

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

LIKKUVAN TILAAJAN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ YHTYMÄSSÄ

Pro gradu

Kadetti
Henri Huurinainen

Kadettikurssi 89
Viestilinja

Helmikuu 2006

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi 89. Kadettikurssi	Linja Maavoimalinja
Tekijä Kadetti Henri Huurinainen	
Tutkielman nimi Liikkuvan tilaajan järjestelmän käyttö yhtymässä	
Oppiaine johon työ liittyy Tekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MpKK:n kirjasto)
Aika Helmikuu 2006	Tekstisivuja 69 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ <p>Tutkimuksen päämääränä on selvittää liikkuvan tilaajan järjestelmän käyttömahdollisuuksia prikaati 2005:n taistelussa. Tärkeimpänä kysymyksenä on: Miten liikkuvan tilaajan järjestelmää käytetään prikaati 2005:n taistelussa? Lisäksi tutkimuksessa on pyritty selvittämään tekniikan tuomia mahdollisuuksia ja haasteita sekä radiopakettiverkon integroimista järjestelmään.</p> <p>Tärkeimpänä tutkimusmenetelmänä on käytetty asiakirja- ja kirjallisuustutkimusta, jota on täydennetty asiantuntijahaastatteluilla. Muita menetelmiä ovat simulointi ja kenttätetit.</p> <p>Liikkuvan tilaajan järjestelmä on valmiusyhtymien johtamiseen käytettävä kokonaisuus, jolla aikaansaadaan johtamisen ja tulenkäytön tiedonsiirron mahdollistava taistelun vaikutuksia kestävä radiojärjestelmä. Järjestelmä tarjoaa puhe- ja dataliikenne mahdollisuudet liikkuvien tilaajien ja YVI-verkon välillä. Jatkokehityksessä järjestelmään integroidaan radiopakettiverkko. Laajennus mahdollistaa radioiden pakettikytkentäisen tiedonsiirron keskusverkon välityksellä toisiin radio- tai tietoverkkoihin. Käytännössä suurin datansiirtonopeus on 2400 bit/s.</p> <p>Digitaaliset kenttäradiot ja MSS-järjestelmä olisivat taktisen tietoverkon (TATIVE) tärkein langaton tiedonsiirtotapa. Sanomalaiteverkossa lähetettäviä sanomia tulisivat vastaanamaan MSS-järjestelmässä lähetettävät IP-sanomat.</p> <p>C3 asemia käytetään pataljoonien liittämiseen, verkon silmukoimiseen ja tukiasemina keskeisillä paikoilla. Käytön painopiste on pataljoonien alueella. Yhtymän hyökkäyksessä järjestelmää käytetään tulen ja pataljoonien vaikutuksen keskittämiseksi.</p> <p>Kuudella prikaatissa olevalla C3-tukiasemalla ei saada muodostettua kattavaa ja taistelun kestävä verkkoa. Tulevaisuudessa on lisättävä asemien määrää päivittämällä C1- ja C2-asetat C3-asetiksi. 18 C3-asetalla kyettäisiin muodostamaan koko prikaatin kattava MSS-verkko. Tällöin asemien peittoalueet kattavat toisiaan</p>	
AVAINSANAT Yhtymä, kenttäradiojärjestelmä, liikkuvan tilaajan järjestelmä, CNRA, MSS	

LIKKUVAN TILAAJAN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ YHTYMÄSSÄ

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen taustaa	1
1.2 Tutkimuksen kuvaus ja rajaukset	2
1.3 Tutkimusmenetelmät	3
2. YHTYMÄ TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ	4
2.1 Yhtymään kohdistuvat uhat	5
2.2 Yhtymän hyökkäys	8
2.3 Yhtymän viestijärjestelmä	10
2.4 Yhtymän radioverkot	11
2.4.1 Johtosuhteiden mukaiset radioverkot	12
2.4.2 Alueelliset radioverkot	26
3. LIKKUVAN TILAAJAN JÄRJESTELMÄ	27
3.1 Tukiasemat ja päätelaitteet	30
3.2 Puheradioverkko	41
3.3 Radiopakettiverkko	43
3.3.1 OSI- ja TCP/IP -protokollamallit radiopakettiverkossa	47
3.3.2 IP-protokolla ja -osoitteet	50
3.3.3 UDP-protokolla	52
3.4 Suorituskyky ja palvelunlaatu	54
3.4.1 Peittoalueet laskettuna Warfare-ohjelmalla	54
3.4.2 Kapasiteettisuunnittelu ja estotodennäköisyydet	57
4. MSS-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ	59
4.1 Johtopäätökset	65
5. YHDISTELMÄ	67

LIKKUVAN TILAAJAN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ YHTYMÄSSÄ

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

Menestys taistelukentällä riippuu komentajien ja henkilöstön kyvystä prosessoida nopeasti kaikkea sitä valtavaa tietomäärää, jota modernin taistelukentän sensorit heille tarjoavat. Prosessoidun tiedon pohjalta valmistellaan tarkat käskyt joukoille toteutettavaksi. Johtoportaiden ja komentopaikkojen on oltava yhteydessä eri sensoreihin, alajohtoportaisiin ja joukkoihin luotettavilla, taistelunkestävillä ja riittävän suorituskyvyn ja palvelunlaadun tarjoavilla viestijärjestelmillä. Vaatimukset taktisille viestijärjestelmille nousevat koko ajan. Järjestelmistä on tullut nopeasti kriittisen tärkeitä nykyaikaisten komentajien kyvylle tehokkaaseen johtamiseen. Komentajat ovat kuroja, mykkiä ja sokeita ilman yhteyksiään.

Perinteisesti taktiset viestijärjestelmät koostuvat kahdesta suuremmasta alakokonaisuudesta, runkoyhteyksistä ja niitä täydentävistä korkean liikkuvuuden ja joustavuuden omaavista liikkuvista radioverkoista. Nykyaikaiset taistelukentät vaativat viestijärjestelmiltä joustavuutta ja mukautumiskykyä. Enää ei voida suunnitella viestijärjestelmiä, jotka tukevat pelkästään konventionaalista sodankäyntiä. Nykyisten viestijärjestelmien on oltava laajennettavissa ja modulaarisia kyetäkseen tukemaan monenlaisia operaatioita pirstoutuneilla taistelukentillä. Esimerkiksi liikkuvat radioverkot eivät voi enää tarjota pelkästään puheyhteyksiä taisteleville joukoille. Radioverkkojen on tarjottava sekä puhe- että datayhteyksiä runkoverkon ja radiotilaajien välille. Näin ollen molemmat verkot on integroitava saumattomasti yhteen, jotta tarvittavat yhteydet taistelukentällä voitaisiin muodostaa minkä tahansa kahden pisteen välillä.

Puolustusvoimat aloitti 1990 luvun alussa projektin, jonka tarkoituksena oli luoda valmiusyhtymille uusi digitaalinen radiojärjestelmä, liikkuvan tilaajan järjestelmä (MSS). Järjestelmän kehitys on tänä päivänä kutakuinkin kenttätestien tasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmää ei ole vielä otettu täysimääräisesti käyttöön, vaan sitä testataan ja kehitellään edelleen.

Liikkuvan tilaajan järjestelmä (MSS) on valmiusyhtymien johtamiseen käytettävä, ajoneuvoihin asennetuista ja kannettavista viestilaitteista muodostuva kokonaisuus, jolla aikaansaadaan johtamisen ja tulenkäytön tiedonsiirron mahdollistava taistelun vaikutuksia kestävä radiojärjestelmä. Järjestelmä on ensisijaisesti tarkoitettu erikseen määrättyjen liikkuvien tilaajien liittämiseen radiotiellä yhtymän viestiverkkoon (YVI1 ja YVI2).[6]

Tutkija on itse aloittanut aiheen tutkimisen Maanpuolustuskorkeakoululla vuonna 2003. Aiheesta (Liikkuvan tilaajan järjestelmän käyttö yhtymässä) on laadittu SK –tutkielma Tekniikan Laitokselle marraskuussa 2004. Järjestelmää on kehitetty ja testattu pitkälti Riihimäen Viesti- ja Sähköteknisellä Koululla DI Kimmo Heinäaron johdolla. Järjestelmän tärkeimpien komponenttien kehitys ja valmistus tapahtuu Kajaanissa Elektrobit Ltd:ssä.

Digitaaliset kenttäradiot ovat olleet muutaman vuoden käytössä maavoimien joukoilla ja niistä on saatu käytännön kokemuksia. Radiot ovatkin MSS-järjestelmän parhaiten tutkittu ja testattu osa-alue. Digitaalisista kenttäradioista on tehty muutama tutkielma Maanpuolustuskorkeakoululla. Näistä mainittakoon Luutnantti Mika Kantolan tutkielma Digitaalisen kenttäradiojärjestelmän käyttömahdollisuudet prikaatin johtamisessa sekä majuri Eero Valkolan diplomityö Pr2005:n kenttäradiojärjestelmä. Molemmat edellä mainitut työt ovat erittäin hyviä tutkimuksia digitaalisista kenttäradioista. Molemmista töistä on saatavilla paljon arvokasta tietoa digitaalisista radioista.

1.2 Tutkimuksen kuvaus ja rajaukset

Tässä tutkielmassa käsitellään liikkuvan tilaajan järjestelmän (MSS) käyttöä prikaati 2005:n hyökkäystaistelussa. Tutkimus on rajattu käsittelemään YVI2-järjestelmällä varustettua hyökkäävää prikaatia. Viestijärjestelmänä voisi olla myös YVI1M, mutta MSS-järjestelmän toteutus YVI1:ssä ei poikkea merkittävästi vastaavasta toteutuk-

sesta YVI2:ssa. Taktiset käyttöperiaatteet eivät muutu. Järjestelmän tekninen toteutus on hieman erilainen johtuen eri viestijärjestelmistä.

Tutkielman aihetta on lähestytty teknisestä näkökulmasta. Kuitenkin taktisia ratkaisuja esitetään tutkielman lopussa ja niihin onkin pyritty löytämään ratkaisut teknisten toteutusten ja mahdollisuuksien kautta. Toisin sanoen, taktiikka on pyritty luomaan tekniikan pohjalta. Tutkielman toisessa luvussa on pyritty luomaan pohjaa tutkimustyölle syventymällä prikaati 2005:n toimintaan hyökkäyksessä. Luvussa on selvitetty prikaatin asettamia haasteita viestijärjestelmille. Kolmannessa luvussa on käsitelty liikkuvan tilaajan järjestelmää teknisestä näkökulmasta. Tekniikan mahdollisuuksien ja sen asettamien haasteiden kautta on pyritty löytämään taktisia käyttömahdollisuuksia liikkuvan tilaajan järjestelmälle. Luvussa neljä yhdistetään luvussa kaksi ja kolme saadut tulokset MSS -järjestelmän taktisiksi käyttöperiaatteiksi. Luvussa viisi esittää tutkimuksen yhdistelmä.

Tutkimuksessa pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Miten järjestelmää käytetään prikaatin hyökkäystaistelussa?
- Mitä mahdollisuuksia järjestelmän tekninen toteutus tarjoaa?
- Mitä vaatimuksia prikaatin taistelu asettaa järjestelmälle?
- Mikä on järjestelmän suorituskyky, palvelun laatu, kattavuus ja liikennöinnin määrä prikaatin alueella?
- Miten radiopakettiverkko tullaan integroimaan järjestelmään?
- Mikä on järjestelmän tämän hetkinen toimintakyky maastossa?

Tutkimuksen lähteinä on käytetty pääasiassa asiantuntijahaastatteluita, teknisiä manuaaleja, voimassa olevia ohjesääntöjä ja oppaita, koulutus- ja opetusmateriaaleja, tutkimustuloksia ja muiden tekemiä tutkielmia. Lähdemateriaalin luotettavuus on toteutettu suuntaamalla haastattelut aiheeseen syventyneille asiantuntijoille ja vertailemalla lähteiden sisältöjä keskenään.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen alussa, luvussa kaksi, teoriapohjaa luodaan laadullisella eli kvalitatiivisella asiakirja- ja kirjallisuustutkimuksella. Teoriapohjaa tarkennetaan asiantuntija-

haastatteluin. Luvussa kolme jatketaan edelleen asiakirja - ja kirjallisuustutkimuksella. Mukaan otetaan myös kenttätestit ja simuloinnit. Uutta tietoa on saatu järjestelmälle toteutetulla kenttätestillä Pouta 2005 -harjoituksessa. Simuloinneissa on käytetty ranskalaista ATDI:n HTz Warfare-ohjelmaa.

Kirjallisuustutkimus on olennainen osa simulaatioiden ja matemaattisten menetelmien esivaiheessa. Siinä selvitetään tarvittavat parametrit tulevissa simuloinneissa ja matemaattisissa laskuissa. Perusajatuksena simuloinnissa on todellisten tapahtumien matemaattinen mallintaminen, jolla voidaan selvittää järjestelmän todellinen käyttäytyminen esimerkkitapauksessa. Simulaatioiden ja matemaattisten laskujen tulokset on muutettu taktisiksi johtopäätöksiksi.

Tutkimuksen lähteinä on käytetty pääasiassa teknisiä manuaaleja, voimassa olevia ohjesääntöjä ja oppaita, koulutus- ja opetusmateriaaleja, tutkimustuloksia, standardeja ja muiden tekemiä tutkielmia. Lähdemateriaalin luotettavuus on toteutettu suuntaamalla haastattelut aiheeseen syventyneille asiantuntijoille ja vertailemalla lähteiden sisältöjä keskenään. Tässä vaiheessa onkin syytä kiittää Viesti- ja Sähkötekniistä Koulua simulaatiossa käytetyn Warfare-ohjelman lainaamisesta. Lisäksi kiitän työni 2. ohjaajaa asiantuntijaohjauksesta sekä työhöni suuresti vaikuttaneista järjestelmän teknisistä tiedoista. Kiitokset myös haastatelluille, Ylil Kari Manninen Tykistöprikaatista, Ylil Arno Seppänen Helsingin Ilmatorjuntarykmentistä sekä Ylil Jukka Eiste Viesti- ja Sähkötekniiseltä Koululta.

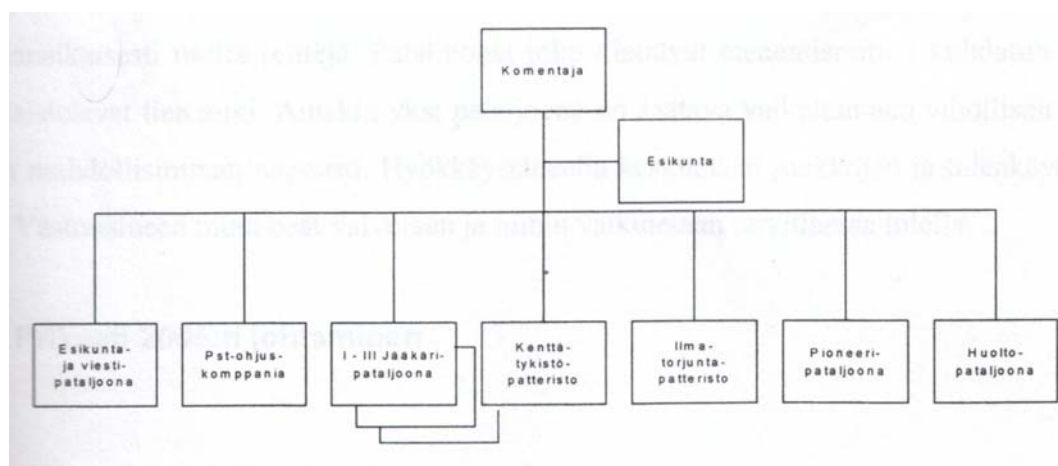
2. YHTYMÄ TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ

Pr 2005 on maavoimien operatiivisiin joukkoihin kuuluva, valtakunnallisesti käytettävissä oleva, tulivoimaltaan ja liikkuvuudeltaan korkeatasoinen prikaati[26]. Prikaatia käytetään valtakunnallisten kohteiden suojaamiseen, erikoisjoukkojen maahanlaskujen ja maihinnousujen torjuntaan tai lyömiseen sekä muihin liikkuviin sotatoimiin. Päätaistelulajina on hyökkäys, johon liittyen se lyö, lamauttaa tai tuhoaa vihollisen joukkoja ja valtaa käskettyjä kohteita tai alueita.[26]

Prikaatin taistelu on osa ylemmän johtoportaan sotatoimea. Prikaatin vastuualue on noin 50 - 70 km x 100 km ja se pystyy lyömään pataljoonan vahvuisen taisteluosaston kaikissa olosuhteissa. Vastustajana on yleensä maahanlaskudivisioona, mootto-

roitu jalkaväkiprikaati tai mekanisoitu prikaati. Prikaati kykenee siirtymään satojen kilometrien päähän muutamassa tunnissa ja tulivoima ylittää 40 kilometriin.[26]

Keskeisimmät ominaisuudet ovat liikkuvuus, tulivoima ja johtamiskyky. Liikkuvuus perustuu ajoneuvokalustoon ja käytettävissä oleviin kuljetushelikoptereihin. Tulivoiman takaavat kenttätykistön, jääkäripataljoonien, pioneeriopataljoonan ja panssaritorjuntaohjuskomppanian keskitetty tulenkäyttö. Johtaminen perustuu reaaliaikaiseen tilannetietoisuuteen ja johtamisjärjestelmien kerrostuneisuuteen. Tilannekuvaa ja ilmoituksia jaetaan alaisille, naapureille ja ylemmälle johtoportaalle esisijaisesti johtamislaitteella (Johla-08). Johla on osa suurempaa kokonaisuutta, maavoimien tietojärjestelmää (MATI). Muut maavoimien tietojärjestelmään kuuluvat osat ovat pioneeritoiminnan johtamislaitte, ammunnanhallinta- ja johtamislaitte, Susinet sekä suojelulaite. Näiden sovellusten ja laitteiden tehtävänä on nopeuttaa ja parantaa suunnittelua prikaatissa, sekä mahdollistaa joukkojen johtaminen mahdollisimman pienellä viiveellä. Kuvassa 1 on esimerkki prikaatin organisaatiosta.



KUVA 1. Esimerkki prikaatin organisaatiosta.[26]

2.1 Yhtymään kohdistuvat uhkat

Poliittis-sotilaallisessa painostuksessa ja strategisen iskun ennaltaehkäisyssä valmiusprikaatia käytetään voiman näyttöön. Strategisen iskun ja laajamittaisen hyökkäyksen torjunnassa prikaatia käytetään vastahyökkäyksiin maahan tunkeutuneen vihollisen lyömiseksi.[26]

Vihollinen pyrkii kohdistamaan toimenpiteensä erityisesti perustamispaikkoihin, materiaalivarastoihin ja avainhenkilöstöön[32]. Perustamisvaiheessa yhtymään kohdistuu erityisesti satelliitti-, elektroninen- ja fyysinen tiedustelu, erikoisjoukot sekä ohjus- ja ilmavoimaiskut. Erityisesti perustamisessa tarvittavat tietojärjestelmät ovat vihollistoiminnan kohteena.[26]

Siirtojen aikana yhtymän joukot ovat alttiita vihollisen tiedustelulle ja ilmavoimien asevaikutukselle[32]. Tiedustelua suoritetaan kaikissa muodoissa[26]. Ryhmittymisen aikana vihollinen pyrkii selvittämään joukkojen ryhmitysalueet ja tehtävät[32]. Tässä vaiheessa elektroninen ja kuvaustiedustelu kohdistuu erityisesti prikaati 2005:een pyrkien selvittämään hyökkäysvalmistelut.[26]

Strategisen iskun ja laajamittaisen hyökkäyksen torjuntavaiheessa vihollinen pyrkii tuhoamaan tai lamauttamaan prikaatin tulivoiman, viesti- ja johtamisjärjestelmien avainkohteet sekä huollon[26]. Tähän vihollinen käyttää elektronisen sodankäynnin yksiköitä, ilmavoimia, helikopteriyksiköitä, tykistöohjuksia ja erikoisjoukkoja. Vihollinen pyrkii pysäyttämään yhtymän joukkojen liikkeen tuhoamalla siltoja, sirotemiinoitamalla liikennekapeikkoja ja mahdollisesti laskemalla maastokaasuja. Vihollinen pyrkii taisteluissaan niin nopeaan tempoon, että yhtymä ei pysty tempaamaan aloitetta vaan joutuu vain reagoimaan vihollisen hyökkäyksiin ja iskuihin.[23]

Hyökkäyksen jälkeen prikaati valmistautuu jatkotehtävään, joka voi olla hyökkäyksen jatkaminen, puolustukseen ryhtyminen tai irtautuminen jatkotehtävän valmisteluun. Tällöin keskeisenä uhkana ovat kuvaus- ja elektroninen tiedustelu.[26]

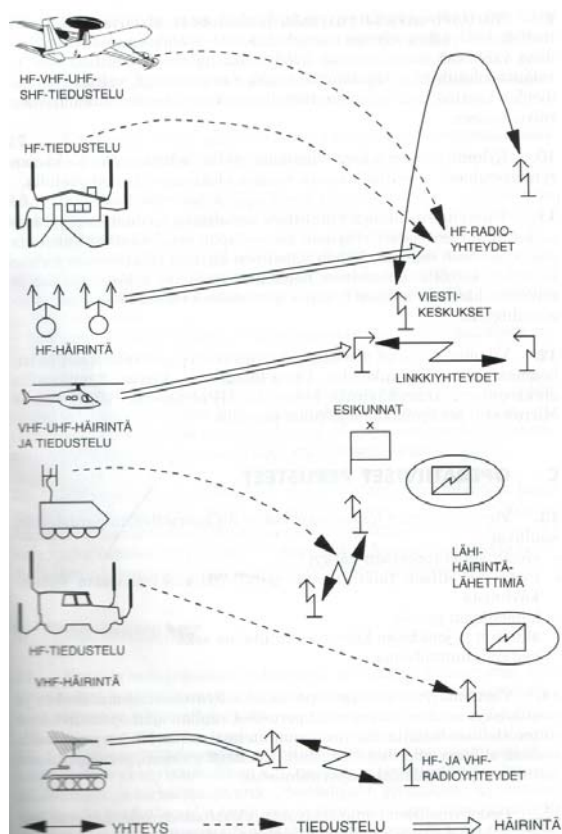
Vihollinen pyrkii kaikissa vaiheissa selvittämään kenttäviestijärjestelmän rakenteen ja tärkeimmät solmukohdat. Informaatio- ja johtamissodankäyntiin liittyviä uhkia ovat psykologinen vaikuttaminen, mediasodankäynti ja virukset, joiden käytöllä vihollinen pyrkii lamauttamaan taistelutahdon, estämään tiedon kulun tai tuhoamaan prikaatille kriittisen tiedon. Yhtymän operaatiolle kriittinen tieto on aina suojattava, ja vastatoimenpiteinä hyökättävä vihollisen kriittistä tietoa vastaan.[26]

Johtamista tukevien tieto- ja tietoliikennejärjestelmien rooli on keskeinen. Elektronisen sodankäynnin painopisteenä tulee olemaan vastustajan johtamisedellytysten lamauttaminen sekä omien johtamisjärjestelmien toiminnan edistäminen. Koko johtamisjärjestelmä joutuu vihollistoiminnan primääriseksi kohteeksi. Vihollinen pyrkii pai-

kantamaan viestiasemat ja johtamispaikat radiotaajuisen paikannuksen, lennoki- ja kaukotähystysjärjestelmien sekä tiedustelulentokoneiden avulla. Esimerkiksi lennokkien avulla voidaan sekä etsiä ja paikantaa maaleja että johtaa epäsuoraa tulta tai aloittaa elektroninen häirintä niitä vastaan. Elektronisen suuntimisen uudet menetelmät ja niiden tarkkuus sekä nopeus riittävät usein tulenkäytön aloittamiseen havaittuja maaleja vastaan koko taktisessa ja jopa operatiivisessa (30-100 km) syvyydessä.[15]

Divisioonan ELSO:n arvioidaan kykenevän noin tunnissa saamaan kuva taistelussa olevasta joukosta, 2 - 3 tunnissa selvittämään johtosuhteiden mukaan muodostettujen radioverkkojen perusteella vastustajan johtosuhteet sekä paikantamaan esikunnat ja komentopaikat sekä 3 - 4 tunnissa selvittämään vastustajan toiminnan ja sen aikomukset.[19]

Esimerkki yhtymään kohdistuvista elektronisen sodankäynnin keinoista on kuvassa 2.



