukupolvi = **1G** (1. Generation), Suomessa ja Pohjoismaissa **NMT**, Amerikassa AMPS, Englannissa TACS, ...), otettiin käyttöön 1980-luvulla.
- Digitaaliset matkapuhelinjärjestelmät eli 2. sukupolvi = **2G**, näistä suosituimpana GSM, otettiin käyttöön 1990-luvun alussa, tämän sukupolven radioverkosta käytetään myös nimitystä **GERAN** (**G**sm **E**dge **R**adio **A**ccess **N**etwork).
- Digitaaliset 3. sukupolven matkapuhelinjärjestelmät eli **3G**, esimerkkinä **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System, jonka radiotekniikkana on **WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access)), otettiin käyttöön 2000-luvun alussa, UMTS:n radioverkko-osasta käytetään myös nimitystä **UTRAN** (Universal Terrestrial Radio Access Network).
- 3G on viime vuosina kehittynyt nopein askelin: datasiirron nopeuteen on tullut huomattava parannus **HSPA**:n (High Speed Packet Access) myötä (puhutaan 3.5G:stä) ja HSPA+ (tai EHSPA) tuo vielä lisäpiristystä nopeuteen (3.75G)
- Digitaaliset 4. sukupolven matkapuhelinverkot eli **4G**. Tämä on suora kehityspolku 3G:stä, missä käytettävä radiotekniikka ja verkkoarkkitehtuuri muuttuvat, mutta kuitenkin yhteensopivuus aikaisempiin järjestelmiin säilyy. 4G:n esiversion radiotekniikkana voidaan pitää **LTE**:tä (Long Term Evolution, myös Enhanced UTRAN eli E-UTRAN)), minkä koekäyttö on juuri alkanut Tukholmassa ja Turussa Telia-Soneran verkoissa ja Helsingissä Elisan verkossa. Varsinaisesta 4G:stä puhutaan vasta lähivuosina **ITU-R**:n määrittelemän **IMT-Advanced** -teknologian yhteydessä, josta käytetään myös nimitystä Advanced E-UTRAN. Tämän teknologian radiatorajapinnaksi on yhtenä ehdokkaana 3GPP:n **LTE-Advanced**, joka on LTE:n edelleenkehittynyt versio.

2 GERAN (2G / GSM / GPRS/ EDGE / E-EDGE)

Kuvassa 2.1 on kuvattu sinisellä 2G-verkkojen kehityskulkua. Lisäksi siinä näkyy oranssilla 3G-verkkojen kehitys vuoteen 2011 asti.



Kuva 2.1 2G (GERAN) ja 3G (UTRAN) -verkkojen kehityskulku

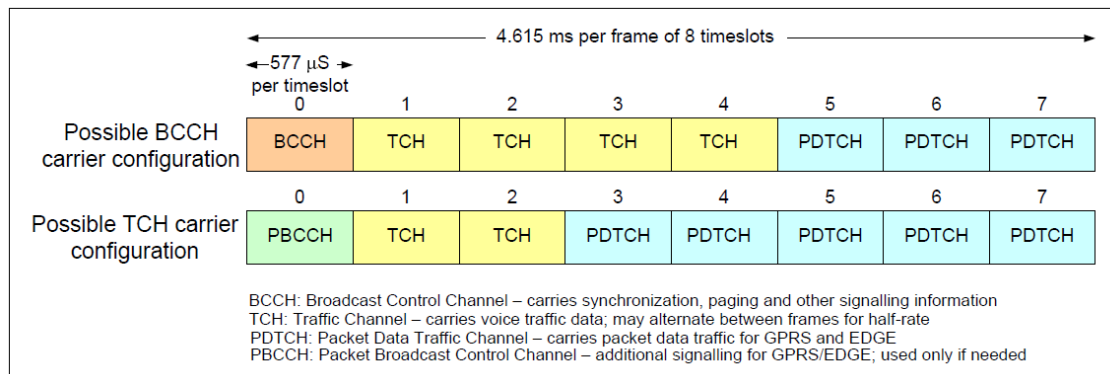
2.1 GSM

GSM (Global System for Mobile communications, alunperin Groupe Special Mobile) on avoin, ETSIn standardeihin pohjautuva digitaalinen solukkopuhelinjärjestelmä, jonka tärkeimmät palvelut olivat alunperin: puheensiirto, piirikytketty datasiirto ja lyhytsanomapalvelu SMS (Short Message Service). Alkuperäinen, ihmisäänelle optimoitu puhekoodekki tuotti 13 kbit/s-bittivirran. Datasiirto oli piirikytkettyä, maksiminopeuden ollessa 9.6 kbit/s yhden aikavälin käytöllä. Myöhemmin mukaan tullut HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) mahdollisti useamman aikavälin käytön ja sen myötä esim. nopeuden $4 \times 9.6 = 38.4$ kbit/s. Uutena palveluna analogisiin järjestelmiin verrattuna tuli mukaan 160 merkin maksimipituiset lyhytsanomamat.

GSM toimii 900MHz:n ja 1800 MHz:n taajuualueilla Euroopassa ja 850 MHz:n ja 1900 MHz:n alueilla USA:ssa, Kanadassa, Australiassa ja monissa Etelä-Amerikan maissa. Harmonisoitu spektrinkäyttö takaa sen, että GSM:n käyttäjä voi käyttää omaa puhelintaan ja verkon palveluja missä tahansa liikkuen. GSM-verkkoja on toiminnassa yli 220 maassa ja verkkojen kattavuus on yli 80 % maailman väestöstä. Ensimmäiset kaupalliset verkot otettiin käyttöön vuonna 1992.

GSM:n radiotekniikkana on aikajakoinen TDMA (Time Division Multiple Access), jossa yhdelle kanta-aallolle moduloidaan 8 kanavaa. Yksi kanta-aalto varaa 200 kHz kaistan eli yksi liikennekanava varaa spektriä 25 kHz yhteen suuntaan (yhteensä siis 50 kHz jos otetaan duplex-kanavan molemmat suunnat huomioon).

Esimerkki GSM:n kanavarakenteesta kahdella kanta-aallolla on kuvassa 2.2.



Kuva 2.2 GSM:n kanavarakenne (esimerkki) [L1-27]

2.2 GPRS (2.5G)

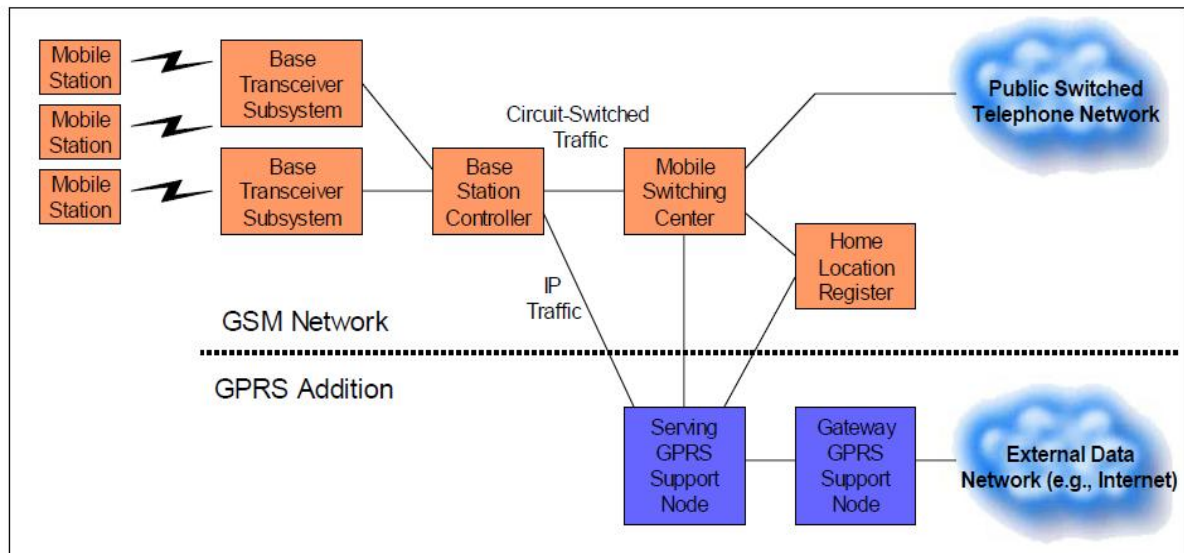
GPRS (General Packet Radio Service) eli pakettiradiopalvelu tuli mukaan GSM-järjestelmään vuonna 1997, kun tuli tarve päästä sähköisiin palveluihin (sähköposti, selailu, multimedia,...) nopeammilla yhteyksillä kuin mitä piirikytketyt datapalvelut tarjosivat. Nyt voitiin tukiaseman kanta-aallon puheliikenteeltä vapaaksi jäänyttä kapasiteettia tarjota dynaamisesti datakäyttöön siten, että päästiin lankaverkon modeemien nopeuksiin eli n. 20–50 kbit/s.

GPRS toi merkittävän muutoksen GSM-järjestelmän arkkitehtuuriin: pakettidatan käsittelyyn tarvittiin 2 uutta verkkoelementtiä, SGSN ja GGSN, katso kuva 2.3.

SGSN (Serving GPRS Support Node) suorittaa samoja tehtäviä datakäytössä kuin mitä MSC (Mobile Switching Center) tekee puheyhteyksille, se hoitaa mm. käyttäjän autentikoinnin ja sijainnin seurannan.

GGSN (Gateway GPRS Support Node) saa käyttäjän datapaketit SGSN:stä ja välittää ne eteenpäin ulkoisiin verkkoihin (esim. Internet). GGSN hoitaa IP-osoitteet eli allokoii käyttäjän dataistunnoille dynaamisesti IP-osoitteet. Verkossa tarvitaan yksi GGSN kutakin ulkoista verkkoa kohti.

GPRS:n mukaantulo siis aloitti siirtymisen piirikytketyistä datapalveluista pakettikytkentäisiin palveluihin. Siirtyminen on edelleen käynnissä ja sen lopputuloksena tulee olemaan, että kaikki palvelut toteutetaan pakettikytkentäisesti, myös puhepalvelut. Lähivuosina siis koko runkoverkko tulee olemaan IP-pohjainen (ns. All IP Network).



Kuva 2.3 GSM / GPRS-arkkitehtuuri [L1-2]

2.3 EDGE (2.75G)

Lisävauhtia GSM-verkon datasiirtoon saatiin v. 1999, kun käyttöön tuli EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), mikä nosti käytännön nopeuden noin kolminkertaiseksi (n. 120 kbit/s) GPRS:ään verrattuna.

Käyttämällä EDGEä operaattorit voivat palvella kolminkertaisen määrän data-asiakkaita entisillä nopeuksilla, kolminkertaistaa nykyisten asiakkaittensa datanopeudet tai sitten vain saada lisäkapasiteettia puhekäyttöön. Kun ottaa huomioon, että EDGE-tuki saadaan käyttöön verkossa lähes puhtaalla ohjelmistopäivityksellä, niin ei ole ihme, että melkein kaikissa GSM-verkoissa ja puhelimissa (halpamalleja lukuun ottamatta) löytyy EDGE-tuki.

EDGEN suurempi nopeus ja spektritehokkuuden paraneminen GSM/GPRS:ään nähden perustuu kolmeen asiaan:

- uusi modulaatio 8-PSK (Octagonal Phase Shift Keying), mikä kuljettaa 3 bittiä yhtä modulaatiosymbolia kohden (GSM/GPRS:n GMSK siirtää vain 1 bitin)
- adaptiivinen kanavakoodaus, jossa verkko voi dynaamisesti muuttaa modulaatiota ja koodaustapaa (virheenkorjausbittien osuutta koko bittivirrasta) radiokanavan laadun perusteella

- virheelliset datalohkot toistetaan eri koodaustavalla ja uusi data yhdistetään aikaisempiin, kaikkea ei tarvitse lähettää uudelleen

EDGE:n modulaatio- ja kanavakoodausvaihtoehdot on esitetty kuvassa 2.4.

Modulation and Coding Scheme	Modulation	Throughput per Time Slot (kbps)
MCS-9	8-PSK	59.2
MCS-8	8-PSK	54.4
MCS-7	8-PSK	44.8
MCS-6	8-PSK	29.6
MCS-5	8-PSK	22.4
MCS-4	GMSK	17.6
MCS-3	GMSK	14.8
MCS-2	GMSK	11.2
MCS-1	GMSK	8.8

Kuva 2.4 EDGE:n koodaukset ja modulaatiot [L1-2]

2.4 Enhanced EDGE (R4)

On huomattava, että vaikka EDGE luetaankin 2G-tekniikoihin, niin se kehittyy edelleen 3GPP:n toimesta. Esim. 3GPP:n Release 4 (katso seuraavasta luvusta) sisältää parannuksia verkon latenssiin (päästä-päähän viive), joka saadaan n. 300 ms:iin (ennen 500–600 ms). 3GPP on määritellyt myös uuden ominaisuuden nimeltään Dual Transfer Mode (DTM), jonka avulla myös GPRS/EDGE-verkossa saadaan aikaiseksi samanaikainen puhe- / datayhteys kuin 3G-verkoissa. Näin GPRS/EDGE-verkko hieman lähestyy ominaisuuksiltaan UMTS-verkkoja.

2.5 Evolved EDGE (R7)

R7:ssä määriteltiin vielä lisäparannuksia EDGEen: mm. tuki kahdelle kanta-aallolle alasuunnassa, uusia modulaatioita sekä ylä- että alasuunnassa ja latenssin pieneneminen. Uusia modulaatioita ovat QPSK, 16QAM ja 32QAM entisten GMSK:n ja 8PSK:n lisäksi. Esimerkki uusilla modulaatioilla saavutettavista alasuunnan nopeuksista on kuvassa 2.5.

Modulation and Coding Scheme Name	Downlink H0M/HSR Support Level B	
	Modulation Type	Peak Throughput (kbps) – 4 slots
MCS-1	GMSK	35.2
MCS-2	GMSK	44.8
MCS-3	GMSK	59.2
MCS-4	GMSK	70.4
DBS-5	QPSK	89.6
DBS-6	QPSK	118.4
DBS-7	16 QAM	179.2
DBS-8	16 QAM	236.8
DBS-9	16 QAM	268.8
DBS-10	32 QAM	355.2
DBS-11	32 QAM	435.2
DBS-12	32 QAM	473.6

Kuva 2.5 Evolved EDGE -modulaatioesimerkkejä [L1-27]

Maksimi saavutettava alasuunnan nopeus (kahdella kantoaallolla ja molemmista 8 aikaväliä käytössä) saadaan seuraavasti:

- nopeus aikaväliä kohti : 118.4 kbit/s
- aikavälejä / kantoaalto: 8
- kantoaaltoja: 2
- maksiminopeus = $118.4 \times 8 \times 2 = 1894.4$ kbit/s

Aletaan siis olla jo HSDPA-nopeuksissa 2G-tekniikalla!

Verkko-operaattoreille EDGE on kiinnostava tekniikka 3G-tekniikan täydentäjänä, sillä:

- ei tarvitse rakentaa täydellistä peittoa 3G:llä, riittää kun asutuskeskukset peitetään 3G:llä ja harvaanasutut seudut voidaan hoitaa EDGE:llä lähes samoin ominaisuuksin
- EDGE tarjoamat datanopeudet (n. 120 kbit/s) riittävät useimpiin käyttötarkoituksiin, jopa videon siirtoon
- EDGE on helppo hyödyntää, koska se on taaksepäin yhteensopiva GSM/GPRS:n kanssa ja käyttöönotto on lähes puhdas ohjelmistopäivitys
- operaattorille allokoitua 2G-taajuuksia pysyvät hyötykäytössä
- EDGE on jo vakiintunutta ja kypsää teknologiaa

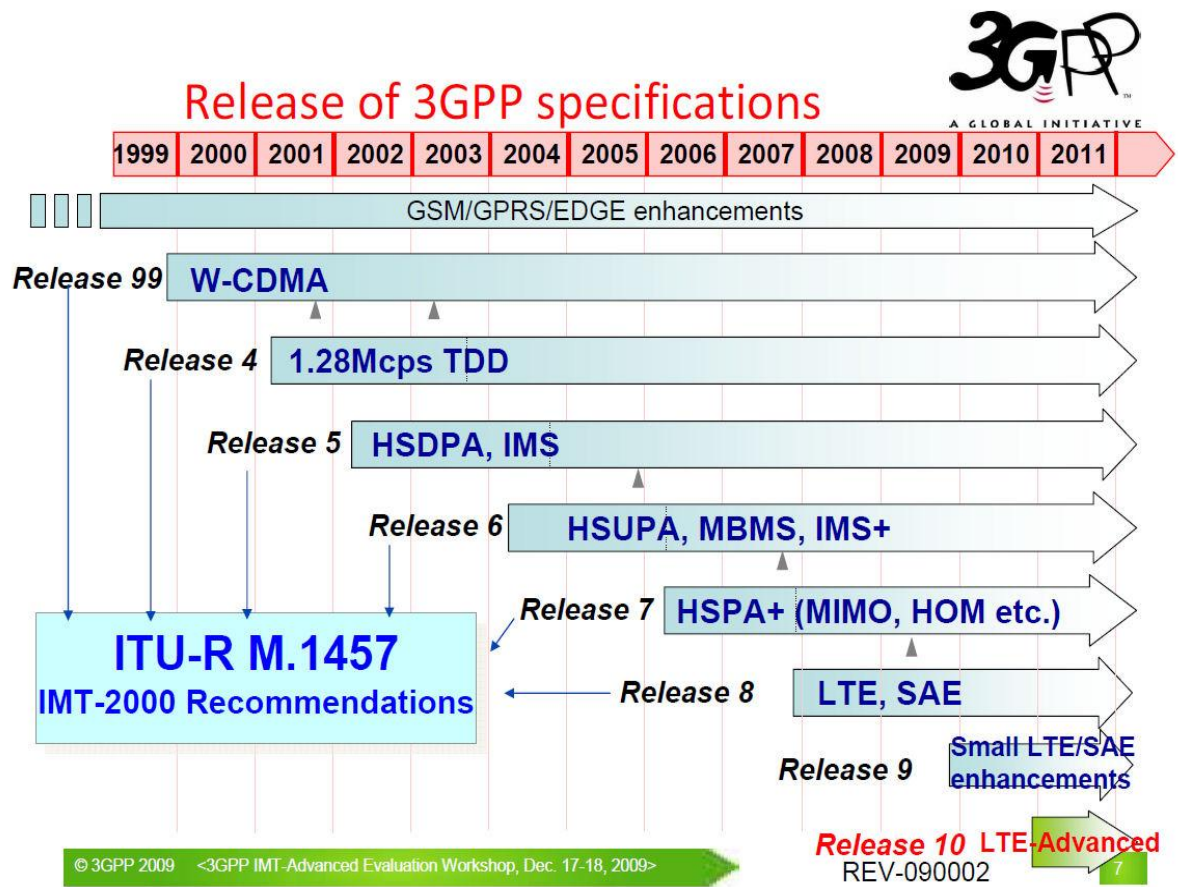
3 UTRAN (3G / UMTS / WCDMA / HSPA / HSPA+)

2G-verkkojen standardisoinnin hoiti Euroopan tasolla ETSI (European Telecommunications Standardisation Institute). Siitä eteenpäin on verkkojen evoluutiosta ja teknologioiden standardoinnista vastannut 3GPP (3G Partnership Project), jossa ovat edustettuina 6 standardointiorganisaatiota (ETSI, TTC, ARIB, TTA, CCSA, ATIS), 14 markkinaedustuspartneria (Market Representation Partner, esim. GSM Assosiation), 372 yhtiötä ja 3 tarkkailujäsentä. Osapuolet edustavat kattavasti matkapuhelinjärjestelmien operaattoreita, laitevalmistajia ja standardoinnista vastaavia viranomaisia.

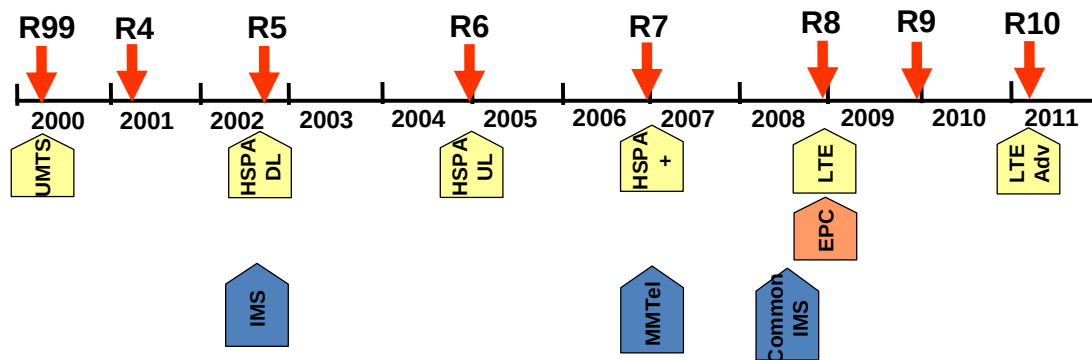
3GPP:n työ on vaiheistettu ns. riliisien avulla, katso kuvat 3.1 ja 3.2.

- Release 99 (R99):** Alkuperäinen ja ensimmäinen versio, otettiin Suomessa käyttöön v. 2004, muualla Euroopassa v. 2003-2005.
- Release 4 (R4):** Ei suuria uudistuksia Rel-99:ään verrattuna, lähinnä täydennyksiä. Optiona matalampi Chip-kello (1.28 Mcps), jonka avulla voidaan kanta-aalto sijoittaa alle 5 MHz:n kaistaan. Multimediaviestituki MMS, runkoverkon liitäntä IP-verkkoihin. Puhelunohjauksen ja liikkuvuudenhallinnan looginen erotus verkkopalveluista MSC:ssä.
- Release 5 (R5):** High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) ja ensimmäinen versio IP-pohjaisesta multimediapalvelusta (IMS).
- Release 6 (R6):** High Speed Uplink Packet Access (HSUPA, käytetään myös nimitystä E-DCH = Enhanced Dedicated CHannel) kanavan nimen mukaan, parannettu multimediatuki MBMS:n (Multimedia Broadcast / Multicast Services) avulla, IMS:n toinen versio (IMS+), WLAN yhdeksi liityntäteknologiaksi, läsnäolopalvelu (Presence Service) esim. chattiin tai pikaviestintään, PoC (Push-to-talk over Cellular)-tuki.
- Release 7 (R7):** HSPA+: Aikaisempien ominaisuuksien hienosäätöä ja korjauksia tarkoituksena parantaa suorituskykyä, spektritehokkuutta, kapasiteettia ja häiriösieltoisuutta. MIMO (Multiple Input Multiple Output), IMS- ja MBMS-parannuksia, paikannustekniikoiden parannuksia, WLAN-liitännän parannuksia, 64QAM-modulaatio, laajennettu WCDMA-solun

koko (säde jopa 180–240 km), GERAN-parannuksia, mm. Evolved EDGE.



Kuva 3.1 3GPP:n työn vaiheistus



Kuva 3.2 3GPP:n työn vaiheistus toisella tavalla nähtynä

- Release 8 (R8):** Long Term Evolution (LTE), System Architecture Evolution (SAE), Evolved Packet Core (EPC). Spektritehokkuus kasvaa, joustava taajuusallokointi 1.25–20 MHz, maksiminopeudet 150/300 Mbit/s (alasuunta) ja 50/75 Mbit/s (yläsuunta), latenssin huomattava pienennys (jopa 10 ms:iin), MIMO-OFDM (alasuunta), SC-FDMA (yläsuunta), 2-kantoaalto-HSPA (DC-HSPA).
- Release 9 (R9):** HSPA- ja LTE parannuksia, mm. DC-HSPA MIMOn kanssa, femtosolut (HomeNodeB), IMS-arkkitehtuurin parannuksia.
- Release 10 (R10):** LTE Advanced: tavoitteena 1 Gbit/s nopeudet. MIMO (4x4-), epäjatkuvaa spektrin käyttö, 4-kantoaalto QC-HSPA+.

3.1 UMTS / WCDMA (R99 ja R4)

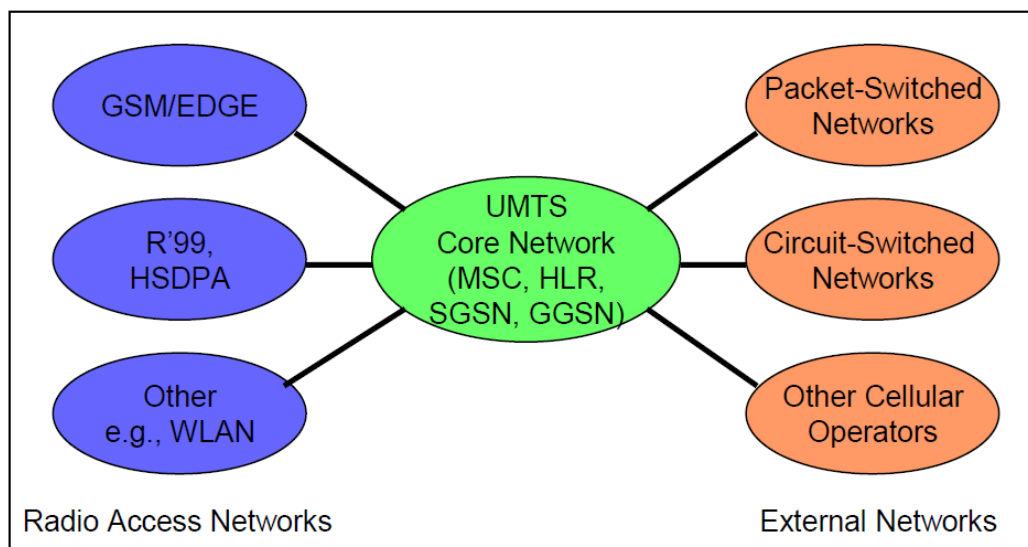
UMTS:n radiotekniikkana on WCDMA eli Wideband Code Division Multiple Access. Tässä tekniikassa kullekin käyttäjälle allokoidaan oma ns. hajoituskoodi, jolla käyttäjän data kerrotaan ja jonka avulla se voidaan erottaa muista käyttäjistä. Hajoituskoodin pituutta vaihtelemalla voidaan vaikuttaa radiokanavan kapasiteettiin: pitkä hajoituskoodi mahdollistaa suuren käyttäjämäärän, mutta pienentää datanopeuksia, lyhyt hajoituskoodi mahdollistaa suuremmat nopeudet, mutta pienemmät käyttäjämäärät. WCDMA on siis laajakaistainen, koodijakoinen suorasekvenssihajaspektritekniikka. Yhden kanta-aallon varaama taajuuskaista on alun perin 2 x 5 MHz, kun duplexointitekniikkana on FDD (Frequency Division Duplex) eli alasuunnan ja yläsuunnan liikennöinti on eri taajuuksilla. Valtaosa käytössä olevista verkoista käyttää FDD:tä. 3GPP on määritellyt myös TDD:n (Time Division Duplex), jota käyttävät muutamat operaattorit Aasiassa. Sen etuna on, että ei tarvita kahta taajuuskaistaa ja että ala- ja yläsuunnan nopeuksia voidaan dynaamisesti vaihdella riippuen käyttötarpeesta (esim. selaillessa voidaan antaa lisäkapasiteettia alasuunnalle).

WCDMA:n radiokanavan teoreettinen maksiminopeus on hieman päälle 2 Mbit/s, joka saadaan yhdistämällä kolme 768 kbit/s -kanavaa. Käyttäjän kokema käytännön datanopeus riippuu mm. operaattorin valitsemista kanavarakenteista (768, 384, 128, 64, 32 ja 16 kbit/s), mobiililaitteiden ominaisuuksista ja käyttäjien samanaikaisesta määrästä. Tyypilliset nopeudet

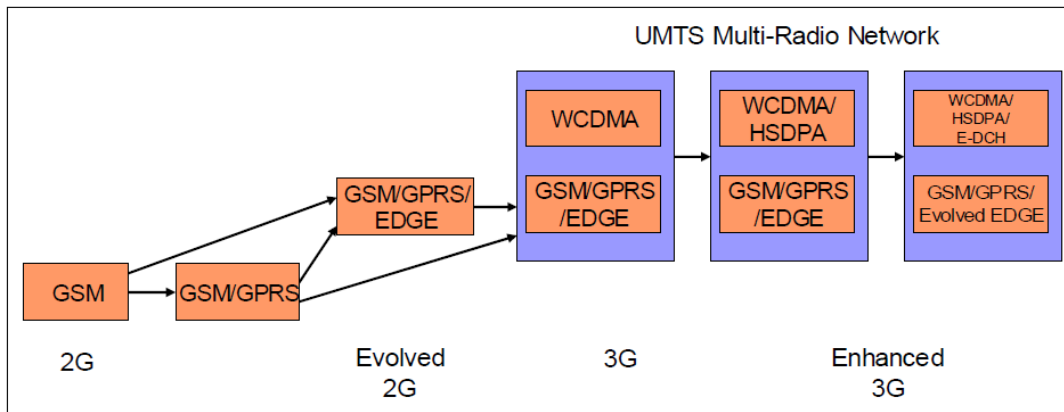
ovat alasuunnassa luokkaa 200–300 kbit/s (bursteissa jopa 384 kbit/s) ja yläsuunnassa alle 100 kbit/s. Lähes kaikissa mobiililaitteissa maksinopeudeksi on rajoitettu 384 kbit/s.

UMTS:n suurimpana etuna verkko-operaattorille on se, että se tarjoaa GSM/GPRS-verkko-operaattorille helpon päivitysmahdollisuuden. UMTS voi käyttää samaa runkoverkkoa (tietysti ohjelmistopäivityksiä tarvitaan) kuin GSM/GPRS (katso kuva 2.3). Vain radioverkko rakennetaan uudelleen: tukiasema BS korvataan tai laajennetaan NodeB:llä ja tukiasemaohjain BSC radioverkko-ohjaimella RNC:llä..

UMTS-runkoverkkoon voi siis liittää useammanlaisia radioverkkoja: GSM/GPRS/EDGE (=GERAN), WCDMA (=UTRAN), WLAN tai vaikkapa TETRA. Myös lankaverkkoja voidaan tarvittaessa liittää. Tästä ominaisuudesta käytetään nimitystä UMTS-moniradioverkko (UMTS Multi-Radio Network), katso kuva 3.3.



Kuva 3.3 UMTS Multi-Radio Network [L1-2]



Kuva 3.4 2G/3G-verkkojen evoluutio [L1-2]

Kuvassa 3.4 on havainnollistettu, kuinka samalla runkoverkolla voidaan toteuttaa 2G/3G-evoluutio siten, että sekä 2G- että 3G-ominaisuudet ovat tarjolla. Operaattori voi siis tarjota esim. 2G-palvelua maanlaajuisesti, mutta samalla tarjota 3G-palvelua suppeammalla alueella, esim. tiheään asutuilla alueilla. Käyttäjälle se näkyy yhtenäisenä palveluna, jonka ominaisuudet (erityisesti datanopeus) vaihtelevat sijainnin mukaan.

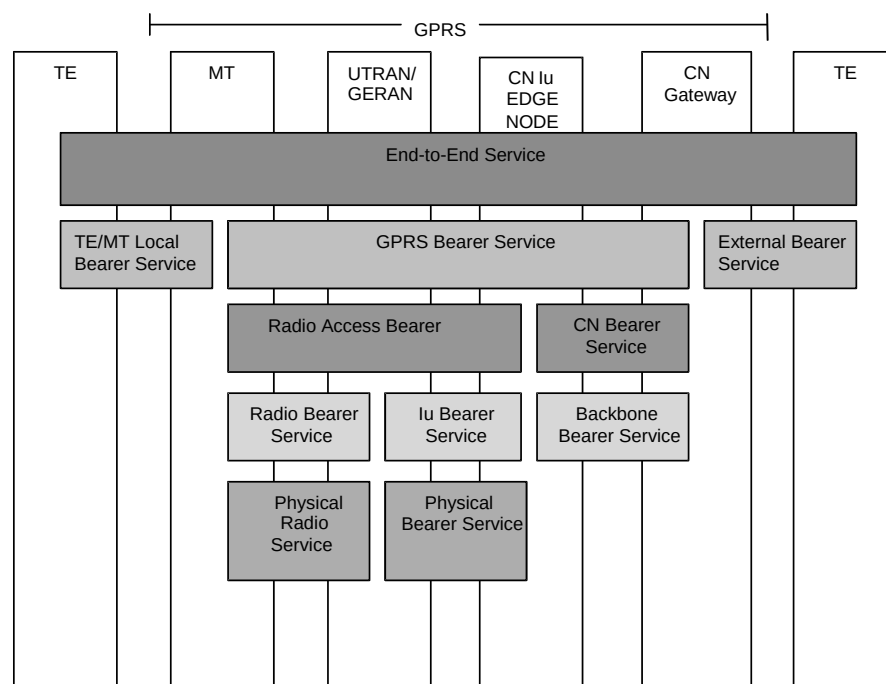
QoS (Quality of Service, palvelun laatu)

R99/R4 määrittelee käsitteet ja puitteet käyttäjädatan siirtoon eli ne verkkopalvelut, joilla siirto tapahtuu eri rajapintojen yli, katso kuva 3.5. Joillekin verkkopalveluille (=Bearer Service) määritellään myös QoS-attribuutit. Erityisesti GPRS/UMTS-verkkopalvelulle ja Radio Access-verkkopalvelulle määritellään tässä riliisissä attribuutteja, esim. maksimi- ja taattu bittinopeus, jakelujärjestys, virhesuhde (BER), siirtoviive, käsittelyprioriteetti. Tarkemmat määritelyt löytyvät 3GPP TS 23.107:stä.

Attribuuttien vastaavuus eri verkkopalvelujen välillä on määritelty, mutta sen sijaan päästöpäähän palvelun ja muiden verkkopalveluiden vastaavuus määritellään vasta R5:ssä, katso tarkemmin 3GPP TS 23.207.

R99/R4:ssä määritellään neljä eri palveluluokkaa [L1-28]:

- 1) **Keskustelu** (conversational): pieni viive ja taattu viiveen vaihtelu verkkopalveluun tulevien ja lähtevien pakettien välillä, käytetään tyypillisesti keskustelussa ja videopuheluissa.
- 2) **Striimaus** (streaming): viiveen vaihtelu pieni, mutta viive saa olla suurempi kuin luokassa 1), käytetään esim. videon striimauksessa
- 3) **Interaktiivinen** (interactive): pyynnöt ja vasteet taataan tietyssä ajassa, käytetään esim. web-selailussa.
- 4) **Tausta** (background): vaste ei ole odotettavissa ennalta määritellyssä ajassa, käytetään esim. sähköpostien (ja liitteiden) taustalatauksessa.



Kuva 3.5 Verkkopalvelut ja palvelun laatu (QoS) [L1-28]

3.2 HSPA (R5 ja R6)

High Speed Packet Access eli HSPA määritellään kahdessa riliisissä: R5 tuo mukanaan HSDPA:n eli alasuunnan (downlink) ja R6 määrittää HSUPA:n eli yläsuunnan. HSUPA tunnetaan myös nimellä E-DCH (Enhanced Dedicated Channel) uuden yläsuunnan kanavan mukaan.

HSPA tekee saman UMTS:lle kuin minkä EDGE teki GSM/GPRS:lle eli antaa lisää käyttäjänopeutta ja pienentää latenssia.

Maksimi käyttäjänopeus alasuuntaan on 14.4 Mbit/s (käytännössä muutama sata kbit/s–muutama Mbit/s, riippuen linkin laadusta ja käyttäjämäärästä), katso tarkemmin kuvasta 3.6. HSDPA toteutetaan useammalla tekniikalla: Adaptive Modulation and Coding schemes (AMC), Hybrid Automatic Retransmission Query (HARQ), nopea linkkiadaptaatio, nopeat jaetut kanavat HS-DSCH (High Speed-Downlink Shared CHannels) ja lyhyt TTI (Transmission Time Interval).

AMC valitsee hyvällä radiolinkillä modulaatioksi uuden 16QAM:n ja huonolla linkillä jo R99:ssä käytössä olleen QPSK:n. Hybrid ARQ on yhdistelmä tavallisesta ARQ:sta ja FEC:stä (Forward Error Correction) ja se tehostaa siirtoa siten, ettei kaikkea tarvitse lähettää uudelleen, vaan virheellinenkin paketti voidaan käyttää hyväksi.

5 MHz kaistalla voi olla maksimissaan 15 kpl (ja siis myös 15 hajoituskoodia) nopeita kanavia, joiden hajoituskerroin on kiinteä 16. Käyttäjien datayhteydet voidaan allokoida dynaamisesti näille nopeille kanaville. Kuvan 3.6 esimerkissä on käytössä 5, 10, tai 15 kanavaa (ja koodia).

Modulation	Coding Rate	Throughput with 5 codes	Throughput with 10 codes	Throughput with 15 codes
QPSK	1/4	600 kbps	1.2 Mbps	1.8 Mbps
	2/4	1.2 Mbps	2.4 Mbps	3.6 Mbps
	3/4	1.8 Mbps	3.6 Mbps	5.4 Mbps
16 QAM	2/4	2.4 Mbps	4.8 Mbps	7.2 Mbps
	3/4	3.6 Mbps	7.2 Mbps	10.7 Mbps
	4/4	4.8 Mbps	9.6 Mbps	14.4 Mbps

Kuva 3.6 HSDPA:n tarjoamat nopeudet (esimerkki) [L1-2]

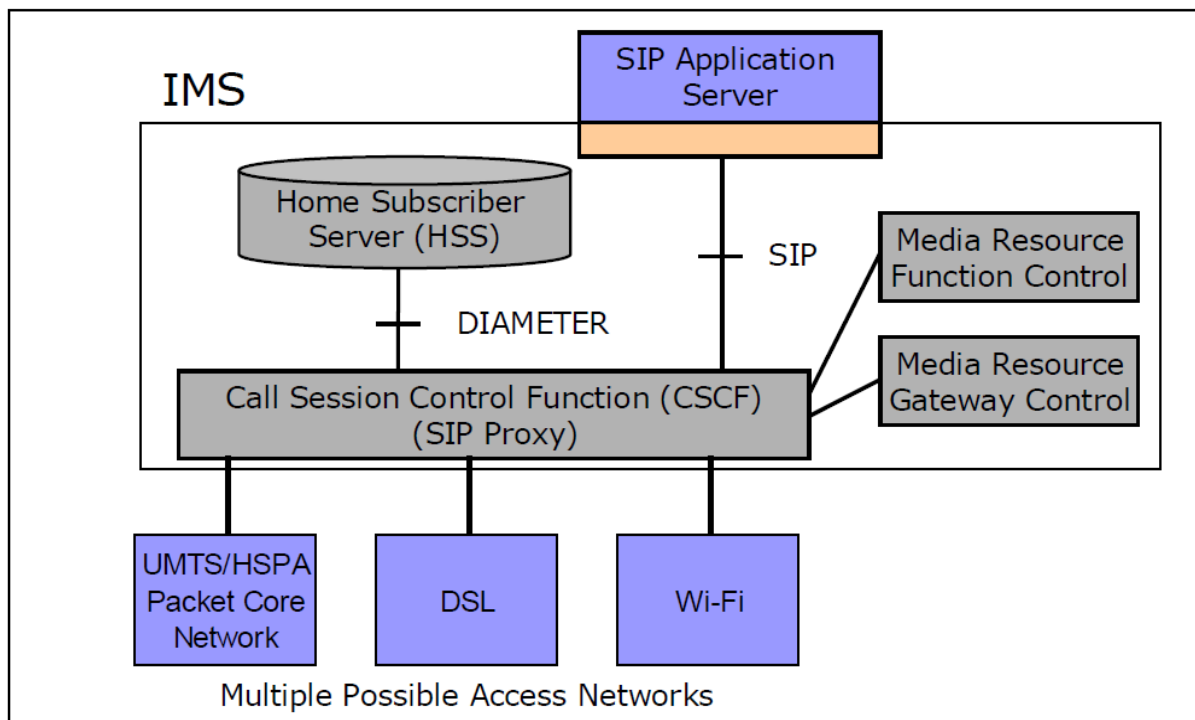
Yläsuuntaan maksiminopeus on 5.7 Mbit/s (käytännössä muutama sata kbit/s–pari Mbit/s), katso kuva 3.7.

HSUPA käyttää osin samoja mekanismeja kuin HSDPA käyttäjänopeuksien parantamiseen ja latenssin pienentämiseen: erillinen käyttäjien kesken jaettu kanava E-DCH, lyhyt TTI (2 ms) mahdollistaa nopean reagoinnin radiolinkin muutoksiin ja siirtovirheisiin, tukiasemapohjainen (NodeB) radioresurssien allokointi ja nopea HARQ.

HSUPA voi toimia joko ilman tai HSDPA:ta tai sen kanssa. Yleensä käytetään molempia, varsinkin silloin, kun siirtotarpeet molempiin suuntiin ovat samat (esim. VoIP).

E-DCH Category	Codes x Spreading	TTI	Transport Block size	Data rate
1	1 x SF4	10	7296	0.73 Mbps
2	2 x SF4	10	14592	1.46 Mbps
2	2 x SF4	2	2919	1.46 Mbps
3	2 x SF4	10	14592	1.46 Mbps
4	2 x SF2	10	20000	2 Mbps
4	2 x SF2	2	5837	2.9 Mbps
5	2 x SF2	10	20000	2 Mbps
6	2xSF2 + 2xSF4	10	20000	2 Mbps
6	2xSF2 + 2xSF4	2	11520	5.76 Mbps

Kuva 3.7 HSUPA:n nopeusvaihtoehdot [L1-2]



Kuva 3.8 IP Multimedia core network Subsystem eli IMS [L1-27]

IMS (R5 ja R6-R7)

R5 tuo mukanaan IMS:n eli IP Multimedia core network Subsystemin, katso kuva 3.8.

IMS tuo tuen sovelluksille, jotka käyttävät useampia multimediakomponentteja (puhe, audio, video, striimaus,...) ja mahdollistaa näiden komponenttien lisäämisen tai poistamisen istunnon aikana. Käyttäjä voi esim. selaimen käytön ohessa ottaa puhelun tai aloittaa puhelun aikana videon vastaanoton. Mahdollisia sovelluksia ovat esim. PoC (Push-to-talk Over Cellular), videon striimaus, videoneuvottelu, interaktiivinen pelaaminen, jne...

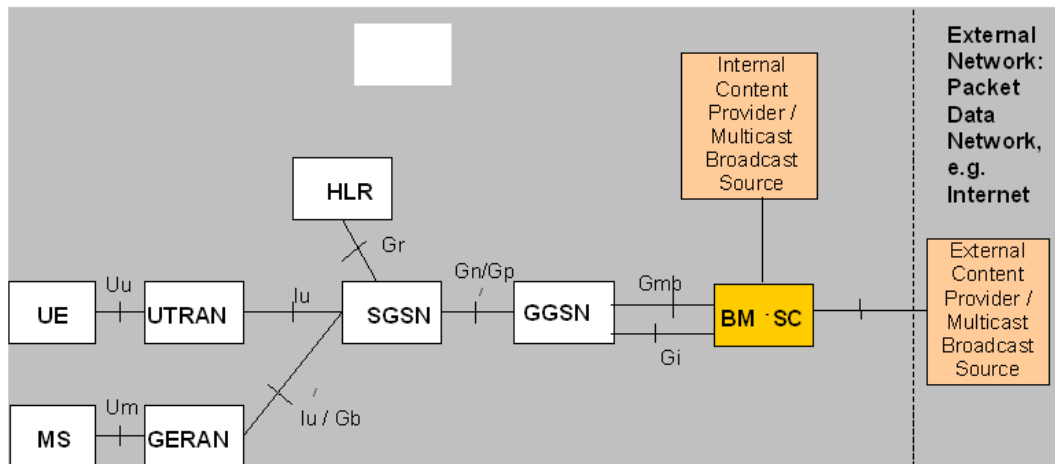
IMS käyttää puhelunohjauksessaan IETF:n määrittelemää protokollaa SIP (Session Initiated Protocol). Tuetut multimediapalvelut (myös puhe, oletuspuhekoodekit on määritelty valmiiksi) toimivat pakettikytkentäisesti ja ne edellyttävät, että verkko-operaattori on hankkinut IMS:ään liittyvän sovelluspalvelimen (SIP Application Server). IMS tarjoaa sovelluspalvelimille toimintapuitteet, tilaajatietokannat ja välityspalvelimet.

Muita IMS:n käyttämiä protokollia ovat mm. SDP (Session Description Protocol) konfiguraatiotietojen siirtoon, RTP (Real Time Protocol) ja RTSP (Real Time Streaming Protocol) varsinaisen istuntodatan siirtoon.

IMS+ määritellään R6:ssa ja R7:ssä ja se tuo parannuksia sekä IMS:ään että runkoverkkoon. IMS:ää voidaan nyt käyttää vaikkapa lankaverkostakin käsin. IMS-multimediapuhelupalvelu määrittelee puhe/video-palvelun, joka toimii pakettikytkentäisesti, mutta on toiminnallisesti yhteensopiva vanhan piirikytketyn puhepalvelun kanssa. Käyttäjä voi yhdistellä sekä piirikytkentäisiä puhepalveluja että pakettikytkentäisiä IMS-palveluja samaan istuntoon. Näin puhellessa voi jakaa esim. valokuvia tai videoleikkeitä.

MBMS (R6)

Multimedia Broadcast / Multicast Service (MBMS) on point-to-multipoint -palvelu, jossa samaa radioresurssia käytetään tiedonsiirtoon useammalle käyttäjälle. Broadcast-palvelussa sama tieto viedään kaikille tietyn palvelualueen (rajattu maantieteellinen alue tai koko verkko) käyttäjille, multicast-palvelussa tieto viedään vain niille, jotka ovat sen tilanneet. Broadcast sopii esim. väestön hälyttämiseen ja multicast vaikkapa tilausvideopalveluun.



Kuva 3.9 MBMS:n tuoma lisäys verkkoarkkitehtuuriin [3GPP]

MBMS tuo verkkoon uuden toiminnallisen elementin: BM-SC (Broadcast-Multicast Service Centre), katso kuva 3.9. MBMS:n mahdollistamat palvelut ovat sekä 2G- että 3G-verkkojen käyttäjien ulottuvilla, mutta vaativat tietenkin tukea myös päätelaitteelta.

3.3 HSPA+ (tai Evolved, R7-R10)

R7:n HSPA+ (tai HSPA Evolved) tuo mukanaan MIMO:n (Multiple-Input, Multiple-Output) ja tehokkaamman modulaation (64QAM), joilla saadaan lisää nopeutta ja muutenkin parannusta suorituskykyyn. R8 lisää vielä tuen kahdelle kanta-aallolle (DC-HSPA) alasuunnassa ja R9 neljälle (QC-HSPA) MIMO:n kera. Kuvasta 3.10 nähdään näiden evoluutioaskelien tuomat nopeuslisäykset: aletaan jo puhua todellisista multimedianopeuksista.

Lukijan, joka haluaa lisätietoa HSPA:sta ja sen käytöstä, kannattaa käydä osoitteessa:

www.gsmworld.com/HSPA. MIMO:sta ja sen käytöstä kapasiteetin nostoon löytyy selkokielistä (ei kuitenkaan kansantajuista) tekstiä lähteestä [L1-3].

Technology	Downlink (Mbps) Peak Data Rate	Uplink (Mbps) Peak Data Rate
HSPA as defined in Release 6	14.4	5.76
Release 7 HSPA+ DL 64 QAM, UL 16 QAM	21.1	11.5
Release 7 HSPA+ 2X2 MIMO, DL 16 QAM, UL 16 QAM	28.0	11.5
Release 8 HSPA+ 2X2 MIMO DL 64 QAM, UL 16 QAM	42.2	11.5
Release 8 HSPA+ (no MIMO) Dual Carrier (2 X 10 MHz)	42.2	11.5
Release 9 HSPA+ 2X2 MIMO, Dual Carrier (2 X 10 MHz)	84.0	23.0
Release 10 HSPA + 4X4 MIMO, Quad Carrier (2 X 20 MHz)	168.0	23.0

Kuva 3.10 HSPA-evoluution nopeusparannukset [L1-27]

4 E-UTRAN (LTE, LTE-Advanced)

4.1 LTE (R8)

3GPP aloitti seuraavan sukupolven verkkotekniikan kehittämisen työpajassaan marraskuussa 2004. Silloin esitettiin seuraavat korkean tason tavoitteet:

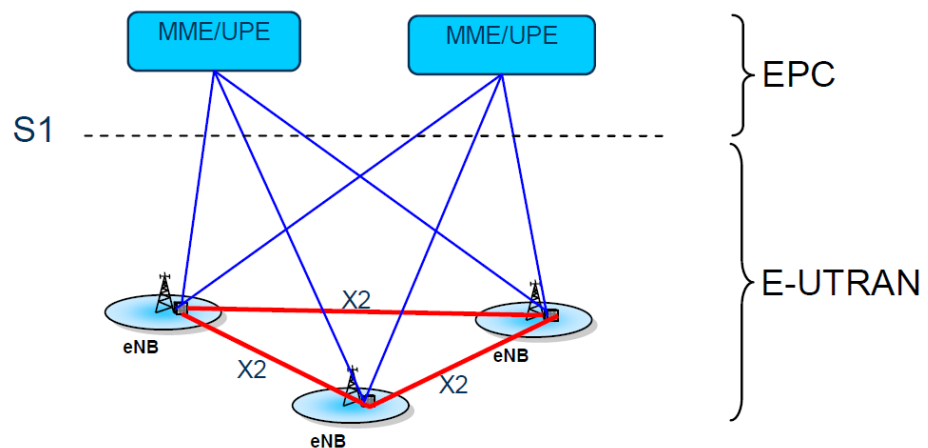
- kustannukset / siirretty bitti pitää saada alemmaksi
- paremmat palvelut–enemmän palveluja halvemmalla ja paremmalla käyttäjäkokemuksella
- joustava nykyisten ja uusien taajuusalueiden käyttö
- yksinkertaistettu verkkoarkkitehtuuri, avoimet rajapinnat
- päätelaitteen virrankulutus järkevässä rajoissa

Siitä käynnistyi 2-vuotinen tutkimusvaihe, jonka vaatimuksina olivat mm. (katso tarkemmin [L1-4]):

- käyttäjätason latenssi alle 5 ms yli 5 MHz:n kaistalla, muutoin alle 10 ms
- ohjaustason latenssi huomattavasti pienempi kuin R6:ssa
- skaalautuva taajuuskaistan käyttö: 1.25–2.5–5–10–15–20 MHz
- hetkellinen datanopeus 100 Mbit/s alasuuntaan (20 MHz kaistalla)
- hetkellinen datanopeus 50 Mbit/s yläsuuntaan
- solun kapasiteetti vähintään 200 käyttäjää (<5 MHz kaistalla)
- parannetut datanopeudet myös solun laidoilla
- optimoitu suorituskyky liikkumisnopeuksilla 0–15 km/h, hyvä suorituskyky myös nopeuksilla 120 km/h asti, toimii myös nopeuteen 350 km/h asti
- spektritehokkuus (bps/Hz/solu) alasuunnassa 3–4 x HSDPA, 2–3 x HSUPA
- solun säde: 0–5 km täysi suorituskyky, 5–30 km hieman huonompi, 30–100 km toimii vielä
- vain pakettikytketty toiminta tuettuna
- tuki sekä aikajaetulle (TDD) että taajuusjaetulle (FDD) toiminnalle
- parannettu palvelunlaatu (QoS) päästä päähän
- turhat optiot pois, ei päällekkäisiä pakollisia ominaisuuksia
- yhteistoiminta samalla alueella GERAN- ja UTRAN-verkkojen kanssa
- uusi verkkoarkkitehtuuri: IP-pohjainen, tuki GERAN/UTRAN/E-UTRANin lisäksi myös muille verkoille (esim. WLAN, WiMaX, myös lankaverkot)

Syyskuussa 2006 käynnistyi tämän **LTE** (Long Term Evolution):ksi kutsutun vaiheen spesifiointityö ja speksit jäädettiin vuoden 2009 alussa.

Radioverkko uusiutui ja yksinkertaistui täysin, katso kuva 4.1. Uudet tukiasemat **eNB** (evolved NodeB) ovat keskenään (tarvittaessa, esim. handover-tapauksessa) yhteydessä rajapinnalla X2 ja liittyvät uuteen runkoverkkoon **EPC** (Evolved Packet Core) S1-rajapinnalla. Käyttäjätasolla S1-rajapinta päättyy **UPE**:en (User Plane Entity, myös S-GW (Serving-GateWay) -nimitystä käytetään) ja ohjaustasolla se päättyy **MME**:hen (Mobility Management Entity).



Kuva 4.1 R8:n radioverkko eli E-UTRAN [L1-5]

Radorajapinnan tärkeimmät parametrit näkyvät kuvasta 4.2.

Access Scheme	DL	OFDMA
	UL	SC-FDMA
Bandwidth	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz	
Minimum TTI	1 ms	
Sub-carrier spacing	15 kHz	
Cyclic prefix length	Short	4.7 μ s
	Long	16.7 μ s
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM	
Spatial multiplexing	Single layer for UL per UE Up to 4 layers for DL per UE MU-MIMO supported for UL and DL	

Kuva 4.2 LTE:n radioparametrejä [L1-7]

LTE käyttää alasuunnassa (DL) **OFDMA**:ta (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) ja yläsuunnassa (UL) **SC-FDMA**:ta (Single Carrier Frequency Division Multiple Access). Modulaatioina on molemmissa suunnissa QPSK, 16QAM ja 64QAM.

OFDMA:n ja WCDMA:n suorituskyky on suurinpiirtein yhtä hyvä alle 5 MHz:n kaistoilla ja alle 10 Mbit/s käyttäjänopeuksilla, mutta OFDM:n edut tulevat parhaiten esille suuremmilla kaistoilla 5–20 MHz ja suuremmilla käyttäjänopeuksilla. OFDMA:n käyttö mahdollistaa yksinkertaisen vastaanottimen toteutuksen päätelaitteessa ja vaihtelevankokoisten taajuuskaistojen helpon hyödyntämisen. OFDMA tarjoaa myös hyvän suorituskyvyn vaihtelevissa etenemisolosuhteissa, koska käyttäjätdata on jakautunut laajalle taajuusalueelle jopa tuhansiin alikanaviin (alikanavaleveys on 15 kHz riippumatta käytetystä kaistasta), joiden radiokanavat vaihtelevat toisistaan riippumattomasti ja joiden modulaatiota voidaan nopeasti muuttaa kanavan laatumittareiden mukaan. Käyttäjien datavirtoja voidaan myös dynaamisesti ohjata näille alikanaville radiokanavien laadun ja käyttäjävaatimusten (esim. nopeus) mukaan. Käytössä on siis sekä aikatazon (yksittäisillä alikanavilla) että taajuustason (koko kaistalla) adaptaatio.

Yläsuunnassa on päädytty SC-FDMA:han kahdesta syystä: **PAPR** (Peak-to-Average Power Ratio) saadaan 2-6 dB pienemmäksi kuin OFDMA:lla (mikä vaikuttaa mobiililaitteen tehonkulutukseen alentavasti) ja hyvä peitto myös solun laidoilla (operaattorin on helpompi myydä palvelua joka toimii koko solussa eikä vain tukiaseman lähistöllä).

Järjestelmän evoluutioon liittyy oleellisesti myös arkkitehtuurin muutos, **SAE** (System Architecture Evolution), katso kuva 4.3. Painopisteenä on ollut pakettikytketyt palvelut ja myös puhepalvelut on tarkoitus toteuttaa pakettikytkentäisesti. Tärkeimmät asiat, mitkä ovat vaikuttaneet järjestelmäarkkitehtuurin kehitykseen, ovat:

- kyky täyttää em. LTE:n vaatimukset
- mahdollistaa siirtymisen täysin IP-maailmaan (All-IP Network, AIPN)
- tukea liikkumista ja palvelun katkottomuutta erilaisten liityntäverkkojen (GERAN-UTRAN-E-UTRAN-WLAN-...) välillä

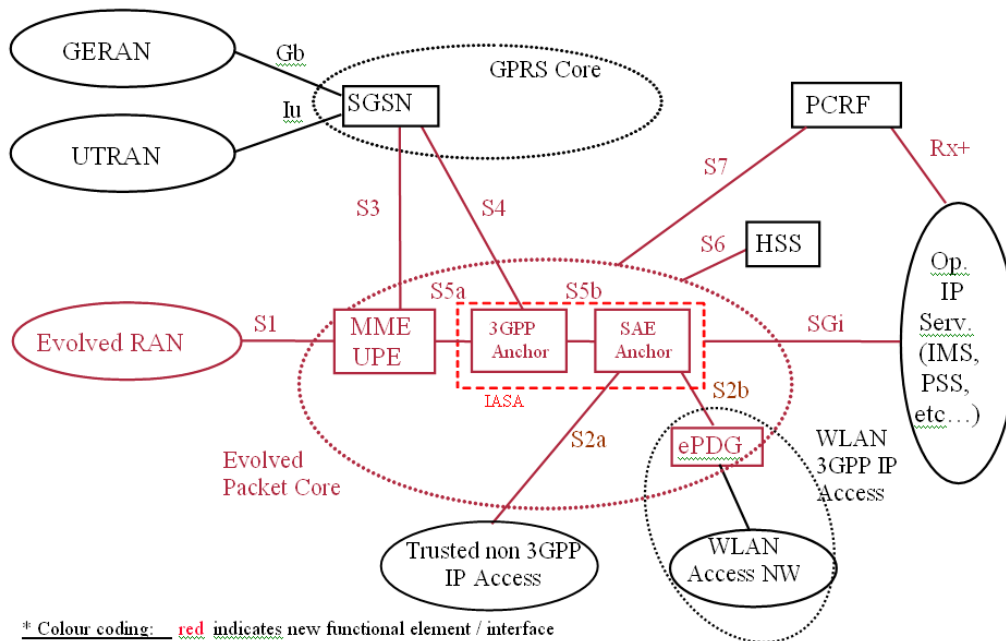
Järjestelmäevoluution tavoitteena on ollut:

- pieni latenssi koko verkon alueella
- monipuolisten palvelujen tuki (erityisesti pakettikytketysti, VoIP, Presence)
- tuki sekä vanhoille että uusille liityntäverkoille

- parantaa suorituskykyä: viiveet, laatu (QoS), kytkentäajat.
- kyky säilyttää sovittu palvelun laatu (QoS) koko verkon yli
- palvelun katkottomuus WLAN-verkkojen (ja muidenkin liittynäverkkojen) ja EPC:n (Evolved Packet Core) välillä
- tuki useille radorajapinnoille ja päätelaitteen liikkumiselle näiden välillä, tämä sisältää mm. käyttäjän tunnistamisen (authentication), valtuutukset (authorization), yksityisyyden, laskutuksen,...