KUVA 2. Esimerkki yhtymään kohdistuvista elektronisen sodankäynnin keinoista.[32]

2.2 Yhtymän hyökkäys

Yhtymän hyökkäyssotatoimen päämääränä on vastuualueella olevan vihollisen lyöminen tai tuhoaminen. Tähän liittyy oman toiminnan kannalta tärkeiden alueiden valtaaminen[32]. Päämäärä saavutetaan tuhoamalla tai lamauttamalla vihollisen komentopaikat, vaikeuttamalla vihollisen lentotoimintaa hyökkäysalueella ja lamauttamalla sen tuliyksiköt. Hyökkäysalueelle eteneminen tapahtuu samanaikaisesti useita eri reittejä. Joukkojen ja tulenkäytön vaikutus keskitetään hyökkäysalueelle. Myös kohteen suojaamistehtävissä ja maahanlaskun torjunnassa hyökkäys on päätaistelulaji.[12]

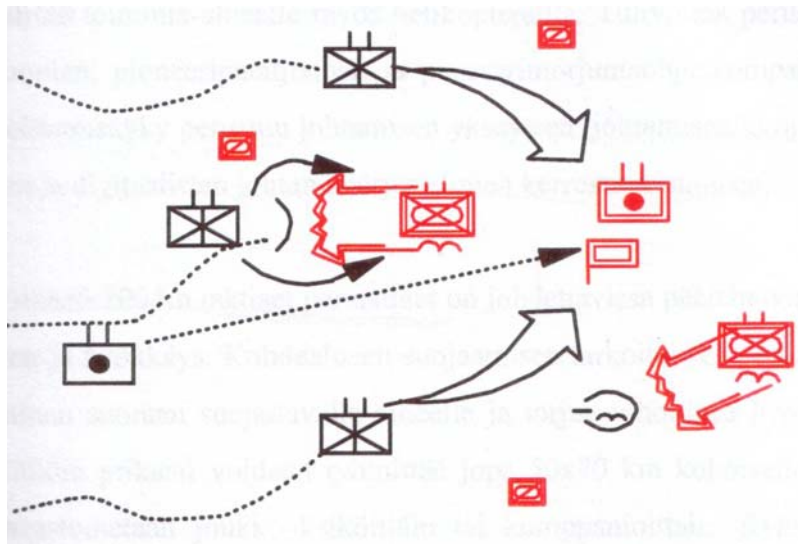
Hyökkäystapoja ovat sivusta- ja kohtaamishyökkäys sekä saarroitus. Kohtaamishyökkäykseen käydään mikäli kärkiyksikkö on varustettu taistelupanssarivaunuilla ja vastustaja rynnäköpanssarivaunuin. Tärkeintä on vaikuttaa vihollisen taistelutahtoon häikäilemättömillä hyökkäyksillä.[25]

Yhtymän taisteluvaiheet ovat valmistautuminen hyökkäykseen, siirtyminen ja hyökkäys. Viestiliikenne tulee toteuttaa ryhmitysalueella siten, ettei vihollisen elektroninen tiedustelu kykene paikantamaan omien joukkojemme ryhmitystä ja sijaintia. Ryhmitysalueella on mahdollista käskää elektroninen hiljaisuus, radiohiljaisuus tai lähetyskielto hyökkäysvalmistelujen aikana. Jossain tapauksissa kenttäviestiverkon käyttö mahdollistetaan ryhmitysalueella, kuten harhauttamisessa. Käytössä ovat kiinteät yhteydet (YTV/PTV), lähetit sekä henkilökohtaiset tapaamiset.[12]

Hyökkäykseen siirtymisen tarkoituksena on saada joukot taistelukuntoisina oikeaan aikaan, salassa ja tilanteen vaatimassa taisteluvalmiudessa vastuualueelleen. Siirtojen tulee olla nopeita. Ainakin yksi pataljoonaa on saatava vaikuttamaan vihollisen ryhmitykseen mahdollisimman nopeasti[24]. Siirtyville joukoille on liikkeen aikana kyettävä lähettämään ilmatilannekuvaa. Ilmatilannekuvan jakaminen voi edellyttää radiolaitteiden tai viestijärjestelmän osittaista käyttöä siirtymisreiteillä radiohiljaisuudesta tai lähetyskiellosta huolimatta. Siirtymisen aikana on johtamisessa otettava huomioon se, että joukkoja pitää pystyä johtamaan liikkeessä, johtamisyhteydet muodostuvat usein pitkiksi ja että taistelun johtamiseen pitää pystyä myös yllättävissä tilanteissa, kuten kohdatun vihollisen lyömisessä. Siirtojen aikaisen ilmatilannekuvan-, johtamisen- ja tulenkäytön yhteyksien muodostamiseen ei saa sitoa liikaa käytettävissä olevasta viestijärjestelmästä.[12]

Siirtymisessä käytetään joko radiohiljaisuutta tai lähetyksieltoa aina viholliskosketukseen saakka. Kenttäviestijärjestelmää ei käytetä, vaan johtamiseen käytetään yleistä televerkkoa, puolustusvoimien televerkkoa, lähettiyhteyksiä ja henkilökohtaisia tapauksia. Yhtymän operatiivisen toiminta-ajatuksen suojaaminen ja salaaminen voidaan varmin toteuttaa elektronisella hiljaisuudella ja huolehtimalla asiakirjaturvallisuudesta.[12] Salauksella pyritään voittamaan aikaa yhtymälle. Mitä kauemmin yhtymän hyökkäysaika pysyy salassa viholliselta, sitä paremmat mahdollisuudet operaatiolla onnistua.

Hyökkäystä johtaa rintamavastuussa oleva yhtymän johtoporras. Ylempi johtoporras käskee yhtymälle tehtävän, josta ilmenee mm. tehtävä ja tavoite, valmistautumistehtävä, vastuualue ja hyökkäyssuunta sekä alistettavat joukot aikamäärineen. Hyökkäyksen aikana ei muodostu rintamalinjoja. Sekä omien että vihollisen joukkojen liikkessa tilanteet vaihtuvat nopeasti.[26] Pataljoonien taistelulle ovat luonteenomaisia hyökkäykset kohtaamisolosuhteissa, koukkaamiset vaikeiden maastojen kautta sekä soluttautumiset[24]. Pataljoonat taistelevat yleensä itsenäisesti, tehden syviä iskuja vihollisen ryhmittymien sivuitse komentopaikkoja ja tuliyksiköitä vastaan[26]. Kuvassa 3 on esitetty prikaati 2005:n tyypillinen operaatio.



KUVA 3. Esimerkki prikaati 2005:n tyypillisestä operaatiosta.[26]

Vaikutusalueen läheisyyteen on kyettävä muodostamaan viestijärjestelmän painopiste jo ennen taisteluvoiman pääosien tuloa alueelle. Taistelun päämäärän saavuttamiseksi on viestijärjestelmää kyettävä liikuttamaan taisteluiden edetessä. Tulenkäyt-

töön liittyvät tiedot ja yhteydet ovat hyökkäysvaiheen kriittisintä tietoa. Niiden läpikäyminen on turvattava vaikka muiden tietojen kustannuksella. Kun vihollinen kohdataan ja liike pysähtyy, on tulenkäytön yhteyksien oltava kunnossa. Hyökkäyksen edetessä kenttäteleverkko otetaan käyttöön tarvittavilta osin. Lähetyskielto kumotaan maastoon, aikaan tai vihollisen toimintaan sitoen.[12]

Kenttäviestijärjestelmän jääminen takapainoiseksi, venyminen madoksi tai pirstoutuminen osiksi voivat vaarantaa koko prikaatin hyökkäyksen[26]. Tilanne voi syntyä, kun hyökkäävät pataljoonat liikkuvat niin nopeasti, ettei kenttäviestijärjestelmää pystytä siirtämään hyökkäyksen mukana. Matomainen kenttäviestijärjestelmä syntyy, kun yhtymän johdossa olevat joukot ovat ryhmittyneet hajalleen, eikä järjestelmää kyetä silmukoimaan. Liian pitkät yhteysvälit sekä elektroninen häirintä ja vihollisen tulen yhteisvaikutus voivat hajottaa järjestelmän kahteen tai useampaan osaan. Kenttäviestijärjestelmä on optimaalisin silloin, kun tärkeimmät alajohtoportaat on liitetty runkoverkkoon varmennetuina yhteyksin, tykistön yhteydet ovat varmennettuja, runkoverkko rakentuu useista solmuista ja viestivoiman käyttö on keskitettyä.

Yhtymän hyökkäyssotatoimen viestitoiminnalle on tyypillistä, että

- viestiverkot suunnitellaan useaan eri toimintasuuntaan
- yleisen televerkon yhteyksiä pystytään hyödyntämään vain hyökkäyksen valmisteluvaiheessa
- valmisteluaikaa on vähän
- johtamisyhteydet rakennetaan pääosin linkki- ja radioyhteyksin sekä
- käytössä on automaattisia kenttäviestijärjestelmiä.[32]

2.3 Yhtymän viestijärjestelmä

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on kenttäviestijärjestelmä, jolla luodaan prikaatin sotatoimessa tarvittavat kenttäviestiyhteydet. Järjestelmällä luodaan viestipalvelut koko yhtymän tulenkäytön, tiedustelun ja johtamisen viestiyhteystarpeisiin.[13]

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on viestiasema-ajoneuvoihin tai -kontteihin kiinteästi asennettu järjestelmä, joka koostuu kenttäteleverkosta, sanomalaiteverkosta, liikkuvia tilaajia palvelevista radioliitynnöistä sekä suunnittelu- ja valvontaosasta. Kenttäteleverkko voidaan jakaa välitystekniikan mukaisesti piiriyhtymäiseen ja pakettiverkkoon. Piiriyhtymäisessä keskuksessa on järjestelmä- ja kanavatasoisia liittymiä. Jär-

jestelmätason liittymät ovat deltamoduloituja (64) 512 - 2048 kbit/s siirtonopeudella. Kanavatason liittymät ovat analogisia ja digitaalisia päätelaiteliityntöjä tai dataliittymiä. Kanavan deltamodulointi tehdään järjestelmännopeudesta riippuen 16 tai 32 kbit/s nopeudella.[13]

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 tarjoaa liikkuvalla tilaajalle kolme erityyppistä VHF-kenttäradiolla toteutettua radioliityntää: sanomalaiteverkon tukiasemat, analogisen kenttäradion puheradiotukiasemat sekä digitaalisen kenttäradion liikkuvan tilaajan järjestelmän tukiasemat. Suunnittelu- ja valvontaosa koostuu kenttäteleverkon, sanomalaiteverkon ja liikkuvien tilaajien suunnittelu- ja valvontaosista sekä taajuusvalvonnasta ja esikunnan ATK-verkon valvontajärjestelmästä.[13]

Järjestelmässä on viisi erilaista viestiasematyyppeä: C1; keskussanomalaitekalusto (6 kpl), C2; liikkuvan tilaajan analoginen liityntäjärjestelmä CNRI (6 kpl), C3; liikkuvan tilaajan digitaalinen liityntäjärjestelmä CNRA (6 kpl), C4; ilmatorjuntapatteriston erikoisvarustelu (2 kpl), HQ; verkon suunnittelu- ja valvonta-asema (4 kpl). Yhtymässä on yhteensä 24 viestiasemaa, jotka kaikki toimivat viestiverkon solmuina sisältäen tietyn asematyyppistä riippumattoman kaluston. Tämän lisäksi tulee kullekin asematyyppille oma tyyppi-kohtainen lisävarustuksensa. Kullakin solmulla on enintään kaksi linkki- ja kolme valokaapeliyhteyttä. Linkkiyhteyden pituus voi vaihdella yhteysvälin maaston mukaisesti muutamasta kilometristä jopa 30 - 40 kilometriin[13]. Valokaapeliyhteyden pituus voi olla enintään 3,2 kilometriä.

HQ-asemaa käytetään verkon suunnitteluun ja valvontaan sekä muodostamaan kenttäteleverkkoon järjestelmä- ja kanavatasoisia solmu- ja liittymäpisteitä. C1-aseilla muodostetaan kenttäteleverkon yhteyksien lisäksi sanomalaiteverkon runko. C2-asema tarjoaa kenttäteleverkon yhteyksiin VHF-radioliityntä. Kenttäradiolla varustettu liikkuva tilaaja voi tilata puheella yhteyden haluamaansa televerkon tilaajanumeroon. C3-aseilla muodostetaan liikkuvalla digitaalisen kenttäradion käyttäjälle televerkon langaton liityntä. C4-asemat ovat ilmatorjuntapatteriston johtoportaan organisaatioon sijoitettuja viestiasemia, jotka mahdollistavat ilmatorjuntapatteriston liittämisen ja uuden liittämipaikan valmistelun.[13]

2.4 Yhtymän radioverkot

Seuraavassa luvussa käsitellään prikaatin radioverkot. Tämän luvun tiedot perustuvat yksinomaan luonnosvaiheessa olevaan Digitaalisten kenttäradioiden käsikirjaan.

Luvun kirjoittamishetkellä kirja on lausuntokierroksella. Olen varmentanut kirjan soveltuvuuden lähteeksi kirjan kirjoittajalta. Lisäksi täytyy muistaa, että kyseinen kirja on ainoa olemassa oleva ja saatavilla oleva lähde, jossa käsitellään Pr 2005:n radioverkkoja kattavasti.

Kenttäradiojärjestelmän radioverkot koostuvat kenttäradioista, verkon päätelaitteista ja radioiden välisten siirtoteiden taajuus- ja toimintatapainformaatiosta. Radioverkkojen määrä ja koko vaihtelevat organisaatiosta riippuen. Digitaalisissa kenttäradioissa radioverkot on tallennettu muistipaikoille tai vaihtoehtoisesti radioverkoista ilmoitetaan erikseen taajuus- ja toimintatapatiedot viestiasiakirjoissa.

Valmiusprikaatissa on sekä johtosuhteiden mukaisia että alueellisia verkkoja. Johtosuhteiden mukaisia verkkoja ovat mm. jääkäripataljoonien ja jääkärikomppanioiden komentoverkot. Alueellisia verkkoja ovat mm. liikkuvan tilaajan järjestelmä ja sanomalaitejärjestelmä.

2.4.1 Johtosuhteiden mukaiset radioverkot

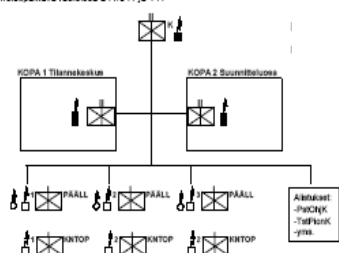
Prikaatin johtosuhteiden mukaisissa radioverkoissa noudatetaan tiettyjä periaatteita. Prikaatissa on komentoverkko, jonka lisäksi komentaja tai taistelunjohtokeskus voi halutessaan siirtyä liikennöimään alaisensa verkkoon käskyttämistä varten. Yhteistoiminta-asioissa siirrytään yhteistoimintaosapuolen verkkoon asian toimittamisen ajaksi. Yhtymän sisäisissä radioverkoissa käytetään taajuushypintää. Yhtymien välisissä yhteistoimintaverkoissa varaudutaan käyttämään kiinteitä taajuuksia.

Jääkäripataljoonaan muodostetaan kaksi puheradioliikenteelle tarkoitettua pataljoonan komentoverkkoa (A ja B) sekä sanomalaiteliikenteelle tarkoitettu komentoverkko (C). Pataljoonan komentoverkko A on tarkoitettu iskevien osien tilanteenmukaiseen taistelunjohtamiseen. Komentoverkossa B liikennöivät tukevat osat. Tulenkäyttöön tarkoitettu komentoverkko C on samalla kranaatinheitinkomppanian tulikomentoverkko 1, ja samassa verkossa toimii myös jääkäripataljoonan toinen sanomalaitetukiasema (ajoneuvossa KOPA 2). Ajoneuvossa KOPA 1 toimii omassa verkossaan jääkäripataljoonan toinen sanomalaitetukiasema. Tämän lisäksi jääkärikomppanioilla, kranaatinheitinkomppanialla sekä panssarintorjuntaohjus- sekä tiedustelujoukkueilla on omat sisäiset komentoverkkonsa. Pataljoonan radioverkot A, B ja C on havainnollistettu kuvassa 4.

Jääkäripataljoonan radioverkot

■ Pataljoonan komentoverkko A

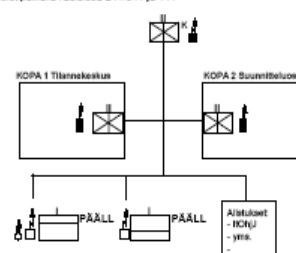
- tilanteenmukainen taistelunjohtaminen
- ⇒ istuvat osat
- sama verkko multispalkkialla radiolissa 241/341 ja 141



Jääkäripataljoonan radioverkot

■ Pataljoonan komentoverkko B

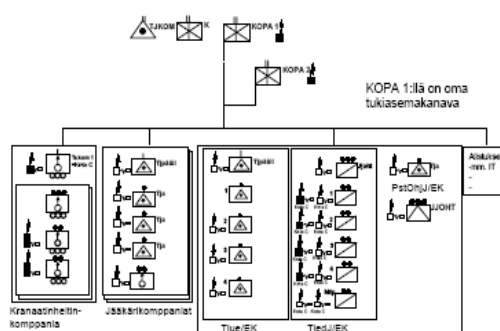
- tilanteenmukainen taistelunjohtaminen
- ⇒ tukevat osat
- sama verkko multispalkkialla radiolissa 241/341 ja 141



Jääkäripataljoonan radioverkot

■ Pataljoonan komentoverkko C

- J-P:n tukiasema (KOPA 2)
- KR/K:n tukom 1
- sama verkko multispalkkialla radiolissa 241/341 ja 141



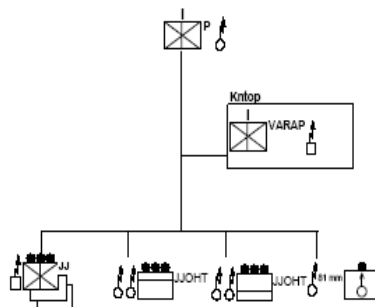
KUVA 4. Jääkäripataljoonan radioverkot A, B ja C.[5]

Jääkärikomppanioiden ja erillisjoukkueiden sisäisten komentoverkkojen puheradioliikenne on lähinnä suora-ammuntatulen, panssari- tai taisteluajoneuvojen tulen ja liikkeen johtamista. Lisäksi komentoverkkoja käytetään lyhyiden, taisteluun liittyvien käskyjen antamiseen. Pitkävaikutteiset, taistelutoimintaa koskevat käskyt on annettava suullisesti tapaamalla, tietosuojattuja yhteyksiä käyttäen tai lähetin välityksellä kirjallisesti. Johdinyhteyksiä ei tavallisesti rakenneta lukuun ottamatta yksiköiden lähiyhteyksiä. Komppanian ja joukkueen radioverkot on esitetty kuvassa 5.

Jääkäripataljoonan radioverkot

■ Jääkärikomppanian radioverkko

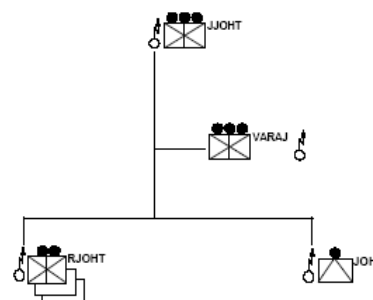
- sama verkko multispalkkialla radiolissa 241/341 ja 141



Jääkäripataljoonan radioverkot

■ JK/Jääkärijoukkueen radioverkko

- Joukkueen verkko otetaan käyttöön tarvittaessa
- sama verkko multispalkkialla radiolissa 241/341 ja 141



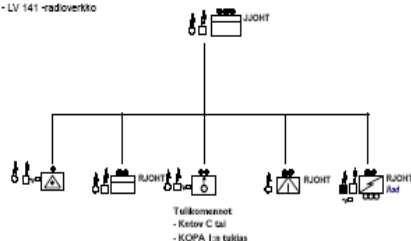
KUVA 5. Jääkärikomppanian ja -joukkueen radioverkot.[5]

Jääkärijoukkueen komentoverkkoa käytetään tarvittaessa. Joukkueen radioliikennöinti voidaan suorittaa myös komppanian komentoverkossa. Jääkärikomppanian komento- ja tukijoukkue voi käyttää omaa radioverkkoaan johtamiseensa, mutta tyypillisesti komento- ja tukijoukkueen ryhmät käsketään kuuntelemaan ja liikennöimään jossain seuraavista verkoista. Jääkäripataljoonan tukiasema tai muu tukiasema (sanomalaite), jääkärikomppanian komentoverkko, komento- ja tukijoukkueen komentoverkko tai jonkin jääkärijoukkueen komentoverkko. Komento- ja tukijoukkueen komentoverkko on esitetty kuvassa 6.

Jääkäripataljoonan radioverkot

JK/Komento- ja tukijoukkueen komentoverkko

- ryhmät kuuntelevat käskyn mukaan
- > JPK:n tai muu tukiasema (pariv.)
- > JK:n kntov
- > Knto- ja Tukijoukko kntov
- > JUK:n kntov
- LV 141 -radioverkko



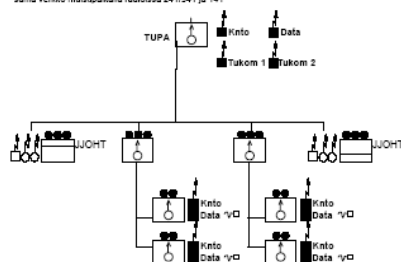
KUVA 6. Komento- ja tukijoukkueen komentoverkko.[5]

Kranaatinheitinkomppanian radioverkot perustetaan pataljoonan epäsuoran tulen tai yksikön sisäiseen johtamiseen. Komppaniassa on kaksi tulikomentoliikenteeseen tarkoitettua radioverkkoa, tulikomentoverkko 1 (TUKOM 1) ja tulikomentoverkko 2 (TUKOM 2). Lisäksi yksikössä on yksikön sisäiseen datansiirtoon ja johtamiseen tarkoitettuja erillisiä radioverkkoja, kranaatinheitinkomppanian datansiirtoverkko (KRHDATA) ja komentoverkko (KRHKNTO). Komppanian komentoverkot on esitetty kuvassa 7.

Jääkäripataljoonan radioverkot

■ KrhK:n komentoverkko

- puheverkko
- dataverkko (AHJO - AHJO)
- tukom 1 (Knto - C)
- tukom 2
- sama verkko muistopaikalla radiossa 241/241 ja 141



KUVA 7. Kranaatinheitinkomppanian komentoverkot.[5]

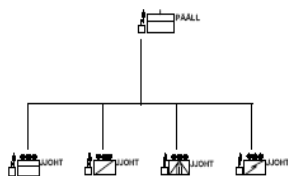
Tulikomentoverkko 1 on samalla pataljoonan komentoverkko C. Kranaatinheitinkomppaniasta siinä liikennöivät komppanian komentopaikka ja tulijoukkueet. Verkossa liikennöidään sanomalaitteilla. Tulikomentoverkko 2 on varaverkko tulenkäytön radioliikenteelle. Siinä toimitaan ensisijaisesti puheella. Verkossa kyetään liikennöimään myös sanomalaitteella. Kranaatinheitinkomppanian datansiirtoverkkoon liitetään komentopaikan ja heitinryhmien ammunnanhallinnan johtamislaitteet (AHJO).

Esikuntakomppanian komentoverkkoa käytetään esikuntakomppanian joukkueiden johtamiseen sekä tiedustelu- ja tulenkäyttöosaston sisäiseen viestiliikenteeseen. Esikuntakomppanian komentoverkko on esitetty kuvassa 8.

Jääkäripataljoonan radioverkot

■ Esikuntakomppanian komentoverkko

- JPrn esikunnan alueen lähipuolustuksen johtaminen
- LV 141 -radioverkko

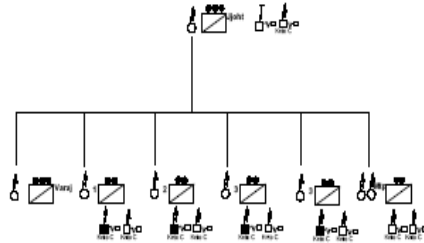


KUVA 8. Esikuntakomppanian komentoverkko.[5]

Kuvassa 9 on esitetty jääkäripataljoonan esikuntakomppanian panssaritiedustelu-, panssarintorjunta- (sinko) ja panssarintorjuntaohjusjoukkueiden komentoverkkoja.

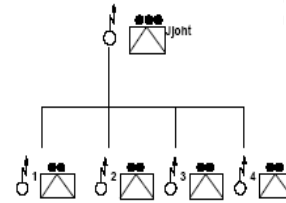
Jääkäripataljoonan radioverkot

- EK/Tiedustelujoukkueen komentoverkko
- sama verkko muistipaikalla radioissa 241/341 ja 141
- HF-radalyhteys tiedustelutiedolle ja epäsuoralle tulolle



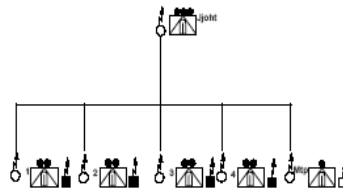
Jääkäripataljoonan radioverkot

- EK/Panssarintorjuntajoukkueen komentoverkko
- sama verkko muistipaikalla radioissa 241/341 ja 141



Jääkäripataljoonan radioverkot

- EK/Panssarintorjuntaohjusjoukkueen komentoverkko
- sama verkko muistipaikalla radioissa 241/341 ja 141

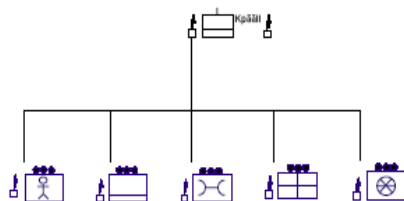


KUVA 9. Esikuntakomppanian panssaritiedustelu-, panssarintorjunta- (sinko) ja panssarintorjuntaohjusjoukkueiden komentoverkot.[5]

Huoltokomppanian komentoverkot on esitetty kuvassa 10.

Jääkäripataljoonan radioverkot

- Huoltokomppanian komentoverkko
- huoltokeskuksen alueen lähipuolustuksen johtaminen
- sama verkko muistipaikalla radioissa 241/341 ja 141



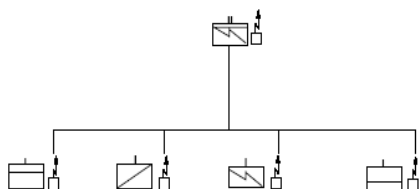
KUVA 10. Huoltokomppanian komentoverkot.[5]

Esikunta- ja viestipataljoonaan muodostetaan yksiköiden sisäiset komentoverkot. Pataljoonan komentajan komentoverkko muodostetaan tarvittaessa pataljoonan johtamiseen esimerkiksi taistelutilanteessa. Komentoverkossa liikennöidään ensisijai-

sesti puheella ja tarvittaessa sanomalaitteilla. Komentoverkon rakenne on esitetty kuvassa 11.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot

■ Esikunta- ja Viestipataljoonan komentoverkko



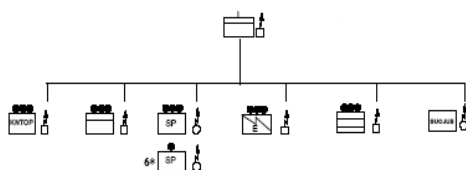
KUVA 11. Esikunta- ja viestipataljoonan komentoverkko.[5]

Tulentohtokomentaja johtaa selustan tulentohtoa sanomalaiteverkon kautta. Tulikomentojen viestityksen ajaksi tulentohtokomentaja voi tarvittaessa siirtyä prikaatin tulentohtoverkkoon joka on samalla patteriston tulikomentoverkko 1 (TUKOM 1).

Esikuntakomppaniaan muodostetaan komppanian komentoverkko, jossa liikennöidään puheella. Erillisiä komentoverkkoja ovat prikaatin komentajan suojuen lähiradioverkko ja komentopaikkajoukkueen lähiradioverkko. Liikennöinti tapahtuu puheella. Tarvittavien tulikomentojen viestitys tapahtuu prikaatin tulentohtoverkossa, joka on samalla patteriston tulikomentoverkko 1 (TUKOM 1). Esikuntakomppanian komentoverkot on esitetty kuvassa 12.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot

■ Esikuntakomppanian komentoverkko

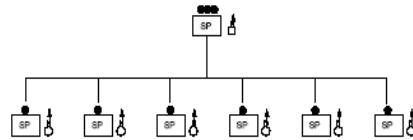


KUVA 12. Esikuntakomppanian komentoverkko.[5]

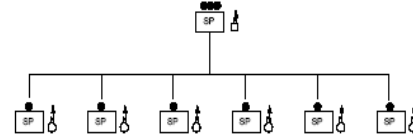
Verkko on AJ-toimintatilassa ja sitä käytetään yllättävissä tilanteissa ja taistelussa. Verkkoa ei käytetä hallinnolliseen liikenteeseen. Myös sotilaspoliisijoukkueen verkko on AJ-toimintatilassa ja sitä on pyrittävä käyttämään vain yllättävissä tilanteissa ja taistelussa. Verkossa tapahtuva radioliikenne on joka tilanteessa minimoitava. Suojuen komentoverkkoa käytetään taistelussa, kuten ylläkössä. Verkossa käytetään taa-

juushypintää. Sotilaspoliisijoukkueen ja suojuen komentoverkot on esitetty kuvassa 13.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot
= EK/Sotilaspoliisijoukkueen komentoverkko



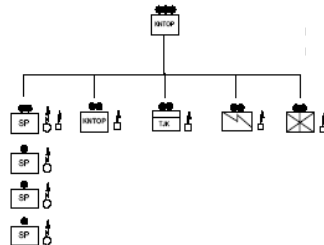
Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot
= EK/Suojueen komentoverkko



KUVA 13. Sotilaspoliisijoukkueen ja suojuen komentoverkot.[5]

Komentopaikkajoukkueen verkossa käytetään taajuushypintää ja esikuntakomppanian komentoverkon perusteita. Verkkoa käytetään siirron aikana ylläköissä. Paikallaan oltaessa verkkoa käytetään taistelussa suojahtaessa komentopaikkaa. Viestiryhmä liittyy alueen suojauksen kokonaisjärjestelyistä vastaavan joukon verkkoon. Komentopaikkajoukkueen komentoverkko on esitetty kuvassa 14.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot
= EK/Komentopaikkajoukkueen komentoverkko

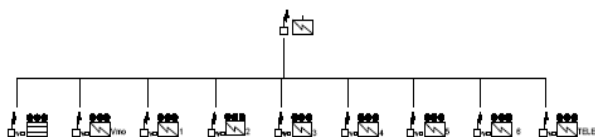


KUVA 14. Komentopaikkajoukkueen komentoverkko.[5]

Viestikomppaniaan muodostetaan komppanian komentoverkko, jossa liikennöidään puheella. Liikennöintiin voidaan käyttää myös sanomalaitteita. Komentoverkko on esitetty kuvassa 15.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot

■ Viestikomppanian komentoverkko



KUVA 15. Viestikomppanian komentoverkko.[5]

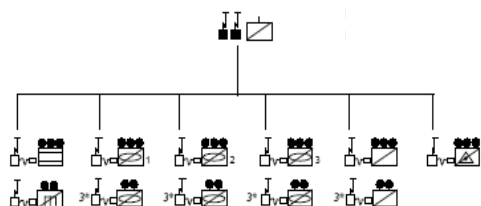
Komentoverkon kantaman ulkopuolella joukkueiden johtajat, asemat ja teleryhmät liit-
tyvät tarvittaessa alueellisiin radioverkkoihin, esimerkiksi sanomalaiteverkkoon. Ver-
kon toimintatila on taajuushypintä ja sitä käytetään viestikomppanian taistelun ja yllät-
tävien tilanteiden johtamiseen.

Tiedustelukomppaniaan muodostetaan komppanian komentoverkot A ja B sekä
panssaritiedustelujoukkueiden ja tiedustelu- ja tulenjohtajaoksen komentoverkot.
Komentoverkko A:ssa liikennöidään HF-radioilla ja komentoverkko B:ssä VHF-radioil-
la. Liikennöinti tapahtuu ensisijaisesti sanomalaitteilla, HF-verkoissa voidaan lisäksi
liikennöidä numero- tai lyhytviesteillä tai sähkötyksellä. Tulikomennot viestitetään pri-
kaatin sanomalaiteverkossa ja tarvittaessa suoraan prikaatin tulenjohtoverkossa tai
tiedustelukomppanian omien tukiasemien kautta. Tulenjohtoverkko on samalla patte-
riston tulikommentoverkko 1 (TUKOM 1). HF-radiolla tulikomennon voi viestittää tykis-
töpatteriston HF-tulikommentoverkossa (TUKOM 3). Panssaritiedustelujoukkueiden
komentoverkoissa liikennöidään puheella ja sanomalaitteilla. Tiedustelukomppanian
komentoverkot on esitetty kuvassa 16.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot

■ Tiedustelukomppanian A-verkko (HF)

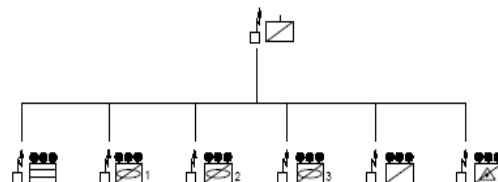
- Tiedon HF-radiot LV 441 kahdessa radioautossa



Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot

■ Tiedustelukomppanian B-verkko, sanla (VHF)

- Tiedon KSL-tukiasemat kahdessa radioautossa



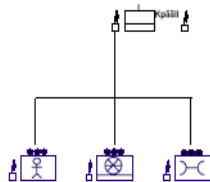
KUVA 16. Tiedustelukomppanian A- ja B-verkot.[5]

A-verkkoa käytetään ensisijaisesti tiedusteluliikenteen välittämiseen VHF-radiokantaman ulkopuolelta. Verkossa käytetään sanomalaitetta tai numero- ja lyhytviestejä, varamenetelmänä voidaan käyttää myös sähkötystä. Yhteydet voidaan muodostaa linkinmuodostusmenetelmillä tai taajuushypinnällä. Salattua tai salaamatonta puhetta käytetään vain hätätapauksissa. Verkon johtoasemat ovat samalla sanomalaiteverkon tukiasemia. B-verkkoa käytetään ensisijaisena verkkona VHF-radiokantamien niin salliessa taistelun johtamiseen sekä tulenkäyttöön tiedustelukomppanian vastuualueella. Verkossa käytetään toimintatilana taajuushypintää. Tiedustelukomppanian komentopaikka on samalla sanomalaiteverkon tukiasema.

Huoltokomppanian komentoverkkoa käytetään puheella komppanian taistelun ja yllätävien tilanteiden johtamiseen. Verkon toimintatilana on taajuushypintä ja siinä käytetään sanomalaitteita. Komentoverkon kantaman ulkopuolella liikkuvat sairausauto-, polttoaine- ja korjauspartiot liittyvät sanomalaiteverkkoon. Huoltokomppanian komentoverkot on esitetty kuvassa 17.

Esikunta- ja viestipataljoonan radioverkot

■ Huoltokomppanian komentoverkko

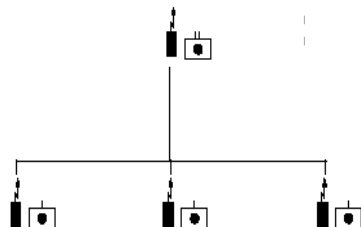


KUVA 17. Huoltokomppanian komentoverkko.[5]

Patteriston radioverkot perustetaan prikaatin epäsuoran tulen johtamiseen. Lisäksi patteristossa on sisäiseen johtamiseen tarkoitettu patteriston komentoverkko sekä patterien omat komentoverkot. Sanomalaiteverkon yhteys patteriston komentopaikalta sanomalaiteverkon tukiasemaan varmennetaan varatieradioyhteydellä, jossa käytetään sanomalaiteverkon tukiaseman viestiliikenneperusteita. Patteristoon muodostetaan kolme tulikomentoliikenteeseen tarkoitettua radioverkkoa, jotka ovat tulikomentoverkot 1, 2 ja 3 (TUKOM 1, TUKOM 2 ja TUKOM 3). Tulikomentoverkko 1 on samalla prikaatin tulenjohtoverkko, jossa liikennöidään VHF-radioilla ja sanomalaitteilla käyttäen taajuushypintää. Tulikomentoverkko 2:ssa käytetään SEC-toimintatilaa kiinteällä taajuudella. Samalla radio skannaa 2-3 yhteistoimintakanavaa, jotka ovat CLR-toimintatilassa. Tulikomentoverkko 2 on kytketty keskussanomalaiteeseen ja sillä voidaan ottaa vastaan skannatuilta yhteistoimintakanavilta puhetta ja sanomalai-

teliikennettä, sekä johtaa varsinaisella kanavalla esikunta- ja huoltopatterin jaoksia ja ryhmiä puheella sekä sanomalaitteella. Tulikomentoverkko 3 muodostetaan prikaatin toiseksi tulenjohtoverkoksi, jossa liikennöidään HF-radioilla ja sanomalaitteilla käyttäen linkinmuodostusta tai taajuushypintää. Kenttätykistöpatteriston sekä patterin komentopaikan radioiden käyttöä eri radioverkoissa havainnollistetaan kuvassa 18.

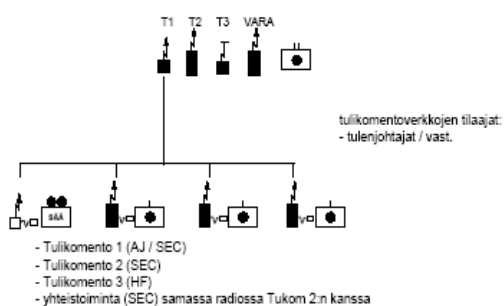
Tykistön radioverkot
 ■ Tykistöpatteriston komentoverkko (data/puhe)
 - Tuloiminnan johtaminen



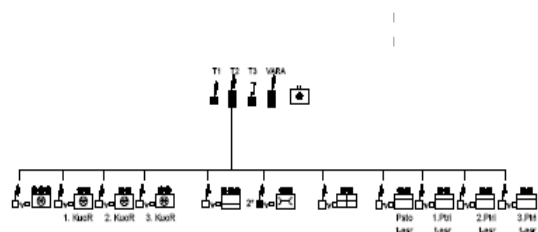
KUVA 18. Tykistöpatteriston komentoverkko.[5]

Patteriston komentoverkko kytketään ammunnanhallinnan ja johtamisen tietojärjestelmään AHJO. Verkossa siirretään ammunnanhallintaan ja tulipatterien johtamiseen liittyvää tietoa, sekä johdetaan tulipattereita puheella. Kenttätykistöpatteriston tulipattereihin muodostetaan omat komentoverkot, jotka liitetään ammunnanhallinnan ja johtamisen tietojärjestelmään. Komentoverkkoa käytetään ammunnanhallintaan sekä jaoksen ja tykkiryhmien johtamiseen puheella. Verkossa käytetään taajuushypintää. Käytettäviä patteriston radioverkoja on esitetty kuvassa 19.

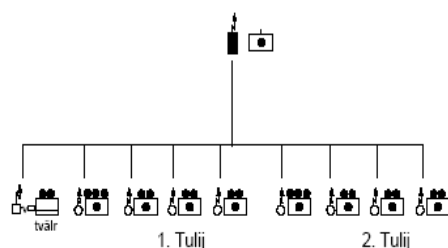
Tykistön radioverkot
 ■ Tykistöpatteriston sanomalaiteverkot



Tykistön radioverkot
 ■ Tykistöpatteriston puheverkko (Tukom 2)



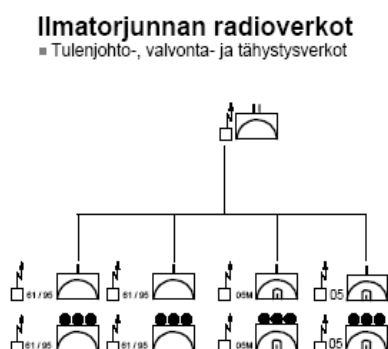
Tykistön radioverkot
 ■ Tulipatterin komentoverkko



KUVA 19. Patteriston radioverkot.[5]

Ilmatorjuntapatteriston radioverkkoja ovat tulenjohtoverkko, valvontaverkko ja tähystysverkko. Patteristo käyttää myös yhtymän sanomalaiteverkon radioyhteyksiä. Lisäksi yksiköt voivat käyttää sisäiseen liikenteeseensä tarvittaessa omia komentoverkkoja.

Ilmatorjuntapatteriston tulenjohtoverkkoa käytetään ilmatilannetietojen sekä tulitoimintaan liittyvien ilmoitusten lähettämiseen johtokeskuksesta ilmatorjuntayksiköihin. Liikenne on yksisuuntaista tulenjohtodataa (TJ-data) johtokeskuksesta lähetyspisteiden kautta ilmatorjuntayksiköiden tuliasemapäätteille. Tulenjohtodataa voidaan siirtää kenttäradioyhteyksien lisäksi ULA-radioilla ja kaapeliyhteyksillä. Tulenjohtoverkossa käytetään taajuushypintää (AJ) ja salattua kiinteätä taajuutta (SEC) sekä myös analogista salaamatonta moodia (CLR) niitä johdettavia varten, joilla on kalustona muu kuin Tadiran-radiokalusto. Tulenjohtodataa lähetetään Ilmatorjuntapatteriston johtoportaan johtokeskuksesta. Lähetyspisteinä toimivat johtoportaan linkit, tutkat ja erilliset lähetyspisteryhmät. Tulenjohtodatan lähetys käynnistetään maalin ilmestyessä asejärjestelmien vaatiman etäisyyden tai ennalta käsketyin kehän sisäpuolelle. Tulenjohtodatan lähetystä radiotiellä voidaan katkoa siten, että lähetystä pidetään päällä vain lyhyitä hetkiä kerrallaan, elleivät johdettavat asejärjestelmät vaadi tarkempaa johtamista. Lähetys käynnistetään uudestaan maalin muuttaessa toimintaansa tai lähestyttyä tietyn matkaa. Ennakkovaroituksena yksiköille tulenjohtodatan lähetysten käynnistämisestä voidaan käyttää ilmavalvontaselosteessa, tähystysverkossa tai valvontaverkossa lähetettävää maalitietoa. Tulenjohtoverkko on esitetty kuvassa 20.



KUVA 20. Ilmatorjuntapatteriston tulenjohto-, valvonta- ja tähystysverkot.[5]

Valvontaverkko on tulasemäpäänteen ja sitä johtavan johtokeskuksen välinen ilmatilannetietojen, omakoneilmoitusten kuittausten, maalinosoitusten kuittausten ja sanomalaite-sanomien välittämiseen tarkoitettu viestiverkko. Valvontaverkko on tarkoitettu täydentämään ja tarvittaessa korvaamaan tulenjohtoverkkoa. Ilmatilannetietojen lähettämiseen ja vastaanottamiseen valvontaverkossa käytetään tulasemäpäänteen määrämuotoisia aistimaalisanomia. Tulitoimintaan liittyvien ilmoitusten lähettämiseen käytetään tulasemäpäänteen määrämuotoisia ilmoituksia. Valvontaverkossa voidaan lähettää ja vastaanottaa myös sanomalaite-sanomia.

Tähystysverkkoa käytetään ilmatilannetietojen välittämiseen ja tarvittaessa tulitoiminnan johtamiseen koko ilmatorjuntapatteristossa. Liikennöinti tapahtuu pääsääntöisesti ilmoittamalla ilmatilannetietoja puheella ruutuviestinä. Tähtystysverkossa voidaan välittää koodisanoja käyttäen myös muita käskyjä ja ilmoituksia. Tähtystysverkko on rakenteeltaan samanlainen kuin tulenjohtoverkko ja sen toimintatilana käytetään taajuushypintää.

Pioneeripataljoonaan muodostetaan pataljoonan komentoverkko. Verkon toimintatilana käytetään taajuushypintää. Lisäksi johtamisessa käytetään prikaatin alueellisia radioverkkoja. Pioneeripataljoonan komentaja johtaa pataljoonaa tapaamisten aikana annettavilla yhteis- ja erilliskäskyillä. Pataljoonan komentoverkkoa käytetään ilmoitusten välittämiseen ja varautumistehtävien toimeenpanon käskemiseen. Pataljoonan radioverkko on esitetty kuvassa 21.