EPC:ssä on kolme toiminnallista lohkoa:

- MME/UPE, joka hoitaa E-UTRAN -tilaajien liikennöinnin
- 3GPP Anchor, joka hoitaa käyttäjätason kommunikoinnin GERAN/UTRAN-tilaajien ja E-UTRAN -tilaajien välillä
- SAE Anchor, joka hoitaa käyttäjätason kommunikoinnin 3GPP-liittynäverkkojen ja muiden verkkojen (esim. WLAN, WiMAX,...) välillä



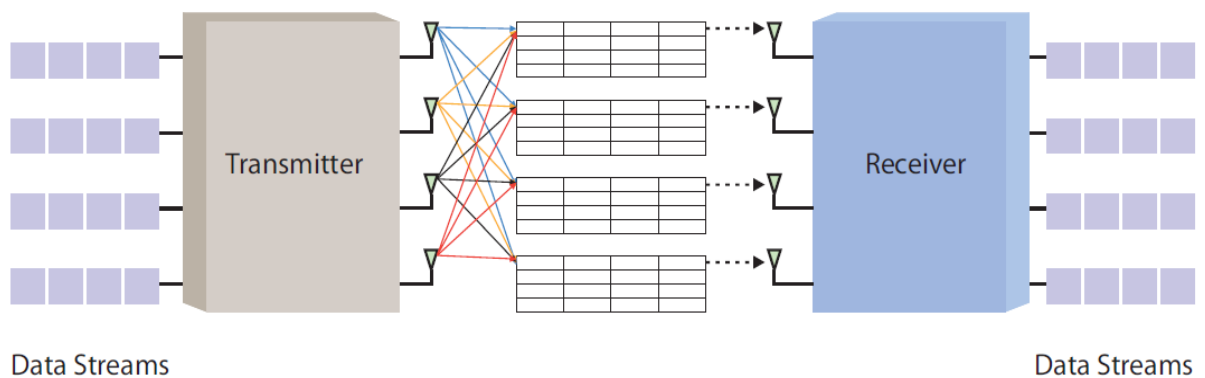
Kuva 4.3 R8 LTE:n uusi verkkoarkkitehtuuri [3GPP TR 23.882]

Kuvasta 4.4 ilmenevät R8:ssa määritellyt päätelaiteluokat ja niitä vastaavat nopeudet, modulaatiot ja moniantennijärjestelmät. Luokissa 2–5 on pakollisena MIMO, joko 2x2 tai 4x4. Pe-

riaatekaavio 4x4-MIMOn käytöstä on kuvassa 4.5: sekä päätelaitteessa että tukiasemassa on neljä antennia, joihin käyttäjän datavirrat ohjataan.

Category		1	2	3	4	5
Peak rate Mbps	DL	10	50	100	150	300
	UL	5	25	50	50	75
Capability for physical functionalities						
RF bandwidth		20MHz				
Modulation	DL	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	UL	QPSK, 16QAM				QPSK, 16QAM, 64QAM
Multi-antenna						
2 Rx diversity		Assumed in performance requirements.				
2x2 MIMO		Not supported	Mandatory			
4x4 MIMO		Not supported				Mandatory

Kuva 4.4 R8:n päätelaiteluokat [L1-1]



Kuva 4.5 4x4 MIMOn periaatekaavio [L1-6]

Kuvassa 4.6 on listattu LTE:lle ajatellut taajuuskaistat.

E-UTRA Band	Uplink (UL) eNode B receive UE transmit			Downlink (DL) eNode B transmit UE receive			UL-DL Band separation	Duplex Mode
	F _{UL_low}	–	F _{UL_high}	F _{DL_low}	–	F _{DL_high}		
1	1920 MHz	–	1980 MHz	2110 MHz	–	2170 MHz	130 MHz	FDD
2	1850 MHz	–	1910 MHz	1930 MHz	–	1990 MHz	20 MHz	FDD
3	1710 MHz	–	1785 MHz	1805 MHz	–	1880 MHz	20 MHz	FDD
4	1710 MHz	–	1755 MHz	2110 MHz	–	2155 MHz	355 MHz	FDD
5	824 MHz	–	849 MHz	869 MHz	–	894 MHz	20 MHz	FDD
6	830 MHz	–	840 MHz	875 MHz	–	885 MHz	35 MHz	FDD
7	2500 MHz	–	2570 MHz	2620 MHz	–	2690 MHz	50 MHz	FDD
8	880 MHz	–	915 MHz	925 MHz	–	960 MHz	10 MHz	FDD
9	1749.9 MHz	–	1784.9 MHz	1844.9 MHz	–	1879.9 MHz	60 MHz	FDD
10	1710 MHz	–	1770 MHz	2110 MHz	–	2170 MHz	340 MHz	FDD
11	1427.9 MHz	–	1452.9 MHz	1475.9 MHz	–	1500.9 MHz	23 MHz	FDD
12	[TBD]	–	[TBD]	[TBD]	–	[TBD]	[TBD]	FDD
13	777 MHz	–	787 MHz	746 MHz	–	756 MHz	21	FDD
14	788 MHz	–	798 MHz	758 MHz	–	768 MHz	20	FDD
...								
33	1900 MHz	–	1920 MHz	1900 MHz	–	1920 MHz	N/A	TDD
34	2010 MHz	–	2025 MHz	2010 MHz	–	2025 MHz	N/A	TDD
35	1850 MHz	–	1910 MHz	1850 MHz	–	1910 MHz	N/A	TDD
36	1930 MHz	–	1990 MHz	1930 MHz	–	1990 MHz	N/A	TDD
37	1910 MHz	–	1930 MHz	1910 MHz	–	1930 MHz	N/A	TDD
38	2570 MHz	–	2620 MHz	2570 MHz	–	2620 MHz	N/A	TDD
39	1880 MHz	–	1920 MHz	1880 MHz	–	1920 MHz	N/A	TDD
40	2300 MHz	–	2400 MHz	2300 MHz	–	2400 MHz	N/A	TDD

Kuva 4.6 LTE:lle ajatellut taajuuskaistat [L1-4]

Syvällisempää tietoa LTE-teknologiasta löytyy esim. lähteistä [L1-4], [L1-5] ja [L1-6].

4.2 LTE- Advanced (Advanced E-UTRAN / 4G)



ITU-R käynnisti IMT-Advanced -nimellä kutsutun standardointiprosessin v. 2008 alussa, tarkoituksena löytää radiotekniikka, joka muodostaisi perustan 4. sukupolven järjestelmille. Samasta ajankohdasta alkaen LTE-A on ollut 3GPP:n tutkimusaiheena ja se tulee olemaan 3GPP:n vastaus/ehdotus IMT-A:ksi (toinen ehdotus on WiMAX). LTE-A:n spesifikaatiot tultaneen hyväksymään pääpiirteissään v. 2010 lopulla ja ne muodostavat 3GPP:n riliisin 10 eli R10:n.

LTE-A laajentaa LTE:n taustalla olevia teknologioita edelleen tarkoituksena nostaa käyttäjänopeuksia samaan luokkaan kiinteiden verkkojen kanssa. LTE-A hyödyntää korkeamman asteinen MIMOa (4x4:stä alkaen) ja mahdollistaa yksittäisen käyttäjän datavirran kulkea use-

amman komponenttikantoaallon (component carrier = CC, nämä ovat taaksepäin yhteensopivia LTE:n kanssa) kautta. Lisäksi vielä käytettävien taajuusalueiden ei tarvitse olla yhtenäisiä (jatkuvia), vaan sirpaleista spektriä voidaan hyödyntää aikaisempaa paremmin. Kaistat voivat olla myös epäsymmetrisiä eli ylä- ja alasuunnan kaistat ovat eri levyisiä, koska nopeusvaatimuksetkin poikkeavat toisistaan.

Tavoitteena on 1 Gbit/s -maksiminopeus alasuuntaan hitaasti liikkuvalla käyttäjällä ja vähintään 100 Mbit/s -nopeus myös nopeasti liikkuvalla käyttäjälle.

Kuvassa 4.7 on vertailtu LTE:n, LTE-A:n ja IMT-A:n vaatimuksia nopeuden ja spektritehokkuuden suhteen. Siitä nähdään, että LTE-A täyttää vaatimukset muuten, mutta yläsuunnan nopeus kaipaava vielä hieman terästyä. 3GPP on kuitenkin vakuuttunut, että tämäkin vaatimus tulee täyttyvän ITU-R:n antamassa aikataulussa.

		Rel. 8 LTE	LTE-Advanced	IMT-Advanced
Peak data rate	DL	300 Mbps	1 Gbps	1 Gbps ^(*)
	UL	75 Mbps	500 Mbps	
Peak spectrum efficiency [bps/Hz]	DL	15	30	15
	UL	3.75	15	6.75

^(*)“100 Mbps for high mobility and 1 Gbps for low mobility” is one of the key features as written in Circular Letter (CL)

Kuva 4.7 LTE/LTE-A/IMT-A -vertailua [L1-6]

Kuvassa 4.8 on vielä tarkempi vertailu LTE:n ja LTE-A:n parametrien välillä.

LTE-A voi alasuunnassa käyttää kaistaa maksimissaan esim. 5 x 20 MHz eli 100 MHz ja yläsuunnassa 40 MHz.

Technology	LTE	LTE-A
Peak data rate Down Link (DL)	150 Mbps	1 Gbps
Peak data rate Up Link (UL)	75 Mbps	500 Mbps
Transmission bandwidth DL	20MHz	100 MHz
Transmission bandwidth UL	20MHz	40 MHz (requirements as defined by ITU)
Mobility	Optimized for low speeds(<15 km/hr) High Performance At speeds up to 120 km/hr Maintain Links at speeds up to 350 km/hr	Same as that in LTE
Coverage	Full performance up to 5 km	a) Same as LTE requirement b) Should be optimized or deployment in local areas/micro cell environments.
Scalable Band Widths	1.3,3, 5, 10, and 20 MHz	Up to 20–100 MHz
Capacity	200 active users per cell in 5 MHz.	3 times higher than that in LTE

Kuva 4.8 LTE:n ja LTE-A:n vertailua [L1-6]

Tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa LTE-A -teknologiasta löytyy lähdemateriaalista [L1-6].

5 WiMAX

5.1 WiMAX-standardin kehityksestä

WiMAX on lyhenne termistä Worldwide Interoperability for Microwave access ja se kattaa langattomat laajakaistajärjestelmät (BWA = Broadband Wireless Access), jotka IEEE (Institute of Electronics and Electrical Engineers) on määritellyt 802.16-sarjan standardeissaan. Nämä standardit määrittelevät vain radorajapinnan ja siitäkin vain kaksi alinta kerrosta (PHY=Physical layer ja MAC=Medium Access Control layer). WiMAX-standardia sovelletaan laajoihin kaupunkiverkkoihin, joiden kantomatka on muutamasta sadasta metristä muutama kymmeneen kilometriin. Näistä käytetään nimitystä MAN (=Metropolitan Area Network) tai WMAN (=Wireless MAN).

WiMAXin käyttöä edistämään on syntynyt teollisuusvetoinen WiMAX Forum, jossa ovat edustettuina alan teollisuus (komponentti- ja laitevalmistajat) ja verkko- ja palveluoperaattorit. Kaikkiaan jäseniä on useita satoja (~500). WiMAX Forumissa toimii mm. Technical Working Group (TWG), jonka tehtävänä on täydentää noita IEEE:n standardeja omilla lisäyksillään ja vaiheistaa WiMAX-verkkojen evoluutiota ja tehdä näistä omista suosituksista yhteisiä paketteja, joiden pohjalta radioverkot voidaan toteuttaa. Näitä paketteja kutsutaan riiliseiksi ja niitä on toistaiseksi valmiina 2 kpl, Release 1 ja Release 1.5. Kolmas Release 2.0 on vasta valmisteilla. Riiliisit pohjautuvat IEEE:n standardeihin seuraavasti:

<u>IEEE:n standardi</u>	<u>WiMAX Forum Release</u>	<u>Liikkuvuus</u>
IEEE 802.16-2004	-	Kiinteä BWA
IEEE 802.16e-2005	Release 1	Kiinteä + mobiili BWA
IEEE 802.16-2009	Release 1.5	Kiinteä + mobiili BWA
IEEE 802.16m	Release 2	Kiinteä + mobiili BWA, IMT-A

WiMAX Forum myös sertifioi laitteita, millä pyritään takaamaan laitteiden yhteistoiminnallisuus heterogeenisessä verkkoympäristössä.

Erillisiä WiMAX-verkkoja on rakennettu 148 maahan kaikkiaan 592 kpl, katso kuva 5.1 (heinäkuun 2010 tilanne).



Kuva 5.1 WiMAX-verkot heinäkuussa 2010: pun.=802.16-2004, sin.=802.16e-2005

[www.wimaxmaps.org]

Noin puolet rakennetuista verkoista on alkuperäisen standardin mukaisia ja loput noudattavat uudempaa IEEE 802.16e-2005 -standardia (Release 1). Tätä uudempia verkkototeutuksia ei ole vielä käytössä kuin koeluontoisesti. Alkuperäisen standardin mukaiset ratkaisut ovat poistuvaa tekniikkaa, koska piirisarjojen saanti on kuihtumassa ja standardi ei tarjoa yhteensopivuutta ja kehityspolkua uudempiin ratkaisuihin. Myös Suomessa olevat verkkoratkaisut ovat suurimmaksi osaksi tämän alkuperäisen standardin mukaisia, tosin myös uudempiakin (Release 1) löytyy. Kaikki WiMAX-radioverkot liittyvät muihin verkkoihin pakettikytkentäisesti (IP-tekniikka), joten mahdollinen puhekin siirretään VoIP-tekniikkaa (Voice over IP) käyttäen.

5.2 IEEE 802.16-2004

Alkuperäinen WiMAX-standardi IEEE 802.16-2004 määritteli seuraavat radiorajapinnat, joita käytetään taajuusalueesta ja sen lisenssipolitiikasta riippuen (katso kuva 5.2):

Designation	Applicability	PHY	Additional MAC requirements	Options	Duplexing alternative
WirelessMAN-SC™	10–66 GHz	8.1			TDD FDD
WirelessMAN-SCa™	Below 11 GHz licensed bands	8.2		AAS (6.3.7.6) ARQ (6.3.4) STC (8.2.1.4.3)	TDD FDD
WirelessMAN-OFDM™	Below 11 GHz licensed bands	8.3		AAS (6.3.7.6) ARQ (6.3.4) Mesh (6.3.6.6) STC (8.3.8)	TDD FDD
WirelessMAN-OFDMA	Below 11 GHz licensed bands	8.4		AAS (6.3.7.6) ARQ (6.3.4) STC (8.4.8)	TDD FDD
WirelessHUMAN™	Below 11 GHz license-exempt bands	[8.2, 8.3, or 8.4] and 8.5	DFS (6.3.15)	AAS (6.3.7.6) ARQ (6.3.4) Mesh (6.3.6.6) (with 8.3 only) STC (8.2.1.4.3/8.3.8/8.4.8)	TDD

Kuva 5.2 WiMAX -radiatorajapinnat [IEEE 802.16-2004]

- WirelessMAN-SC, 10–66 GHz:n taajuuksilla, LOS
- WirelessMAN-SCa, alle 11 GHz:n lisensioituilla taajuusalueilla; NLOS
- WirelessMAN-OFDM, alle 11 GHz:n lisensioituilla taajuusalueilla, NLOS
- WirelessMAN-OFDMA, alle 11 GHz:n lisensioituilla taajuusalueilla, NLOS
- WirelessMAN-HUMAN, alle 11 GHz:n lisenssivapailla taajuusalueilla, NLOS

LOS = Line-of-Sight = suora näköyhteys vaaditaan

NLOS = Non-Line-of-Sight = ei tarvita suoraa näköyhteyttä

Rajapinta WirelessMAN-HUMAN on yhdistelmä kolmesta muusta (SCa/OFDM/OFDMA) muutamien lisämäärittelyksien ja käytettävissä vain TDD-toimintamuodossa. Kaikki muut rajapinnat määrittelevät sekä FDD- että TDD-toimintamuodot.

Rajapinnoissa on modulaatiomahdollisuuksina BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM tai 256-QAM. Jotkut näistä ovat pakollisia ja toiset valinnaisia.

Kuvassa 5.3 on esitetty WirelessMAN-SC:lla saavutettavia teoreettisia maksiminopeuksia (eli bruttonopeuksia, siis ilman virheenkorjausta) eri modulaatioilla. Nähdään, että esim. 20 MHz:n kanavaleveydellä on mahdollista saavuttaa 50–70 Mbit/s nettonopeuksia sopivissa olosuhteissa (lähellä tukiasemaa ja käytettävä taajuusalue 10 GHz:n hujakoilla).

Channel size (MHz)	Symbol rate (MBd)	Bit rate (Mb/s) QPSK	Bit rate (Mb/s) 16-QAM	Bit rate (Mb/s) 64-QAM	Recommended Frame Duration (ms)	Number of PSs/frame
20	16	32	64	96	1	4000
25	20	40	80	120	1	5000
28	22.4	44.8	89.6	134.4	1	5600

Kuva 5.3 WiMAX WirelessMAN-SC:n maksiminopeuksia [IEEE 802.16-2004]

Kuvasta 5.4 nähdään vastaavasti WirelessMAN-SCa:lla saavutettavat maksiminopeudet eri modulaatioilla ja virheenkorjauksilla. Nyt on mukana myös 256-QAM -modulaatio, jolloin on mahdollista päästä jo 100 Mbit/s -nopeuksiin.

Modulation and inner code rate	6 MHz (MMDS)	7 MHz (ETSI)	20 MHz (UNII)
BPSK 1/2	2.22	2.59	7.47
BPSK 3/4	3.32	3.89	11.20
QPSK 1/2	4.43	5.18	14.93
QPSK 2/3	5.91	6.91	19.91
QPSK 3/4	6.65	7.77	22.40
QPSK 5/6	7.39	8.64	24.88
QPSK 7/8	7.76	9.07	26.13
16-QAM 1/2	8.87	10.37	29.86
16-QAM 3/4	13.30	15.55	44.79
64-QAM 2/3	17.73	20.73	59.72
64-QAM 5/6	22.16	25.91	74.65
256-QAM 3/4	26.60	31.10	89.58
256-QAM 7/8	31.03	36.28	104.51

Kuva 5.4 WirelessMAN-SCa:n maksiminopeuksia [IEEE 802.16-2004]

Kuvasta 5.5 nähdään WirelessMAN-OFDM/OFDMA:lla saavutettavia maksiminopeuksia eri kaistaleveyksillä, modulaatioilla ja virheenkorjauksilla.

Channel Bandwidth	Modulation	QPSK	QPSK	16 QAM	16 QAM	64 QAM	64 QAM
	FEC Coding	1/2	3/4	1/2	3/4	2/3	3/4
1.75 MHz		1.04	2.18	2.91	4.36	5.94	6.55
3.5 MHz		2.08	4.37	5.82	8.73	11.88	13.09
5 MHz		4.16	6.28	8.32	12.48	16.63	18.7
7 MHz		4.15	8.73	11.64	17.45	23.75	26.18
10 MHz		8.31	12.47	16.63	24.94	33.25	37.4
20 MHz		16.62	24.94	33.25	49.87	66.49	74.81

Kuva 5.5 WirelessMAN-OFDM/OFDMA -maksiminopeuksia (Mbit/s) [L1-9]

Nämä kuvissa 5.2–5.5 esitetyt maksinopeudet ovat voimassa myös WiMAXin edelleenkehittyissä versioissa. Jos/kun nopeuksia halutaan parantaa, niin se on tehtävä seuraavilla toimenpiteillä:

- kanavaleveyttä kasvatetaan (1.75, 3.5, 5, ..., 20 MHz,...)
- modulaatiotekniikkaa parannetaan (BPSK,..., QAM-256)
- kehitetään parempia älyantennitekniikoita (MIMO A, MIMO B,...)
- PHY- ja MAC -kerrosten siirtohyötysuhdetta kasvatetaan

Releaseissa 1.0–2.0 on keskitytty lähinnä kanavaleveyden kasvattamiseen ja älyantennitekniikan parantamiseen ja sitä kautta on saatu lisää nopeutta muiden parametripärrannusten (mm. peittoalue ja häiriönsieto) ohella.

5.3 Release 1.0 (IEEE 802.16e-2005)

Kuvassa 5.6 on vertailtu Release 1:n mukaista standardia alkuperäiseen.

Siitä nähdään, että Release 1.0 tarjoaa mm. seuraavat parannukset alkuperäiseen versioon verrattuna:

- mukaan tullut tuki liikkuvuudelle (mobiliteetti)
- sertifioituja tuotteita on huomattavasti enemmän, piiritoimittajia enemmän
- uusia profiloituja taajuusalueita tullut mukaan (2.3 ja 2.5 GHz)
- uusia kanavaleveyksiä: 5, 7, 8.75 ja 10 MHz
- älyantennituki kehittynyt (MIMO B tullut lisää)
- tilaajalaitekanta monipuolistunut: kannettavat laitteet ja läppärit

- toimii myös seuraavan sukupolven (802.16m) laitteiden kanssa
- VoIP-tuki parantunut

	802.16d TDD WiMAX	802.16e WiMAX
Access	Fixed and nomadic	Fixed, nomadic, and mobile
Certified products	36 products (19 subscriber stations and 17 base stations) (Source: WiMAX Forum)	80 products (49 subscriber stations and 31 base stations) (Source: WiMAX Forum)
Certification	3.5 GHz band. Time Division Duplex (TDD) multiplexing. No plans for extension to other bands	2.3, 2.5 GHz, and 3.5 GHz, plus additional bands to be added in the future. TDD multiplexing, with FDD expected in the future
Channels	3.5 MHz	5 MHz, 7 MHz, 8.75 MHz, 10 MHz; 20 MHz in the future
Radio interface	MIMO A (optional)	MIMO A, MIMO B, maximum receive ratio combined (MRRC), and hybrid automatic repeat request (HARQ) for improved capacity and coverage
Focus	Becoming a legacy, niche technology	Primary focus of WiMAX Forum, vendors, and operators
Devices	External or desktop customer premises equipment (CPE) and data cards	External or desktop CPEs, data cards, embedded laptops, handheld devices, and phones
Standards roadmap	No backwards compatibility with IEEE 802.16e or IEEE 802.16m	Backwards compatibility with IEEE 802.16m
Market	Limited vendor choice, few chipset vendors	Economies of scale, many chipset vendors

Kuva 5.6 IEEE 802.16-2004 / 802.16e-2005 vertailua [L1-8]

5.4 Release 1.5 (IEEE 802.16-2009)

Release 1.5 on ymmärrettävä väliaikaisena evoluutioratkaisuna ennen päätavoitetta Release 2.0, joka on jo vuosia ollut kehitystyön pääkohde. Release 1.5:n uudet ominaisuudet / parannukset ovat [L1-10]:

- tuki puolidupleksitoiminnalle: tämä mahdollistaa jo olemassaolevien TDD-piirisarjojen käytön FDD-moodissa.
- uusia taajuusalueita sertifikaatioprofiileissa
- parempia älyantenniratkaisuja: MIMO ja BF (Beam Forming): kapasiteetti kasvaa ja verkon häiriötaso pienenee.
- 64-QAM -modulaatio uutena yläsuunnassa: kapasiteetti kasvaa
- MAC-kerroksen parantaminen: erityisesti VoIP-kapasiteetti paranee (katso kuva 5.10)
- tuki paikannuspalveluille: Solutunnusperustainen ja GPS-avustettu paikannus
- tuki multicast- ja broadcast -palveluille
- IMS-yhteistoiminta (katso luku 3.2)

- yleinen palveluliitäntä USI (Universal Service Interface) kolmannen osapuolen palveluverkkoihin.
- tuki useammalle radiotekniikalle samassa laitteessa: esim. WLAN (=Wi-Fi = IEEE 802.11) ja Bluetooth voisivat toimia WiMAXin kanssa häiritsemättä toisiaan.
- tuki Ethernet-palveluille: tilaajalaitteeseen (CPE) voi liittyä ikään kuin se tarjoaisi langallisen LAN-liitännän ja sitä kautta voi käyttää esim. PPPoE-, VPDN- ja VPLS-palveluita.

Tarkemmat kuvaukset näistä ominaisuuksista löytyvät lähdedokumentista [L1-10]. Verkkooperaattori Sprintin näkökulma (WiMAXin käyttö 4G-verkoissa) löytyy lähteestä [L1-9].

5.5 Release 2.0 (IEEE 802.16m)

IEEE käynnisti vuonna 2006 työn seuraavan sukupolven WirelessMAN-OFDMA -spesifikaation aikaansaamiseksi. Sen tavoitteena on ollut määritellä radiorajapinta, joka täyttää tai ylittää ITU-R:n IMT-Advanced -määrittelyn, jota käytetään 4. sukupolven matkapuhelinverkkojen perustekniikkana. Tämä IEEE:n spesifikaatio on saanut nimen IEEE 802.16m ja se on pohjana WiMAX Forumin Release 2.0:lle. Spesifikaatio valmistuu vuoden 2010 lopulla ja sen mukaiset tuotteet tulevat markkinoille vuonna 2012.

Seuraavassa lyhyesti Release2.0:n tuomat edut / parannukset [L1-13]:

Parempi peitto ja spektritehokkuus

Release 2.0 tuo vähintään 3 dB parannuksen linkkibudjettiin Release 1:een verrattuna samalla antennikonfiguraatiolla. Tämä antaa n. 20-30 %:n kasvun solun peittoalueeseen tyypillisessä NLOS-ympäristössä. Vaihtoehtoisesti parempi linkkibudjetti voidaan hyödyntää suurempana hyötynopeutena solun rajoilla. Parempi peitto saavutetaan kehittyneemmillä antennitekniikoilla, monihyppyisillä toistimilla (integrated multi-hop relay) ja femto-soluilla. Femto-soluilla voidaan parantaa peittoaluetta ja/tai eliminoida katvealueita.

Spektritehokkuutta parantavat:

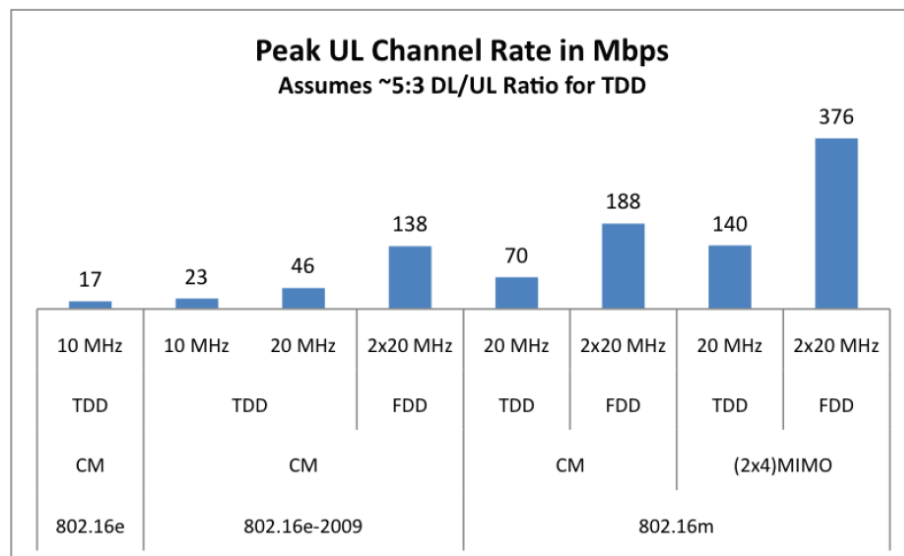
- kehittyneet MU-MIMO -tekniikat: jopa 8 datavirtaa alasuunnassa ja 4 yläsuunnassa
- parantunut tehonsäädön ohjaus

- paremmat häiriöneliminointitekniikat, mm. alikanavien osittainen uudelleenkäyttö (FFR = Fractional Frequency Reuse) ja tukiasemien välinen koordinointi
- pilottikanavien tehokkaampi käyttö uusissa alikanavointimalleissa ja CP:n (Cyclic Prefix) lyhentäminen $1/8 \rightarrow 1/16$ sekä ylä- että alasuunnassa
- ohjauskanavien tehokkuuden parantaminen

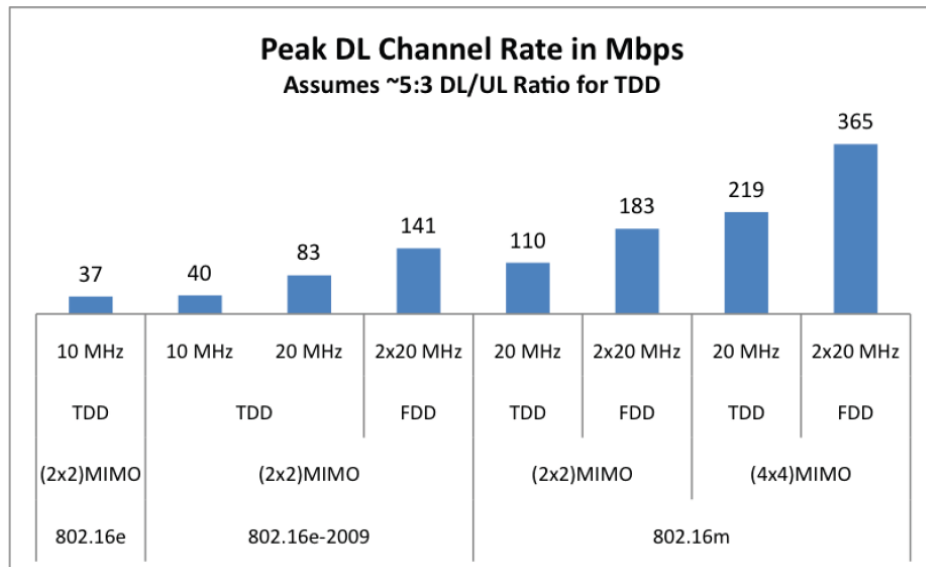
Näillä toimenpiteillä saadaan spektritehokkuutta parannettua yli 2-kertaiseksi Release 1:een verrattuna.

Datasiirtokapasiteetin ja VoIP-kapasiteetin kasvu

Edellä mainitut spektritehokkuuden kasvattamiskeinot tuovat mukanaan myös parantuneet datanopeudet. Kuvassa 5.8 on vertailtu yläsuunnan saavutettavia maksiminopeuksia eri releaseilla (oletuksena 5:3 -kapasiteetin jako alasuunta:yläsuunta TDD-moodissa) ja kuvassa 5.9 vastaavasti alasuunnan nopeuksia.



Kuva 5.8 Release 1.5/2.0 yläsuunnan (UL) maksiminopeusvertailu [L1-13]



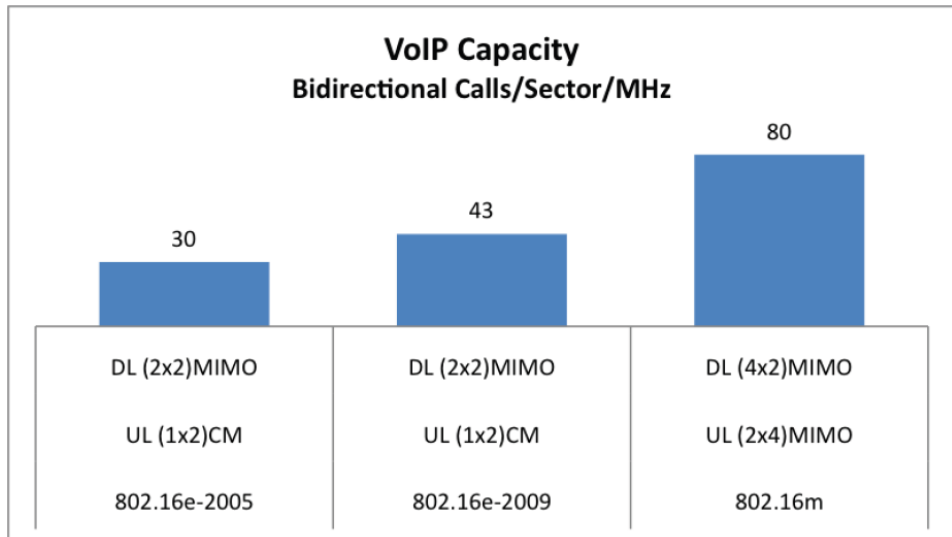
Kuva 5.9 Release 1.5/2.0 alasuunnan (DL) maksiminopeusvertailu [L1-13]

Esimerkki: 20 MHz -kanava, TDD-moodi:

- yläsuunnan nopeuskehitys: 46 → 70 → 140 Mbit/s
- alasuunta: 83 → 110 → 219 Mbit/s

Siirtokapasiteettia saadaan lisättyä myös monikantaaaltoratkaisulla (multi carrier aggregation), jossa voidaan yhdistää useamman kantoaallon kanavakapasiteetti. Kantoaaltojen ei tarvitse olla spektrissä vierekkäisiä, ei samanlevyisiä eikä edes välttämättä samalla taajuualueella. Yhdistämällä esim. 5 kpl 20 MHz -kantoaaltoja voidaan päästä jopa 1 Gbit/s -nopeuksiin. Tämä antaa verkko-operaattorille mahdollisuuden yhdistellä omia, mahdollisesti hajanaisia taajuualueita.

Spektritehokkuuden kasvu ja MAC-kerroksen parannuksilla saavutetaan myös VoIP-kapasiteetin kasvu. Kuvassa 5.10 on esimerkki mikrosolu-kaupunkiympäristöstä (IMT-A -spesifioitu) 12.2 kbit/s puhekoodekillä: 20 MHz:n kaistalla yksi ympärisäteilevä Release 2.0 -tukiasema voi hoitaa $20 \times 80 = 1600$ VoIP-puhelua tai jos tukiasema sektoroidaan 3 sektoriin, niin voidaan käsitellä 4800 puhelua samalla alueella.



Kuva 5.10 VoIP-suorituskyky eri realeaseilla [L1-13]

Latenssin pieneminen ja QoS-parannukset

Latenssin pienentäminen perustuu uuteen alikehysrakenteeseen, jossa aikaisempi 5 ms kehys jaetaan 0.617 ms alikehyksiin. Tämä tehostaa ilmarajapinnan lähetystä ja uudelleenlähetyksiä ja parantaa myös kanavanvaihdon nopeutta. Kuvassa 5.11 vertaillaan muutamien parametrien kehittymistä versiosta toiseen ja siinä on myös ITU-R:n IMT-A:n referenssiarvot. Nähdään, että Release 2 täyttää IMT-A:n vaatimukset ainakin näiden parametrien osalta. Käyttäjätason latenssi pienenee jopa 10 millisekuntiin.

Parameter	Release-1	Release 1.5	Release 2	IMT Advanced
Peak spectral efficiency (b /s/ Hz/ sector) (Mixed Mobility)	6.2(2X2) 1.3(1X2)	6.5(2X2) 1.3(1X2, Without 64 QAM)	DL: 8.0/15.0 (2x2/4x4) UL: 2.8/6.75 (1x2/2x4)	DL: 15.0 UL: 6.75
Average spectral efficiency (b /s/ Hz/ sector)	1.3 (2x2) 0.7(1X2)	1.6 (2x2) 0.9(1X2)	DL (4x2) = 2.41 UL (2x4) = 2.0	DL (4x2) = 2.2 UL (2x4) = 1.4
Cell Edge Spectral (b /s/ Hz/ sector)	DL (2x2) = 0.09 UL (1x2) = 0.05	DL (2x2) = 0.09 UL (1x2) = 0.05	DL (2x2) = 0.09 UL (1x2) = 0.05	DL (4x2) = 0.06 UL (2x4) = 0.03
Latency	C-plane: 100 ms (idle to active) U-plane: 40-50 ms	C-plane: 100 ms (idle to active) U-plane: 40-50 ms	C-plane: 100 ms (idle to active) U-plane: 10 ma	C-plane: 100 ms (idle to active) U-plane: 10 ms
Mobility	Support up to 120 Kmph	Support up to 350 Kmph	Support up to 350 Kmph	0.55 at 120 km/h 0.25 at 350 km/h
Handover Interruption time	< 60 ms	<60ms	Intra frequency: 27.5 Inter frequency: 40 (in a band) 60 (between bands)	Intra frequency: 27.5 Inter frequency: 40 (in a band) 60 (between band)
Voip Capacity	12,5 (MHz) TDD	31.6 FDD	60 (DL 2x2 and UL 1x2)	40 (4x2 and 2x4) (Base coverage urban)

Kuva 5.11 WiMAX-versioiden parametrien vertailua [L1-10]

Palvelun laatua (QoS) kuvaavia parametrejä ovat tyypillisesti mm.:

- liikenteen prioriteetti
- maksimi ylläpidettävä nopeus
- minimi taattu nopeus
- maksimilatenssi

Näitä parametrejä luokittelemalla WiMAXissa on määritelty kuvassa 5.12 olevat QoS-luokat. Siitä nähdään myös, mitä palvelua milläkin luokalla on ajateltu toteuttaa.

QoS Category	Applications	QoS Specifications
UGS <i>Unsolicited Grant Service</i>	VoIP	• Maximum Sustained Rate • Latency Tolerance • Jitter Tolerance • Grant Interval
rtPS <i>Real-Time Polling Service</i>	Streaming Audio or Video	• Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Latency Tolerance • Traffic Priority
ertPS <i>Extended Real-Time Polling Service</i>	VoIP with Voice Activity Detection/ Silence Suppression	• Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Latency Tolerance • Jitter Tolerance • Traffic Priority
nrtPS <i>Non-Real-Time Polling Service</i>	File Transfer Protocol (FTP)	• Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Traffic Priority
BE <i>Best-Effort Service</i>	Data Transfer, Web Browsing	• Maximum Sustained Rate • Traffic Priority

Kuva 5.12 WiMAXin QoS-luokat [L1-11]

Yhteistoiminnallisuus muiden verkkojen kanssa

WiMAX Release 2.0 on taaksepäin yhteensopiva edellisten versioiden 1.0 ja 1.5 kanssa. Tämä tarkoittaa, että vanhemmatkin tilaajalaitteet toimivat uudemmassa verkossa ja uudet tilaajalaitteet toimivat vanhemmissa verkoissa, mutta tietysti vanhemman version rajoituksin. Lisäksi se mahdollistaa esim. kanavanvaihdon eri verkkoversioiden välillä.

Muita langattomia verkkoja, joiden kanssa yhteistoiminnallisuus ja yhteiselo (coexistence) on parantunut, ovat esim.

- WLAN-verkot
- 3GPP: HSPA, LTE ja LTE-A
- 3GPP2: 1x-EVDO

Tehonsäästö

Release 2.0 sisältää parannuksia Sleep Modeen ja Idle Modeen, joilla tähdätään mobiililaitteen tehonsäästöön ja sitä kautta pitempään akunkestoon. Sleep Modessa voidaan dynaamisesti säätää nukutusikkunan ja kuuntelemisikkunan kestoja liikennetilanteesta riippuen. Idle Modessa mobiililaitte voi vastaanottaa broadcast-liikennettä tarvitsematta rekisteröityä tukiasemaan.

Muita parannuksia

Muita Release 2.0:n tuomia parannuksia ovat mm.:

- parannettu multicast-broadcast palvelu (E-MBS=Enhanced Multicast Broadcast Service)
- parannettu paikannuspalvelu (LBS): alle 30 sekunnin paikannusaika
- tuki itseorganisoituville verkoille (SON = Self Organizing Networks): tukiasema tai Femto-solu konfiguroi ja optimoi itsensä havaitsemassaan verkkoympäristössä
- parannettu turvallisuus: identiteetin suojaus ja käyttäjätietojen salaus kehittyneet
- parantunut mobiliteetti: yhteys säilyy 350 km/h -nopeuksiin asti ja joissakin tapauksissa jopa 500 km/h -nopeuksissa (taajuusalueesta riippuen), tosin suorituskyvyn kustannuksella

Tarkemmat kuvaukset WiMAX 2.0 mukanaan tuomista ominaisuuksista löytyvät dokumenteista [L1-11] ja [L1-13].

5.6 WiMAXin tulevaisuus

Ennakkotiedot ITU-R:n kokouksesta heinäkuussa 2010 kertovat, että sekä LTE-A että Mobile Wimax IEEE 802.16m ovat tulleet valituiksi seuraavan polven 4G verkkojen (IMT-A) radiotekniikoiksi, otos uutisesta [L1-12]:

LTE-Advanced & IEEE 802.16m WiMAX both officially selected as 4G standard by ITU. According to Korea Communications Commission (KCC), both LTE-Advanced and IEEE 802.16m WiMAX satisfied the ITU requirements as 4G standard, effectively being selected as the ITU 4G standards during ITU-R WP5D meeting which was held from June 9 through 16 in Vietnam. According to ITU, the details of the standard specifications will be finalized by March, 2011 and ITU will officially endorse them as international 4G standards in February, 2012.

Nyt verkko-operaattoreilla on siis kaksi vaihtoehtoa, joista valita rakentaessaan 4. sukupolven langattomia verkkoja.

WiMAX Forum on identifioinut kuvassa 5.13 olevat taajuusalueet Release 2.0:n käyttöön.

<i>Band Class</i>	<i>UL AMS Transmit Frequency (MHz)</i>	<i>DL AMS Receive Frequency (MHz)</i>	<i>Duplex Mode</i>
1	2300-2400	2300-2400	TDD
2	2305-2320, 2345-2360	2305-2320, 2345-2360	TDD
	2345-2360	2305-2320	FDD
3	2496-2690	2496-2690	TDD
	2496-2572	2614-2690	FDD
4	3300-3400	3300-3400	TDD
5L	3400-3600	3400-3600	TDD
	3400-3500	3500-3600	FDD
5H	3600-3800	3600-3800	TDD
6	1710-1770	2110-2170	FDD
	1920-1980	2110-2170	FDD
	1710-1755	2110-2155	FDD
	1710-1785	1805-1880	FDD
	1850-1910	1930-1990	FDD
	1710-1785, 1920-1980	1805-1880, 2110-2170	FDD
	1850-1910, 1710-1770	1930-1990, 2110-2170	FDD
7	698-862	698-862	TDD
	776-787	746-757	FDD
	788-793, 793-798	758-763, 763-768	FDD
	788-798	758-768	FDD
	698-862	698-862	TDD/FDD
	824-849	869-894	FDD
	880-915	925-960	FDD
	698-716, 776-793	728-746, 746-763	FDD
8	1785-1805, 1880-1920, 1910-193, 2010-2025, 1900-1920	1785-1805, 1880-1920, 1910-193, 2010-2025, 1900-1920	TDD
9	450-470	450-470	TDD
	450.0-457.5	462.5-470.0	FDD

Kuva 5.13 WiMAX 2.0:n taajuusalueet [L1-11]

On huomattava, että näiden taajuusalueiden käyttö riippuu ainakin:

- operaattorin vaatimuksista ja prioriteeteista
- kansainvälisistä taajuusallokoinneista
- kansallisista taajuusallokoinneista
- kansallisista toimilupapäätöksistä

Erityisen mielenkiintoisia Suomea ajatellen ovat alueet 7 (698–862 MHz) ja 9 (450–470 MHz). Alueen 7 alapään taajuudet 698–790 MHz ovat Suomessa yleisradiokäytössä (UHF - alue 470–790 MHz), mutta niistä suuri osa on vapautunut siirryttäessä analogisista lähetyksistä digitaalisiin DVB-T -lähetyksiin. Vapautuneitten taajuuksien käyttö muihin tarkoituksiin on Viestintävirastossa selvittelyjen alla.

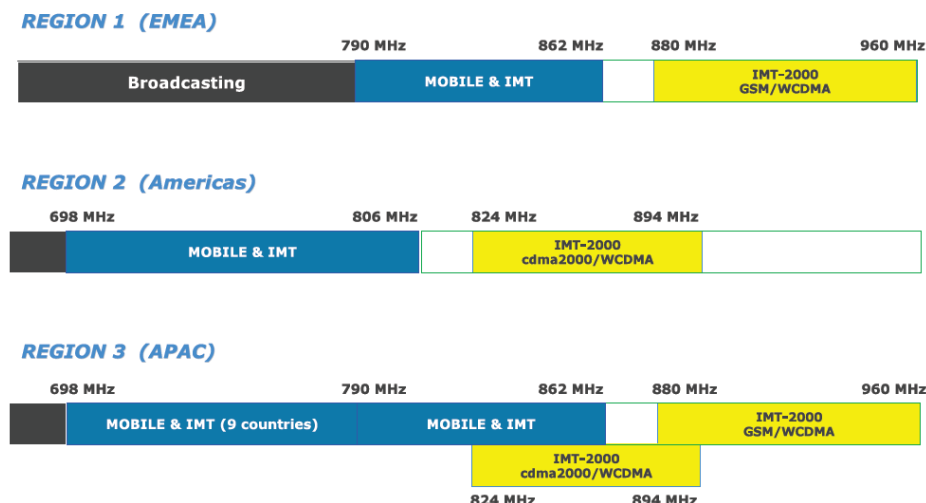
Monella taholla on vireillä hankkeita, joiden tavoitteena on saada turvallisuusviranomaisille (PSS = Public Safety and Security) oma harmonisoitu alue kriittistä viestintää varten. Yhtenä

vaihtoehtona on väläytelty mahdollisuutta, että se voisi olla tällä 700–MHz:n alueella. WiMAX Forumissa on jo käynnissä profiilin määritykset 700 MHz:n aluetta varten.

Kuvassa 5.14 on WRC:n (World Radiocommunication Conference) taajuusallokointi ko. alueelle (Suomi kuuluu alueeseen 1 = EMEA). Taajuusalue 790–862 = 72 MHz on varattu mobiili liikenteelle ja IMT:lle. Suomessa Viestintäviraston taajuusjakotaulukossa tällä kohdalla lukee: ”Digitaalinen laajakaistainen 800 matkaviestinverkko. Käyttösuunnitelma valmisteilla. Katso valtioneuvoston asetus 680/2007”. On siis hyvin mahdollista, että 4G-tekniikan verkot tulevat sijoittumaan (ainakin osin) tälle alueelle. Tätä tukee myös Digitodayn uutinen 17.12.2010, jonka mukaan Venäjän armeija on luopumassa ko. kaistan käytöstä sotilastarkoituksiin [L1-29]. Nyt alueen käyttöönottoa haittaavat hieman enää langattomat mikrofonit, joiden käyttöön alueelta on allokoitu taajuuksia.

2G/3G-verkot ovat alueella 880–960 MHz. (2 GHz:n lisäksi). Myös tältä alueelta tulee vapautumaan taajuuksia, kun operaattorit tulevat ajamaan alas 2G-verkkojaan 4G:n vallatessa markkinoita.

700MHz View in WRC



Kuva 5.14 698–960 MHz:n alueen käyttö [L1-14]

Kiinnostava alue WiMAXin (ja ylipäättänsä 4G:n) kannalta on myös 450–470 MHz. Tällä alueella toimii Digitan operoima @450-verkko (452,425–456,925 MHz ja 462,425–466,925 MHz, kaista siis 4,5 MHz). Nyt kun Digita on luopumassa tästä verkosta (katso luku 7), niin

kiinnostava mahdollisuus olisi korvata käytetty Flash-OFDM -tekniikka WiMAXilla tai LTE-A:lla.. Tietysti täytyy olla taloudelliset laskelmat, jotka tukevat tällaista päätöstä, mutta ainakin teknologisia vaihtoehtoja tähän löytyy. Tämän taajuusalueen parhaimpana etuna on sen hyvät radiotien etenemisominaisuudet, minkä ansiosta maanlaajuisen radioverkon rakentaminen on suhteessa edullista, koska tukiasemia tarvitaan harvemmassa kuin korkeammilla taajuuksilla.

5.7 WiMAX-verkot Suomessa

Suomessa on jo vuosia ollut paikallisia WiMAX-verkkoja. Ne ovat tekniikaltaan alkuperäisen (IEEE 802.16-2004) tai Release 1 (IEEE 802.16e-2005) mukaisia ja toimivat käytännössä kiinteinä Internet-yhteyksien jakeluverkkoina sellaisiin paikkoihin, joihin ei saada langallisia yhteyksiä. Muun muassa Suur-Saimaan alueella näillä verkoilla tuodaan Internet-yhteydet loma-asutusalueille.

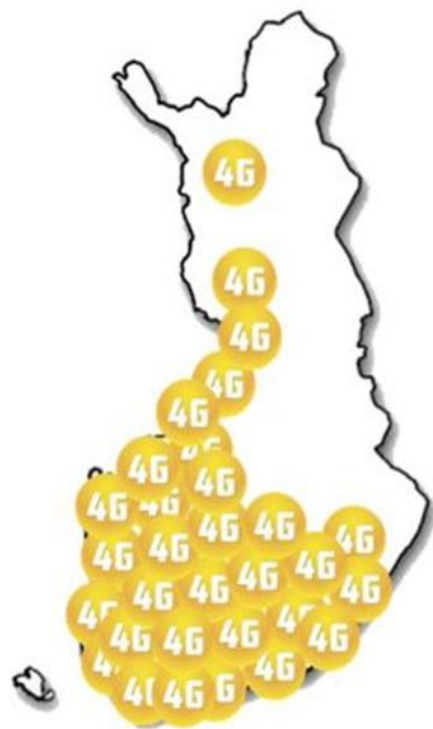
Ensimmäinen maanlaajuiseksi laajentuva WiMAX-pohjainen (Release 1.5) verkko käynnistyy joulukuun alussa 2010, kun Finnet-liittoon kuuluva Datame Oy avaa verkkonsa liikenteelle 6 paikkakunnalla: Lappeenranta, Kotka, Kouvola, Ylivieska, Raahen ja Laitila. Verkko laajenee vielä vuoden 2010 loppuun mennessä kuvan 5.15 mukaiseksi. Vuoden 2013 aikana verkon peiton pitäisi olla kuvan 5.16 mukainen, silloin sen pitäisi kattaa 70 % Suomen väestöstä. Verkon infran ja päätelaitteet (=verkkosovittimet eli mokkulat) toimittaa Huawei. Verkko-operaattori Datame Oy:n omistajina ovat 11 Finnet-liittoon kuuluvaa puhelinyhtiötä.

Katso asiasta tarkemmin Datame Oy:n lehdistötiedotteesta:

<http://www.datame.fi/yritys/ajankohtaista>



Kuva 5.15 WiMAX-verkko 2010



Kuva 5.16 WiMAX-verkko 2013

6 GSM-R

GSM-R on lyhenne sanoista GSM for Railways ja tarkoittaa GSM-verkon lisätoiminnallisuutta, joka on räätälöity Eurooppalaisten rautatieviranomaisten käyttötarpeisiin. Se perustuu EIRENE-standardiin, jonka 32 EU-maata hyväksyivät vuonna 1997. Teknisesti ottaen kyse on ETSI/GERAN:n työkohteesta ”Advanced Speech Call Items” eli **ASCI** ja sen tuloksena syntyneistä kolmesta lisäpalvelusta (supplementary service) ja tarvittavista muutoksista useisiin järjestelmää määritteleviin GSM-standardeihin. Nämä lisäpalvelut ovat:

<u>palvelu</u>	<u>3GPP</u>	<u>ETSI</u>
1. Voice Group Call Service (VGCS)	TS 43.068	TS 143 068
2. Voice Broadcast Service (VBS)	TS 43.069	TS 143 068
3. enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption Service (eMLPP)	TS 24.067	TS 124 067

Lisäksi hyvänä viitedokumenttina GSM-R:stä toimii ETSI TR 102 627 [L1-16], josta saa yleistä tietoa GSM-R:n toteutuksesta ja levinneisyydestä.

VGCS on GSM-R:n ryhmäpuhelupalvelu. Siinä käyttäjä määrittellään hänen kotirekisterissään (HLR) tietyn ryhmän tai ryhmien jäseneksi. Ryhmän määrittelyalue voidaan rajata yhden keskuksen (MSC) palvelualueelle yhden solun tarkkuudella tai se voi olla vaikka koko verkon suuruinen. Verkossa ryhmämäärittelyt ovat rekisterissä nimeltään GCR (Group Call Register). Lisäksi ryhmämäärittelytietoja on oltava käyttäjän SIM/USIM:ssa, koska käyttäjän on pystyttävä vastaamaan pelkästään ryhmätunnuksella (ei siis IMSI/TMSI) tulleisiin viesteihin. Käyttäjä aktivoi haluamansa ryhmät omassa laitteessaan ja voi sen jälkeen joko itse soittaa tai vastata tulevaan ryhmäpuheluun. Myös verkkoon määritelty välittäjä (dispatcher) voi aloittaa ryhmäpuhelun. Käyttäjämäärittelyissä voi olla mukana myös prioriteetti (normaali, etuoikeutettu, hätä), jolloin verkko käsittelee puhelupyynnön sen mukaisesti. Käyttäjä tietää olevansa verkossa ryhmämäärittelyalueella, jos hänen laitteensa löytää solusta NCH-kanavan (Notification Channel).

Tetran ryhmäpuheluominaisuudesta VGCS eroaa eniten siinä, ettei siinä tunneta dynaamista ryhmämäärittelyä (DGNA), vaan ryhmät ovat etukäteen määriteltyjä.

VBS mahdollistaa puheen (tai yleensä puhekanavlla olevan signaalin) jakelun tietyn maantieteellisen alueen joko kaikille tilaajille tai vain tiettyyn käyttäjäryhmään kuuluville tilaajille. Ryhmäpuhelupalvelusta VGCS tämä eroaa siten, että palvelu on yksisuuntainen: vain puhelun aloittaja voi puhua.

eMLPP mahdollistaa käyttäjille prioriteettimäärittelyt. Lähtevässä puhelussa (tai ryhmäpuhelussa) soittaja määrittelee puhelun prioriteetin, jolloin puhelu voi vastaanottopäässä syrjäyttää menossa olevan, alemman prioriteetin puhelun.

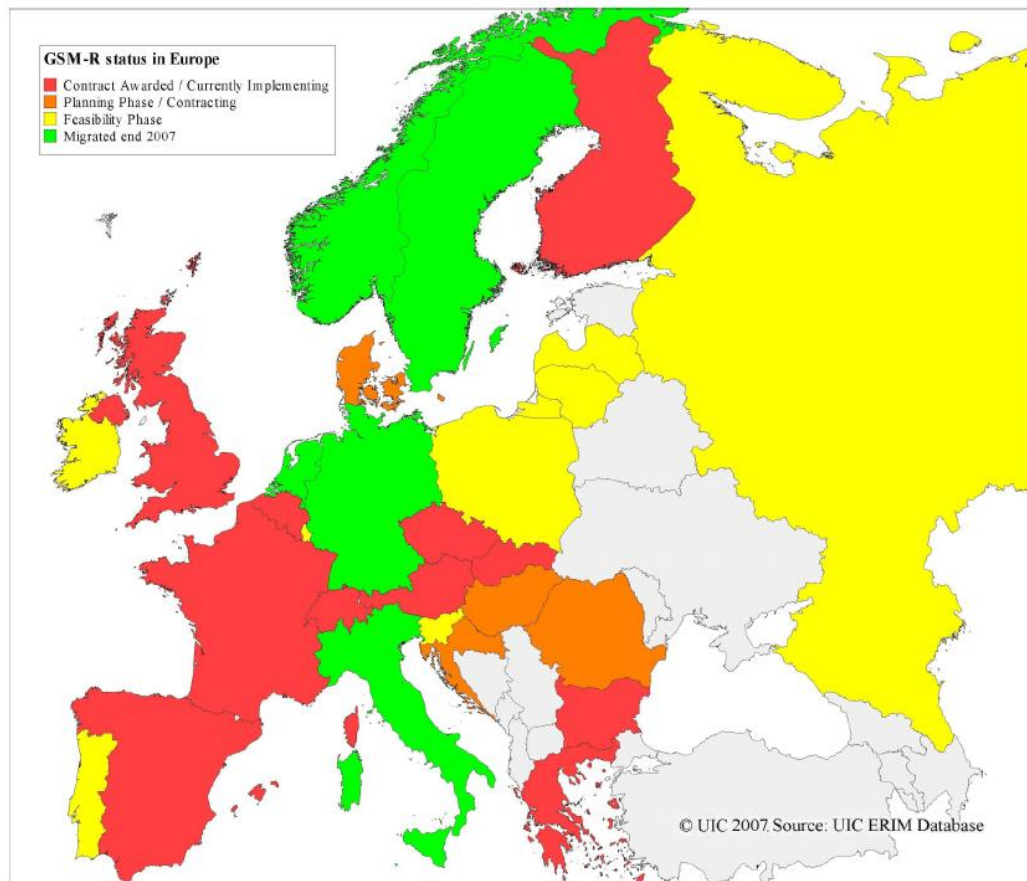
Edellä mainittujen lisäpalveluiden lisäksi 3GPP GERAN -työryhmässä on suunnitteilla GSR-R:n suorakanavapalvelu DMO (Direct Mode Operation), jonka avulla tilaajalaitteet voivat kommunikoida suoraan toistensa kanssa tilanteessa, jossa verkkopeittoa ei ole tai verkkopalvelua ei esim. vikatilanteen vuoksi ole.