Pioneeripataljoonan radioverkot

■ Pataljoonan komentoverkko

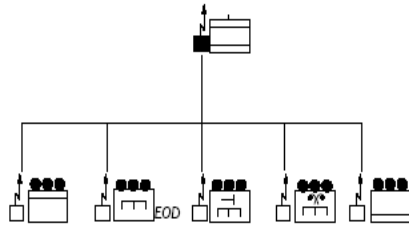


KUVA 21. Pioneeripataljoonan komentoverkko.[5]

Esikunta- ja huoltokomppanian komentoverkossa käytetään toimintatilana taajuushypintää. Verkkoa käytetään toiminnan johtamiseen. Verkossa toimivat komppanian päällikkö ja joukkueiden johtajat. Komppanian komentoverkko on esitetty kuvassa 22

Pioneeripataljoonan radioverkot

- Esikunta- ja huoltokomppanian komentoverkot
- ▷ Komppanian
- ▷ Joukkueiden

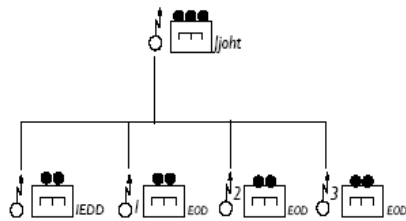


KUVA 22. Esikunta- ja huoltokomppanian komentoverkot .[5]

Raivaajaosaston komentoverkkoa ja suojelujoukkueen komentoverkot on esitetty kuvassa 23.

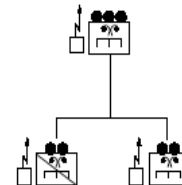
Pioneeripataljoonan radioverkot

- Raivaajaosaston komentoverkko



Pioneeripataljoonan radioverkot

- Suojelujoukkueen komentoverkko

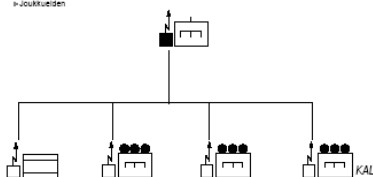


KUVA 23. Raivaajaosaston ja suojelujoukkueen komentoverkot.[5]

Pioneerikomppaniaan muodostetaan komppanian ja pioneerijoukkueiden komentoverkot. Komentoverkkojen toimintatilana käytetään taajuushypintää. Komppanian komentoverkkoa käytetään ilmoitusten välittämiseen ja varautumistehtävien toimeenpanon käskemiseen. Komento- ja huoltojoukkueen komentoverkkoa käytetään komentopaikan toiminnan johtamiseen. Pioneerijoukkueiden komentoverkkoa käytetään joukkueen ryhmien johtamiseen pioneeritoimintaa vaativilla kohteilla. Komppanian sekä joukkueen komentoverkot on esitetty kuvassa 24.

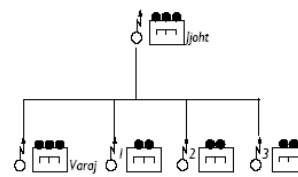
Pioneeripataljoonan radioverkot

- Pioneerikomppanian komentoverkko
- ▷ Komppanian
- ▷ Joukkueiden



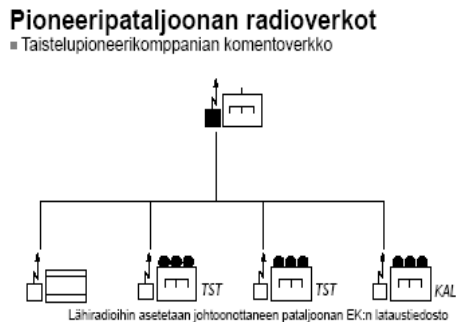
Pioneeripataljoonan radioverkot

- Pioneerijoukkueen (PionK) radioverkot



KUVA 24. Pioneerikomppanian ja -joukkueen radioverkot.[5]

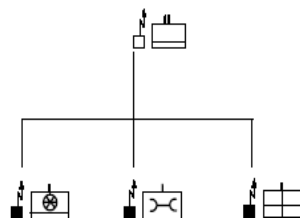
Taistelupioneerikomppaniaa voidaan johtaa sen komentoverkossa. Johtoonottamisen yhteydessä taistelupioneerikomppanian lähiradioihin ohjelmoidaan johtoonottaneen pataljoonan esikuntakomppanian lataustiedosto. Komppanian komentoverkko on esitetty kuvassa 25.



KUVA 25. Taistelupioneerikomppanian komentoverkko.[5]

Huoltopataljoonaan muodostetaan pataljoonan komentoverkko, joka toimii tarvittaessa materiaaliverkkona. Materiaaliverkon kautta välitetään ensisijaisesti täydennystoiminnan vaatimia tilauksia, määräyksiä ja ilmoituksia. Verkossa käytetään toimintatilana taajuushypintää. Lisäksi johtamisessa käytetään prikaatin alueellisia radioverkkoja. Pataljoonan radioverkot on esitetty kuvassa 26.

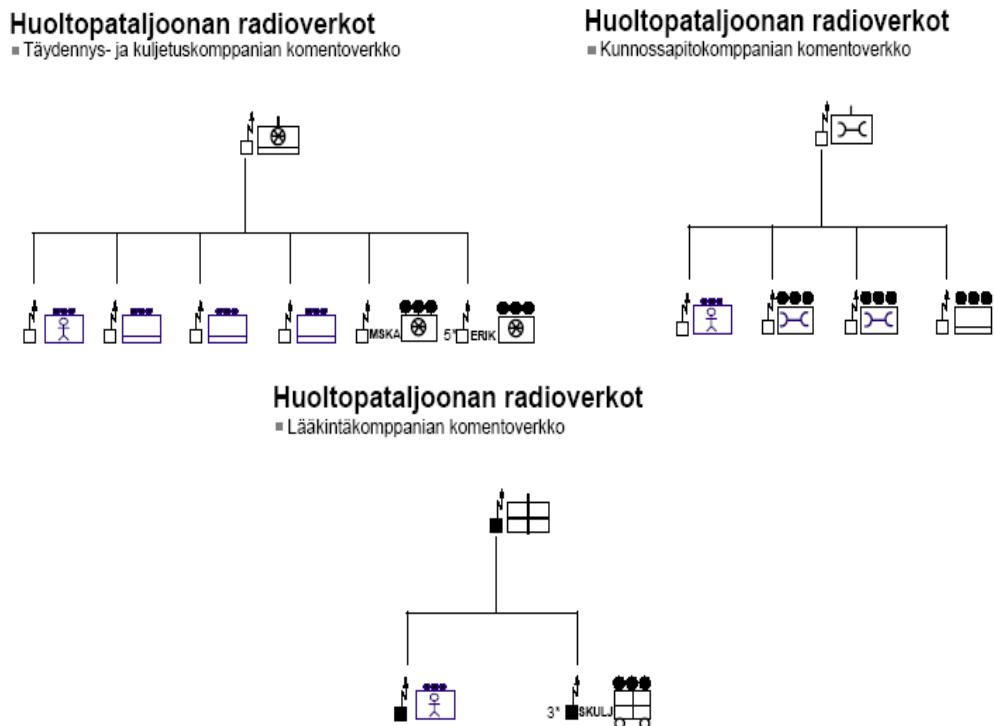
Huoltopataljoonan radioverkot
 ■ Pataljoonan komentoverkko



KUVA 26. Huoltopataljoonan komentoverkko.[5]

Täydennys- ja kuljetuskomppanian, kunnossapitokomppanian sekä lääkintäkomppanian komentoverkossa käytetään toimintatilana taajuushypintää. Täydennys- ja kuljetuskomppanian komentoverkkoa käytetään tilanteen mukaiseen johtamiseen tilauksiin, varastointiin, täydennyksiin ja kuljetuksiin liittyen. Kunnossapitokomppanian komentoverkkoa käytetään tilanteenmukaiseen johtamiseen korjaukseen, huoltoon sekä varaosa- ja huoltotarviketäydennyksiin liittyen. Lääkintäkomppanian komento-

verkkoa käytetään tarvittaessa tilanteenmukaiseen sairasajoneuvojen johtamiseen. Komppanioiden komentoverkot on esitetty kuvassa 27.



KUVA 27. Huoltopataljoonan komppanioiden komentoverkot.[5]

Panssaritorjuntaohjuskomppanian komentoverkkoa käytetään panssaritorjuntaohjusjoukkueiden johtamiseen. Komentoverkossa käytetään toimintatilana taajuushyppintää. Liikennöinti tapahtuu puheella ja tarvittaessa sanomalaitteilla. Erillisessä suunnassa käytettävä panssaritorjuntaohjusjoukkue muodostaa tarvittaessa oman komentoverkon, jossa käytetään komppanian komentoverkon perusteita. Komentoverkko on esitetty kuvassa 28.



KUVA 28. Panssaritorjuntaohjuskomppanian komentoverkko.[5]

2.4.2 Alueelliset radioverkot

Viestikomppania suunnittelee ja perustaa prikaatin alueelliset radioverkot. Ne voidaan perustaa alueellisesti, ajallisesti tai paikallisesti rajattuina. Verkoissa liikennöidään joko puheella tai sanomalaitteella. Liikkuvan tilaajan järjestelmässä liikennöitävissä puheluissa on toimintatapana tyypillisesti taajuushypintä. Sanomalaiteverkossa liikennöidään sanomalaitteella tukiasemasta riippuen taajuushypinnällä (AJ) tai salaa-mattomalla tai salatulla kiinteätaajuisella toiminnalla (CLR tai SEC).

Sanomalaiteverkko muodostetaan viestikomppanian C1-viestiasemien avulla. Asemien tukiasemaradiot ovat eri taajuuksilla ja niitä voidaan käyttää joko taajuushypinnällä tai kiinteätaajuisessa salatussa toimintatilassa. C1-aseman KSL-tukiasema mahdollistaa liikkuvien sanomalaite-tilaajien liittymisen prikaatin sanomalaiteverkkoon.

3. LIIKKUVAN TILAAJAN JÄRJESTELMÄ (MSS)

Liikkuvan tilaajan järjestelmä on valmiusyhtymien johtamiseen käytettävä, ajoneuvoihin asennetuista ja kannettavista viestilaitteista muodostuva kokonaisuus, jolla aikaansaadaan johtamisen ja tulenkäytön tiedonsiirron mahdollistava taistelun vaikutuksia kestävä radiojärjestelmä. Järjestelmä on ensisijaisesti tarkoitettu erikseen määrättyjen liikkuvien tilaajien liittämiseen radiotiellä yhtymän viestiverkkoon (YVI1 ja YVI2).[6]

MSS-järjestelmä tarjoaa kenttäviestijärjestelmän puhelinpalvelut niille kenttäradioverkon tilaajille, joilla on käytössään tarvittava liityntälaitteisto. Järjestelmä tarjoaa em. tilaajille selektiivipuhelumahdollisuuden keskinäistä liikennöintiä varten, sekä tarjoaa riittävät verkonhallintapalvelut edellä kuvattujen palveluiden automaattisen hallinnan mahdollistamiseksi.[6]

MSS-järjestelmä on digitaalinen, täysautomaattinen järjestelmä. Se on vahvasti salattu ja käyttää taajuushypintää. Tulevaisuudessa on tulossa mahdollisuus liittyä myös YTV/PTV:oon Delta/PCM-muuntimen kautta.[10]

Liikkuvan tilaajan järjestelmä sisältää seuraavat osat:

1. Tukiasema (BS), joka koostuu
 - YVI2-järjestelmän C3-viestiasemat
 - tukiasemaohjaimet (BSC)
 - digitaaliset kenttäradiot (LV241/341/342)

2. Liikkuva tilaaja (MS)

- liikkuvan tilaajan ohjaimet (MSC)
- digitaaliset kenttäradiot (LV241/341/342)

3. YVI2-viestijärjestelmä[6].

Viestiasema 3:lla (C3-asemalla) muodostetaan liikkuvalla digitaalisen kenttäradion (LV241) käyttäjälle televerkon langaton liityntä. Tilaajan digitaalinen kenttäradio vaatii ohjausyksikön, mil-PC (MSC; Mobile Subscriber Controller), jonka kautta tilaaja voi tehdä numerovalinnan televerkkoon tai vastata tuleviin puheluihin. Liikennöinti tapahtuu normaalisti radion kuulopuhelimella. Ohjausyksikkö on ruggeroitu, maastokelpoinen tietokone tai vastaavasti ajoneuvoasenteinen tietokone[13].

Puhelut yhdistyvät tukiaseman (BS; Base Station) kautta. Tukiasemaohjain (BSC; Base Station Controller) yhdistää keskuksen (CD115E) neljään radioon, joista yhtä käytetään signalointiin ja kolmea puheluihin. Liikkuvan tilaajan radio on normaalisti omassa komentoverkossaan, mutta tukiaseman kautta tehtävät puhelut suoritetaan liikennöintikanavalla. PC:n ohjelmisto (MSC SW) huolehtii kanavien vaihdoista. Yhden tukiaseman kautta voi kulkea samanaikaisesti korkeintaan kolme puhelua ja jos asema on liikkeessä, niin ainoastaan yksi puhelu on mahdollinen[10]. Prikaatin operaatioalueella on kuusi tukiasemaa, joissa kussakin on neljä LV341 digitaalista kenttäradiota antenneineen sekä tukiasemaohjain.

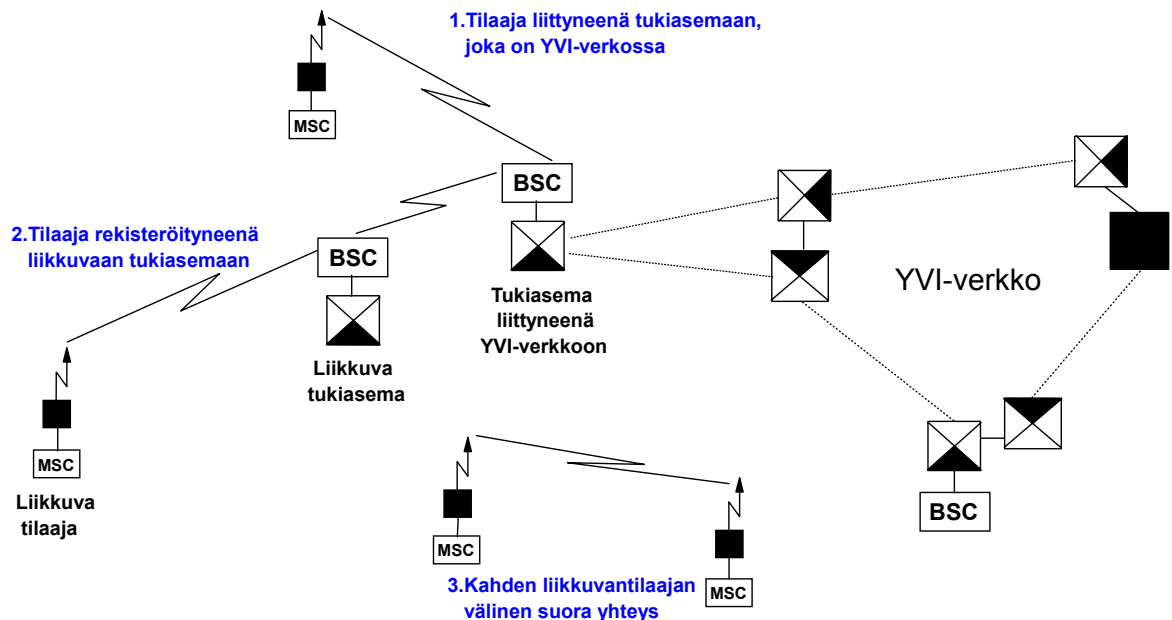
Liikkuvia tilaajia on prikaatin alueella n. 30 kappaletta. Alustavasti on suunniteltu liikkuviksi tilaajiksi:

- komentaja
- esikunta
- esikunta- ja viestipataljoonan komentaja
- esikuntakomppanian päällikkö
- viestikeskusjoukkueet (6)
- jääkäripataljoonien komentajat (3)
- jääkärikomppanioiden päälliköt (9)
- kranaatinheitinkomppanian päällikkö
- panssaritorjuntaohjuskomppanian päällikkö
- kenttätukipatteriston komentaja
- ilmatorjuntapatteriston komentaja
- pioneeripataljoonan komentaja

- pioneerikomppanian päällikkö
- huoltopataljoonan komentaja[6].

Eri puheluvaihtoehdot on esitetty kuvassa 29.

MSS-järjestelmän käyttömahdollisuuksia



KUVA 29. Puhelumahdollisuudet MSS -järjestelmässä.[10]

MSS-järjestelmässä ei ole omaa verkon valvontaa ja ohjausta, vaan se perustuu YVI:n omaan verkon valvontaan ja ohjaukseen. MSS-verkon ohjaukseen kuuluvat tilaajanumerointi sekä radiokanavien ohjaus. YVI operaattori huolehtii MS-tilaajien luomisesta YVI-järjestelmään. Tämä toteutetaan samalla tavalla, kuin staattisen tai expected tilaajan luominen, OSC tietokoneella. YVI:n keskuksat suorittavat MS-tilaajien tunnistamisen aina, kun he liittyvät YVI-järjestelmään tukiasemien kautta tai aloittavat viestien lähettämisen. Toisaalta MS-tilaajien tiedot voidaan poistaa järjestelmästä ja heidän liikennöintinsä voidaan estää. Keskuksat päivittävät automaattisesti tietonsa, jos MS-tilaaja vaihtaa tukiasemaa. Näin estetään tilaajien liittyminen samanaikaisesti useampaan tukiasemaan. Käytettävien CNR kanavien parametrit (taajuuDET, avaimistot) on asetettava kaikkiin radioihin ennen tehtävään lähtöä.[21]

MSS-järjestelmä tukee piiri- ja pakettikytkentäisen datan siirtoa. MSS-järjestelmä tarjoaa kaikille tilaajille puhe- ja datayhteydet riippumatta siitä, onko tukiasema yhteydessä YVI:iin. Käytännön datansiirtonopeus on 2400 bit/s, sekä synkronisessa että

asynkronisessa muodossa. Radiohiljaisuuden aikana tukiasemaohjain kykenee asettamaan MSS-radiot vastaanottotilaan, sekä säätämään radioiden lähetystehoja. Muita järjestelmän tarjoamia lisäpalveluita ovat mm. lyhytvalinta, kuulutus, konferenssipuhelut ja etuoikeuspuhelut. "Koputuspalvelua" ei ole tarjolla järjestelmän rajoittuneisuuden vuoksi.[21]

3.1 Tukiasemat ja päätelaitteet

Tukiasema koostuu tukiasemaohjaimesta (BSC; Base Station Controller), neljästä LV341 radiosta, ohjaustietokoneesta sekä keskuksesta (CD115E). Keskusten väliset yhteydet järjestetään YVI:n siirtoteillä, joita ovat radiolinkkiyhteydet ja valokaapeliyhteydet.

MH313/S digitaalinen radiolinkki on Marconi S.p.A:n valmistama UHF III -taajuusalueella toimiva taajuusmoduloinut radiolinkki. Se käyttää taajuusaluetta 1350 - 1850 MHz kanavavälin ollessa 125 kHz. Tulevan ja lähtevän signaalin väli (duplex-väli) oltava vähintään 40 MHz häiriöiden välttämiseksi. Kynnysarvot virhesuhteella $10e^{-4}$ ovat 132 dB nopeudella 512 kbit/s, 132 dB nopeudella 1024 kbit/s ja 126 dB nopeudella 2048 kbit/s. Seisovanaallon suhde on alle 1:1.3. Lähetysteho on asetettavissa 2 dB:n portain välillä +20 - +30 dB. Käytettäessä automaattista tehonsäätöä kyseisellä alueella, voidaan sallitun tehoalueen yläraja asettaa myös alemmaksi. Vastaanottimen kohinaluku on pienempi kuin 6 dB ja lähtöimpedanssi 50 ohm. Radiolinkin ohjaus tapahtuu normaalisti erillisen ohjauspäätteen (AS107) avulla, mutta sen tilalla voidaan käyttää tarvittaessa mitä tahansa asynkronista päätettä. MH313/S sisältää varsin tehokkaan testaus- ja vianmääritysohjelmiston, jonka avulla pätevä käyttäjä pystyy käyttöhuoltotoimenpitein varsin pitkälle määrittämään laitteessa ilmenevien vikojen luonteen ja sijainnin. Koska kyseessä on UHF III -taajuusalueen radiolinkki, on käyttäjän muistettava aina huolellinen antennien suuntaaminen yhteyttä muodostettaessa.[33]

Linkkiyhteys on salattu Ericssonin valmistamalla Eurocom D/1 -tietoliikennestandardin mukaisella ryhmäsalaamislaitteella CD410. Erilaisten mahdollisten salausavainten lukumäärä on 10 potenssiin 91. Avainsanan rakenne on 8x4 merkkiä ja käytettävissä ovat merkit välistä 0 - 7.[33]

ML2F on Nokian valmistama kenttävalokaapelijärjestelmä, joka rakentuu ML2F-valokaapelipäätelaitteesta ja Z2FR-kenttävalokaapelista. ML2F toimii järjestelmän optisena päätelaitteena, jota voidaan tarvittaessa käyttää myös toistimena. Laitteessa on kaksi siirtokanavaa, huoltokanavaa ja virransyöttöyksikkö. Siirtonopeus sähköisellä puolella, eli TDM -liitännässä on välillä 256 - 2048 kbit/s.

Sähköisen puolen käytettävä signaalirakenne on seuraava: Kelloliitäntä 1 V_{hh}, 130 ohmia, symmetrinen, johtokoodauksena NRZ (No Return To Zero), joka on yksinkertaisin tapa koodata johtimessa kulkeva bittivirta. NRZ -koodauksessa jännitteen arvo on vakio bitin keston ajan, ja sekä 0- että 1-biteillä on omat jännitetasonsa[7]. NRZ -koodaus on helppo toteuttaa elektroniikalla. Bitit luetaan kellopulssin laskevalla reunalla, jolloin sen oletetaan sijaitsevan keskellä luettavaa bittiä. Koodauksen heikkoja puolia ovat että, tasavirtakomponentti on $\frac{1}{2}$ x suurin jännite, jos 0-bitti = 0V[7]. Tasavirtakomponenttiin voidaan vaikuttaa asettamalla 0-bitin ja 1-bitin jännitearvot ovat toistensa komplementteja suhteessa maatasoon (0V). Peräkkäiset samanarvoiset bitit eivät synnytä riittävästi tilanmuutoksia vastaanoton tahdistuksen ylläpitämiseksi.

Dataliitännässä signaali rakenne on 1 V_{hh}, 130 ohmia, symmetrinen, johtokoodauksena AMI (Alternate Mark Inversion). AMI-koodauksessa 0-bitti edustaa jännitetasoa 0, ja 1-bitti joko jännitettä + tai - siten, että joka toisen 1-bitin polariteetti on sama[7]. AMI poistaa tasavirtakomponentin sillä, että jännitetaso vaihtaa polariteettia joka toisella kerralla, jolloin jännitteiden keskimääräinen summa = 0 V[7]. AMI sallii edelleen tilanteen, jossa jännitteen taso säilyy muuttumattomana pidemmän aikaa, josta seuraa, että tahdistuksen ylläpitäminen vaikeutuu.