Rautatieliikenteessä on myös seuraavat vaatimukset, jotka GSM-R:ssä on otettu huomioon [L1-16]:

- toiminnallinen puhelunohjaus: esim. veturinkuljettajaan saadaan yhteys junan numerolla eikä tarvitse tietää hänen omaa puhelinnumeroaan
- paikkasidonnaisuus: esim. veturinkuljettaja voi soittaa ratavalvontaan junan sijainnin perusteella
- hätäpuhelut saavat aina kanavan riippumatta muusta liikenteestä

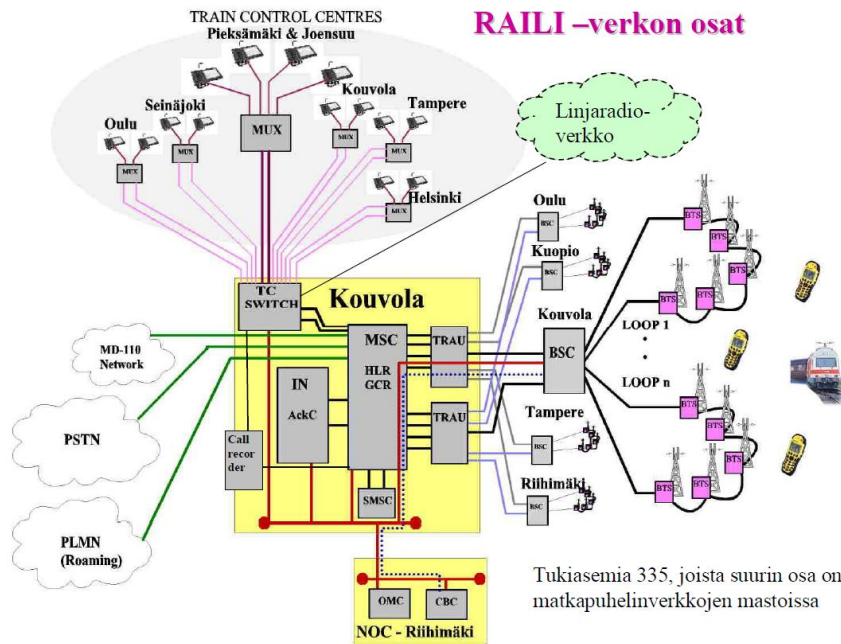
GSR-R toimii myös liikenteenohjausjärjestelmän ETCS (European Train Control System) alustana.

Kuvasta 6.1 ilmenee GSM-R -verkon levinneisyys Euroopassa vuonna 2007. Ensimmäisenä koko rautatieverkostonsa (3000 km) on verkottanut Hollanti. Myös Norjassa, Ruotsissa, Saksassa ja Italiassa on maanlaajuiset GSM-R -verkot.

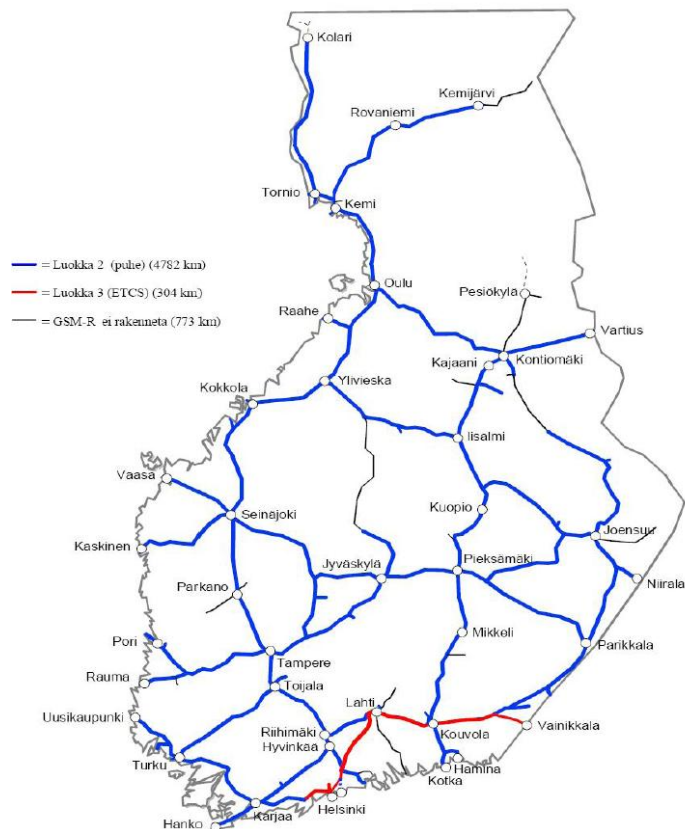


Kuva 6.1 GSM-R:n levinneisyys v. 2007 [L1-16]

Suomen GSM-R -verkkoa (nimeltään RAILI = RAutateiden Integroitu LIIkenneviestintäjärjestelmä) alettiin rakentaa v. 2004 ja v. 2009 lopussa se oli täydessä laajuudessaan. Ratahallintokeskuksen omistamaa verkkoa operoi Coronet Oy. Kuvasta 6.2 näkyy RAILI-verkon rakenne ja kuvasta 6.3 verkon peittoalueet.



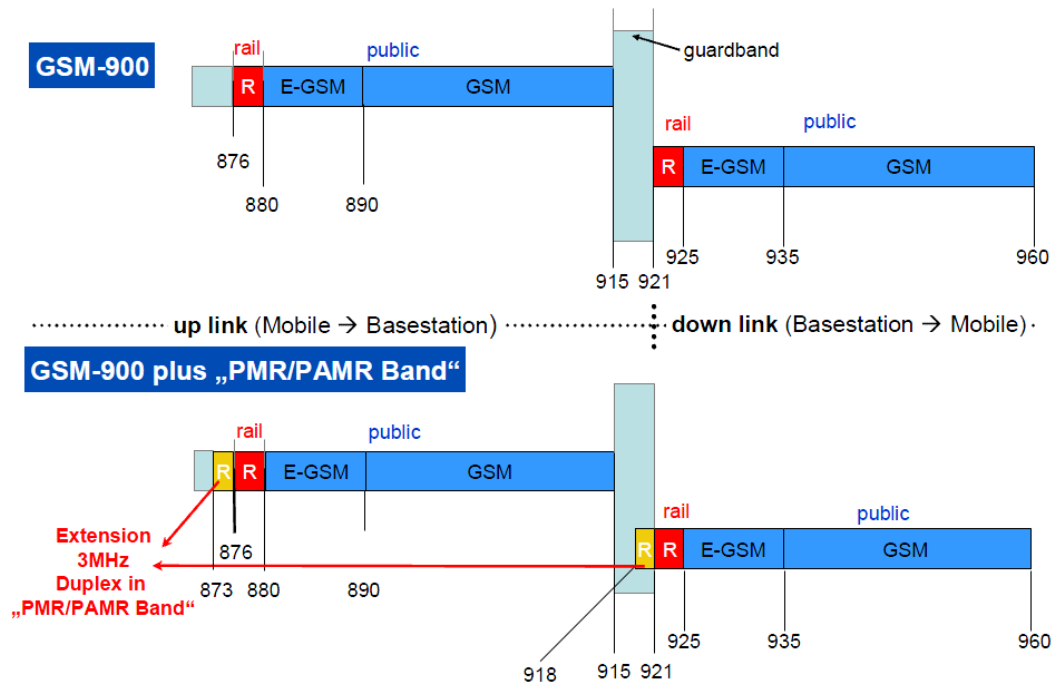
Kuva 6.2 RAILI-verkon rakenne [L1-17]



Kuva 6.3 RAILI-verkon peitto [L1-17]

GSM-R:lle on allokoitu taajuusalue 876,200–880,000 MHz (=yläsuunta, alasuunta 45 MHz ylempänä) eli 3.8 MHz -kaista GSM-900 -alueen alapuolelta, katso kuva 6.4. Tähän alueeseen

mahtuu 19 kantaaltoa eli kanavia yhteensä $8 \times 19 = 152$ kpl. Joissakin maissa tämä kapasiteetti on käynyt riittämättömäksi, joten vireillä on 3 MHz:n lisäkaistan saaminen juuri ko. alueen alapuolelta.



Kuva 6.4 GSM-R:n taajuusalue ja lisäspektritarve [L1-16]

GSM-R:n käytön soveltuvuutta muuhun kuin rautatiekäyttöön rajoittaa mm. seuraavat tekijät:

- peitto vain rautateiden läheisyydessä
- turvaominaisuudet normaalin GSM:n tasoa
- vain yksi verkkotoimittaja (Siemens) ja vähän laitetoimittajia, pienet markkinat → kalliit laitteet

7 @450 (Flash-OFDM)

Flash-OFDM (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) on alunperin Flarion Inc.:n kehittämä teknologia laajakaistadatsiirtoon. Tarkoituksena oli yhdistää nopea IP-pohjainen datasiirto, sujuva kanavanvaihto ja lyhyt, esim. verkkopelaamiseen sopiva latenssi. Flarionin osti sittemmin Qualcomm, joka on keskittynyt muihin verkkoteknologioihin (CDMA, HSPA, LTE,...) ja pisti Flash-OFDM -kehityksen jäihin. Näin ollen tuki tälle teknologialle on loppumassa muutaman vuoden sisällä.

Koko maailmassa on vain kourallinen verkkoja, jotka on rakennettu tällä teknologialla, Euroopassakin vain Suomessa, Slovakiassa ja Saksassa. Digita Oy on toiminut 3 vuotta Suomessa @450-verkon operaattorina ja sillä on ollut useita palveluoperaattoreita (Emtele, Fujitsu Services, LynxNet Oy ja TeliaSonera) ja lisäksi vielä muita palveluntarjoajia ja ns. virtuaalioperaattoreita.

@450-verkko toimii nimensä mukaisesti 450 MHz:n taajuusalueella: yläsuunta 452,425-456,925 MHz ja alasuunta 462,425-466,925 MHz. Kaistaa on siis käytössä 4,5 MHz molempiin suuntiin (joitakin alueellisia rajoituksia tosin on, koska samalla kaistalla on elinkeinoelämän PMR-laitteita). Kanavaväli on 1,275 MHz. Verkon peittoalue kattaa käytännössä koko Suomen.

Lukijan, joka haluaa vielä perehtyä Flash-OFDM –teknologiaan, kannattaa perehtyä viitedokumenttien [L1-30], [L1-31] ja [L1-32] sisältöihin.

Seuraavassa kronologisesti viimeaikaiset tapahtumat @450-verkon muodonmuutoksesta:

1) Digitan tiedote 1.6.2010 kertoo kesän 2010 tilanteen:

Digita selvittää 450-laajakaistaliiketoiminnan jatkomahdollisuuksia

Digita on päättänyt, ettei se itse enää jatka @450-laajakaistaliiketoimintaa. Kaupalliseen käyttöön 1.4.2007 avatun @450-verkon liittymämäärän kehitys ei ole vastannut odotuksia suhteessa koko maan kattavaan verkkoon. Päätelaitteiden tarjonta ja niiden saatavuus ovat olleet ennakoitua heikompaa. Keskusteluja liiketoiminnan jatkosta on käyty jo pidempään, ja Digita toivoo ratkaisun löytyvän kesän aikana.

”Olemme päättäneet luopua @450-laajakaistaliiketoiminnasta. Kartoitamme nyt eri vaihtoehtoja alan toimijoiden kanssa yhteistyössä ja katsomme, löytyykö liiketoiminnalle jatkajaa. Perusteet lopettamispäätökselle ovat selkeät - nykyisillä tilaajamäärillä ja kehityksellä positiivisen kassavirran luominen ei ole mahdollista”, sanoo johtaja Kari Risberg Digitasta.

Langaton @450-laajakaistaverkko on mobiili 450 MHz -taajuusalueen digitaalinen matkaviestinverkko, jossa Digita toimii verkko-operaattorina. @450-liittymiä on yhteensä vain yli 18 000. Niiden osuus kaikista laajakaistaliittymistä on marginaalinen, alle yhden prosentin. Tällä hetkellä voimassa olevat liittymät toimivat normaalisti ja palvelu jatkuu toistaiseksi. Digita tiedottaa asian etenemistä tarkemmin tuonnempana.

2) Seuraava vaihe @450-verkon tulevaisuuden suhteen: Lehdistötiedote 22.12.2010:

Digita ja Datame ovat sopineet @450-laajakaistaliiketoiminnan jatkosta
22.12.2010 klo 10:00

Digita Oy ja Datame Oy ovat allekirjoittaneet sopimuksen liiketoimintasiirrosta koskien Digitan @450-laajakaistaliiketoimintaa.

Kaupan johdosta 450 MHz laajakaistaan liittyvä liiketoiminta ja toimilupa siirtyvät Datame Oy:n hallintaan. Datame Oy jatkaa laajakaistaliiketoimintaa toistaiseksi nykyisellä Flash-OFDM -teknologialla. Kaupan toteutuminen edellyttää viranomaisten hyväksynnän.

"Datame on 30.11.2010 lanseerannut 4G-verkkonsa ja katsoo, että nyt hankittavalla palvelukokonaisuudella Datamen palvelutarjonta monipuolistuu ja palvelujen peittoalue laajenee valtakunnalliseksi. 450-verkon osalta tähtäämme nykyistä laajempaan yhteistyöhön myös viranomaiskäyttäjien suhteen", sanoo Datame Oy:n toimitusjohtaja Asmo Uljanoff.

"Digita on tyytyväinen nyt Datamen kanssa käynnistyvään yhteistyöhön. Sopimuksen myötä Digita tarjoaa infra- ja tukipalveluita Datamelle ja näemme erinomaisia mahdollisuuksia yhteistyön syventämiselle ja laajentamiselle jatkossa", sanoo Digita Oy:n toimitusjohtaja Sirpa Ojala.

3) Lehdistötiedote 20.01.2011:

Valtioneuvosto hyväksyy 450-verkon kaupan.
20.01.2011 klo 14:00

Valtioneuvosto on antanut ennakkopäätöksen, jossa se hyväksyy 450 MHz:n laajakaistaverkkoa operoivan Digiset Oy:n osakekannan myynnin Datame Oy:lle.

Digiset Oy on Digita Oy:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Ostaja Datame Oy on yhden-toista Finnet-ryhmään kuuluvan alueellisen puhelinyhtiön omistama verkko- ja palveluoperaattori. Yhtiö on perustettu vuonna 2003.

450-verkon liiketoiminta ja toimilupa siirtyvät kaupan myötä Datame Oy:lle.

4) Digitoday 20.1.2011: @450-verkko haluaa vaihtaa tekniikkaa

20.1.2011 14:29 Datame ostaa @450-laajakaistaverkon Digitalta, jos se saa toimilupa muutoksen.

Valtioneuvosto ilmoittaa hyväksyneensä 450 megahertsin laajakaistaverkon siirtymisen Finnet-operaattori Datamelle. Myyjänä on jakeluyhtiö Digita.

Kyseessä on ennakkopäätös. Kauppa käsittää @450-verkon liiketoiminnan ja toimiluvan.

Datame hakee @450-verkkoon toimilupamuutosta. Toimilupa tulisi maininta teknologianeutraalista verkosta. Nykyinen laajakaistaverkko on rakennettu flash-ofdm-tekniikalle, joka on käymässä vanhaksi. Datamen mukaan Qualcomm ja Nokia Siemens ovat aloittaneet tekniikan alasajon.

Datame mainitsee vaihtoehtoisina tekniikoina CDMA-standardin ja LTE-verkot.

Toimilupamuutos on lausuntokierroksella. Kierroksen jälkeen valtioneuvosto päättää lopullisesti @450-verkon myynnistä. Yritysjärjestely on määrä hyväksyä helmikuussa.

5) Lehdistötiedote 24.2.2011:

Valtioneuvosto hyväksyi @450-laajakaistaverkon toimilupamuutoksen
24.02.2011 klo 15:00

Valtioneuvosto on hyväksynyt 450 MHz taajuusalueen toimilupa haetun muutoksen. Muutos koski @450-laajakaistaverkon teknologiariippumattomuutta. @450-laajakaistaverkon kehittäminen tulevaisuuden tarpeita vastaavaksi on nyt saanut paremmat lähtökohdat.

Digita Oy ja Datame Oy allekirjoittivat 17.12.2010 sopimuksen koskien Digitan @450-laajakaistan liiketoiminnan siirtoa. "Datame on erittäin tyytyväinen valtioneuvoston päätökseen. Päätös auttaa rakentamaan loppukäyttäjän kannalta hyviä ja kustannustehokkaita laajakaistapalveluita. @450-verkon osalta tähtäämme nykyistä laajempaan yhteistyöhön myös viranomaiskäyttäjien suhteen", toteaa toimitusjohtaja Asmo Uljanoff.

Valtioneuvoston päätöksen myötä sopimuksessa olleet viranomaislupiin liittyneet ehdot kaupan toteutumisesta ovat täyttyneet ja kaupan viimeistelytoimet käynnistyvät välittömästi.

@450-laajakaistaverkon asiakkaat voivat jatkaa keskeytyksettä nykyisen verkon käyttöä.

6) Digitoday: Operaattori vaihtaa uudet laitteet 450-verkon asiakkaille

24.2.2011 14:17 Verkko- tai palveluoperaattori joutuu hankkimaan kuluttajille uudet laitteet Flash-OFDM –tekniikkaa käyttävien tilalle.

Valtioneuvosto hyväksyi tänään 450-laajakaistaverkkoa koskevan toimiluvan muutoksen. Muutos tekee verkosta teknologianeutraalin.

Aiempi toimilupa salli 450-verkossa ainoastaan Flash-OFDM –tekniikan käytön. Tekniikka on käynyt vanhaksi ja sen tuki on loppunut.

Toimilupamuutosta haki verkon uusi omistaja Datame. Finnet-ryhmään kuuluva operaattori hankki toimiluvan Digitalta. Datame aikoo rakentaa taajuusalueelle verkkonsa CDMA-tekniikan pohjalta.

Muutos tarkoittaa sitä, että kalliit Flash-OFDM -laitteet ovat tulleet tiensä päähän. Laajakaistaverkon käyttäjien pitää hankkia tilalle uudet päätelaitteet.

Valtioneuvosto edellyttää, etteivät kuluttajat saa kärsiä tekniikan muutoksesta. Viestintäneuvos **Antti Kohtala** tarkentaa, ettei kuluttajien kuulu hankkia uusia päätelaitteita eikä kustantaa esimerkiksi antennien muutostöitä.

– Joku muu kuin kuluttaja maksaa laitteet. Maksaja on verkko-operaattori tai palveluoperaattori, Kohtala korostaa.

Nyt on siis toimilupa siirtynyt Datame Oy:lle ja toimilupa on tehty teknologiariippumattomaksi. 20.1.2011 päivätyn uutisen (ks.yltä) mukaan vaihtoehtoisina teknologioina ovat CDMA ja LTE. Näistä CDMA sopisi aika optimaalisesti käytettävissä olevaan kaistaan, koska sen yhden kantoaallon leveys 1,25 MHz on sama kuin Flash-OFDM:ssä. Kaistaa riittää kolmelle kantoaallolle. CDMA:n etuna on lisäksi se, että se on jo kypsää teknologiaa, jolle on runsaasti myös päätelaitetarjontaa. Näin laitekannan vaihto voisi alkaa nopealla aikataululla.

8 WLAN

8.1 Yleistä

WLAN (Wireless Local Area Network) -termi kuvaa langattomia paikallisverkkoja, joiden peitto / kuuluvuus on korkeintaan muutama sata metriä. Yleensä verkossa on tukiasema (= Access Point = AP, myös HotSpot nimeä käytetään), johon asiakaslaitteet ovat yhteydessä ja jonka välityksellä ne voivat kommunikoida keskenään ja päästä myös julkisiin tai suljettuihin verkkoihin.

WLAN-verkkojen tekniikka perustuu yleensä IEEE:n standardisarjaan 802.11, joka määrittelee kahden alimman kerroksen ominaisuudet ja toiminnallisuudet. Nämä kerrokset ovat PHY ja MAC. Standardin kehittyessä muutoksia on tullut lähinnä fyysiseen kerrokseen PHY, jossa käytetty hajaspektritekniikka ja modulaatio määrittävät radiokanavan ominaisuudet. Myös ETSI on määritellyt omat HiperLAN-standardinsa, mutta näiden mukaisia laitteita ei juuri markkinoilta löydy.

IEEE:n WLAN-standardia tulemaan on syntynyt teollisuuslähtöinen Wi-Fi Alliance (<http://www.wi-fi.org/>), jossa on jäseniä useita satoja ja joka edistää standardin käyttöä ja sertifioi laitteita yhteensopivuuden takaamiseksi.

8.2 Standardin IEEE 802.11 kehitys

IEEE Std 802.11 on vuosien varrella elänyt ja kehittynyt saaden uusia kirjaintunnuksia. Seuraavassa lyhyt katsaus standardin kehittymiseen:

IEEE 802.11

- alkuperäinen v. 1997 julkaistu standardi
- PHY: taajuushyppely (FHSS), suorasekvenssi (DSSS), infrapuna (IR)
- nopeudet: 1 ja 2 Mbit/s
- taajuusalue: 2.4 GHz (ISM)
- salaus: WEP (Wired Equivalent Privacy)

IEEE 802.11b

- julkaistu v. 1999
- PHY: suorasekvenssi (DSSS), CCK (Complementary Code Keying)
- nopeudet: max 11 Mbit/s
- taajuusalue: 2.4 GHz (ISM), kaistaleveys 22 MHz
- salaus: WEP

IEEE 802.11a

- julkaistu v. 1999
- PHY: OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- nopeudet: max 54 Mbit/s
- taajuusalue: 5 GHz, kaistaleveys 20 MHz, 52 alikanavaa

IEEE 802.11g

- julkaistu v. 2003
- PHY: OFDM (myös DSSS yhteensopivuusmuodossa), CCK
- nopeudet: max 54 Mbit/s
- taajuusalue: 2.4 GHz (ISM), kaistaleveys 20 MHz, 52 alikanavaa
- taaksepäin yhteensopiva 802.11b:n kanssa
- salaus: WEP, WPA, WPA2

IEEE 802.11-2007

- tämä standardi yhdisti kaikki edellä mainitut ja niihin tehdyt lisäykset ja korjaukset (tunnuksilla d, e, h, i ja j) samaan dokumenttiin
- hyväksytty 8.3.2007 (IEEE-SA), 30.11.2007 (ANSI)
- dokumentti liitteineen yhteensä 1233 sivua

8.3 Uusin standardi IEEE 802.11n-2009

- draft 2.0 julkaistu v. 2007, lopullinen hyväksyntä 11.9.2009
- PHY: OFDM, MIMO, kaistojen yhdistys $2 \times 20 \text{ MHz} = 40 \text{ MHz}$
- optiona lähettimen säteensuuntaus (Tx BeamForming, TxBF), jolla saadaan kasvatettua peittoaluetta (mutta vain yhdelle vastaanottajalle kerrallaan)
- lyhyt suojaväli GI (Guard Interval): 800 ns $\rightarrow$ 400 ns $\Rightarrow$ symbolinopeus kasvaa 10 %

- nopeudet: jopa 150 Mbit/s / stream, maksimi $4 \times 150 = 600$ Mbit/s (kaikki optiot käytössä)
- taajuualue: 2.4 GHz (ISM) ja 5 GHz, kaistaleveys 20/40 MHz, 52/114 alikanavaa
- muutoksia myös MAC-kerroksella (mm. kehysten yhdistäminen ja ”kimppakuittaus”)
- taaksepäin yhteensopiva 802.11a/b/g -versioiden kanssa, voi vaihtaa dynaamisesti kaistaleveyttä $20 \leftrightarrow 40$ MHz

Kuvasta 9.1 nähdään IEEE 802a/b/g -versioiden teoreettiset maksiminopeudet eri PHY-tekniikoilla ja modulaatioilla. Käytännössä saavutettavat nopeudet jäävät selvästi näiden maksiarvojen alle.

	DSSS		CCK		OFDM							
Modulation	BPSK	BPSK	QPSK		BPSK		QPSK		16-QAM		64-QAM	
Data Rate (Mbps)	1	2	5.5	11	6	9	12	18	24	36	48	54
802.11b (2.4 GHz)	*	*	*	*								
802.11g (2.4 GHz)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
802.11a (5 GHz)					*	*	*	*	*	*	*	*

Kuva 9.1 IEEE 802a/b/g -nopeudet eri modulaatioilla [L1-25]

Kuvassa 9.2 on vertailtu uusinta standardia IEEE 802.11n-2009 vanhempiin saavutettavien maksiminopeuksien osalta.

Nähdään, että:

- yhdellä antennilla (eli yksi striimi) ja 20 MHz kanavalla päästään 65 Mbit/s nopeuteen
- lyhyellä suojavälillä ja 40 MHz kaistalla päästään vastaavasti 150 Mbit/s nopeuteen
- kahdella antennilla (2 striimiä) voidaan päästä 300 Mbit/s nopeuteen

One Spatial Stream (MCS 0-7)				Two Spatial Streams (MCS 8-15)		
802.11a/g Rates	802.11n Mandatory Rates (20 MHz channel)	802.11n Mandatory Rates (40 MHz channel)	Short Guard Interval Enabled	Two Spatial Streams	802.11n Mandatory Rates (40 MHz channel)	Short Guard Interval Enabled
6	6.5	13.5	15	13	27	30
9	13	27	30	26	54	60
12	19.5	40.5	45	39	81	90
18	26	54	60	52	108	120
24	39	81	90	78	162	180
36	52	108	120	104	216	240
48	58.5	121.5	135	117	243	270
54	65	135	150	130	270	300

Kuva 9.2 IEEE 802.11n -nopeusvaihtoehdot [L1-25]

IEEE 802.11n draft 2.0-versio määritteli vain 2 striimiä, mutta lopullisessa hyväksytyssä versiossa on striimien määrä maksimissaan 4, jolloin maksinopeus voisi nousta 600 Mbit/s:iin, katso tarkemmin kuvasta 9.3.

MCS Index	Modulation	R	$N_{BPSCS}(i_{SS})$	N_{SD}	N_{SP}	N_{CBPS}	N_{DBPS}	N_{ES}	Data rate (Mb/s)	
									800 ns GI	400 ns GI
24	BPSK	1/2	1	108	6	432	216	1	54.0	60.0
25	QPSK	1/2	2	108	6	864	432	1	108.0	120.0
26	QPSK	3/4	2	108	6	864	648	1	162.0	180.0
27	16-QAM	1/2	4	108	6	1728	864	1	216.0	240.0
28	16-QAM	3/4	4	108	6	1728	1296	2	324.0	360.0
29	64-QAM	2/3	6	108	6	2592	1728	2	432.0	480.0
30	64-QAM	3/4	6	108	6	2592	1944	2	486.0	540.0
31	64-QAM	5/6	6	108	6	2592	2160	2	540.0	600.0

Kuva 9.3 IEEE 802.11n-parametrit 4:llä striimillä [L1-21]

IEEE 802.11n draft 2.0:n mukaisia laitteita on ollut jo vuosia markkinoilla ja Wi-Fi Alliance on niitä sertifioinut, vaikka lopullinen hyväksyntä onkin puuttunut. Tämän on mahdollistanut se, että tekniset määrittelyt ovat olleet jo pitkään tiedossa, vaikka lopullinen sinetti onkin puuttunut. On odotettavissa, että jatkossa kaikki markkinoille tulevat WLAN-laitteet ovat IEEE 802.11n:n mukaisia.