Johtokoodauksena optisella puolella on 1B2B, joka tarkoittaa sitä, että kukin bitti sähköiseltä puolelta johtokoodataan kahdeksi bitiksi optiselle puolelle. Käytännössä jokainen sähköisen liitännän puolelta tuleva 0 -bitti koodataan muotoon 10 ja vastavasti 1 -bitti vuorotellen muotoon 11 tai 00. Tällä tavoin voidaan estää kolme peräkkäistä bittiä pidempien nolatilojen muodostuminen optisen liitännän puolelle ja varmennetaan järjestelmän tahdistuminen. Siirtonopeus optisen liitännän puolella on aina 4096 kbit/s, eli sähköisen puolen siirtonopeuden ollessa pienempi kuin 2048 kbit/s, kutakin bittiä toistetaan riittävä määrä, jotta siirtonopeus pysyy vakiona. Laitteen kumpikin siirtokanava on erikseen testattavissa silmukoimalla.[33]

Z2FR on asteittaistaitekertoiminen monimuotokuitu eli GI -kuitu. Asteittaistaitekertoisessa kuidussa taitekerroin muuttuu lineaarisesti mentäessä kohti ytimen reunaa. Kun kuituun lähetetään valopulssi, osa säteistä kulkee lähellä ytimen keskustaa ja osa kiertää pidemmän matkan ytimen ulkoreunan kautta. Ytimen lähellä oleva säde etenee hitaammin kuin ytimen ulkoreunoilla oleva säde, jolloin ytimen ulkoreunalla kulkevien säteiden pidempi matka kompensoituu suuremman etenemisnopeuden ansiosta. Asteittaistaitekertoiminen kuitu mahdollistaa jopa 1 Gbit/s nopeuksia kilometrin mittaisella matkalla.[7].

Kuitujen lukumäärä kaapelissa on kaksi ja näiden kummankin kuidun halkaisija on 50/125 ym. Kaapelin halkaisija kaikkiaan on noin 4,5 mm. Kuidun vaimennus on noin 3 dB/km ja liitosten aiheuttama lisävaimennus on noin 3 dB. Kaapelin vetolujuus on 700 N ja sille sallittu pienin taivutussäde on 4 cm. Toistinväli on 3200 m, eli maksimissaan voidaan liittää neljä 800 m:n kelaa peräkkäin ilman toistinlaitteen käyttöä. [33]

YVI2-viestiasemat on varustettu digitaalisella kenttäkeskuksella CD115E. Keskus sisältää piirikytkentäisen ja pakettikytkentäisen keskuksen[13]. Digitaalisessa keskuksessa kytkentä tapahtuu aikajakoisesti ilman mekaanisia kytkineliimiä[1]. Signaali siirtyy keskuksen läpi digitaalisessa muodossa eli ykkösinä ja nollina. Kytkentäviive on huomattavan lyhyt. Verkon yhteydet ovat luonteeltaan piirikytkentäisiä eli tilaajien välille on koko yhteyden ajaksi muodostettu ja heidän käyttöönsä varattu siirtopiiri. Digitaalisen keskuksen läpi kulkiessaan tämä siirtopiiri on tosin melko kuvitteellinen, sillä data on hyvin pienen hetkin keskuksen tietokoneen muistissa bitteinä talletettuna. Aikajakoisilla yhteyksillä kulkee samassa johtimessa useiden yhteyksien dataa hyvin lyhyissä jaksoissa ajallisesti keskenään limitettyinä[1]. Nämä kumpikin ovat vain teknisen toteutuksen yksityiskohtia, yhteyskumppanien kannalta siirtopiiri on heidän käytössään.

Piirikytkentäisellä (circuit switched) yhteydellä tarkoitetaan sellaista kahden pisteen välistä yhteyttä, joka varataan siirron ajaksi molempien osapuolten käyttöön[7]. Kun piirikytkentäinen yhteys muodostetaan, valitaan yhteydelle sopiva reitti, joka sitten säilyy koko yhteyden ajan, eikä sille varattua siirtokapasiteettia jaeta verkon muille käyttäjille[7]. Kapasiteetin varaus tehdään siitäkin huolimatta, ettei kyseisellä yhteydellä tapahtuisi minkäänlaista tiedonsiirtoa. Piirikytkentäisyyttä ei aina pidetä tiedonsiirron kannalta optimaalisena, koska verkko ei pysty käyttämään hyväksi sitä aikaa,

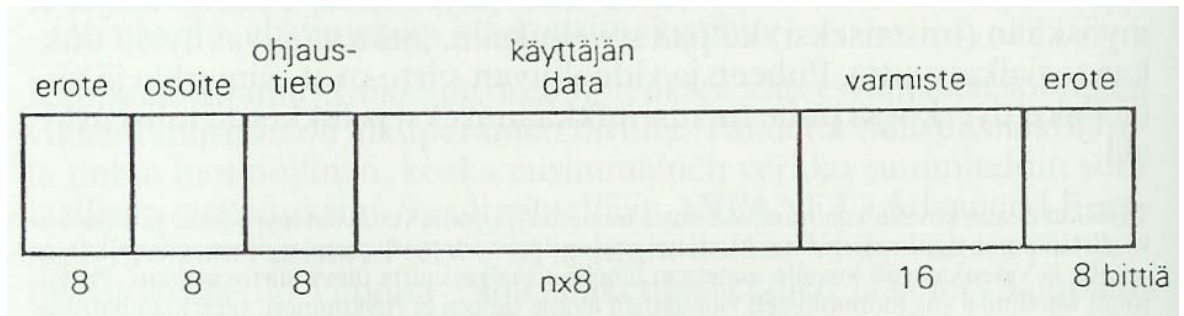
jota siirron osapuolet jättävät käyttämättä. Piirikytkentäisyydellä on kuitenkin etunsa, koska tehty resurssinvaraus on kiinteä ja käyttäjälle tarjottu palvelutaso vakio. Ainoat tekijät, jotka muuttavat palvelutasoa, ovat linjalla mahdollisesti esiintyvät siirtovirheet. Toinen merkittävä etu piirikytkentäisessä verkossa on, että lähetettyjen sanomien järjestys ei muutu matkalla vastaanottajalle.

Piirikytkentäisen keskuksen tilaajakapasiteettiin kuuluu 15 analogista, 12 digitaalista ja 5 datakanavaa. Pakettikytkentäinen keskus tarjoaa 12 X.25 ja 8 X.28 -yhteyttä. Tilaajayhteyden enimmäispituus (kaapeli) on analogisella 7 km, digitaalisella 3 km, datatilaajalla 15 m, X.25 -yhteydellä 15 m ja X.28 -yhteydellä 3 km.[33]

Pakettikytkennällä (packet switching) tarkoitetaan sellaista yhteyttä, jolle ei etukäteen määritellä fyysistä siirtotietä, vaan sanoma reititetään verkon eri pisteissä kulloinkin vallitsevien ehtojen mukaisesti[7]. Jos reititin havaitsee, että suurin reitti on ylikuormitettu tai poissa käytöstä, se valitsee jonkin toisen sopivaksi katsomansa reitin ja lähettää sanoman tälle reitille. Virtuaalisen pakettikytkennän (virtual packet switching), jota X.25-yhteyksessä noudattaa, suurin ero pakettikytkentäiseen yhteyteen on se, että lähetettävillä paketeilla määrätään vakio reitti. Yhteyden muodostus on samankaltainen kuin piirikytkentäisessä. Solmuviive saattaa nousta merkittäväksi, koska paketit asetetaan solmuissa jonoon odottamaan omaa lähetysvuoroaan seuraavaan solmuun.

CCITT:n X.25 standardi määrittelee ns. pakettipäätteen ja pakettiverkon välisen liikennöinnin. Pakettipääte eli pakettimoodissa toimiva pääte (packet mode terminal) pystyy itse muodostamaan paketteja ja kommunikoiimaan suoraan pakettiverkon kanssa. Muille päätteille joudutaan käyttämään sovitinlaitetta.[1]

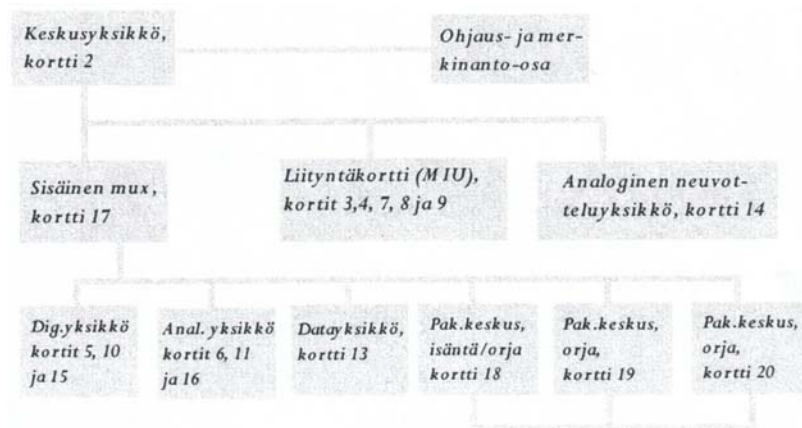
Standardissa X.25 määritellään ns. pakettitason ja sen alapuolella olevan siirtoyhteystason käytännöt. Siirtoyhteyksikäytäntö perustuu ISO:n HDLC LAPB standardiin. HDLC on merkkiriippumaton, bittipohjainen yhteyksikäytäntö[1]. Se soveltuu hyvin kaksisuuntaiseen liikennöintiin muun muassa joustavan kuittausmenettelynsä ansiosta. Kuittaamattomia kehyksiä voi olla "ulkona" samanaikaisesti useampia. Maksimimäärä annetaan parametrilla nimeltä ikkunakoko. Kuvassa 30 on esitetty HDLC -kehys



KUVA 30. HDLC-kehys

Asynkroninen pääte sovitetaan verkkoon ns. PAD-laitteella (packet assembly / disassembly)[1]. Sen ja asynkronisen päätteen välinen liitäntä on Määritelty CCITT:n suosituksessa X.28.

Keskus muodostuu keskusyksiköstä, ohjaus- ja merkinanto-osasta, liityntäkorteista, analogisista, digitaalisista ja datatilaajien liityntäkorteista, analogisesta neuvotteluyksiköstä, pakettikytketyn keskuksen muodostavista korteista sekä virransyöttöosista [33]. Keskuksen lohkokaavio on eritetty kuvassa 31.



KUVA 31. CD115E keskuksen lohkokaavio. [33]

Keskuksessa on viisi väyläliittymää, joista kaksi on kaapeloitu radiolinkeille (korttipaikat 3 ja 4) ja kolme valokaapeliyksiköille (korttipaikat 7, 8 ja 9). C3 -asemissa on varattu yksi väylä liikkuvan tilaajan järjestelmän tukiasemaohjaimen (BSC) liittämiseen. Liittäminen on järjestetty irrottamalla yksi valokaapeliyksikön väylä ja tekemällä MAP Loop Group connection, 512 kbit/s (32x16kbit/s)[13]. Signaalointina käytetään Eurocom D/1 MAP Loop Group signaalointia[21].

Keskuksen sisäinen mux-yksikkö vastaa kaikista keskuksen sisäisistä kytkennöistä ja on rakenteeltaan täsmälleen samanlainen kuin MIU-kortit (Multichannel Interface Unit), joita käytetään väyläkortteina muihin keskuksiin. Keskuksessa on sisäinen kanavointilaite, mutta edellä mainittujen väylien avulla voidaan keskukseseen liittää tarvittaessa myös kanavointilaite UCZR 10308/2. Analoginen neuvotteluyksikkö ACU (Analogic Conference Unit) mahdollistaa useiden tilaajien väliset neuvottelu- ja kuulutuskytkennät niin analogisille kuin digitaalisille tilaajille. Neuvotteluyksiköllä voidaan muodostaa enintään neljä 16 tilaajan tai yksi 64 tilaajan analoginen neuvottelu. Keskuksen älykkyys on sijoitettu keskusyksikköön TBCU (Time Base and Control Unit), joka on sijoitettu korttipaikkaan 2. Verkonhallinnan valvontayhteydet käyttävät pakettikeskuksen X.25-yhteyksiä korttipaikoista 18, 19 ja 20.[33]

Keskus voi käyttää useampaa erilaista ajastusta. Näitä ovat sisäinen VCO -kellotus (Voltage Controlled Oscillator), tarkkuus vain $n \cdot 10e-4$, sisäinen ILS -kellotus (Internal Low Stability), tarkkuus $n \cdot 5 \times 10e-6$ tai verkon automaattinen tahdistus, jolloin yksi tietty keskus lähettää kelloa kaikille muille keskuksille[33]. Käytettäessä jälkimmäistä tahdistusta on oletusarvona se, että pienimmän tunnusnumeron omaava keskus kellottaa muita. Käytettävällä ajastuksella on merkitystä erityisesti silloin, kun verkkoon liitetään datapäätelaitteita, joilla pyritään siirtämään synkronista dataa. Normaalityypisessä yksinä keskus verkossa kellottaa muita ja jos siirtoyhteys katkeaa, alkaa kukin keskus toimia omalla ILS-kellotuksellaan. VCO-kellotus on käytössä vain, mikäli ILS-kello on vioittunut.

C3-asemilla oleva tukiasemaohjain (BSC) perustuu delta/PCM-sovittimen pohjalle ja luo rajapinnan deltamoduloidun YVI-verkon ja VHF/FM CNR-9000 radioiden välille. BSC yhdistää 30 kanavaisen väylän deltamoduloidusta verkosta neljään kapeakais- taiseen FM-moduloituun CNR-9000 radioon[3]. BSC siirtää sekä puhetta että dataa verkkojen välillä. Jatkokehityksessä tukiasemaohjain voi toimia DHCP palvelimena ja reitittimenä. Tukiasemaohjain kykenee yksilöimään radiot esimerkiksi IP-osoitteen ja siihen liitetyn portin perusteella. Kuvassa 32 on esitetty BSC rajapintoineen ja sen noudattamine standardeineen.



KUVA 32. BSC:n rajapinnat.[3]

BSC:hen on mahdollista liittää ulkoinen tietokone, jolla ladataan parametrejä ja päivitetään ohjelmia. Tämä mahdollistaa VT100 tyyppisen terminaalin kytkemisen[21]. Ethernet liityntää käytetään BSC:n kauko-ohjaukseen. Tulevaisuudessa kyseistä liityntää voidaan käyttää laajentamaan ulkoisia väyliä. BSC voi asettaa kaikki MSS-järjestelmän radiot vastaanottotilaan. Samoin BSC kykenee kontrolloimaan radioiden lähetystehoja. Nämä ovat tärkeitä ominaisuuksia ajatellen elektronista sodankäyntiä.

Tukiasema hoitaa MSS-järjestelmän tahdistuksen. Koska CNR-9000 radiot eivät tahdistu YVI-järjestelmän kellojen kanssa, tukiasema hoitaa järjestelmien välisten kellojen eron. Eurocom D/1 standardin mukaan YVI-järjestelmän tarkkuus on $\pm 1 \times 10^{-9}$. Vastaavasti CNR-9000 radion sisäisen kellon tarkkuus on $\pm 2 \times 10^{-6}$ [21]. Kellojen tahdistuksen tarkkuuden tärkeys korostuu siirrettäessä synkronoitua dataa. Siirrettäessä asynkronista dataa tai normaalia puhetta, tahdistus ei ole niin tärkeä, koska BSC puskuroi dataa automaattisesti[21].

Liikkuva tilaaja ilmoittautuu kiinni tukiasemaan käyttäen kutsukanavaa. Saatuaan ilmoittautumissanoman tilaajalta, BSC valitsee Loop Group kanavan ja aloittaa tilaajan liittämisen keskukseen (CD115E). BSC käyttää MStable-listaa käsitelläkseen kanavien myöntämistä. MStable-lista sisältää tiedot korkeintaan 30 tilaajasta. Yksi jokaista vapaana olevaa Loop Group kanavaa kohden. BSC päivittää MStable-listaa jokaisen tilaajan liittymisen ja irrottautumisen jälkeen. Lista tallentuu muistiin, vaikka BSC:tä katkaistaisiin virrat. CD115E tarvitsee yli 30 sekuntia aikaa liittääkseen tilaajan, jos tilaaja ei ole liittynyt aikaisemmin.[21]

Liikkuvan tilaajan järjestelmän radiot ovat Tadiranin toimittamia digitaalisia kenttäradiota. CNR-9000 radioperhe sisältää kannettavia ja ajoneuvoon asennettavia VHF/FM radioasemia. CNR-9000 -radioasemat toimivat taajuusalueella 30 - 107.975 MHz tai vaihtoehtoisesti 30 - 87.975 MHz. Valittavana on 3120 kanavaa 25 kHz:n välein. Radiossa on 100 muistipaikkaa, joihin jokaiseen voidaan tallentaa 3 itsenäistä asetusryhmää (CLR, SEC ja AJ -tiloissa toimintaa varten). Kannettavan radion lähetystehot ovat 0.25 W tai 5 W. Ajoneuvoradiossa saadaan vahvistimella 50 W lähetysteho. Virtalähteenä käytetään kannettavassa radiossa 10 - 14.5 V NiCd -akkaa tai ajoneuvon 22 - 30 V virtalähdettä.[17] Toiminta-aika akulla on 21 C:ssa noin 10 tuntia ja toimintalämpötila -40 C...+65 C[12].

LV241 radion kantama 5 W:n lähetysteholla käytettäessä marssiantennia on 8 - 9 kilometriä ja pitkälanka-antennilla noin 22 km. LV341 radio 50 W:n vahvistimella kantaa noin 50 km.[15] Yleensä voidaan todeta, että vaikutusalueella radioyhteydet jäävät vihollisen häiritessä alle kahden kilometrin pituisiksi[12].

Puheensiirrossa voidaan käyttää analogista selväkielistä (CLR) puheensiirtoa, jolloin CNR-9000 -radiot ovat myös yhteensopivia vanhemman VHF/FM-kaluston kanssa, esim. LV217. Digitaalisessa puheensiirrossa käytetään sisäistä deltamodulaattoria (16 kbps CVSD) tai sisäistä vokooderia nopeuksilla 2,4 tai 4,8 kbps[17]. Selektiivikutsu mahdollistaa viestinnän yksittäiseen radioon tai valitulle radioryhmälle.

Digitaalisessa datansiirrossa ovat vaihtoehtoina asynkroninen ja synkroninen datansiirto, jolla voidaan päästä jopa 32 kbps datansiirtonopeuteen[17]. Sanomalaitteen FSK-data voidaan siirtää digitoinnin jälkeen datakanavassa[12]. Sisäänrakennettu tietoliikenneohjain CC-9000 synkroniselle sarjadataalle tarjoaa datapalveluja yhden käyttäjän PC:lle ja käyttäjäryhmälle LAN-verkossa[12]. Käyttäjillä on mahdollisuus käyttää kenttäradiota tiedostojen siirtoon, sähköpostiin ja verkon selailuun. CC-9000:lla ja kahdella radiolla saadaan muodostettua reititin eri kenttäradioverkkojen välille ja saadaan Taktinen Internet[12].

Digitaalisissa kenttäradioissa on sisäänrakennettu modeemi, johon liitytään RS232 -sarjaportilla. Radio voidaan liittää tavalliseen PC-tietokoneeseen portin kautta. Windows -ohjelmat eivät kuitenkaan osaa ohjata radion lähetintä, vaan tätä varten pitää asentaa Windowsiin radiota varten tehty laiteohjain.[4]

Kenttäradioiden datansiirron erityispiirteistä johtuen mikään kaupallinen tiedonsiirto-protokolla ei sellaisenaan sovellu siirrettäväksi kenttäradioilla. Kenttäradioiden datansiirron protokollaksi on kehitetty NATO-standardi Mil-std-188-220 (Taktinen Internet). Protokolla siirtää sisällään normaalia IP -protokollan mukaista dataa. CC-9000 tukee tätä protokollaa. Muita radiotyyppejä varten on asennettava mil-protokollaa tukeva lisäkortti. Radiovalmistajalta löytyy tällainen PCMCIA-kortti nimeltään TSCC (Tactical Single Channel Communications Controller).

Radiossa on sisäänrakennetut itsetestaus- ja vianmäärittystoiminnot (BITE) nopeaa kaluston toiminnan tarkistusta varten. Asetukset ladataan radioon PC:stä, ohjelmointilaitteelta, näppäimistöltä tai toisesta radiosta. Hätätyhjennystoiminnolla käyttäjä voi tyhjentää muistin, vaikka radiossa ei olisi virtalähdettä kytkettynä.[17]

Radion sisäinen taajuushallinta-algoritmi mahdollistaa neljän ortogonaalisen verkon aseman sijoittamisen samaan ajoneuvoon 1,5 m:n antennietäisyyksin[12]. Ajoneuvoissa käytettyjen radioverkkojen taajuudet tulee ehdottomasti valita siten, että samassa ajoneuvossa käytettyjen radioverkkojen välinen taajuuserotus on vähintään 5 MHz, sekä LV241:n SENS-asetus asettaa LOW-tilaan keskinäishäiriöiden vähentämiseksi[31]. Radiossa on EPM (electronic protection means) tekniikka, joka mahdollistaa hypinnän koko taajuusalueella. Tekniikan ansiosta radiossa on automaattinen verkon synkronointi ja synkroninen ortogonaalinen hypintä. 4,5 min:n kello-tarkkuus on riittävä.[12]

Lähetteen salaus (COMSEC) on sisäänrakennettu. Digitaalisissa moodeissa (SEC ja AJ) kaikki liikenne salataan (puhe ja data). Taajuushypinnän algoritmi käyttää lisäksi erillistä TRANSEC-avainta hyppyaajuuksien määrittämiseen. CNR-9000 -radioita voidaan käyttää kiinteätaajuuksisena, selväkielisenä (CLR) lähetteenä, salattuna kiinteätaajuisena (SEC) lähetteenä tai taajuushyppivänä (AJ) lähetteenä. CLR-moodissa radio käyttää 150 Hz:n kohinasalpasignaalia. SEC-moodissa radio käyttää digitaalista salausta. AJ -moodissa radio käyttää keskinopeaa, laajakaistaista ja ortogonaalista taajuushypintää. Täysin synkroninen hypintäalgoritmi antaa verkolle tahdin, mutta myös verkkojen välinen (ortogonaalinen) synkronointi toimii. Tämä ominaisuus vähentää lähekkäisten radioiden keskinäishäirintää.[12]

CNR-9000 -radioperhe sisältää seuraavat laitteet: LV241 (PRC-930) kannettava radiolaite, VRC-950 suuritehoinen ajoneuvoradioasema, LV341 (VRC-950W) suuritehoi-

nen ajoneuvoradioasema sekä 342 (VRC-990) suuritehoinen kahden radion ajoneuvoradioasema[17].