Lähteissä [L1-18), [L1-19] ja [L1-20] on tarkemmin selvitelty IEEE 802.11n:n parannuksia edellisiin versioihin nähden.

8.4 Standardi IEEE 802.1X-2004

WLAN-standardeihin liittyy oleellisesti myös standardi **IEEE 802.1X-2004**, jossa määritellään verkon käyttöoikeuksiin ja autentikoimiseen liittyvät protokollat ja menettelyt, mm. EAP eli Extensible Authentication Protocol (IETF RFC 3748-2004). WLAN-verkkojen turvallisuusasioista kiinnostuneen lukijan kannattaa tutustua lähteeseen [L1-22], jossa näitä asioita käsitellään varsin perusteellisesti.

9 LAAJAKAISTAISET SATELLIITTIPALVELUT

9.1 Inmarsat BGAN

Inmarsat on perustettu vuonna 1979 hoitamaan puhelinyhteyksiä laivoihin. Vuonna 1999 Inmarsat yksityistettiin ja vuodesta 2005 lähtien se on noteerattu Lontoon pörssissä. Inmarsat omistaa ja operoi tällä hetkellä kolmea globaalia konstellaatiota, joissa on yhteensä 11 satelliittia. Satelliitit ovat geostationäärisessä korkeudessa 37.786 km. Näistä 3 edustaa uusinta sukupolvea Inmarsat-4s, jotka on otettu käyttöön vuosina 2005–2009 ja ovat toimintakykyisiä ainakin vuoteen 2020.

Inmarsat-4s:ää tulee täydentämään vuonna 2012 Astrium rakentama Alphasat-satelliitti, jonka omistaa Euroopan avaruusjärjestö ESA (European Space Agency) ja jota Inmarsat tulee operoimaan. Sen tarkoituksena on tuoda L-kaistan mobiili peitto Eurooppaan, Lähi-Itään ja Afrikkaan. Myös tulevaisuus on turvattu: Boeing on rakentamassa jo seuraavan polven Inmarsat-5s -satelliitteja, jotka laukaistaan vuosina 2013–2014 ja jotka muodostavat perustan Inmarsatin Global Xpress -verkolle. Ne tulevat toimimaan Ka-taajuuksalueella ja mahdollistavat jopa 50 Mbit/s -nopeudet alasuuntaan (5 Mbit/s yläsuuntaan) n. 60 cm antennilla.

Inmarsatin **BGAN (Broadband Global Area Network)** -palvelu tarjoaa ja yhtäaikaista puheen- ja laajakaistadatasiiirron keveillä ja helposti siirrettävillä laitteilla maapallon joka kolkassa. Palvelun ominaisuudet ovat seuraavat:

- puhe (sekä piiri- että pakettikytketty)
- puheen kanssa samanaikainen datasiirto, määräpohjainen laskutus
- IP-datasiirto jopa 492 kbit/s -nopeudella (jaettu kanava)
- striimaattu IP- datasiirto jopa 384 kbit/s -nopeudella, taatut nopeusluokat tarvittaessa (32, 64, 128 ja 256 kbit/s)
- ISDN-datasiirto 64 kbit/s
- tekstiviestit läppärin avulla mobiililaitteisiin
- vakiokäyttöliittymänä läppärillä LaunchPad (sama kaikissa päätelaitteissa)
- päätelaitteivalikoima yhden käyttäjän laitteista työryhmän varustukseen (myös WLAN)
- 24/7-käyttötuki partnereiden kanssa

Tarkempaa tietoa Inmarsatin palveluista löytyy osoitteesta: <http://www.inmarsat.com>.

Inmarsatin (ja myös muita satelliitti)palveluja tarjoaa ja myy Suomessa TELEMAR Finland, <http://www.telemar.fi>

9.2 DVB-RCx

DVB (Digital Video Broadcasting)-projekti on markkinavetoinen, yksityisten ja julkisten televisioalan yritysten muodostama konsortio, jossa on yli 200 jäsentä yli 25 maassa ja joka määrittelee, miten digitaalista mediaa (erityisesti MPEG-2 -perustaista digitaalista televisiosignaalia) siirretään eri tiedonsiirtoyhteyksillä. Sen tunnetuimmat aikaansaannokset eli ETSIn hyväksymät standardit ovat:

- DVB-T/T2 digitaalinen maanpäällinen televisio
- DVB-C/C2 digitaalinen kaapelitelevisio
- DVB-S/S2 digitaalinen satelliittitelevisio
- DVB-H digitaalinen mobiilitelevisio
- DVB-IP MPEG-2 -siirto IP-verkoissa, IPTV

Näiden lisäksi DVB-projekti on määritellyt joukon standardeja, joiden avulla voidaan toteuttaa interaktiivisia, laajakaistaisia Internet-palveluja. Näissä laajakaistainen alasuunta eli verkosta päätelaitteeseen hoidetaan jollakin yllämainitulla DVB-X -tekniikalla (esim. DVB-S/S2) ja interaktiivinen, kapeampikaistainen kanava hoidetaan joko satelliittiteitse tai jollakin muulla tiedonsiirtotekniikalla (puhelinverkko, GSM, kaapelitelevisioverkko,...). Näistä standardeista ovat esimerkkeinä:

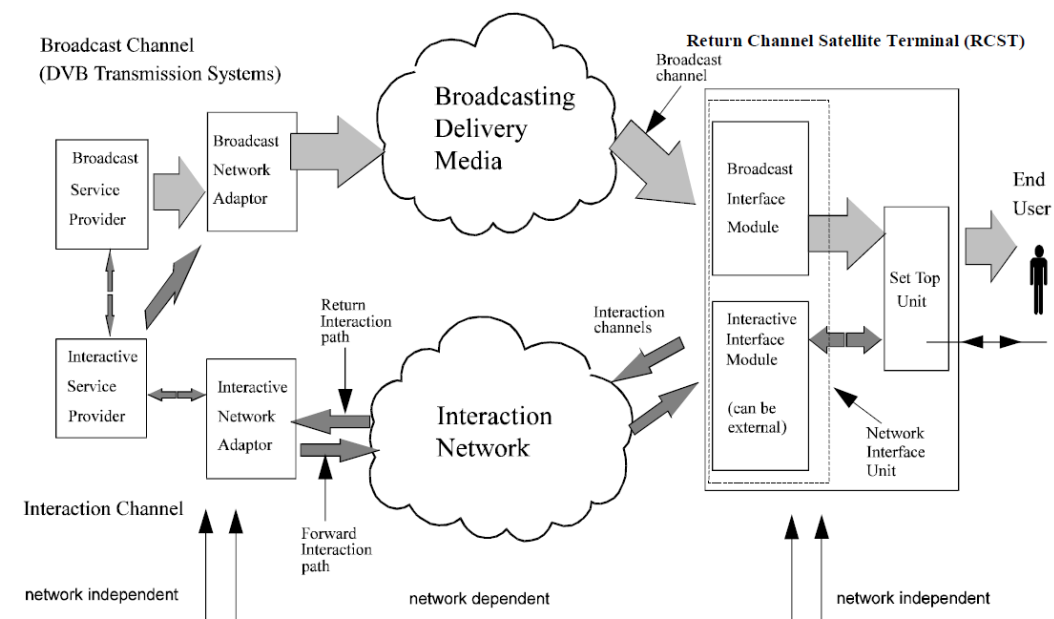
<u>standardi</u>	<u>ETSI</u>	<u>interaktiivinen kanava</u>
- DVB-RCS	EN 301 790	satelliitti
- DVB-RCP	ETS 300 801	puhelinverkko (PSTN/ISDN)
- DVB-RCG	EN 301 195	GSM-verkko
- DVB-RCC	ES 200 800	kaapelitelevisio (CATV)
- DVB-RCT	EN 301 958	maanpäällinen Digi-TV -verkko

Geneerinen interaktiivisen järjestelmän viitemalli on kuvassa 10.1. Palvelun tarjoajan ja käyttäjän välillä on kaksi kanavaa:

- Yksisuuntainen laajakaistainen yleisjakelukanava (broadcast). Tämä voi myös sisältää interaktiivisen myötakanavan.
- Kaksisuuntainen interaktiivinen kanava, joka koostuu paluukanavasta käyttäjältä palveluntarjoajalle ja myötakanavasta palveluntarjoajalta käyttäjälle

DVB-RCS (Return Channel via Satellite)-tekniikassa myös interaktiivinen kanava on toteutettu satelliitin välityksellä, joten se ei tarvitse mitään muuta verkkoa avuksi ja soveltuu siis käytettäväksi missä tahansa. Yläsuunta (käyttäjältä verkkoon) hoidetaan MF-TDMA (Multi Frequency-Time Division Multiple Access)-tekniikalla.

DVB-RCS-standardi on alun perin luotu vuonna 1999 ja siihen tehtiin v. 2008 iso remontti, jolloin se sai nimeensä lisäyksen +M (Mobile) merkiksi uusista, lähinnä päätelaitteen liikkuvuuteen liittyvistä uusista ominaisuuksista. Vuonna 2009 on aloitettu uuden sukupolven standardin kehitystyö, joka on saanut nimekseen DVB-RCS NG (NG = Next Generation).



Kuva 10.1 Geneerisen interaktiivisen järjestelmän viitemalli [L1-31]

9.3 Kaupallisia satelliittipalveluja

Merkittäviä tietoliikennesatelliittioperaattoreita Euroopassa on (Inmarsatin lisäksi) kaksi: Eutelsat ja SES Astra.

9.3.1 Eutelsat (www.eutelsat.net)

Eutelsatilla on kymmeniä satelliitteja, joista tunnetuimmat ovat Hot Bird, Eurobird, W-sarja, Sesat ja Atlantic Bird, katso tarkemmin kuvasta 10.2. Hot Bird asemassa 13.0°E on näistä Suomessa tunnetuin, koska sen peitto on hyvä ja sieltä löytyy yli 1100 TV/Radio-kanavaa, joista useampi sata on ilmaisia. Transpondereitakin (taajuuskohtainen yksikkö, jossa lukuisia kanavia multipleksattu yhteen kantaaltoon) on kymmeniä, joista useimmista löytyy kanava datasiirtokäyttöön.

EUTELSAT COMMUNICATIONS' WHOLLY-OWNED SATELLITES

SATELLITE	ORBITAL POSITION	COVERAGE
HOT BIRD™ 6	13° East	Europe, North Africa, Middle East
HOT BIRD™ 8	13° East	Europe, North Africa, Middle East
HOT BIRD™ 9	13° East	Europe, North Africa, Middle East
EUROBIRD™ 1	28.5° East	Europe
EUROBIRD™ 2	25.5° East	Europe, North Africa, Middle East
EUROBIRD™ 3	33° East	Europe
EUROBIRD™ 4A	4° East	Europe, North Africa, Middle East, Central Asia
EUROBIRD™ 9A	9° East	Europe, North Africa, Middle East
EUROBIRD™ 16	16° East	Europe, Middle East, Indian Ocean islands
SESAT 1	16° East	Europe, North Africa, Middle East
W2M	16° East	Europe, Middle East, Indian Ocean islands
W2A	10° East	Europe, Middle East, Africa
W3A	7° East	Europe, Middle East, Africa
W4	36° East	Africa, Russia
W5	70.5° East	Europe, Middle East, Asia
W6	21.5° East	Europe, Middle East, Africa
W7	36° East	Europe, Africa, Russia, Central Asia
W48 (inclined orbit)	48° East	Central Europe, Middle East, Central Asia
W75 (inclined orbit)	75° East	Middle East, Central Asia
ATLANTIC BIRD™ 1	12.5° West	Europe, Middle East, Americas
ATLANTIC BIRD™ 2	8° West	Europe, Middle East, Americas
ATLANTIC BIRD™ 3	5° West	Europe, Americas, Africa
ATLANTIC BIRD™ 4A	7° West	Middle East

CAPACITY LEASED ON THIRD-PARTY SATELLITES

Kuva 10.2 Eutelsatin kokonaan omistamat satelliitit

Internet-palvelujen toteutukseen EutelSatin satelliiteista löytyy palvelut:

- D-Sat: yritysverkot satelliittien avulla
- D-Star: DVB-RCS -palvelu eli kaksisuuntainen internetpalvelu
- Tooway: halpa, kuluttajakäyttöön tarkoitettu 2-suuntainen internetpalvelu (ei tarvitse mitään muita yhteyksiä)
- OpenSky: halpa, kuluttajakäyttöön tarkoitettu 1-suuntainen internetpalvelu, joka vaatii erillisen paluukanavan

Eutelsat D-Star

Tämän palvelun nimi tulee EutelSatin satelliittiterminaalista, jonka nimi on D-Star. Sen ominaisuuksia ovat:

- DVB-RCS -yhteensopiva
- alasuunnan kanava: DVB-MPEG2 Transport Stream
 - symbolinopeudet 5–42.5 MSym/s
 - bittinopeus jopa 60 Mbit/s
- yläsuunnan kanava: MF-TDMA
 - symbolinopeudet 156, 312, 625 ja 1250 kSym/s
 - bittinopeus jopa 1.2 Mbit/s
- saatavana sekä C- että Ku-taajuusalueen satelliiteille
- verkkoliitäntä: 10/100 base T Ethernet (RJ-45)

Tämän D-Star -terminaalin lisäksi käyttäjä tarvitsee vain satelliittiantennin (halkaisija 1-2 m), mikropään (LNB) ja sopimuksen jonkun palveluoperaattorin kanssa.

Eutelsat Tooway-palvelu

Tämä palvelu on samankaltainen kuin D-Star, mutta suunnattu enemmän kuluttajakäyttöön ja siten edullisempi. Palvelun ominaisuuksia ovat:

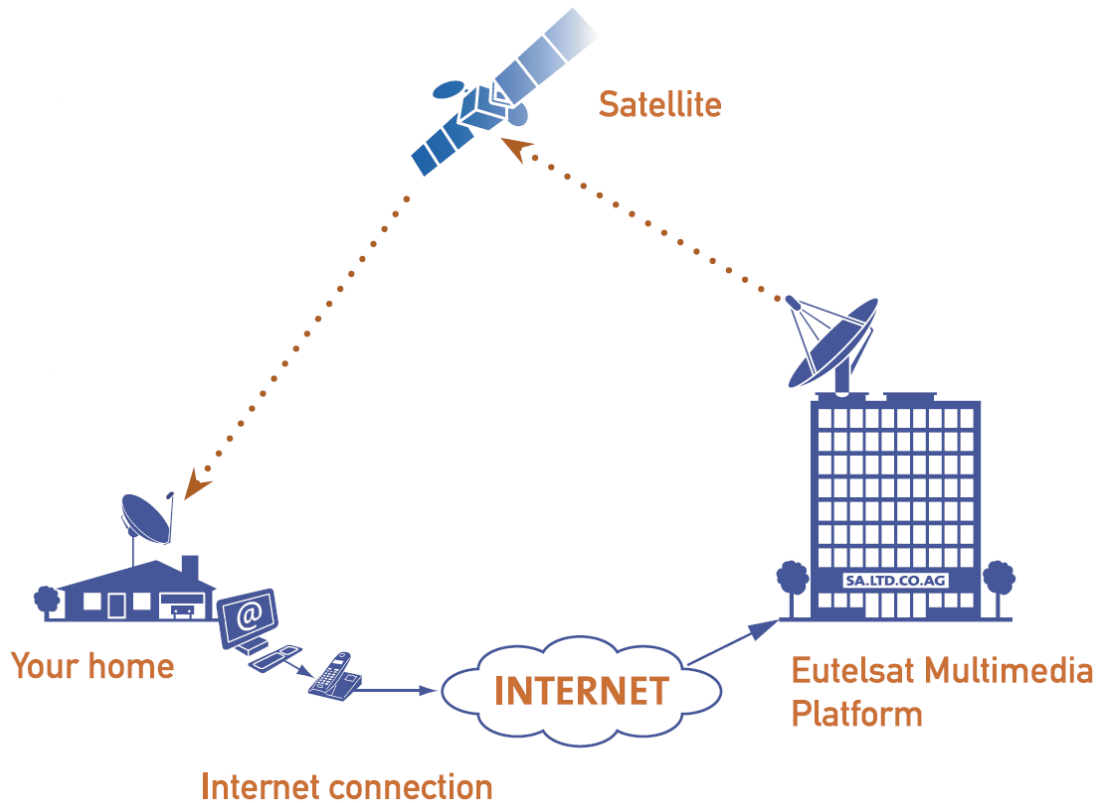
- toimii satelliiteissa Hot Bird 6 (13°E, Ka-alue) ja Eurobird 3 (33°E, Ku-alue)
- antennit: 68 cm (Hot Bird 6) ja 90 cm (EuroBird 3)

- halpa laitepaketti: satelliittimodeemi 10/100 Mbit/s Ethernet-liitännällä + antenni yhdellä mikropäällä yhteensä n. 500 euroa
- lisäpalveluina: satelliitti-TV (DTH), VoIP ja Wi-Fi
- maksiminopeudet: alasuunta 3.6 Mbit/s ja yläsuunta 384-512 kbit/s
- palvelupaketit: perus, pronssi, hopea ja kulta, kuukausimaksut n. 30-120 €/kk riippuen tiedonsiirtotarpeesta
- jälleenmyyjiä 60 kpl 27:ssä Euroopan maassa

EutelSat laukaisee uuden sukupolven satelliitin KA-SAT vuoden 2010 lopussa (tai v. 2011 alussa) positioon 9°E. Tämä satelliitti moninkertaistaa EutelSatin tiedonsiirtokapasiteetin. KA-SAT mahdollistaa kokonaisuudessaan 70 Gbps -kapasiteetin siten, että yksittäiselle käyttäjälle voidaan tarjota alasuuntaan maksimissaan 10 Mbit/s ja yläsuuntaan 4 Mbit/s. KA-SAT on positioltaan niin lähellä Hot Birdiä, että ne voidaan vastaanottaa yhdellä (kahdella LNB:llä varustetulla) antennilla. Näin laajakaista- ja satelliitti-TV -palvelut saadaan samoilla laitteilla.

EutelSat OpenSky-palvelu

Tämä on yksisuuntainen, laajakaistainen satelliittipalvelu, jossa paluukanava hoidetaan jollakin muulla, kapeakaistaisemmalla yhteydellä (esim. GPRS/3G-yhteydellä), katso kuva 10.3. Koska satelliittimodeemin tarvitsee toimia vain vastaanottosuunnassa, modeemina voidaan käyttää halpoja DVB-S/DVB-S2 -satelliittiviritimiä, joita löytyy markkinoilta muutaman kymmenen euron hintaluokassa hyvä valikoima (tämän kirjoittaja hankki juuri Saksasta poistomyyntituotteena olevia USB-liitäntäisiä DVB-S -vastaanottimia n. 5 €/kpl hintaan !).

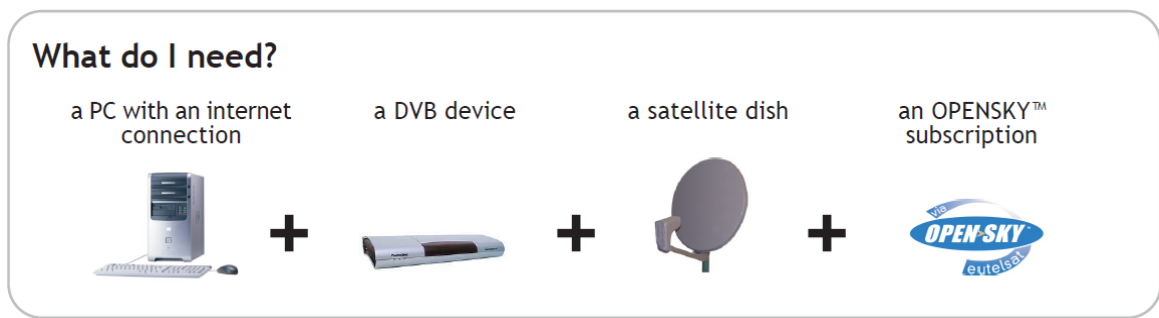


Kuva 10.3 EutelSatin OpenSky-palvelu

OpenSky-palvelussa (esimerkkinä Broadsatin palvelu) on seuraavat ominaisuudet:

- SatSurf: laajakaistainen internet, maksimi 2 Mbit/s (alkaen 18.90€/kk rajattu siirtomäärä, 34.90€/kk rajoittamaton siirto)
- SatTV: satelliittitelevisio DVB-S tai DVB-S2 (ilmainen)
- SatKiosk: ohjelmien, videoiden, musiikin, videopelien tai muun multimedian latauspalvelu (ilmainen), vain W3A Europe -satelliitin kautta, off-line-palvelu
- SatTorrent: kaikenlaisen sisällön jakelu-/latauspalvelu (alkaen 15.90€/kk), vain W3A Europe -satelliitin (7°E) kautta, off-line palvelu
- SatTV Pro: oman TV-kanavan lähetys satelliitin kautta (alkaen 1000€/kk)

Palvelun käytössä tarvittavat laitteet näet kuvasta 10.4. PC:n lisäksi tarvittavat laitteet maksavat n. 100–200 euroa ja muutaman kymppin kuukausimaksulla voi siis saada kohtuullisen laajakaistayhteyden minne tahansa. Lisäksi samalla saa muitakin palveluja, esim. ilmaisia TV-kanavia.



Kuva 10.4 OpenSky -palvelussa tarvittavat laitteet + sopimukset

9.3.2 SES Astra

SES (www.ses.com) on maailmanlaajuinen konserni, joka toimii Euroopassa SES Astra -yhtiön (www.ses-astra.com) kautta. Yhtiö on perustettu v. 1985 ja sillä on kaikkiaan yli 40 satelliittia geostationäärisellä radalla päiväntasaajan yllä.

Astran Euroopassa käytössä olevat satelliitit näkyvät kuvasta 10.5.

19.2° east	28.2° east	23.5° east	5° east	31.5° east
> ASTRA 1H	> ASTRA 2A	> ASTRA 3A	> ASTRA 4A	> ASTRA 1G
> ASTRA 1KR	> ASTRA 2B	> ASTRA 3B		> ASTRA 2C
> ASTRA 1L	> ASTRA 2D			
> ASTRA 1M				

Kuva 10.5 Astran satelliitit Euroopassa

Positiossa 19.2°E olevat satelliitit palvelevat pääasiassa kuluttajia TV- ja radiokanavillaan (DTH = Direct To Home -palvelu). Ne näkyvät Suomessakin 60–100 cm antennilla. Niissä on yli 340 ilmaista TV-kanavaa ja useita ilmaisia HDTV-kanavia.

Positiossa 28.2°E olevat satelliitit palvelevat Englannin ja Irlannin asukkaita (DTH)

Positiossa 23.5°E olevat satelliitit palvelevat Keski- ja Itä-Euroopan asukkaita DTH- ja laaja-kaistapalveluilla. Astra2Connect -palvelu tarjotaan näiden satelliittien kautta.. Kun käytetään

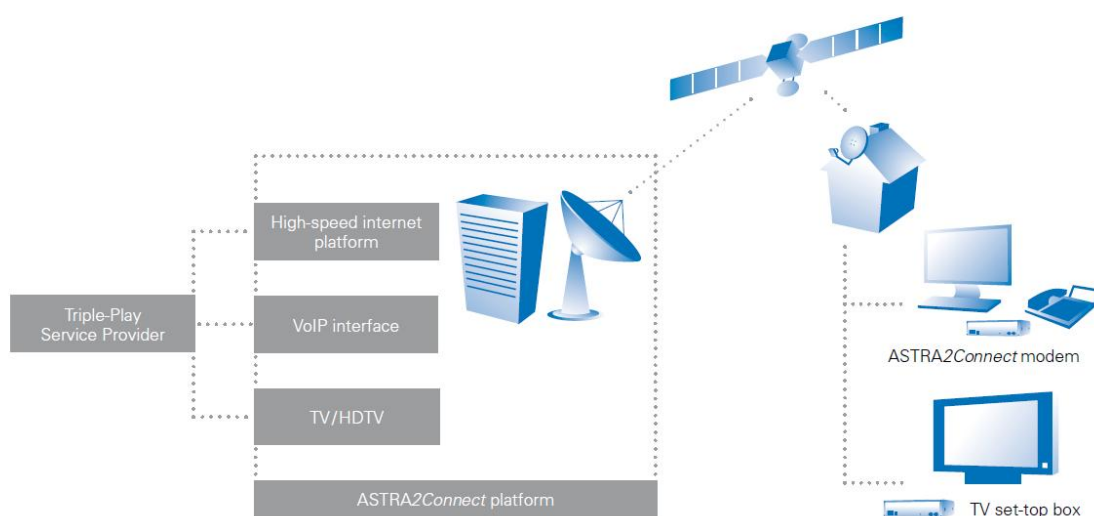
Quad-LNB:ta (sisältää kaksi LNB:tä ja suodattimen yhtäaikaisen vastaanoton ja lähetyksen mahdollistamiseksi), voidaan vastaanottaa kanavat positioista 19.2°E ja 23.5°E (tai 28.2°E ja 23.5°E) samalla antennilla ja jopa samanaikaisesti. Näin saadaan sekä televisio- että laajakais- tapalvelut samoilla laitteilla edullisesti. Astra 3B:lle riittää Etelä- ja Keski-Suomessa alle 100 cm antenni, Pohjois-Suomessa tarvitaan yli 150 cm antenni.

Positiossa 5°E oleva Astra 4A (entinen Sirius) palvelee pohjoismaita, Baltiaa ja Itä-Eurooppaa DTH-palveluilla, mm. ViaSat-elokuvakanavat tulevat Suomeenkin tätä kautta. Myös laajakaistapalveluita. Astra 4A näkyy koko Suomessa 60 cm antennilla (BSS Nordic beam)

Positiossa 31.5°E olevat satelliitit palvelevat pääasiassa maanpäällisen televisionverkon operaattoreita.

Astra2Connect-palvelu

Astra tarjoaa Astra2Connect-palveluaan seuraavin ominaisuuksin (katso kuva 10.6):



Kuva 10.6 Astra2Connect-palvelun periaatekaavio

- kaksisuuntainen, molemmat suunnat satelliitin välityksellä (0.5 W lähetysteho)
- kolme osiota: laajakaista-internet, VoIP ja televisiovastaanotto
- kuukausimaksupohjainen
- edulliset laiteinvestoinnit kuluttajapäässä: antenni, LNB (kaksisuuntainen), satelliittimodeemi ja PC / TV-vastaanotin

- maksiminopeus alasuunnassa 2 Mbit/s, yläsuunnassa 128 kbit/s
- 128-bittinen salaus internet-palveluissa, istuntokohtaiset avaimet
- tiedonsiirron tehostus (kompressio, proxy, TCP-parannukset, sivujen esilataus,...)
- QoS-hallinta VoIP-paketeille

Palvelu sopii erityisesti sellaisiin paikkoihin, joihin ei saada muita (langallisia tai langattomia) internet-yhteyksiä.

Palvelun jälleenmyyjä ei (ainakaan vielä) ole Pohjoismaissa, mutta Keski-Euroopasta niitä löytyy paljon, esimerkkinä StarDSL (<http://www.stardsl.de>) Saksassa. Heidän palvelupakettiansa hinnat alkavat luokasta 20 €/kk. Pohjoismaisia markkinoita auttaisi kehittymään, jos Astran datasiirtopalvelut löytyisivät Astra 4A -satelliitista, jolloin koko Suomessa riittäisi 60 cm antenni.

9.4 Palveluntarjoajia

Tässä esimerkkeinä muutama satelliittipalvelujen tarjoaja, lisää löytyy Eutelsatin ja SES Astran sivuilta:

Broadsat (www.broadsat.com)

- OpenSky -palvelun tarjoaja
- EutelSat Tooway -palvelu (vain Italiassa)
- D-Star -palvelu

MacroSat (www.macrosat.com)

- kaikki palvelut

Kaikki EutelSatin Tooway-palvelun jälleenmyyjät löytyvät linkistä :

[http://www.tooway.com/Purchase/\(country\)/All+Europe](http://www.tooway.com/Purchase/(country)/All+Europe)

Kaikki Astra2Connect-palvelun jälleenmyyjät löydät linkistä:

<http://www.astra2connect.com/where-to-buy/index.php>

Suomessa Inmarsatin satelliittipalveluja ja niiden käytössä tarvittavia laitteita myy **Telemar Oy**: <http://www.telemar.fi>

EutelSatin palveluja Suomessa edustaa myös TeliaSonera, joka aloittaa kuluttajille suunnatun satelliittilaajakaistapalvelun vuoden 2011 ensimmäisellä puoliskolla EutelSatin Tooway-palvelun avulla. Ote lehdistötiedotteesta 11.11.2010:

TeliaSonera Finland ja Euroopan johtava satelliittioperaattori Eutelsat Communications ovat allekirjoittaneet sopimuksen uuden huippunopean satelliittilaajakaistapalvelun tarjoamisesta koko Suomen alueella. Palvelu on suunnitelmien mukaan tarjottavissa asiakkaille vuoden 2011 ensimmäisen vuosipuoliskon loppuun mennessä. Palvelun loppukäyttäjähinta riippuu yhteyden nopeudesta ja siirrettävän datan määrästä. Edullisimmillaan palvelun hinta on alustavasti noin 40 euroa kuukaudessa.