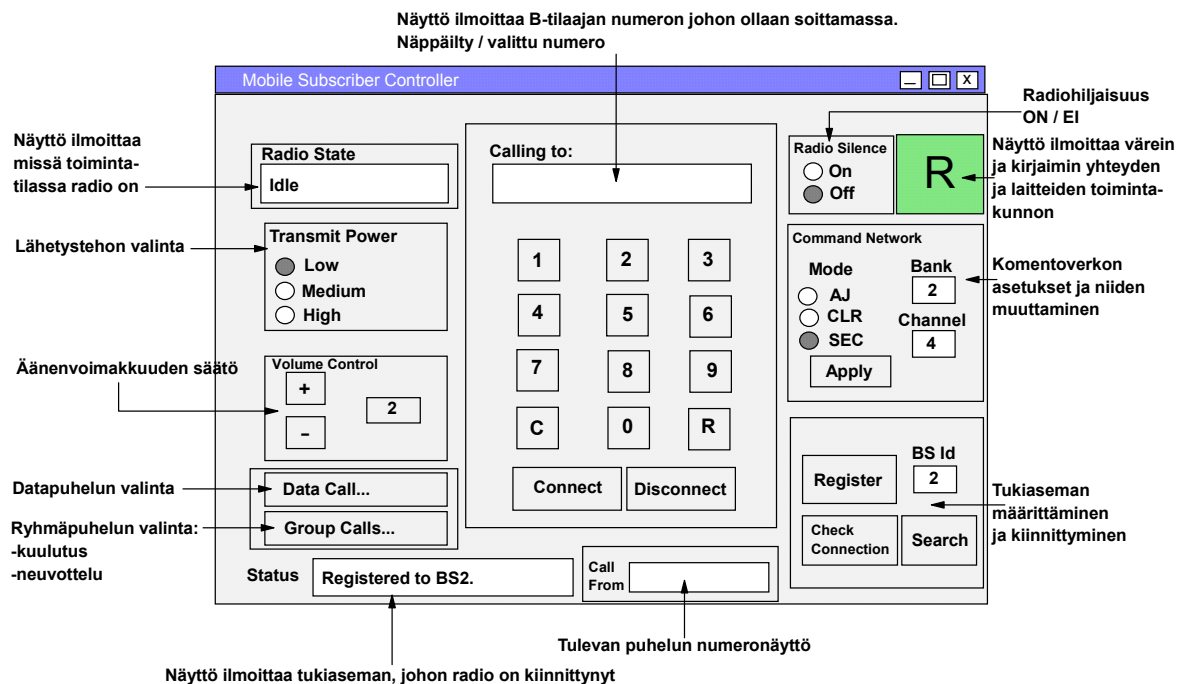
Taajuushypintäjärjestelmää voidaan häiritä kapea- tai laajakaistaisella signaalilla, joka voi olla esimerkiksi jatkuvaa tai pulssimaista kohinaa. Häirintälähetin voi myös pyyhkiä yli koko hypintäkaistan, jolloin häirintä näkyy pulssimaisena kunkin kanavan kohdalla. Häirintälähettimen kannattaa häiritä koko hypintäkaistaa vain mikäli hyötylähetteen signaalienergian suhde häirintätehotiheyyteen vastaanottimella on vähintään kaksinkertainen[15]. Puheensierrossa nykyiset hyppivätaajuiset kenttäradiot kykenevät sietämään noin 40 % kanavista olevan häirittyjä[15]. Datansierrossa sietokynnys riippuu pienimmästä sallitusta nettosiirtonopeudesta[15].

Taajuushypintä tuo kuitenkin suojaa häirintää vastaan, mikäli häirintäjärjestelmä ei kykene seuraamaan taajuuden vaihtoa, vaan joutuu levittämään häirintäenergiansa koko hypintäkaistalle[15]. Voidaan kuitenkin olettaa, että tekniikan kehittyminen lisää häirintäjärjestelmien signaalin analysointikykyä ja vähentää siten taajuushypinnän tuomaa suojaa teknisesti kehittyneitä vihollista vastaan. Vaikka taajuushypintä ei toisikaan merkittävää suojaa yksittäisille laitteille, on tilanne täysin toinen silloin kun lähettäjiä on useita. Tällöin häirintäjärjestelmän reagoitinopeutta hidastaa lukuisten eritaajuisien lähetteiden tulosuunnan analysointi ja oikean häirintätaajuuden päättely. Useat samalla alueella toimivat järjestelmät vaikeuttavat häirintäjärjestelmän toimintaa ja yleensä pakottavat sen toimimaan laajalla kaistalla. Näin käy myös useiden kiinteätaajuisien järjestelmien yhteydessä, mutta silloin häirintäjärjestelmällä on myös mahdollisuus valita, mihin kiinteätaajuisiin lähetteisiin se keskittyy. Hyppivätaajuisista radioista saadaan siten paras hyöty silloin kun niitä käytetään massamaisesti.

Liikkuva tilaaja (MS) on varustettu liikkuvan tilaajan ohjaimella (MSC) ja digitaalisella kenttäradiolla. Ohjain on taistelijan PC, johon on asennettu liikennöintiin soveltuva ohjelma (MSC SW). MSC:llä voidaan suorittaa yksittäinen puhelu tai ryhmäpuhelu korkeintaan viidelle tilaajalle joko tukiaseman kautta tai suoraan toisille liikkuville tilaajille[19]. Lisäksi voidaan soittaa YVI-järjestelmän lankatilaajille.

MSC:llä ohjataan radion toimintoja, kuten lähetysteho ja äänenvoimakkuus. Radion käyttöasetuksia ei pidä muuttaa, kun ohjain on liitettyä radioon. Se sekoittaa ohjaimen toiminnan. MSC:tä ohjataan tietokoneen näppäimistöllä ja hiirellä. Tulevaisuu-

den hankintaversiossa voi olla myös kosketusnäyttö. Kuvassa 33 on esitetty MSC:n näyttö



KUVA 33. MSC:n näyttö.[19]

Näytön oikeassa yläkulmassa olevat "liikennevalot" kertovat ohjaimen toimintatilan. Keltainen: Tehtävä käynnissä tai MSC toimintakunnossa, mutta ei rekisteröitynyt tukiasemaan. Punainen: Tehtävä epäonnistui tai ongelma MSC:n ja radion välisessä yhteydessä. Vihreä R: MSC toimintakunnossa ja rekisteröitynyt tukiasemaan. Vihreä C: Puhelu yhdistynyt. Vihreä D: Datapuhelu yhdistynyt. Vihreä R ja m: MSC on rekisteröitynyt tukiasemaan, joka ei ole liittynyt YVI-verkkoon.[19]

MSC:n sarjaportista viedään kaapeli radion RMT/DATA liittimeen. Radion ohjelmoinnin jälkeen avataan MSC ohjelma. Tukiasemaan on rekisteröidyttävä (Register) ennen kuin puhelut YVI-verkkoon ovat mahdollisia. Tukiasema voidaan joko valita listalta (Bs id) tai hakea vapaana oleva tukiasema (Search).[19]

Liikkuva tilaaja voi soittaa joko datapuhelun (Data Call) tai normaalin puhelun. Numero syötetään kenttään (Calling to) ja yhdistetään "Connect" näppäimellä. Ryhmäpuhelua (Group Calls) valittaessa avautuu ikkuna, johon syötetään korkeintaan viisi haluttua numeroa ja valitaan sen jälkeen yhdistä. Keskukseen ei siis tarvitse tehdä mitään ryhmäpuheluasetuksia, vaan kaikki valinnat tehdään ohjaimella. Soitet-

taessa datapuhelua, avautuu ikkuna, josta valitaan datansiirtonopeus (2400 bit/s async, 2400 bit/s sync tai 9600 bit/s sync). Datapuhelun yhdistyttyä avautuu Hyperterminaali ohjelma.[19]

Tällä hetkellä ei ole tietoa lopullisesti valittavasta liikkuvan tilaajan PC:tä. Se tulee kuitenkin olemaan Pentium, kaupalliseen tekniikkaan perustuva tietokone. Prosessorina on noin 1 - 2 Ghz:n suoritin. Kannettavan version paino ja virrankulutus tulee minimoida, joten sen prosessoriteho tulee olemaan huomattavasti pienempi kuin toimistokäyttöön tarkoitetuissa tietokoneissa. Käyttöjärjestelmänä käytetään Windowsia.

Pouta 2005 -harjoituksessa kerättiin kokemuksia kenttäkelpoista päätelaitetta varten. Testihenkilöstölle jaettiin 5 kpl tilaajalaitteita (Panasonic Toughbook + LV241) ja palautelomake. Lopullisessa päätelaitteessa tulee olla mahdollisimman suuri näyttö karttakäyttöä varten (suuruusluokkaa 12" tarkkuudella 1024 x 768). Näppäimistöä ei välttämättä tarvita, vaan viestit voidaan kirjoittaa kosketusnäytössä olevalla virtuaalinäppäimistöllä. Kyseinen ominaisuus tarvitsee talvikäytössä lämmitetyn näytön toimiakseen kunnolla. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä. Ongelmallista onkin päätelaitteen virrankulutus joka kohoaa kohtuuttoman suureksi.

Normaalit siviilikäytössä olevat kannettavat tietokoneet, kuten Panasonic Toughbook, aiheuttavat voimakkaita häiriöitä LV241 radioon. Tästä johtuen radion kantama putoaa murto-osaan normaalista kantamastaan. Ongelmaa esiintyy erityisesti kahden liikkuvan tilaajan välisissä puheluissa. Jos vastapäässä on tukiasema, sen kannettavaa suurempi 50 W:n teho auttaa osittain peittämään häiriötä. Lopullisen päätelaitteen EMC -vaatimukset tulee selvittää ja määrittää.

Kehitettäessä lopullista päätelaitetta tulee tutkia ja miettiä seuraavia asioita. Päätelaitteiden asetusten hallinta on nykyisellään melko hankalaa. Puhelinluettelo ja tilaaja-asetukset olisi mahdollista tehdä suoraan tiedostoksi viestikäskystä. Laitteet vaativat järkevän kantolaitteen sekä tarkasti mietityn kestävän kaapeloinnin. Nykyinen testikombinaatio lähes lamauttaa käyttäjänsä.

3.2 Puheradioverkko

Yhteyden muodostaminen YVI2-järjestelmän lankatilaajan ja liikkuvan tilaajan välillä muodostuu kahdesta osasta. Yhteyden muodostamisesta 1) lankatilaajan ja tukiaseman välillä sekä 2) yhteydestä radiotiellä tukiaseman ja liikkuvan tilaajan välillä.

1) Tilaaja A on lankatilaaja: Yhteyden muodostaminen tukiasemalta liikkuvalla tilaajalle alkaa, kun tukiasema saa tietää liikkuvan tilaajan numeron keskukselta. Tukiasema selvittää liikkuvan tilaajan numeron Loop Group kanavalta, jota käytetään yhteyden muodostamiseen. Tämän jälkeen BSC myöntää yhden radion liikennekanavilta ja asettaa sen liikkuvan tilaajan komentoverkon taajuudelle. Tilaaja A kuulee hälytysäänen, kun tukiasemaohjain antaa "kutsuäänen" liikkuvalla tilaajalle. Tilaaja A kuulee "yhdistää-äänien", kun liikkuva tilaaja on vastannut puheluun ja yhdistäminen BSC:n ja liikkuvan tilaajan välillä on käynnissä. BSC siirtää tukiasemaradion ja liikkuvan tilaajan radion liikennöintikanavalle, kun liikkuva tilaaja on vastaanottanut tulevan puhelun. "Kutsuäänien" anto loppuu, kun puhelu liikkuvan tilaajan ja lanka tilaajan välillä on yhdistynyt BSC:n näkökulmasta.

2) Tilaaja A on liikkuva tilaaja: Yhteyden muodostaminen tukiasemasta YVI-järjestelmään alkaa, kun liikkuva tilaaja siirtyy kutsukanavalle ja B tilaajan numero saadaan. Kun lankatilaaja vastaa puheluun, BSC siirtää liikkuvan tilaajan radion liikennöintikanavalle. Lankatilaaja kuulee "yhdistää-äänien" kunnes puhelu on muodostunut liikkuvan tilaajan ja lankatilaajan välillä BSC:n näkökulmasta.

Puhelun aikana (AT-puhelimissa) lankatilaajan on säädeltävä lähetys päällä/pois toimintoa puhelimensa numeronäppäimillä (2 ja 3), koska puhelimissa ei ole PTT-toimintoa. Digipuhelimissa (ET-10) tätä ongelmaa ei ole[21]. Tulevaisuudessa BSC:hen asennetaan VOX-toiminne (Voice Over Switch), joka poistaa kyseisen ongelman. Tämä mahdollistaa liikennöinnin YTV/PTV:sta radioverkkoon. Tällä hetkellä YTV/PTV-tilaaja ei voi säädellä puhelimen lähetystä numeronäppäimillään.

Yhteyden muodostaminen kahden liikkuvan tilaajan välillä voidaan toteuttaa joko tukiaseman kautta tai ilman tukiasemaa. Jos molemmat tilaajat ovat liittyneet eri tukiasemiin, niin keskuksat reitittävät puhelun automaattisesti YVI-verkossa tukiasemalta toiselle[19].

Jos molemmat tilaajat ovat liittyneet samaan tukiasemaan, niin puhelu ohjautuu silti tukiaseman keskuksen kautta. Tukiasema asettaa puhelulle kaksi radiota liikennöinti-

kanavalle ja toimii näin ollen periaatteessa releointiasemana. Koska puhelu reititetään aina keskuksen kautta, sillä estetään "monirekisteröityminen"[19]. Teoriassa samaan tukiasemaan liittyneiden tilaajien puhelu voitaisiin hoitaa myös yhdellä tukiaseman radiolla, mutta se aiheuttaisi ongelmia tukiasemalla puheluiden katkaisemisessa.

Jos liikkuva tilaaja A ei ole kiinnittynyt tukiasemaan, mutta hän tietää liikkuvan tilaajan B komentoverkon taajuuden, A voi ottaa yhteyden suoraan B:hen. Tässä tapauksessa A siirtyy B:n komentoverkon taajuudelle ja lähettää pyynnön siirtyä satunnaisesti valitulle liikennöintikanavalle yksityispuhelua varten.

Tukiasema A voi liittyä toiseen tukiasemaan B myös yhdellä radioistaan, jos sen oma radiolinkki ei vielä toimi tai asema on liikkeessä (MBS). Tässä tapauksessa tukiasema B on liittynyt YVI-verkkoon, ja tukiasema A voi toimia myös liikkeen aikana. Jos tukiasema A ei ole liittynyt toiseen tukiasemaan, se voi silti välittää kahden liikkuvan tilaajan välisen puhelun.

Liikkuva tilaaja on varustettu LV241 radiolla, mil-PC:llä (MSC) sekä PC:tä ja radiota ohjaavalla Windows-pohjaisella ohjelmistolla.

3.3 Radiopakettiverkko

Radiopakettiverkko voidaan ajatella sanomalaiteverkkoa vastaavana kehittyneempänä versiona. C1-asemien keskussanomalaitteiden tilalla olisivat tukiasemaohjaimet (BSC + pakettidataominaisuus). Sanomalaitteet olisivat korvattu kannettavilla tietokoneilla.

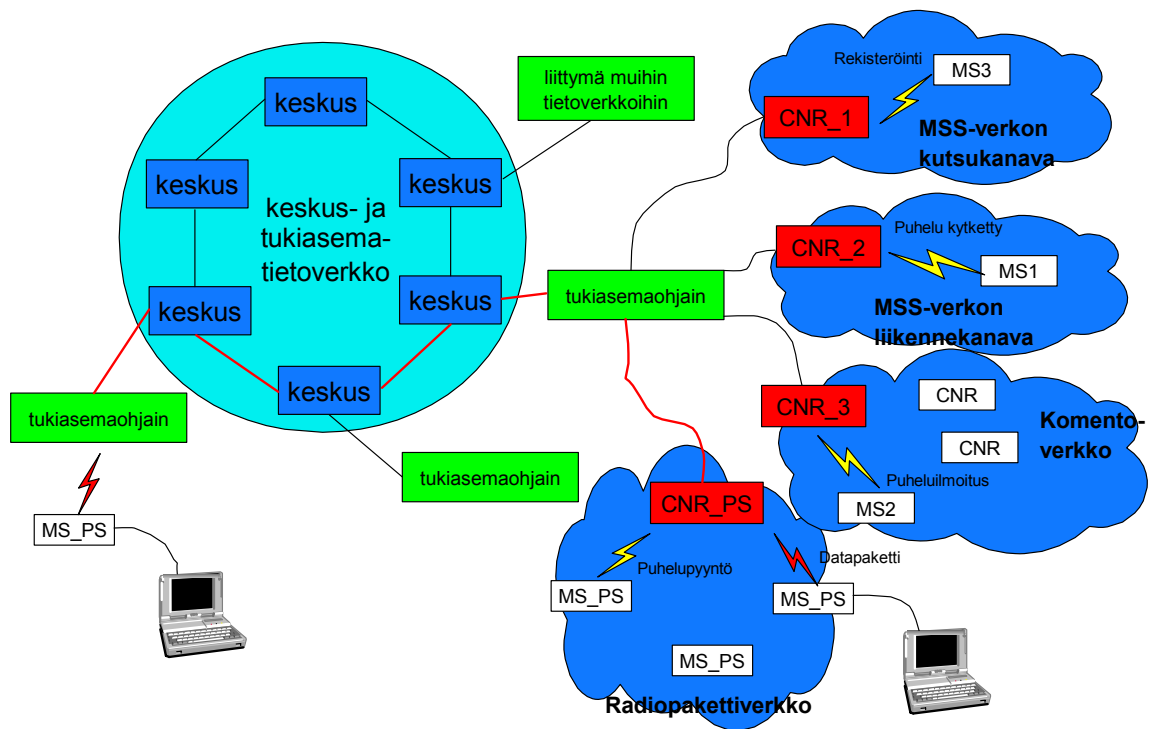
Radiopakettiverkon lisääminen MSS-järjestelmään on vielä suunnitteluasteella. Esi-selvitysten pohjalta on päästy vaiheeseen, jossa vartenotettavimpia vaihtoehtoja lähdetään kehittämään eteenpäin. Seuraavassa perehdytään järjestelmään ja mahdolliseen toteutusmalliin.

Järjestelmän datansiirtopalveluiden laajennus mahdollistaa radioiden pakettikytkentäisen tiedon siirron keskusverkon välityksellä toisiin radio- tai tietoverkkoihin. Kenttäradioverkko kyetään liittämään kiinteisiin IP-pohjaisiin verkkoihin. Toistaiseksi voitaneen puhua mm. 100 - 200 merkin mittaisten sanomien välityksen verkon tilaajien

välillä sekä IP-pohjaisen yhteyden (esim. ftp, telnet) tilaajien välillä. Jos MSS-järjestelmää kuvaa hyvin siviilipuolen toteutuksista GSM-verkko, niin pakettikytkentäinen dataalaajennus lisää samankaltaiset palvelut kuin GPRS GSM-verkolle. Yhteys on aina auki ja tietoa voidaan lähettää tarpeen mukaan. Yhteys ei kuitenkaan kuluta radiokanavan kapasiteettia silloin, kun ei lähetetä tai vastaanoteta tietoa. Tiedon vastaanottaja ja lähettäjä tunnistetaan IP-osoitteista.

Pakettikytkentäinen dataalaajennus voidaan toteuttaa MSS-järjestelmään ohjelmistopäivityksenä. Radioverkossa tiedonsiirrosta huolehtii Mil-Std-188-220 standardin mukainen LV341 radioon integroitu taktisen internetin reititin. Keskusverkossa tiedonsiirto tapahtuu keskusverkon piirikytkentäisten palveluiden avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että YVI2-verkossa pakettikytkentäistä verkkoa käytetään edelleen verkon ohjaukseen ja hallintaan. Toistaiseksi MSS-järjestelmää ei laajenneta YVI-verkon pakettiverkon puolelle, koska YVI:n pakettiverkon tiedonsiirtokapasiteetti on vain 9,6 kbps.

Tukiasemaverkolla tarkoitetaan tukiasemaohjainten (BSC) välille luotua tietoverkkoa, joka toimii keskusverkon sisällä käyttäen sen palveluita (datapuheluita) tiedonsiirtoon. Radiopakettiverkolla tarkoitetaan kenttäradioverkkoa, jossa tiedonvälitys tapahtuu pääasiallisesti radioiden pakettikytkentäisten datapalveluiden avulla. Radioverkossa pakettikytkentäisen toiminnon toteuttaa Mil-Std-188-220 standardin mukainen protokolla. Liikkuva pakettitilaaja on liikkuva tilaaja (MS), joka käyttää MSS-järjestelmän puhelu- ja piirikytkentäisten palveluiden lisäksi pakettikytkentäisiä palveluita. Kuvassa 34 on esitetty radiopakettiverkon integroimista MSS-järjestelmään.



KUVA 34. Radiopaketiverkon integroiminen MSS-järjestelmään.

Tietoverkon muodostamiselle on kaksi vaihtoehtoista menetelmää. Vaihtoehto 1A, jossa tukiasemaohjain etsii käytettävät numerot. Tukiasemaohjaimelle on määritelty rajattu numeroavaruus, jossa datapalvelunumerot sijaitsevat. Käynnistyessään tukiasemaohjain käy läpi järjestelmällisesti numeroavaruutta kunnes on onnistunut luomaan riittävän määrän datayhteyksiä toisiin tukiasemaohjaimiin. Tukiasemaohjain käynnistää hakuprosessin uudestaan, jos havaitsee datayhteyden katkenneen toiseen tukiasemaohjaimiin. Vaihtoehdon etuina on sen yksinkertainen toteutus. Haittoina on, että CD115E keskuksella kestää n 20 sekuntia havaita, ettei B-tilaaja ole ilmoitettu tilaajakantaan. Hakuprosessi on hidaskäyttö, jollei käytetä useampaa liikennekanavaa samanaikaisesti tai A-tilaajan puhelun katkaisua viiveen jälkeen. Datapalvelunumerot täytyy sijoittaa rajattuun numerointialueeseen.

Tukiasematietoverkon muodostamismenetelmässä 1B tukiasemaohjain "kuuluttaa" numeronsa verkkoon. Keskusverkkoon on määritelty puheluryhmiä, joista kukin sisältää N-kappaletta tukiasemien datapalvelunumeroita. Tukiasemaohjaimelle on konfiguroitu puheluryhmien tunnisteet. Käynnistämävaiheessa tukiasemaohjain yksitellen soittaa kuulutusdatapuhelun puheluryhmiin ja välittää avautuvan yhteyden kautta tiedot vapaina olevista datapalvelunumeroistaan. Osa verkossa olevista tukiasemaoh-

jaimista vastaanottaa kuulutuksen ja ottaa yhteyden verkkoon liittyvään tukiasemaohjaimeen. Tästä syntyy kilpailutilanne, mikäli useita tukiasemaohjaimia vastaanottaa kuulutuksen. Kilpailutilannetta voidaan lieventää datapalvelunumeroiden ryhmittelyllä. Toisin sanoen "parillisilla" datapalvelunumeroita omistavat tukiasemaohjaimet vastaavat "parillisille" kuuluttajille heti, parittomat viiveen T jälkeen. Kuulutus suoritetaan uudelleen, jollei käynnistysvaiheessa synny riittävästi datayhteyksiä tai olemassa oleva datayhteys katkeaa (verkko rikkoontuu). "Kuulutuksen" etuina on yksinkertainen toteutus, sekä nopeus verrattuna "etsintään". Haittoina ovat kilpailutilanteen hallinta, sekä ryhmien luominen vaatii datapalvelunumeroiden suunnittelua. Keskusverkkoon on luotava puheluryhmät.