Palvelu toteutetaan Eutelsatin uuden KA-SAT supersatelliitin avulla, joka laukaistaan avaruuteen joulukuun 2010 lopulla. KA-SAT satelliitti mahdollistaa verkosta päin jopa 10 Mb/s siirtonopeuden ja verkkoon päin jopa 4 Mb/s siirtonopeuden.

Palvelu on saatavissa koko Suomeen, mukaan lukien kaikkein syrjäisimmät alueet, jonne ei tällä hetkellä ole saatavissa mitään laajakaistayhteyksiä. Satelliittilaajakaistayhteys toimii lautasantennilla, jonka halkaisija on alle 80 cm. Laajakaistayhteys ei edellytä puhelinyhteyttä, vaan tietokone kytketään suoraan modeemiin Ethernet-kaapelilla.

Lautasantennin ja modeemin hinta-arvio on noin 500 euroa. Mikäli asiakas tarvitsee ulkopuolista asennusapua, mahdolliset asennuskustannukset saattavat nostaa käyttöönottohintaa. Alustavien suunnitelmien mukaan asiakkaille tarjotaan kahta vaihtoehtoa satelliittiyhteyteen. 10/4 Mb/s:n yhteys sisältää 25 Gigatavun kuukausittaisen datasiirron ja 4/1 Mb/s:n yhteys 4 Gigatavun kuukausittaisen datasiirron. Liittymien hinnat ovat arviolta 40–80 euroa kuukaudessa ja ne suunnitellaan tuotavan markkinoille kuukausihinnoiteltuina ja toistaiseksi voimassa olevin sopimuksin. TeliaSoneralla on sopimuksen perusteella oikeus tuotteen myyntiin Suomessa ja muissa Pohjoismaissa.

9.5 WISECOM-projekti

WISECOM (Wireless Infrastructure over Satellite for Emergency **COM**munications) -projekti oli Euroopan komission tukema, puiteohjelmaan 6 (FP6) kuuluva kehityshanke, joka tutki, kehitti ja validoi kenttätestein nopeasti käyttöönotettavia ja helposti kannettavia tietoliikenneverkko- ja hätätilanteiden (luonnonkatastrofien tai teollisuusonnettomuuksien) jälkeiseen kommunikointiin. Hanke kesti 1.9.2006–31.1.2008. Tarkoituksena oli saada katastrofipaikalle viranomaisten käyttöön tietoliikenneverkko, kun normaalisti toiminut verkko on

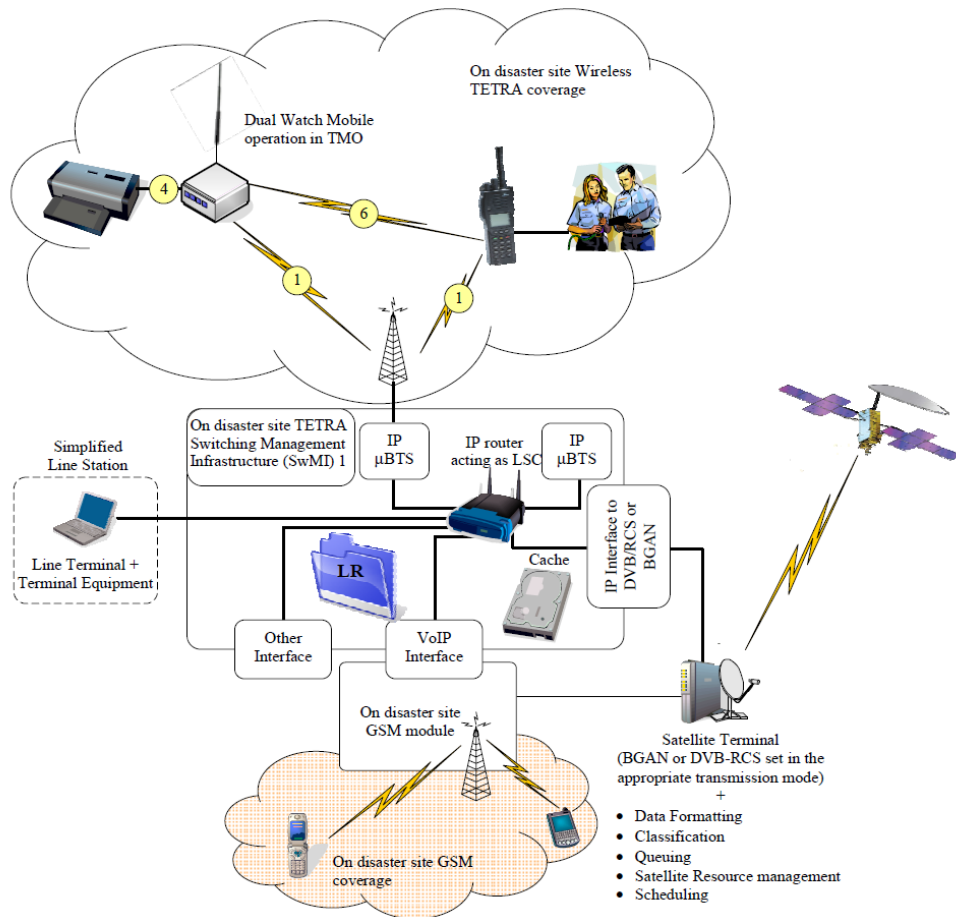
vaurioitunut tai sitä ei ole ollenkaan. Verkko tukee GSM-, UMTS- ja/tai Tetra-puhelimia, WLAN-työasemia, WiMAX-yhteyksiä ja sen yhteydet ulkomaailmaan hoidetaan satelliittiyhteyksien avulla.

Projektissa olivat mukana: koordinaattori German Aerospace Center (Saksa) ja jäsenet TriaGnoSys (Saksa), AnsuR Technologies (Norja), EADS Astrium (Ranska), Steinbeis Foundation Center (Saksa), Reach-U Ltd. (Eesti) ja Alcatel Alenia Space (Ranska).

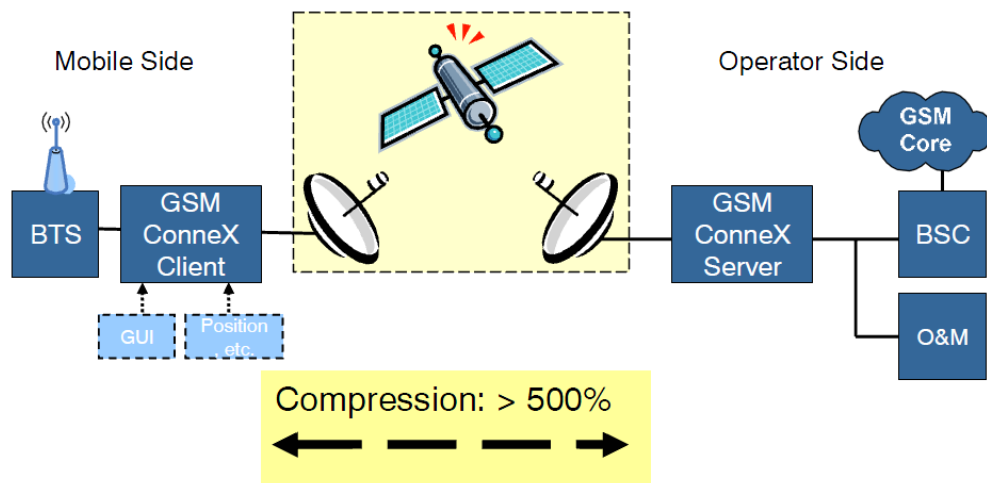
Kuvassa 10.1 on periaatekaavio verkon rakenteesta katastrofipaikalla. Siinä löytyy tuki Tetra-puhelimille, GSM-puhelimille ja työasemille. Satelliittiyhteytenä on Inmarsatin BGAN-palvelu tai ESAn DVB-RCS -palvelu.

Saksalainen firma TriaGnoSys GmbH on tuotteistanut sekä GSM- että 3G-ratkaisut. GSM-ratkaisu GSMConnex näkyy kuvassa 10.2 ja 3G-ratkaisu TriaSat3G kuvassa 10.3.

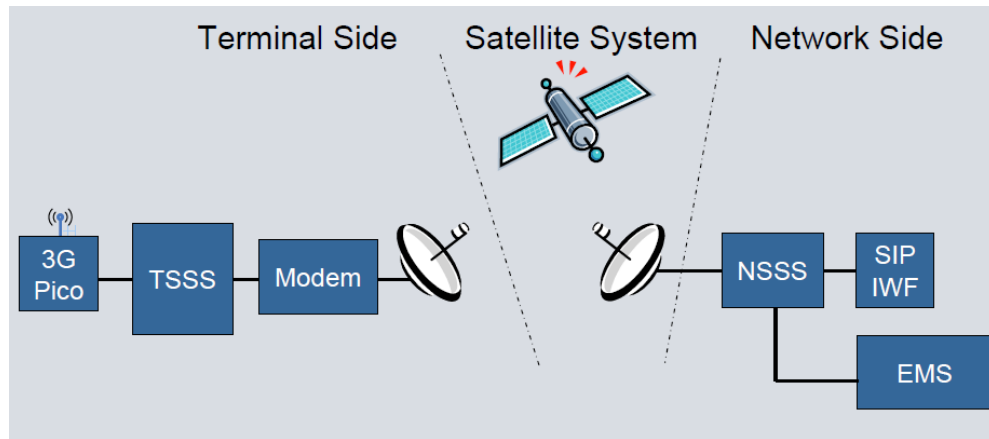
GSMConnex:n idea perustuu siihen, että GSM-tukiaseman BTS ja tukiasemaohjaimen BSC välinen Abis-rajapinta siirretään IP-muodossa satelliittiyhteyden välityksellä. Samalla voidaan siirrettävää dataa kompressoida, jotta satelliittiyhteyden rajallinen kapasiteetti voidaan hyödyntää tehokkaasti. Kompressio siis kasvattaa GSM-puhelukapasiteettia.



Kuva 10.1 Wisecom-arkkitehtuuri katastrofipaikalla [L1-23]



Kuva 10.2 GSMConnex-periaatekaavio [L1-24]



Kuva 10.3 TriaSat3G-periaatekaavio [L1-25]

3G-ratkaisussa TriaSat3G 3G Pico-tukiasema liitetään kiinteään verkkoon TSSS:n (Terminal-Side Sat3G Server) ja NSSS:n (Network-Side Sat3G Server) välityksellä. TSSS sisältää radioverkko-ohjaimen (RNC), mediahdyskäytävän (MGW) ja vierailijarekisterin (VLR) toiminnallisuudet. Puhelunohjaus tapahtuu SIP-protokollalla. NSSS on sijoitettava 3G-verkko-operaattorin laitetiloihin.

Tetra-verkkoratkaisusta ei löydy (ainakaan kirjoitushetkellä) tuotteistettua kaupallista tuotetta.

Lisätietoa WISECOM-projektista löytyy osoitteesta:

<http://www.wisecom-fp6.eu/index.php>

LÄHDELUETTELO

- [L1-1] T. Nakamura: Proposal for Candidate Radio Interface Technologies for IMT-Advanced Based on LTE Release 10 and Beyond (LTE-Advanced). Esitys 3GPP IMT-Advanced Evaluation Workshopissa, Peking 17.–18. joulukuuta, 2009.
- [L1-2] Data Capabilities: GPRS to HSDPA and Beyond. Prepared by Peter Rysavy, Rysavy Research, September 2005. 62 sivua. Linkki: <http://www.rysavy.com>
- [L1-3] 3G Americas: Mobile Broadband: The Global Evolution of UMTS/HSPA, 3GPP Release 7 and Beyond. December 14, 2006. 61 sivua.
- [L1-4] 3GPP: Overview of 3GPP Release 8 V0.1.0, 21.4.2010. 210 sivua.
- [L1-5] LTA_Paper: UTRA-UTRAN Long Term Evolution (LTE) and 3GPP System Architecture Evolution (SAE). 8 sivua.
- [L1-6] TATA Consultancy Services: LTE-Advanced: Future of Mobile Broadband. Syyskuu 2009. 15 sivua.
- [L1-7] Matthew Baker: LTE-Advanced Physical Layer. Esitys IMT-Advanced Evaluation Workshopissa, 17.–18.12.2009 Peking. 48 sivua.
- [L1-8] Senza Fili Consulting (Monica Paolini): Leveraging 802.16e WiMAX Technology in License-Exempt Bands. White Paper, marraskuu 2009. 9 sivua.
- [L1-9] Sprint: Mobile WiMAX: The 4G Revolution Has Begun. 18.12.2009. 20 sivua.
- [L1-10] BP Tiwari: WiMAX 1.5 for Operators. 3.3.2010. 15 sivua.
- [L1-11] BP Tiwari: WiMAX 2.0 for Operators. 24.3.2010. 31 sivua.
- [L1-12] BP Tiwari: Global 4G Operators Update, Half Yearly Wrap-up: First Half 2010. Julkaistu 13.7.2010. 29 sivua.

- [L1-13] WiMAX Forum: WiMAX and the IEEE 802.16m Air Interface Standard. Huhtikuu 2010. 8 sivua.
- [L1-14] WiMAX Forum: WiMAX Forum Position Paper for WiMAX Technology in the 700 MHz Band. Maaliskuu 2008. 25 sivua.
- [L1-15] WiMAX Forum: WiMAX, HSPA+ and LTE: A Comparative Analysis. Marraskuu 2009. 36 sivua.
- [L1-16] ETSI TR 102 627 v1.1.1 (2008-11): Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); System Reference Document; Land Mobile Service; Additional spectrum requirements for PMR/PAMR systems operated by railway companies (GSR-R). Marraskuu 2008. 36 sivua.
- [L1-17] Esko Huovinen (Coronet Oy): GSM-R -järjestelmä (RAILI). 15.4.2010. 19 sivua.
- [L1-18] Novarum Inc.: IEEE 802.11n Wireless LANs: Opportunity and Challenges. Julkaisu 2007. 21 sivua.
- [L1-19] Meraki Inc.: Meraki White paper: 802.11n Technology. Maaliskuu 2009. 23 sivua.
- [L1-20] Motorola White Paper (WP-802.11nDEM): 802.11n Demystified. Helmikuu 2009. 12 sivua.
- [L1-21] IEEE Std 802.11n-2009: IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements. Part 11:Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput. 11.9.2009, 536 sivua.
- [L1-22] Ahmed M. Al Naamany, Ali Al Shidhani, Hadj Bourdouden: IEEE 802.11 Wireless LAN Security Overview. International Journal of Computer and Network Security, VOL.6 No.5B, May 2006. 19 sivua.

- [L1-23] M.Berioli, N.Courville, M.Werner: Integrating Satellite and Terrestrial Technologies for Emergency Communications: the WISECOM Project. 6 sivua.
- [L1-24] TriaGnoSys GmbH: GSMConnex product sheet.
- [L1-25] TriaGnoSys GmbH: TriaSat3G product sheet: Mobile 3G/UMTS over Satellite.
- [L1-26] ETSI EN 301 790 V1.5.1 (2009-05): Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems. Toukokuu 2009, 166 sivua.
- [L1-27] Rysavy Research/3G Americas: TRANSITION TO 4G. 3GPP Broadband Evolution to IMT-Advanced. Syyskuu 2010. 132 sivua.
- [L1-28] 3GPP: Overview of 3GPP Release 99 V0.1.1. Helmikuu 2010. 75 sivua.
- [L1-29] Digitoday: Venäjän armeija perääntyy 800-taajuudelta. Uutinen 17.12.2010. Ladattavissa osoitteesta: <http://www.digitoday.fi/yhteiskunta/2010/12/17/venajan-armeija-peraantyy-800-taajuudelta/201017594/66>
- [L1-30] Helka-Liina Määttänen (Helsinki University of Technology): Flash-OFDM. Kursiaineisto S-72.4210 PG Course in Radio Communications. 21.3.2006. 7sivua.
- [L1-31] Perttu Nihti (Digita Oy): 450 & wireless broadband. 29.5.2006. 11sivua.
- [L1-32] Tapio Syrmä: Mittalaite Flash-OFDM –tekniikalle. Insinööritö Metropolia AMK. 26.11.2008. 36 sivua + liitteet.

LYHENTEET

3GPP	Third Generation Partnership Project
AN	Access Network
BS	Base Station

BSS	Base Station Subsystem
CCK	Complementary Code Keying (WLAN-tekniikka)
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
CS	Circuit Switched (piirikytkentäinen)
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum (suorasekvenssihajapektritekniikka)
EDGE	Enhanced Data rates for Gsm Evolution
eMLPP	enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption service (GSM-R)
eNB	evolved NodeB (E-UTRAN -tukiasema)
EMS	Enhanced Messaging Service
EPC	Evolved Packet Core (3GPP Release 8)
E-UTRAN	Evolved - UMTS Terrestrial Radio Access Network
FDD	Frequency Division Duplex
FDM	Frequency Division Multiplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum (taajuushyppelyhajapektritekniikka)
Flash-OFDM	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff - OFDM
GCR	Group Call Register (GSM-R)
GERAN	Gsm Edge Radio Access Network
GGSN	Gateway to GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
GSM-R	GSM for Railways
GSM-RE	GSM for Railways Extended spectrum
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IMS	IP Multimedia Subsystem
ISM	Industrial Scientific Medical (lissensivapaa taajuusalue)
LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
LOS	Line-of-Sight (näköyhteys)
MAC	Medium Access Control layer
MAN	Metropolitan Area Network

MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service (3GPP Release 6)
MIMO	Multiple Input Multiple Output (älyantennitekniikka)
MME	Mobility Management Entity (EPC:n toiminnallinen osa)
MS	Mobile Station
MT	Mobile Termination
NLOS	Non-Line-of-Sight (ei näköyhteyttä)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PCRF	Policy Control and Charging Rules Function (3GPP Release 8 SAE)
PBCC	Packet Binary Convolutional Code (WLAN-modulaatio)
PLMN	Public Land Mobile Network
PS	Packet Switched (pakettikytkentäinen)
QoS	Quality of Service
RTP	Real Time Protocol
SAE	System Architecture Evolution (3GPP Release 8)
SC-OFDMA	Single Carrier - Orthogonal Frequency Division Multiple Access
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UPE	User Plane Entity (EPC:n toiminnallinen osa)
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VBS	Voice Broadcast Service (GSM-R:n puhejakelupalvelu)
VGCS	Voice Group Call Service (GSM-R:n ryhmäpuhelu)
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WEP	Wired Equivalent Privacy (WLAN-salausalgoritmi)
Wi-Fi	Wireless Fidelity (IEEE 802.11:n kaupallinen nimi)
WiMAX	Worldwide interoperability for Microwave Access (IEEE 802.16)
WLAN	Wireless Local Area Network



KANSAINVÄLINEN KATSAUS

Tämä dokumentti on liite Pelastusopiston tutkimushankkeen ”Pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeet tulevaisuudessa” loppuraporttiin.

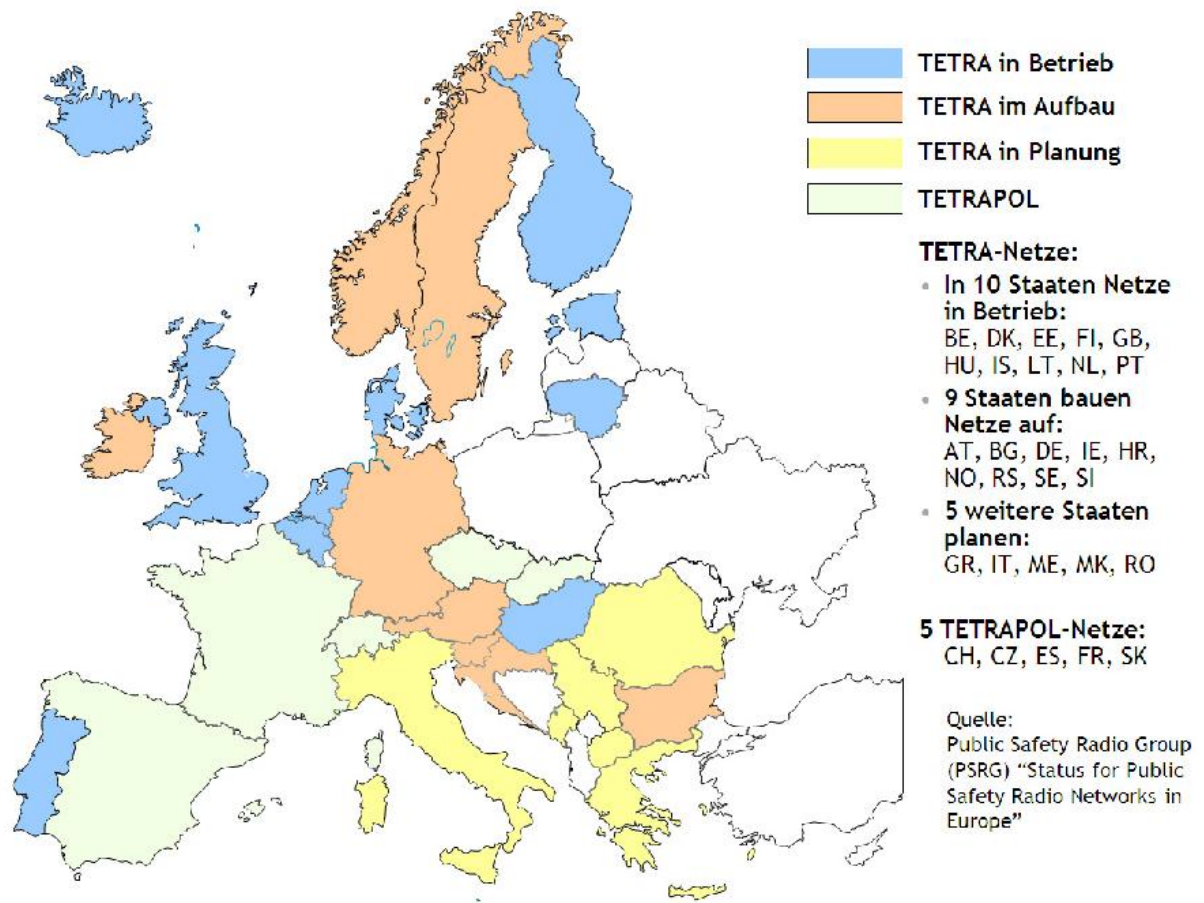
Liitteessä on lyhyet kuvaukset Tetra-standardin mukaisista suurimmista verkoista Euroopassa (pois lukien Suomen VIRVE). Lisäksi tässä liitteessä kuvataan luettelonomaisesti kansainvälisiä julkisen turvallisuusalan (Public Safety & Security = PSS) yhteistyöjärjestöjä, yhteisöjä ja eurooppalaisia alan kehitysprojekteja. Myös muutama arkkitehtuuriprojekti, joilla on (tai ainakin pitäisi olla) liittymäkohtia pelastustoimen ja hätäkeskuslaitoksen tietojärjestelmien kehitysprojekteihin, tuodaan linkkien avulla esille. Näitä kaikkia kannattaisi pitää silmällä ja jopa osallistua tärkeimpien työhönkin resurssien puitteissa. Lisätietoa kustakin asiasta löytyy mukana olevista linkeistä.

SISÄLLYSLUETTELO

1	TETRA-VERKOT MUUALLA EUROOPASSA.....	1
1.1	Saksan BOSNet.....	2
1.2	Iso-Britannian AirWave.....	3
1.3	Hollannin C2000.....	3
1.4	Portugalin SIRESP.....	3
1.5	Norjan Nødnett	3
1.6	Belgian ASTRID.....	3
1.7	Unkarin EDR	4
1.8	Ruotsin RAKEL.....	4
2	TURVALLISUUSALAN YHTEISTYÖJÄRJESTÖJÄ JA YHTEISÖJÄ	5
3	EUROOPPALAISIA ALAN KEHITYSPROJEKTEJA.....	6
4	LINKKEJÄ ARKKITEHTUURIASIOIHIN	12

1 TETRA-VERKOT MUUALLA EUROOPASSA

Tetra-verkkoja löytyy maailmalta yli 110 maasta. Euroopan tilanne digitaalisten ja maanlaajuisten PMR-verkkojen osalta näkyy kuvasta 1.1.



Kuva 1.1 Maanlaajuiset digitaaliset PMR-verkot Euroopassa [www.bdbos.bund.de]

Tetra-verkkoja on käytössä (siniset): Suomi, UK, Islanti, Hollanti, Belgia, Unkari, Viro, Lietua, Tanska ja Portugali.

Tetra-verkkoja on rakenteilla (ruskeat): Ruotsi, Norja, Saksa, Itävalta, Irlanti, Bulgaria, Slovenia ja Kroatia.

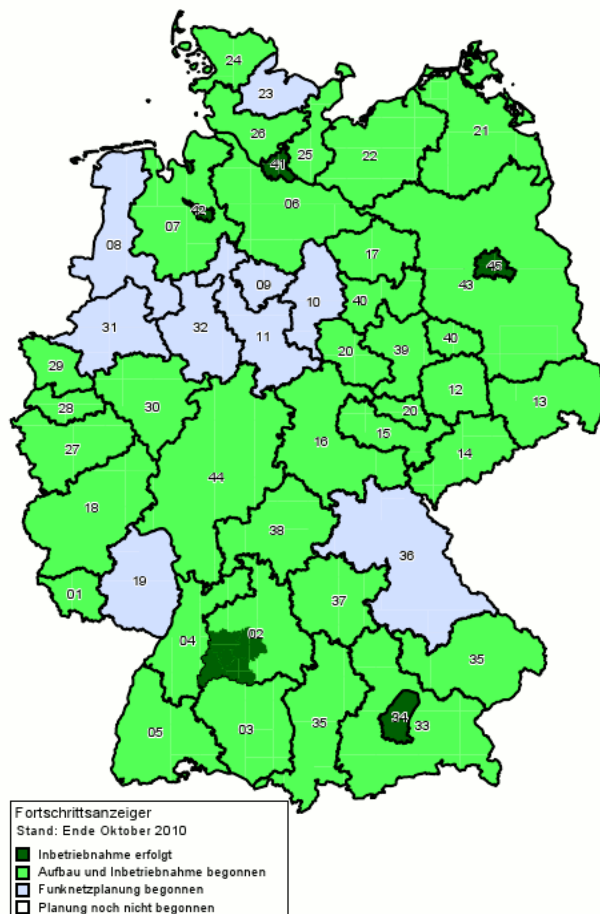
Tetra-verkkoja suunnitellaan rakennettavaksi (keltaiset): Kreikka, Italia, Romania, Montenegro, Serbia ja Makedonia.

Lisäksi seuraavissa maissa on TetraPol-verkot (vaalean keltainen): Ranska, Espanja, Tsekki, Slovakia ja Sveitsi. Näissä maissa on myös paikallisia Tetra-verkkoja.

Seuraavassa lyhyet katsaukset Euroopan suurimpien Tetra-verkkojen tilanteeseen. Annetut määrä- ja kapasiteettilukuarvot on kerätty eri lähteistä (pääasiassa Tetra Associationin sivuilta ja operaattoreiden sivuilta ja ne ovat yleensä arvioita, eivätkä siis välttämättä vastaa nykytilannetta.

1.1 Saksan BOSNet

Saksaan on rakenteilla tilaajamäärältään Euroopan suurin verkko: ennustettu käyttäjämäärä ylittää 500 000. Verkon infran toimittaa Cassidian (entinen EADS SN), keskuksia on yli 60 ja tukiasemia yli 4000. Kuvasta 1.2 ilmenee verkon rakennustilanne lokakuussa 2010 (vihreä = rakenteilla ja palvelu jo käynnissä, harmaa = radioverkkosuunnittelu käynnissä).



Kuva 1.2 BOSNet lokakuussa 2010 [www.bdbos.bund.de]

1.2 Iso-Britannian AirWave

Euroopan toiseksi suurin verkko on käytössä UK:ssa (Englanti, Wales, Skotlanti ja Pohjois-Irlanti). Käyttäjämäärä on n. 220 000. Verkon infran toimittaa Motorola, keskusten määrästä ei ole tietoa ja tukiasemia on n. 3600. Lisäksi Lontooseen on rakenteilla erillinen Tetra-verkko vielä ennen v. 2012 olympialaisia, joissa se on ensi kertaa tosikäytössä.

1.3 Hollannin C2000

Hollannin C2000-verkko palvelee n. 85 000 tilaajaa. Verkon infran on toimittanut Motorola, keskusten määrästä ei ole tietoa ja tukiasemia on n. 455.

1.4 Portugalin SIRESP

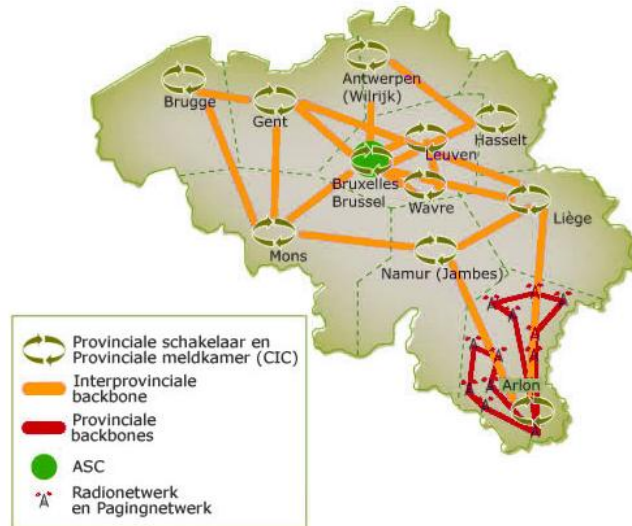
Portugalin SIRESP-verkon on toimittanut Motorola. Sen tilaajamääräksi on ennustettu 53 500 v. 2010 lopussa.

1.5 Norjan Nødnett

Norjan Nødnett-verkon toimittaa Motorola. Sen käyttäjämäärätavoitteena on 40 000 v. 2012 aikana. Keskusten määrästä ei ole tietoa, tukiasemia tulee n. 2000. Tavoitteena on 80 %:n peitto pinta-alasta ja lähes 100 % väestöstä.

1.6 Belgian ASTRID

Belgian Astrid-verkon tilaajamäärä on yli 40 000. Verkon infran on toimittanut Cassidian, keskuksia on 11, tukiasemia on yli 500. Suurin käyttäjä on poliisi, yli 20 000 tilaajaa, pelastustoimella on n. 8 500 tilaajaa.



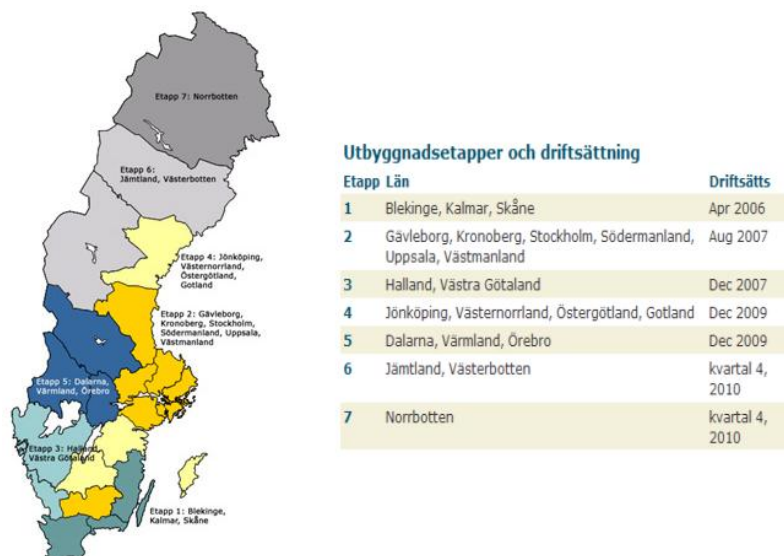
Kuva 1.3 ASTRIDin rakenne

1.7 Unkarin EDR

Unkarin EDR-verkon toimittaa Cassidian ja sen käyttäjämääräksi on arveltu n. 37 000. Keskuksia on 4 ja tukiasemia 242.

1.8 Ruotsin RAKEL

Ruotsin RAKEL-verkon on toimittanut Cassidian. Tilaajamäärä oli 22 000 v. 2009 lopussa. Suurin käyttäjä on poliisi, n. 16 000 käyttäjää. Oheisesta kuvasta 1.4 nähdään, että RAKELin pitäisi olla v. 2010 maankattava.



Kuva 1.4 RAKELin rakennusvaiheet

2 TURVALLISUUSALAN YHTEISTYÖJÄRJESTÖJÄ JA YHTEISÖJÄ

CELTIC - Telecommunication Solutions, <http://www.celtic-initiative.org/>

CELTIC is a **EUREKA** cluster and the only European R&D programme in ICT fully dedicated to end-to-end telecommunication solutions.

CELTIC will initiate and run privately and public funded ICT/ telecommunications R&D projects. It is supported by most of the major European players in communication technologies.

CELTIC projects are focusing at telecoms networks, applications, and services looking at a complete system approach. The size of the CELTIC budget is in the range of 1 billion euro.

CELTIC is open to any kind of project participants from all EUREKA countries.

EMTEL (Emergency Telecommunications), <http://www.emtel.etsi.org/>

EMTEL addresses standardization issues in the field of emergency telecommunications.

ETSI special committee **EMTEL** is responsible for the creation of requirements concerning emergency communication services. In 2007, the committee expects to complete its full set of specifications governing communications in times of emergency, covering communication of citizens with authorities, from authorities to citizens, between authorities and amongst citizens.

New reports on the suitability of the Short Message Service (SMS) and Cell Broadcast Service (CBS) for emergency messaging and on the requirements for emergency communications network resiliency were also published in 2006. A study of emergency calls and Voice over Internet Protocol (VoIP) is well underway and is expected to be finalised by the middle of 2007.

Easy Wireless, <http://ew.thales.no/>

Easy Wireless is aimed at focusing on instantly deployable wireless communication networks, which are particularly required in situations where a fixed communication infrastructure, wired or wireless, is not available or does not function properly. The instantly deployable wireless communication networks can be deployed by emergency services in case of disaster. Easy Wireless Network Project Consortium decided to focus their research on a specific application area: emergency situations.

Project MESA, <http://www.projectmesa.org>

MESA is an international partnership producing globally applicable technical specifications for digital mobile broadband technology, aimed initially at the sectors of public safety and disaster response.

Project MESA (Mobility for Emergency and Safety Applications) has been implemented to facilitate dependable, advanced, efficient, effective and interoperable equipment, specifications and applications that are involved with public safety-oriented broadband communication needs. Additionally, MESA will attempt to harmonise existing specifications and scenarios as part of its mandate.

Project [MESA](#) (Mobility for Emergency and Safety Applications) is a transatlantic partnership project, established by ETSI and the North American Telecommunications Industry Association (TIA). Membership has expanded since it was first established, and Project MESA now also has members from Canada, China, India, Korea, Australia and Japan. Its charter is to produce user requirements and technical specifications for a digital mobile broadband system which will revolutionise the efficiency of first responders and rescue squads during an emergency or a disaster.

PSCE = Public Safety Communications Europe, <http://www.psc-europe.eu>

Forum for Public Safety Communication Europe is to foster, by consensus building, excellence in the development and use of public safety communications and information management systems as well as to improve the provision of public safety services and the safety of the citizens of Europe and the rest of the world.

The PSCE provides a common platform for researchers, industry and users to meet and network, learn about technologies used for public safety and influence policy makers at European level.

To achieve its mission, PSCE carries out in particular the following activities:

- Consolidate and validate user requirements in the field of public safety concerning communication and information management systems;
- Raise awareness on technical solutions under development;
- Identify non-technological issues;
- Propose a Research and Development agenda or a technical platform;
- Contribute to standardisation activities related to public safety communications;
- Develop Memoranda of Understanding (MoU) on main public safety communication and information system topics;
- Promote the common views defined by its members and represent them through the appropriate channels to the relevant European and International Authorities;
- Undertake any other activities relevant to the mission, such as, for example, the participation in EU projects.

3 EUROOPPALAISIA ALAN KEHITYSPROJEKTEJA

Seuraavassa on lueteltu pelastustoimen toimialaan läheisesti liittyviä kansainvälisiä kehityshankkeita. Osa niistä on jo päättäneitä, osa kuuluu EU:n puiteohjelmaan 6 (FP6) ja osa puiteohjelmaan 7 (FP7). Yhteen veto FP7:n Security 2011 -hankkeista löytyy osoitteesta:

http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_SECURITY_PROJ_EN.

- **CHORIST:** integrating Communications for enhanced environmental RISK management and citizens safety, <http://www.chorist.eu>

The CHORIST project will develop and integrate:

1. A fully integrated, reliable and performing alert chain delivering alerts to authorities with inputs from heterogeneous sensors, disparate agencies and citizens;
2. Heterogeneous communication means (radio, TV, sirens, GSM) to dispatch messages from authorities to as many citizens as possible within the crisis area and with limited delay;
3. Secured, rapidly deployable and interoperable voice and high data-rate telecommunication systems (incl. ad-hoc networks) for in the field risk response teams (WiMAX, TEDS).

- **COPE:** Common Operational Picture Exploitation, <http://cope.vtt.fi>. PeO on osallistunut tähän projektiin.

The objective of the Common Operation Picture Exploitation (COPE) project is to achieve a significant improvement in civil crisis management command and control performance, reliability, and cost. New solutions will be created by combining a user oriented human factors approach with the technology development. The aim is a step improvement in information flow both from and to the first responder in order to increase situational awareness across agencies and at all levels of the command chain in emergency management situations.

- **DeHiGate:** Deployable High Capacity Gateway for Emergency Services) -projekti (Celtic initiative), <http://projects.celtic-initiative.org/dehigate/index.html>. Pelastusopisto on ollut mukana tässäkin projektissa.

DeHiGate is aimed at demonstrating a secure broadband mobile wireless communication system for emergency services and developing additional units to augment the current systems.

- **DITSEF**, <http://www.ditsef.eu>

- DITSEF will provide technological demonstration for an operational system with:

Communication

- DITSEF will enhance the communication between the First Responders on the field and between the units and their HQ by providing self-organising, robust ad-hoc communications where the existing infrastructure may be compromised.

Positioning

- The provision of accurate 3D positioning in indoor environments is specially difficult for current techniques. Therefore, the DITSEF project will investigate and implement novel techniques, which will take into consideration the operational environment and the end-users' needs.

Sensors

- It is of vital importance that, for an operation, the First Responders are equipped with sensors that offer a reliable overview of the situation and of the potential threats (CBRN, fire, etc.), in order to provide more accurate situation awareness and enhanced decision making.

Human Machine Interface

- When implementing the aforementioned solutions, it must not be neglected that the First Responders have very little time to react. For that reason the HMI provided by DITSEF will play an important role in "reading", sending and continuity of real-time information.

- **EULER**, <http://www.euler-project.eu>

EULER collaborative research project gathers main European actors to demonstrate how the benefits of **Software Defined Radio** can be leveraged in order to enhance interoperability and fast deployment in case of national and international joint emergency service operations. The consortium carrying out the EULER project is made of a strong group of end-users, academic research institutes and major industrial partners.

- **EUROPCOM**, <http://www.thalesresearch.com/Default.aspx?tabid=169>

EUROPCOM will investigate and demonstrate the use of UltraWideBand (UWB) radio technology to allow the precise location of emergency service workers operating inside buildings to be displayed in a control vehicle and simultaneously improve communications reliability.

- **GMES**: Global Monitoring for Environment and Security, <http://www.gmes.info>

EU on kehittämässä omaa maanhavainnointijärjestelmää. Hanketta kutsutaan nimellä ympäristön ja turvallisuuden maailmanlaajuinen seuranta (GMES – global monitoring for environment and security), ja sen tarkoituksena on auttaa vastaamaan maailmanlaajuisiin haasteisiin kuten ilmastonmuutokseen.

Järjestelmä kerää tietoja satelliiteilla sekä ilmaan, mereen ja maan pinnalle sijoitetuilla välineillä. Tietojen avulla voidaan:

- hallita luonnonvaroja ja luonnon monimuotoisuutta
- seurata ympäristön tilaa maan, merien ja ilmakehän osalta (nämä ovat ilmastonmuutoksen kannalta olennaisia tekijöitä)
- reagoida luonnonmullistuksiin ja ihmisen aiheuttamiin katastrofeihin
- valvoa rajoja tehokkaasti.

Euroopan komissio on ehdottanut lainsäädäntöä, jolla voidaan kontrolloida GMES-järjestelmän kehitystä ja rahoitusta.

- **HNPS**: Heterogeneous Networks for European Public Safety, <http://www.hnps.eu>

The project will develop a heterogeneous network concept for future European public safety communications. This will be based on the integration of different networks, including ad hoc deployable systems. The project will be focused on the integration of existing communication systems including private mobile radio systems such as TETRA and TETRAPOL.

The main focus of HNPS is to develop a heterogeneous network for European public safety communication and for the testing of a heterogeneous network with a number of applications reflecting public safety scenarios. This heterogeneous network will integrate a number of different

network standards and will introduce a new inter-networking architecture. It will also introduce network management functionalities which will be optimised in accordance with public safety user requirements. The project will use technologies that are provided by a number of existing legacy communication systems. It will also develop new technical solutions that will permit rapid integration of ad hoc technologies and systems. This feature of HNPS will be especially important in the areas where the communication infrastructure has been destroyed or cannot provide sufficient capacity in emergency situations.

The project is focussed on three main areas:

- Scenarios and associated field trials with user participation
- Heterogeneous network integration and management
- Applications and services.

The project approach is based on the concept of an integrated multi-standard system.

The project will integrate a number of legacy communication systems such as GSM/GPRS, UMTS, TETRA, WiMAX and WLAN standards based systems.

- **INFRA: Innovative and Novel First Response Applications**, <http://www.infra-fp7.eu>

The fundamental objective of the INFRA project is to research and develop novel technologies for personal digital support systems, as part of an integral and secure emergency management system to support First Responders in crises occurring in Critical Infrastructures under all circumstances.

The specific objectives of the project fall under the following categories:

Communications objectives, which involve the research and development of an integral and interoperable wireless communications system that will allow First Responders to have reliable means of communications as they enter subway tunnels and buildings with thick concrete walls.

First Responders objectives, which entail the research and development of a robust indoor site navigation system based on three location sensors (an inertial sensor, a wireless sensor and a video sensor), a video annotation system for First Responder PDAs, sensors for real time identification of radiation exposure and hazardous materials, and applications for gas leakage and hidden fire detection.

Standardization objectives, which includes R&D of an European level proposal for the standardization of the framework of communications and applications as proposed by INFRA.

Demonstration objectives, which consist on the demonstration of the validity of INFRA's standards, communications and First Responder applications being developed.

- **LIAISON: Location based services for the enhancement of working environment**, <http://www.liaison-project.eu>

LIAISON is aimed at providing end-to-end solutions for a wide range of mobile workers, including Police and fire brigade, by combining existing standards and techniques with innovations resulting from EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) and Galileo as well as newest Telecom networks (GSM, UMTS, TETRA and WLAN). LIAISON also contributes to fulfil the E112 Directive and Regulations on disaster situations.

- **OASIS: Open Advanced System for disaster & emergency management**, <http://www.oasis-fp6.org>

OASIS is aimed at defining and developing an information technology framework based upon an open and flexible architecture and using standards (existing or proposed by OASIS) that will be the basis of a European Disaster and Emergency Management system.

- **ORCHESTRA: Open Architecture and Spatial Data Infrastructure for Risk Management**, <http://www.eu-orchestra.org>

- **OSIRIS:** Open architecture for Smart and Interoperable networks in Risk management based on In-situ Sensors, <http://www.osiris-fp6.eu>

OSIRIS addressed the need to change the traditional approach to information dissemination during flood. OSIRIS approach was aimed at increasing citizens' awareness on inundation risk, preparing citizens and crisis managers for efficient protection, improving the quality of information to flood crisis managers and increasing the rapidity and flexibility of access to information.

- **REACH112:** Responding to All Citizens needing Help, <http://www.reach112.eu>

1. REACH112 will implement a 12-month pilot in Sweden, UK, The Netherlands, France and Spain allowing disabled users to communicate at a distance with each other and directly with the emergency services
2. IP devices will be provided in the homes, workplaces and on the move, connecting the users simultaneously in video, voice and text.
3. The service will be integrated with existing TC platforms and emergency service frameworks.
4. Additionally, a protocol for the exchange of information between emergency services will be made available.

- **REACT:** Reaction to Emergency Alerts using voice and Clustering Technologies, <http://www.react-ist.net/wordpress/>

REACT is aimed at reducing risks to citizens and the environment by enhancing the interactivity of citizens with emergency services and by providing added value to integrated information coming from disparate sources, regardless of the risk perceived by the caller.

- **SAFER:** Services and Applications For Emergency Response, <http://www.emergencyresponse.eu>

SAFER is the preoperational version of the Emergency Response Core Service. SAFER will reinforce European capacity to respond to emergency situations and meet the operational requirements of European civil securities and humanitarian crisis actors.

- User driven services
- Quality and timeliness of delivery ensured by Service Level Agreements
- Rapid mapping capacity
- Extensive reference mapping archive
- Services covering the overall crisis management life cycle
- A wide range of thematic services
 - Meteorological and geophysical hazards: Fires, floods, earthquakes, volcanic eruptions, landslides.
- Focused services on Humanitarian Crisis Impact assessment, displaced population follow-up, reconstruction monitoring.

- **SATNEX:** SATellite communications Network of EXcellence , <http://www.satnex.org>

The Satellite Communications Network of Excellence "SatNEx" aims to rectify the fragmentation in satellite communications research by bringing together Europe's leading academic institutions and research organisations in a cohesive and durable way. The resultant pan-European network provides a collective grouping of expertise and state-of-the-art laboratory facilities that would otherwise remain dispersed throughout Europe. The SatNEx project

started in January 2004 and funding will end in March 2009, but the network will be operational far beyond that date.

- **SECRICOM:** Seamless Communications for Crisis Management,

<http://www.secricom.eu>

- Mitigate problems of contemporary crisis communication infrastructures:
 - Seamless and secure interoperability of existing (many hundred thousand) mobile devices already deployed
 - Smooth, simple, converging interface from systems currently deployed to systems of the new Software Defined Radio (SDR) generation
 - Creation of pervasive and trusted communication infrastructure, bringing interconnectivity between different networks
 - Seamlessly support different user traffic over different communication bearers
 - Facilitate collaboration and inter-working of emergency responders
- Add new smart functions using distributed IT systems based on an SDR secure agents' infrastructure:
 - Easier instant information gathering and processing focusing on emergency responders main task – saving lives

- **STRAW:** Security Technology Active Watch

Europe is confronted with extremely diverse threats backed by unseen command structures and business-like financing mechanisms. Various security agencies concur that information is the key to defeating the enemy. This new environment has not only created a greater need for information but also a greater need to share and effectively control access to that information. This is the single greatest challenge European Security is facing today STRAW is a Coordination and Support Action under the Security Research Theme that aims at providing a European Service of Technology Watch (TW) on Security Technologies.

- **STREAM:** Technology to Support Sustainable Humanitarian Crisis Management,

<http://www.stream.vub.ac.be>

This project is aimed at integrating existing relevant information gathering and processing techniques, including the use of advanced Information Communication Technologies (ICT) to improve humanitarian crisis response in risk management. Two main humanitarian crisis applications will be addressed, namely Displaced Populations and Mine Action.

- **WINSOC:** WiReless sensor Network with Self-Organization Capabilities for critical and emergency application, <http://www.winsoc.org>

WINSOC is aimed at developing a very innovative concept of sensor network that represents a significant departure from current state of art through a novel, bio-inspired, paradigm for low complexity wireless sensor nodes enabling self-organisation and distributed processing without the need of sending all the gathered data to a sink node.

- **WIDENS:** WiReless Deployable Network System, <http://www.widens.org>

WIDENS was aimed at designing, prototyping and validating a high data-rate, rapidly deployable and scalable wireless ad-hoc communication system for future public safety, emergency and disaster applications.

- **WISECOM:** Wireless Infrastructure over Satellite for Emergency COMmunications, <http://www.wisecom-fp6.eu>

The WISECOM project is co-funded by the European Commission. It studies, develops, and validates by live trials candidate rapidly deployable lightweight communications infrastructures for emergency conditions (after a natural or industrial hazard).

- **WORKPAD:** Designing and developing an innovative software infrastructure for supporting collaborative work of human operators in emergency/disaster scenarios, <http://www.workpad-project.eu>

The WORKPAD project aims at developing an innovative software infrastructure for supporting collaborative work of human operators in emergency scenarios.

The goal is to devise a 2-level framework for such scenarios: an integrated back-end peer-to-peer community, providing advanced services requiring high computational power, knowledge & content integration, and a set of front-end peer-to-peer communities, that provide services, mainly by adaptively enacting processes on mobile ad-hoc networks to human workers.

4 LINKKEJÄ ARKKITEHTUURIASIOIHIN

TOGAF = The Open Group Architecture Framework

<http://www.opengroup.org>

The Open Group is a vendor- and technology-neutral consortium, whose vision of Boundary-less Information Flow™ will enable access to integrated information within and between enterprises based on open standards and global interoperability.

The Open Group works with customers, suppliers, consortia, and other standards bodies to:

- Capture, understand, and address current and emerging requirements, and establish policies and share best practices
- Facilitate interoperability, develop consensus, and evolve and integrate specifications and open source technologies
- Offer a comprehensive set of services to enhance the operational efficiency of consortia
- Operate the industry's premier certification service

The Open Group is a consortium with a foundation in its members: a diverse group that spans all sectors of the IT community – IT customers, systems and solutions suppliers, tool vendors, integrators and consultants, as well as academia and researchers. Our members come from all over the world – 50% from North America, 25% from Europe, and 25% from Asia-Pacific. We are proud to have some of the largest IT buyers and vendors as active members, representing both government and commercial enterprises: Capgemini, Fujitsu, Hewlett-Packard, Hitachi, IBM, NEC, Sun Microsystems, US Department of Defense, NASA, and many others. Our buy-side members alone have combined annual IT budgets of over \$50 billion or 25% of the entire IT procurement budget worldwide each year. Why do all these organizations value membership in The Open Group? The Open Group provides an opportunity to exchange information and shape the future of IT; members gain access to infor-

mation and ideas on a level that they otherwise could not attain – from industry shaping events to academic research breakthroughs. And the flexible structure of The Open Group membership allows for almost any organization, no matter what its size, to join and have a voice in shaping the future.

The Open Group has developed a range of services that it provides to its membership and also offers to third parties. These services include strategy, management, innovation, standards, certification, and test development.

Our approach is “Making Standards Work™”. We have extensive experience and a long track record in facilitating consensus to develop standards, including defining new standards, evolving existing ones, building consensus and providing support services, and developing best practices.

We recognize the importance of assuring conformance through certification and operate a number of programs, including certification for Common Operating Environment (COE) Platform, CORBA®, Directory, IT Architect, LSB®, POSIX®, Schools Interoperability Framework (SIF), TOGAF, UNIX®, and Wireless Application Protocol (WAP). To learn more, go to www.opengroup.org/certification.

The key catalyst that organizations can use to make progress towards the vision of Boundary-less Information Flow™ is enterprise architecture. Until recently, the concept of an IT architecture was a vision shared by very few organizations. Today, many organizations have achieved a degree of boundarylessness between their people, only to find that the stovepipes are even stronger in the IT systems. This is not surprising, given that those designing these systems built them for the sole purpose of supporting the needs of a single department, and did not foresee situations where they would need to integrate information and share with the systems of other departments, or with strategic partners in the extended enterprise.

As enterprises look to develop a flexible overall enterprise architecture where IT principles are fully aligned with business principles and support a company’s vision, and where IT evolves in response to constantly changing business needs, they need to take an urban planner approach, which enables the creation of IT “cities” of the future. This approach is based on an architectural framework and a set of standards and regulations that all new implementations need to comply with and which provide guidance for integration with the legacy. In order to do that, we need experienced IT Architects. Recognizing the industry demand, The Open Group, which also certifies professionals in the use of the TOGAF Architecture Development Method (ADM) for producing open architectures, launched the first independent, comprehensive IT Architect Certification program. The program defines global standards for measuring the skills and experience of IT Architects and for the operation of IT architecture practices within enterprises. To learn more about the program, go to www.opengroup.org/itac.

The Open Group Bookstore & Downloads

Subject	Publication Title (hyperlink to bookstore)	Type	PDF
The Open Group	About The Open Group	Information Sheet	Q001.pdf
	The Open Group Conference London 2011	Flyer	lon-don_11.pdf
Architecture	Architecture Forum	Information Sheet	Q051.pdf
Security	Security Forum	Information Sheet	Q059.pdf
	Jericho Forum	Information Sheet	Q101.pdf
Real-time & Embedded Systems	Real-time & Embedded Systems Forum	Link	N/A

Subject	Publication Title (hyperlink to bookstore)	Type	PDF
TOGAF	TOGAF 9 and DoDAF 2.0	White Paper	W105.pdf
	TOGAF 9 Enterprise Edition	Information Sheet	Q091.pdf
	TOGAF 9 Migration	Information Sheet	Q092.pdf
	TOGAF 9 Making EA Work	Information Sheet	Q093.pdf
	Building the Future: A Career with TOGAF 9	Information Sheet	Q094.pdf
	TOGAF 9 People Certification	Information Sheet	Q095.pdf
	TOGAF 9 Enterprise Edition	Link to order book	N/A
ArchiMate	ArchiMate Forum	Information Sheet	Q084.pdf
	ArchiMate 1.0 Specification	Technical Standard	C091.pdf
	Supporting Requirements Management in TOGAF and ArchiMate	White Paper	W101.pdf
	TOGAF 9 and ArchiMate 1.0	White Paper	W191.pdf
	TOGAF and ArchiMate: A Future Together	White Paper	W192.pdf
Cloud	Building Return on Investment from Cloud Computing	White Paper	W104.pdf
	Strengthening your Business Case for Using Cloud	White Paper	W106.pdf
	Cloud Buyers' Decision Tree	White Paper	W107.pdf
	Cloud Buyers' Requirements Questionnaire, Version 1.0	White Paper	W108.pdf
SOA	Service-Oriented Architecture	Information Sheet	Q074.pdf
	The Open Group Service Integration Maturity Model (OSIMM)	Technical Standard	C092.pdf
	SOA Source Book, Second Edition	Link	N/A
Certification	IT Architect Certification (ITAC)	Information Sheet	Q082.pdf
	IT Specialist Certification (ITSC)	Information Sheet	Q081.pdf
	ITAC Conformance Requirements (Multi-Level)	Certification Program Document	X110.pdf
	ITSC Conformance Requirements	Certification Program Document	X084.pdf
Collaboration Services	Collaboration Services	Information Sheet	Q083.pdf
Semantic Interoperability	Semantic Interoperability	Information Sheet	Q075.pdf
	UDEE	Information Sheet	Q073.pdf
Trusted Technology	Trusted Technology Forum	Link	N/A
	Trusted Technology Forum Press Release	Press Release	tff_press.pdf
QLM Work Group	QLM Work Group	Information Sheet	Q102.pdf

OSSAF = Open Safety & Security Architecture Framework

tämä arkkitehtuurityö käynnistyi PSCE Forumissa Wienissä 16.–17.6.2010,

<http://www.openssaf.org>

- Mission:
 - Provide a simple, yet comprehensive model to collect and structure the requirements of Safety & Security users, and derive solutions
 - Provide a Common language and framework, including well-defined functional building blocks
 - Leverage existing initiatives and avoid duplication
 - Foster ecosystems of partners able to jointly answer identified user requirements
 - Facilitate communications with all stakeholders

OASIS = Organization for the Advancement of Structured Information Standards,

katso: <http://www.oasis-open.org/>

Specific, standardized messages are critical for coordinating emergency response—particularly when more than one profession or governmental jurisdiction is involved. OASIS open standards for emergency make it possible for information to be shared across local, state, tribal, national and non-governmental organizations and among the wide variety of emergency response and management services providers. OASIS Standards include the Common Alerting Protocol (CAP) and the related suite of Emergency Data Exchange Language (EDXL) specifications.

TSO = Tactical Situation Object: tilannekuvan siirtoon kehitetty XML-pohjainen menettely

The **Tactical Situation Object (TSO)** is a proposed standard for exchanging information during disaster and emergency management. Thus, a TSO can describes all sort of events, the resources engaged in the operation, and the tasks in progress.

The data inside the TSO are in code format that is both computer and human readable and that can be exchanged between independent systems. Due to this interoperability, these TSO can be transmitted and displayed in the recipient's preferred format, language or platform.

The first version of the TSO has been defined in the frame of the European Union project [OASIS](#) (Open Advanced System for dISaster & emergency management); then the next versions have been discussed and set up in the CEN Workshop (the 'Information System for Disaster and Emergency Management' workshop).

Lisätietoa: <http://www.tacticalsituationobject.org/documents.html>