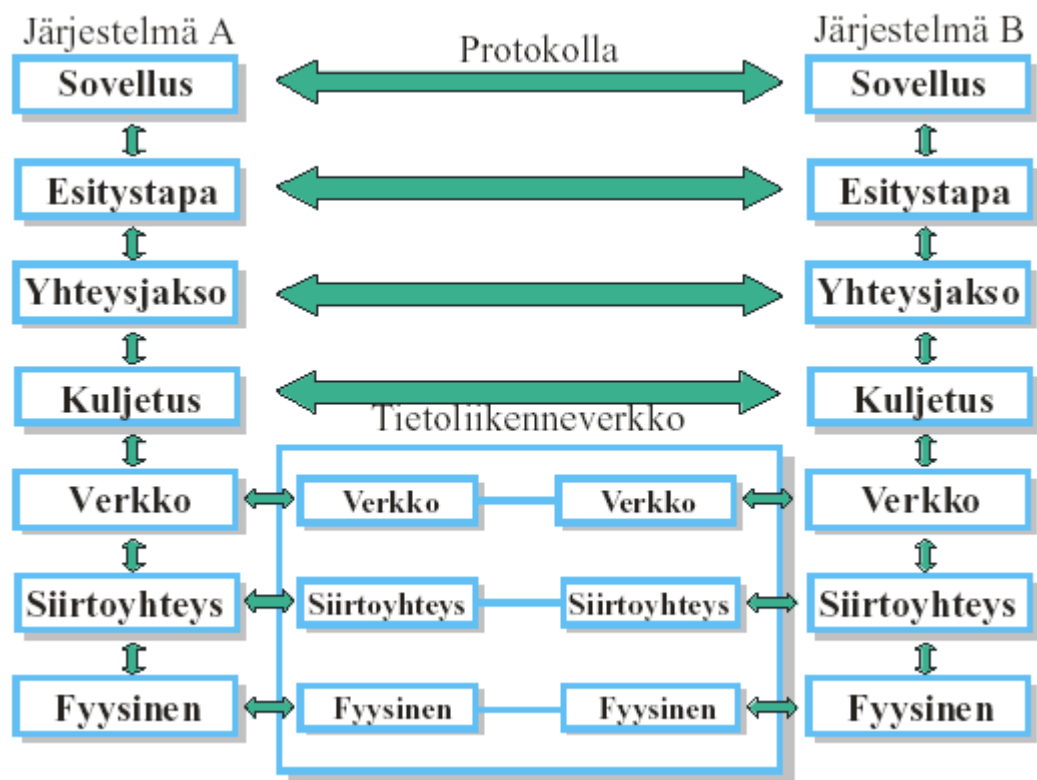
Nykyisessä puheradioverkon toteutuksessa on käytössä kaksi radioverkkoa. Komentoverkko, jossa liikkuvat tilaajat toimivat normaalisti. MSS-verkko, joka sisältää kutsuja liikennekanavat. MSS-verkkoon siirrytään vain tarvittaessa. Pakettikytkentäiset datapalvelut tuovat mukanaan uuden radioverkon, radiopakettiverkon, sekä uuden tilaajan, liikkuvan pakettitilaajan. Liikkuva pakettitilaaja toimii suurimman osan ajastaan radiopakettiverkossa, joka voi olla samalla myös komentoverkko. Rekisteröityään kommunikoi tukiasemaohjaimen kanssa datapakettien välityksellä ja siirtyy MSS-verkkoon vasta puhelun kytkeytyessä tai rekisteröityessään.

Tukiasemaohjain määrää 1-N radiota toimimaan radiopakettiverkossa joko proaktiivisesti tai reaktiivisesti. Käyttäjä määrittää, missä radiopakettiverkoissa tukiasemadiot toimivat. Tukiasemaohjain varaa radiopakettiverkolle radion pakettitilaajan rekisteröityessä. Kun ajatellaan, että yhdellä tukiasemalla on perusratkaisunakin vain neljä radiota, joista kolme liikennöintiin ja yksi kutsuun, huomataan, että aseman kapasiteetti on alimitoitettu. Kun radiopakettiverkko vielä integroidaan järjestelmään, eikä radioiden määrää enää lisätä, asema kykenee palvelemaan tilaajia enää välttävästi. Tukiasemien ja liityntäradioiden määrää voitaisiin lisätä päivittämällä C1- ja C2 -asemat C3-asemiksi.

Tukiasematietoverkkohan ei ole puhtaasti itsereitittyvä IP-verkko. Kuten edellä kuvattiin, niin järjestelmän muodostamiseksi tullaan muodostamaan kiinteitä datapuheluita. Ohjelmistoradiohankkeen myötä asiaan saadaan muutos, jos keskusten linkkiradiot korvataan uusilla radioilla. Tällöin radiot itsessään toimivat reitittiminä ja näin ollen kyetään muodostamaan itsereitittyvä tukiasemaverkko.

3.3.1 OSI- ja TCP/IP-protokollamallit radiopakettiverkossa

Vuonna 1977 ISO (International Organization for Standardization) asetti komitean, jonka tehtävänä oli luoda tietoliikenteelle toimintamalli. Komitean työn tuloksena syntyi OSI-viitemalli (Open Systems Interconnection), jonka ISO hyväksyi vuonna 1983. Tämä viitemalli muodosti perustan sille, miten tietokoneita liitetään toisiinsa hajautetuissa tietojärjestelmissä. Tavoitteena oli aikaansaada arkkitehtuuri, jossa tietoliikennejärjestelmä jaettiin kerroksiin. Kerrosajattelun mukaisesti jokainen kerros n tuottaa palveluja kerrokselle $n+1$, samalla kun se käyttää hyväksi kerroksen $n-1$ antamia palveluja[7]. Tuloksena syntyi 7-tasoinen suositus. Kuvassa 35 on esitetty OSI-viitemallin kerrokset.



KUVA 35. OSI-viitemallin kerrokset.[8]

Fyysinen kerros määrittelee siirtoyhteyden mekaaniset, fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet[7]. Fyysisen kerroksen toimintaa kuvataan useassa eri suosituksessa, ja yleisimmin tunnettuja tämän tason suosituksia ovat esimerkiksi tietokoneen com-porttia määrittelevät julkisen puhelinverkon suositukset V.24 ja V.28.

Siirtoyhteyserroksen tehtävänä on huolehtia virheettömästä yhteydestä kahden pisteen välillä verkossa. Tämän kerroksen tehtäviin kuuluvia asioita ovat virheiden havaitseminen, niistä toipuminen ja tietovuon hallinta[7]. Monessa toteutuksessa on rajattu siirtoyhteyserroksen tehtäviä siten, että riittää, kunhan se havaitsee ja poistaa virheelliset sanomat siirtotieltä. Muut toipumiseen liittyvät tehtävät on jätetty kuljetuskerrokselle.

Verkkokerroksen tehtävänä on tarjota ylemmille kerroksille verkon yli sellaisia siirtoyhteyksiä, jotka eivät ota kantaa alla olevan verkon rakenteeseen ja kytkentätekniikkaan[7].

Kuljetuskerroksen tehtävänä on tarjota luotettava tiedonsiirtoyhteys kahden päätepisteen välillä. Tähän sisältyy sekä vuon ohjausta, virheiden havaitsemista että toipumista virheistä[7].

Istuntokerroksen tehtävänä on huolehtia sovellusten välisistä ohjaustoiminnoista. Keskeisimpiä toimintoja ovat yhteyden muodostaminen ja siihen liittyvän siirtoyhteyden palvelun varaaminen, sopiminen yhteyden liittyvistä ominaisuuksista osapuolten välillä, yhteyden varmistaminen tarkistuspisteillä, yhteyden päättäminen ja resurssien vapauttaminen.[7]

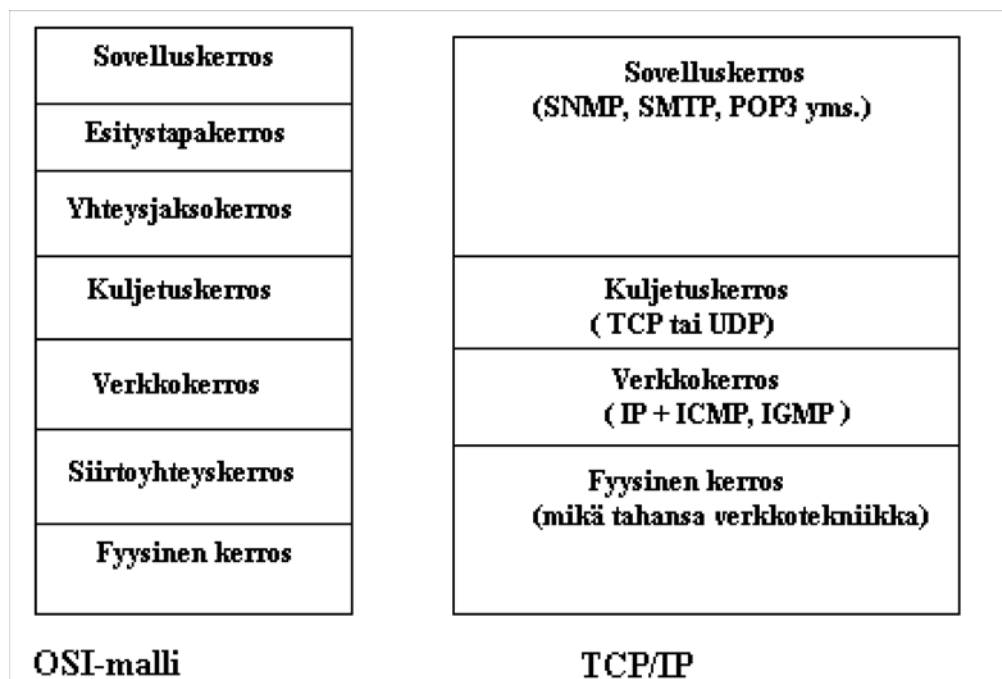
Esitystapakerros, jossa sovitaan yhteisestä tiedon esitystavasta päätelaitteiden välille [7]. Näin voidaan esimerkiksi piilottaa eri laitteiden arkkitehtuureista johtuvia koodustapoja.

Sovelluskerros tarjoaa sovelluksille rajapinnan OSI-järjestelmään[7]. Tyypillisiä palveluja ovat tiedonsiirto, sähköposti ja hakemistopalvelut.

Toisin kuin OSI-viitemallilla, niin TCP/IP-protokollapinolla on huomattavia käytännön sovellutuksia. Itse asiassa TCP/IP-protokollapinoa ei ole tarkoitettu sinänsä miksiäkään malliksi, vaan protokollapinoa kuvaava malli on päinvastoin rakennettu kahden olemassa olevan protokollan IP:n ja TCP:n perusteella. TCP/IP-mallin tärkein kerros on verkkokerros, joka määrittelee käytettävän pakettiformaatin ja niiden välittämiseen käytettävän protokollan (IP). Kuljetuskerros on tehtäviltään OSI-viitemallia vastaava ja tällä kerroksella määritellään kaksi kuljetusprotokollaa, joista TCP on tarkoitettu luotettavaan datan päästä - päähän siirtoon[7] ja UDP (User Datagram Protocol) on

tarkoitettu yhteydettömään ei-varmennettuun datan siirtoon[7]. UDP -protokollaa käytetäänkin lähinnä sellaisen datan siirtoon, jossa pienillä datavirheillä ei ole merkitystä, mutta siirron viiveettömyydellä on. Tällaista dataa on mm. liikkuva kuva ja ääni.

Kerrosten nimet, protokollat ja vastaavuus juuri esiteltyyn OSI-malliin selviävät kuvasta 36.

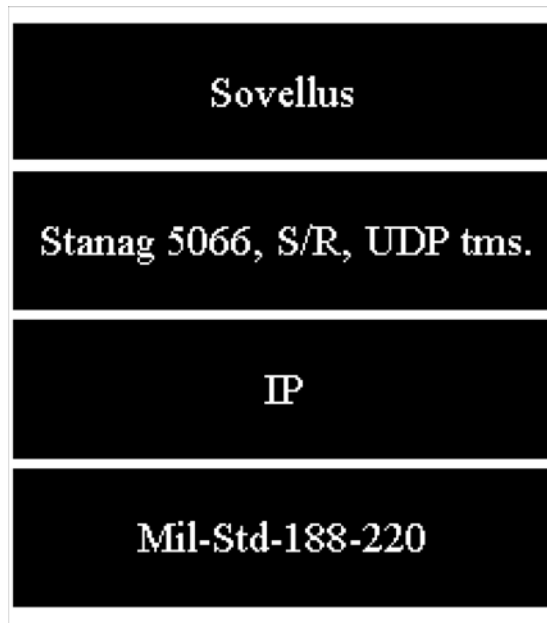


KUVA 36. OSI-mallin ja TCP/IP-protokollaperheen kerrosten vastaavuus.[2]

Verkkoon liitetyt koneet pystytään osoittamaan IP-osoitteiden avulla. Porttinumerot puolestaan kertovat sen sovelluksen tai prosessin, jonka kanssa kommunikointia halutaan suorittaa. Datan siirrossa oleellisen osana on fyysinen verkkoyhteys sekä osoitteiden käyttö[11]. Kuitenkin tiedon on sekä IP-osoitteesta että käytettävästä porttinumerosta välityttävä fyysisessä verkossa. Siirto- ja kuljetusprotokollien tehtävänä on välittää tätä tietoa verkossa. Hyvin yksinkertaisesti asia voidaan kuvata kolmessa tasossa, joista alimmaisena on fyysinen verkko, keskellä protokollat ja ylimmäisenä sovellukset. Protokollien ylä- ja alatasolle muodostuvat rajapinnat.

Mil-Std-188-220-protokolla sijoittuu OSI-mallin kerroksiin 1-3. Mil-protokollan tarkoituksena on kuljettaa esim. IP-protokollan kehyksiä hitailla vuorosuuntaisilla yhteyksillä, kuten kenttäradioverkoissa[9]. Taktisen internetin protokolla on esitetty kiitettävästi Kimmo Heinäaron diplomityössä. MSS-järjestelmän pakettiradioverkon laajen-

nus perustuu mil-protokollalle. MSS -järjestelmä voisi perustua kuvassa 37 esitettyyn protokollapinoon.



KUVA 37. Radiopakettiverkon protokollapino.[9]

Alimpana kerroksena toimii Mil-Std-188-220 -protokolla. Mil-protokolla tarjoaa huomattavia etuja radiotiellä tapahtuvaan tiedonsiirtoon. Radiokanava voidaan jakaa verkon muiden käyttäjien kesken, mikä tekee tiedon levittämisestä tehokasta. Verkossa voidaan lähettää etuoikeussanomiamia. Radiot kykenevät reitittämään viestit useamman hypyn yli ja toisaalta radiot voidaan asettaa Quiet-mode tilaan, jossa ne vain vastaanottavat sanomia.[19]

Mil-protokolla tukee normaalin IP-protokollan ja IP-osoitteiston käyttöä taktisessa verkossa. Tämä mahdollistaa kaupallisten laitteiden ja sovellusten käyttämisen verkossa. Taktinen verkko voidaan kytkeä tarvittaessa julkiseen internetiin.[10]

3.3.2 IP -protokolla ja -osoitteet

Suurin osa radiopakettiverkon liikenteestä perustuu siihen, että verkossa välitetään dataa pakettimuodossa. Verkkoa voi kuvata sanomajärjestelmäksi, joka on IP-protokollatasolla yhteydetön eikä pysty tarjoamaan täyttä varmuutta siitä, että kaikki paketit pääsisivät perille. Verkon tehtävänä onkin välittää paketteja niin hyvin ja niin nope-

asti kuin mahdollista. IP-protokollaan ei ole sisällytetty mitään kuittausmekanismia, jonka avulla voitaisiin varmistaa pakettien perille meneminen[28].

IP-protokollan nykyinen versio on IPv4. Datat välittäminen tapahtuu pilkkomalla alkuperäinen data ja sisällyttämällä se IP-paketteihin, jotka välitetään verkossa pakettien sisältämän osoitteen perusteella lähettäjältä vastaanottajalle. Jokainen paketti välitetään verkossa riippumatta muista paketeista eli paketit voivat kulkea mahdollisesti eri reittejä pitkin lähettäjältä vastaanottajalle. IP -paketin maksimipituus on 65535 tavua [28]. Mikäli jollakin siirtovälillä ei voida siirtää näin pitkiä paketteja, voidaan IP -paketti pilkkoa osiin. Otsikon tärkeimpinä kenttinä voidaan pitää lähettäjän ja vastaanottajan osoitekenttiä. Nykyisessä IP-versiossa osoitteen maksimipituus on 32 bittiä[28]. Osoitteen alkuosa kuvaa sen verkon osoitetta, jossa yksittäinen laite sijaitsee. Osoitteen loppuosa puolestaan yksilöi yksittäisen laitteen. 32-bittinen osoite mahdollistaa noin 4,6 miljardin erillisen osoitteen muodostamisen, mutta ongelmana on epäoptimaalinen osoiteavaruuden käyttö.[16]

Toinen erityisesti reitityksen kannalta merkittävä kenttä on TTL-kenttä (Time-To-Live), joka määrittää paketin eliniän verkossa[28]. Joka kerta, kun pakettia välitetään reitittimeltä seuraavalle, TTL-kentän arvoa pienennetään yhdellä. Tällä tavoin estetään pakettien mahdollinen kiertäminen verkossa sekä voidaan rajoittaa paketin etenemistä vain tietyn hyppymäärän etäisyydelle.

Tulevaisuudessa laajemmin käyttöön otettava IPv6 lisää ennen kaikkea käytettävissä olevaa osoiteavaruutta. Osoitekentän pituus on 128 bittiä, joka mahdollistaa 10^{38} osoitetta. Muita parannettuja ominaisuuksia ovat yksinkertaisempi otsikkorakenne ja parempi mahdollisuus käyttää erilaisia optioita, joiden avulla pakettien käsittelyä verkon reitittimissä voidaan nopeuttaa. Muita merkittäviä parannuksia on autentikoinnin ja salaamisen toteuttaminen, jotka lisäävät protokollan turvallisuutta.[30]

Sotilaskäyttöön tarkoitettujen tietoliikennejärjestelmien kannalta tarkasteltuna pelkäänsä osoiteavaruuden laajentuminen ei ole pakottava tarve siirtyä IPv6:een. Etuina on luettava parannukset mm. turvallisuudessa ja liikkuvuuden hallinnassa. Muita etuja ovat verkostokeskeisen sodankäynnin mahdollistaminen, päästä - päähän turvallisuuden hallinta, paremman palvelunlaadun takaaminen sekä parempi järjestelmänhallinta. Toisaalta suljetuissa sotilaallisissa järjestelmissä voi periaatteessa olla jopa hyödyllisempää pitäytyä IPv4:ssä, jos ajatellaan pakettien siirron hyötysuhdetta eli sitä,

kuinka paljon tarvitaan kontrollibittejä databitteihin verrattuna. Siirryttäessä IPv6:een pakettien välttämättömien otsikkotietojen kasvaminen aiheuttaa hyödynnettävän kaistanleveyden pientymistä ja sitä kautta vaatimuksia lisätä yhteyksin kapasiteettia. Ongelmana on kuitenkin se, että langattomat siirtoyhteydet huonolla signaali-kohinasuhteella eivät välttämättä voi tarjota riittävää datanopeutta. Pelkästään MSS-järjestelmän käytännön datansiirtonopeus rajoittuu 2400 bit/s, vaikka tietoverkossa kyettäisiin siirtämään datapuheluna 9600 bit/s. [16]

IP-protokollan yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on IP-osoitteisto. Näillä osoitteilla paketit löytävät oikeaan kohteeseensa ja kaikki dataliikenne kulkee IP-osoitteiden kautta.

3.3.3 UDP -protokolla

Sekä TCP että UDP ovat IP-protokollan tarjoamia kuljetusprotokollia, joiden tehtävänä on tarjota kuljetuspalvelua kahden verkossa olevan prosessin välillä. Kuljetuspalvelua tarjotaan ylemmällä tasolla toimiville sovelluksille. Koska kuljetusprotokolla tarjoaa kuljetuspalvelua prosessille, tulee protokollan myös pystyä kertomaan sovelus tai prosessi, jonka kanssa halutaan keskustella[11].

Kumpaa vaihtoehtoa sitten tarvitaan, riippuu pitkälti sovelluksen tarpeista. Oleellinen kysymys valittaessa TCP:n ja UDP:n välillä on se, kuinka paljon pakettien hukkumista hyväksytään, eli kuinka luotettavaa tiedonsiirtoa tarvitaan. Ääntä ja kuvaa siirrettäessä ei haittaa vaikka muutama kuva minuutissa ei saapuisikaan perille, koska se ei juurikaan haittaa kuunneltavuutta ja katsottavuutta eikä heikennä laatua.

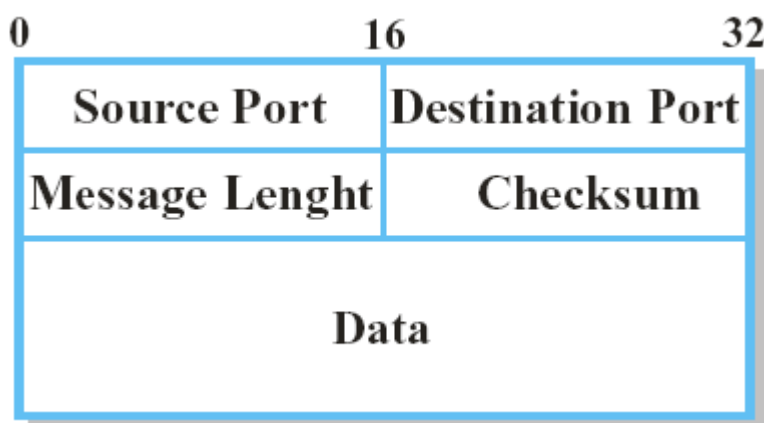
UDP on IP:n päällä toimiva tiedonsiirtoprotokolla. UDP-protokolla on suunniteltu palvelemaan tietokoneiden välistä kommunikaatiota mahdollisimman vähäisellä protokollamekanismilla. UDP tarjoaa yhteydettömän, kevyen liittymärajapinnan IP-tason tietosähkeiden käsittelyyn, ilman tietosähkeiden kuittausta tapahtuvan kuljetuspalvelun koneiden välille[27]. Tämä suo selvästi paremmat käyttömahdollisuudet esimerkiksi videokuvan tai äänen välittämisessä verkon yli. Mediavirta voidaan näin lähettää helpommin katkeamattomana virtana, kun ei tarvitse varmistaa perillemenoa. Näin palvelimen ei tarvitse huolehtia siitä, että asiakas on saanut kaiken informaation. Tämä taas mahdollistaa sen, että samaan palvelimeen voi olla kytkeytyneenä samanaikaisesti enemmän asiakaskoneita, koska ne eivät kuormita palvelinta lähes-

kään yhtäpaljon kuin yhteydellisessä protokollassa, koska kaikki "turhat" kuittauskäs-
kyt yms. jäävät koneiden välisestä kommunikaatiosta pois.

UDP on siis yhteydetön protokolla, jota käytetään aikakriittisissä palveluissa. UDP lisää IP-pakettiin periaatteessa vain lopullisen kohteen tiedot. Toisin kuin TCP, UDP ei määrittele eikä numeroi pakettien järjestystä. Näin ollen vastaanottajapää ei voi tietää missä järjestyksessä pakettien oikeasti kuuluisi olla. Toisaalta vastaanottajapää ei voi kuitata paketteja vastaanotetuiksi, koska paketeissa ei ole edellä mainittua numerointia. UDP voi siirtää tietoa samaan aikaan usean eri sovelluksen kesken. [27]

Kenttäradioyhteyksillä tiedonsiirto on hyvin epävarmaa ja tämä asettaa omat haasteensa kuittausmekanismien toteuttamiselle. UDP-protokollahan ei itsessään ota kantaa lähetettyjen pakettien kuittauksiin, joten UDP:n päälle olisi kehitettävä jokin kuittausmekanismi. Heinäaro on esittänyt työssään ratkaisuksi selektiivikuittausta, jossa pitkä lähete on jaettu useisiin alikehyksiin.

Seuraavassa on kuvattu UDP:n kehysrakenteen sisältämiä kenttiä. Lähdeportti (source port) kertoo lähetyspäässä käytetyn porttinumeron. Kohdeportti (destination port) kertoo sen portin, jota käytetään vastaanottajapäässä. Porttinumero kertoo sen sovelluksen tai prosessin, jonka kanssa halutaan kommunikoida. Viestin pituus (message length) -kenttä kertoo sanoman pituuden. Sanoman pituus pitää sisällän otsikko-kentän sekä varsinaisen datakentän. Sanoman pituus ilmaistaan kahdeksan bitin tavuina. Tarkistussumma (checksum) -kenttä ei ole pakollinen. Tarkistussumma lasketaan koko UDP-paketista, johon kuuluu myös datakenttä. Jos tarkistussummaa ei käytetä, merkitään kaikki kentän bitit nolliksi.[27] Kuvassa 38 on esitetty UDP:n kehysrakente



KUVA 38. UDP:n kehysrakenne.[27]

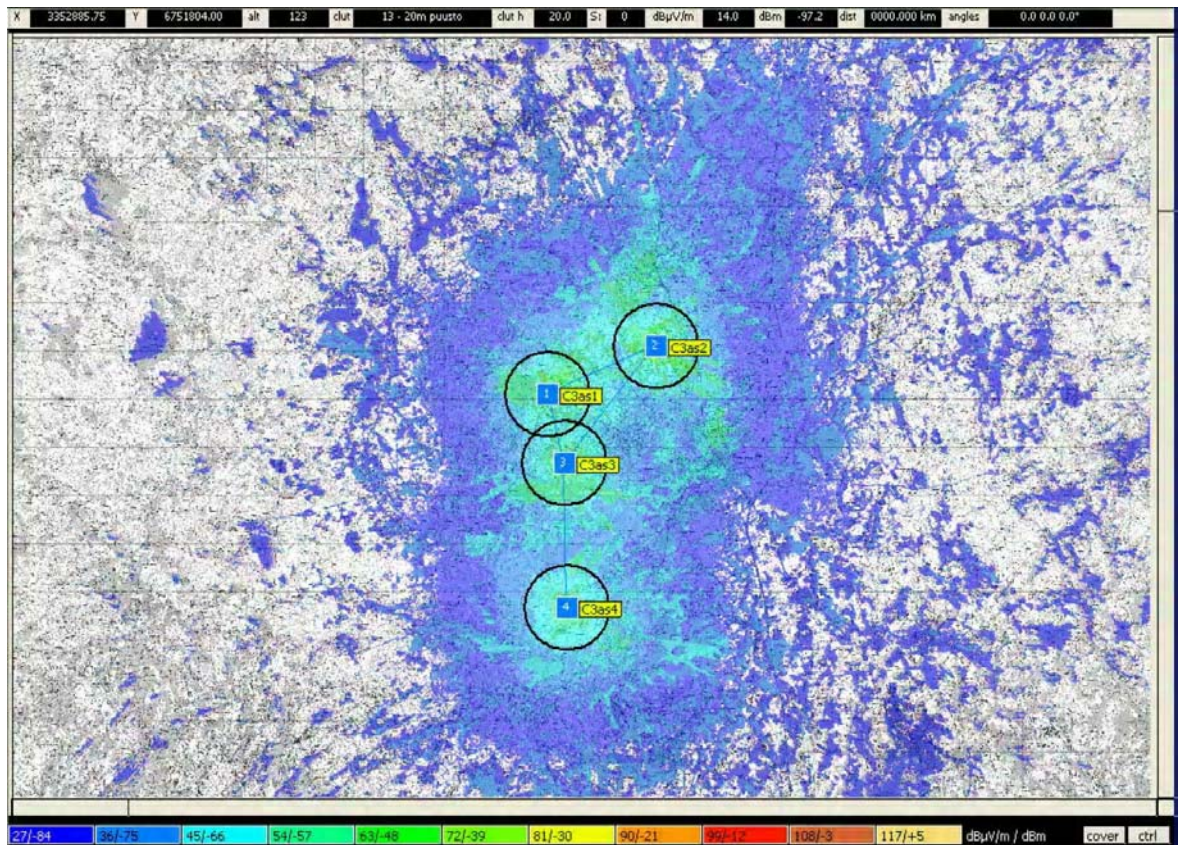
3.4 Suorituskyky ja palvelunlaatu

3.4.1 Peittoalueet laskettuna Warfare ohjelmalla

Tässä kappaleessa simuloidaan Warfare ohjelmalla prikaatin alueelle sijoitettujen C3-asemien peittoalueita. Prikaatin hyökkäysalue on valittu siten, että se vastaa todellista prikaatin vastuualuetta. Tukiasemat on sijoitettu sellaisille alueille, joille ne sijoitettaisiin kyseisessä tilanteessa. Prikaatista löytyy kuusi C3-asemaa. Ensimmäisessä simuloinnissa tarkastellaan kyseistä tilannetta. Toisessa simuloinnissa lähdetään tilanteesta, jossa kuusi C2-asemaa on muutettu C3-asemiksi. Kolmannessa tilanteessa kaikki C1- ja C2-asemat on muutettu C3-asemiksi. Tällöin prikaatissa on yhteensä kahdeksantoista C3-asemaa.

Prikaatin hyökkäys voidaan jakaa esimerkiksi kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa yhdellä pataljoonalla vallataan tietty alue ja suojataan iskevän osan hyökkäys. Toisessa vaiheessa iskuportaan kaksi pataljoonaa hyökkää rinnan. Kolmannessa vaiheessa valmistaudutaan hyökkäämään valmistautumistehtävän mukaisesti. Tässä simuloinnissa ollaan vaiheessa kaksi, jossa yhdellä pataljoonalla on otettu alue haltuun ja iskuportaan kahdella pataljoonalla hyökätään rinnan. Jotta tilanne olisi mahdollisimman realistinen, kaikissa kolmessa simuloinnissa 1/3 asemista on varattu reserviksi.

Tässä simuloinnissa kaikki asemat ovat identtisiä. Radioissa on 50 W:n tehot ja antennit ovat samanlaisia. Antennien korkeudet ovat sekä lähettäjällä että vastaanottajalla neljä metriä. Tällä kuvataan XA-203-ajoneuvoon (PASI) sijoitetun tukiaseman katolla olevia antennejä. Warfare ohjelma vaatii jokaiselle käytetylle radiotyypille sitä vastaavat parametrit. Olin Pouta 2005-harjoituksessa testiryhmässä, joka suoritti kenttäkokeita liikkuvan tilaajan järjestelmälle. Yhtenä tutkimustehtävänä oli kalibroida LV241/341 radion parametrit Warfare ohjelmaan. Tehtävässä onnistuttiin ja nyt tässä simuloinnissa on käytetty kyseisiä parametrejä. Kuvassa 39 on esitetty neljän tukiaseman peittoa.



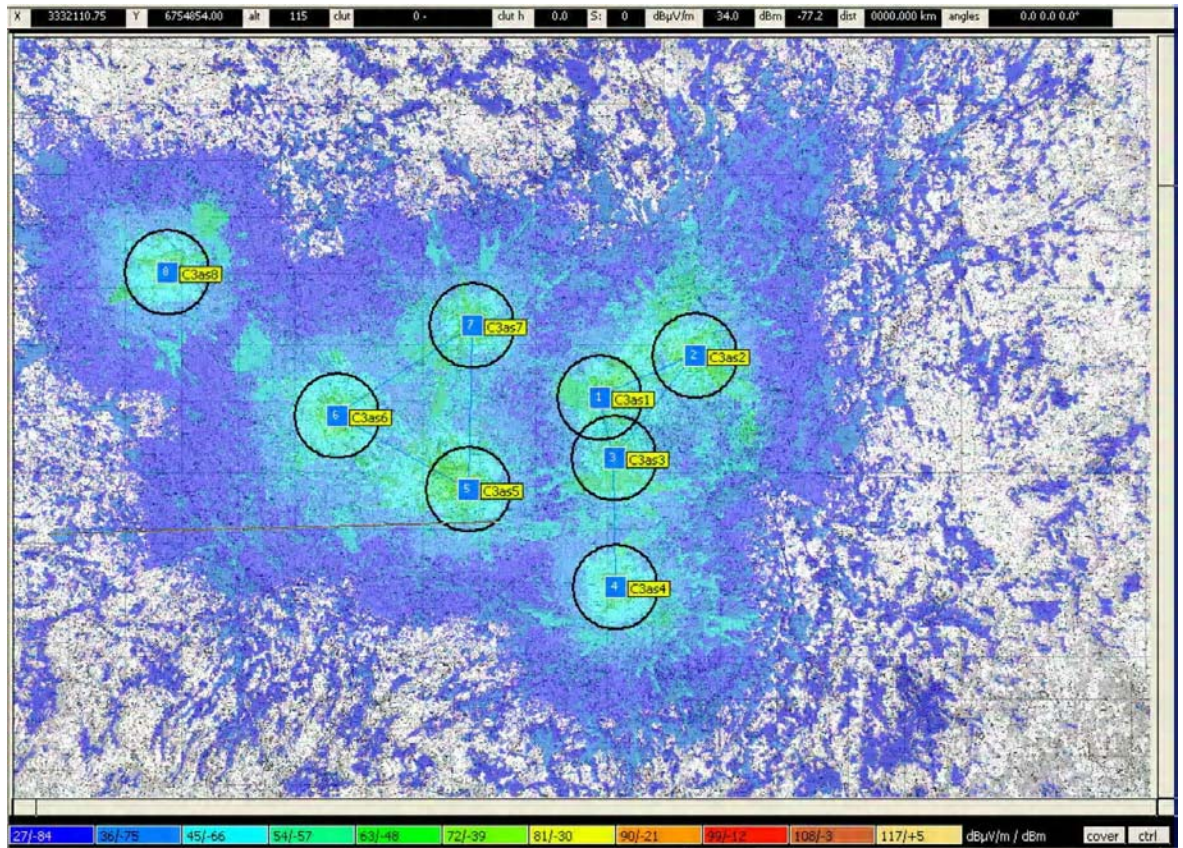
KUVA 39. Neljän C3-aseman peittoalueet.

Kuvassa tumman sinisellä olevat alueet ovat kynnyksarvoltaan 27 dBuV/m, joka vastaa -84dB/m. Tällöin voidaan olla melko varmoja siitä, että yhteys syntyy myös tosi tilanteessa. Yhden tukiaseman peittoalueen säde on noin 6-8 km. Asemat 2, 3 ja 4 ovat alistettu pataljoonille ja asema 1 toimii taisteluita johtavan TJK:n läheisyydessä. Kuten kuvasta huomataan, asemilla saadaan kohtuullisen hyvä kattavuus pataljoonien ja TJK:n alueelle. Asemien 1, 2 ja 3 alueella olevat liikkuvat tilaajat pystyvät valitsemaan tukiaseman, jonka kautta liittyvät verkkoon, koska asemien peittoalueet mahdollistavat sen. Tämä silloin, jos jostain syystä heille alistettu asema ei kykene palvelemaan heitä. Toisiaan kattavat peittoalueet parantavat taistelunkestävyyttä ja antavat suojaa vihollisen häirinnältä.

Järjestelmäharjoitus 2005:ssä tehdyissä kenttäradiotesteissä, joissa testattiin taajuushypintää, havaittiin seuraavaa. Taajuushypinnällä toimivan radion kantama on huomattavasti pidempi kuin selkokielisen tai digitaalisesti salatun radion kantama. Taajuushypinnällä toimivilla 50 W:n radioasemilla ja neljän metrin antennilla päästiin

noin 40 km:n yhteysetäisyyteen. Tämä on selitettävissä sillä, että taajuushypintä vähentää monitie-etenemisestä aiheutuvia haittoja.

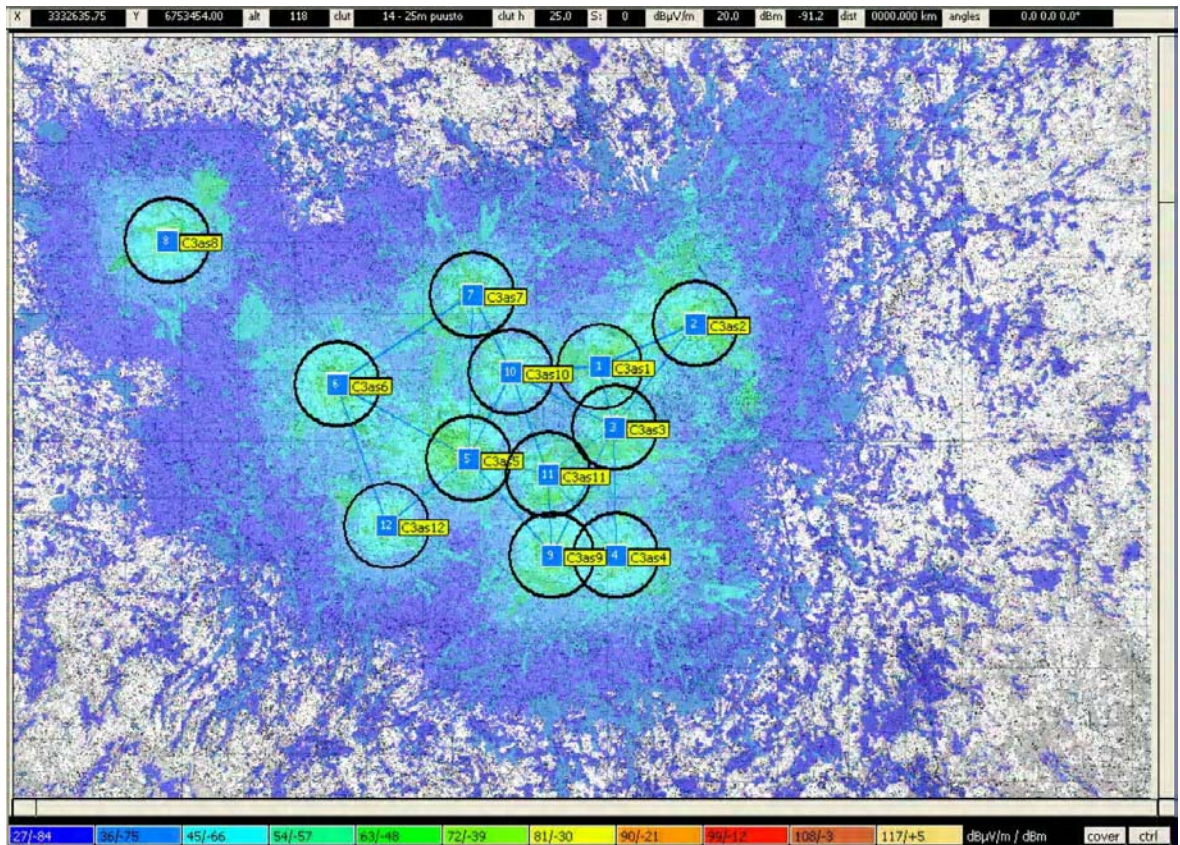
Seuraavassa simuloinnissa on kuvattu tilannetta, jossa C2-asetat on muutettu C3-asetiksi. Kuvassa 40 on esitetty kahdeksan tukiaseman peittoa.



KUVA 40. Kahdeksan C3-asetan peittoalueet.

Kahdeksalla tukiasemalla kyettäisiin luomaan auttavasti laajempaa verkkoa prikaatin alueelle. Pataljoonien lisäksi asemia kyettäisiin alistamaan muillekin tärkeimmille alajohtoportaille. Lisäksi voitaisiin varmentaa yhteyksiä painopistealueella.

Viimeisessä simuloinnissa on kuvattu tilannetta, jossa kaikki C1- ja C2-asetat on muutettu C3-asetiksi. Kuvassa 41 on esitetty kahdentoista tukiaseman peittoa.



KUVA 41. Kahdentoista C3-aseman peittoalueet.

Kahdellatoista tukiasemalla kyettäisiin luomaan kattava verkko prikaatin alueelle. Tällä päästäisiin siihen, että runkoverkkoon kyettäisiin liittymään koko prikaatin alueelta. Painopisteen yhteyksiä voitaisiin varmentaa ja näin lisättäisiin taistelunkestävyyttä. Radioyhteyksin pituudet lyhenisivät, koska tukiasemia olisi tarjolla enemmän.

3.4.2 Kapasiteettisuunnittelu ja estotodennäköisyydet

GSM-verkot mitoitetaan yleensä 2 - 3 %:n estotodennäköisyydellä kiiretunnin aikana. Välitettävä liikenne voidaan päätellä kuvassa 42 esitetyn Erlang B -kaavan perusteella. Erlang B -estokaavaa voidaan pitää teoreettisena lähtökohtana tutkittaessa niin GSM- kuin MSS-verkonkin puhepalveluita. Kaavalla on mahdollista laskea sekä kutsu- että aikaesto todennäköisyytenä ts. todennäköisyys sille, että kaikki kanavat ovat tietyllä hetkellä varattuina:

$$B(N) = \frac{A^N}{N!} \cdot \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{A^n}{n!}}$$

KUVA 42. Erlang B -kaava.[22]

missä N on käytettävissä olevien kanavien lukumäärä ja A keskimääräisen kutsutiheyden ja keskimääräisen varausajan tulo, eli tarjottu kuorma[22]. Kaavassa MSS-järjestelmän odotetaan toimivan ilman jonotusta. Radiopaketiverkkoon Erlang B -kaavaa ei voida soveltaa verkon purskeisuuden vuoksi.

Jos otetaan lähtökohdaksi nykyinen tilanne, jossa liikkuvan tilaajan päätelaitteita on suunniteltu jaettavaksi komppanian päällikön tasalle sekä tärkeimmille joukkueenjohtajille, saadaan pataljoonan alueella yhden tukiaseman vakiokäyttäjiksi yhteensä neljä henkilöä. Samaa tukiasemaa voivat käyttää myös panssarintorjuntaohjuskomppanian päällikkö sekä prikaatin komentaja, jolloin lopullinen käyttäjämäärä on kuusi. Jos oletetaan, että jokainen henkilö käyttää tukiasemaa keskimäärin 5 min tunnin aikana, estotodennäköisyydeksi saadaan n. 1 %.

Seuraavassa tilanteessa päätelaitteita jaettaisiin tulenjohtoryhmille, komppanian päälliköille, sekä tärkeimmille joukkueenjohtajille. Tällöin käyttäjiä pataljoonan alueella olisi noin 18. Jos oletetaan edelleen, että jokainen henkilö käyttää tukiasemaa keskimäärin 5 min tunnin aikana, estotodennäköisyydeksi saadaan n. 13 %. Jos jälkimmäisessä tapauksessa vähennettäisiin käytettävien radiokanavien määrä kolmesta kahteen, liikennemäärän pysyessä samana, kasvaisi estotodennäköisyys n. 31 %:iin. Tämä tapaus tulisi kyseeseen, jos tukiasemalla olisi yksi viallinen radio tai jos radiopaketiverkko toteutetaan tukiaseman yhdellä radiolla.

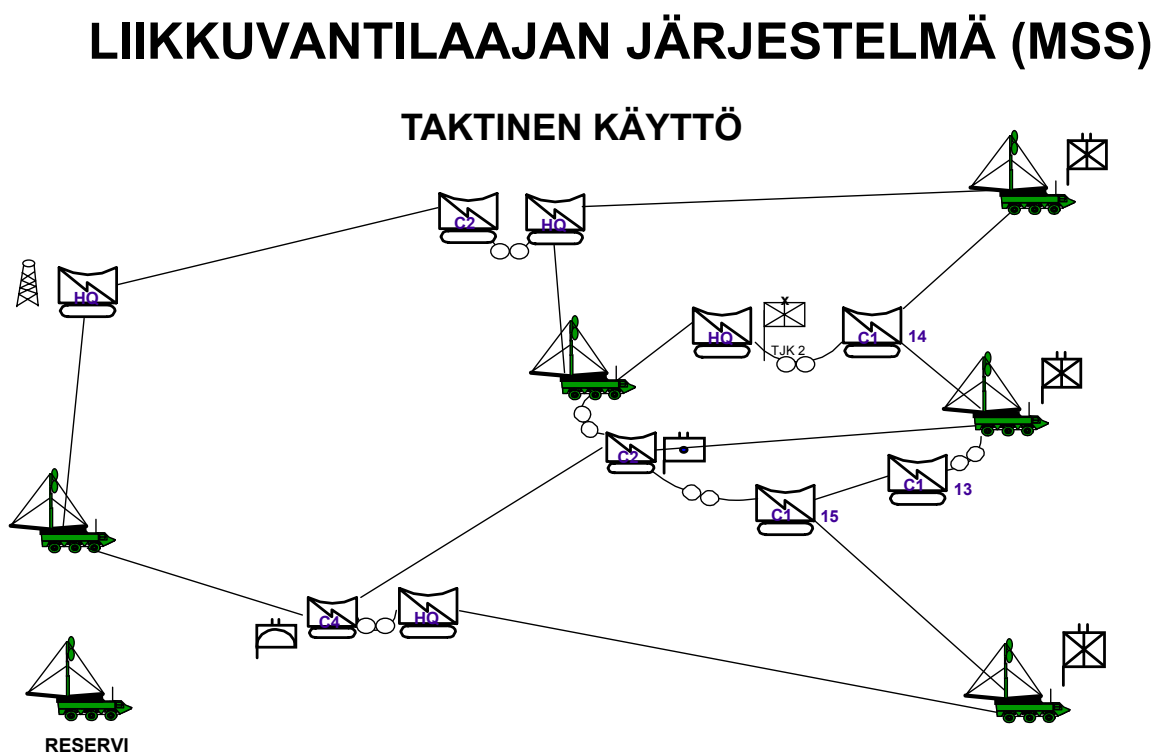
Tuloksista huomataan, että estotodennäköisyydet ovat kohtalaisen kovia. Esimerkiksi GSM-verkon estotodennäköisyyksiin ei pataljoonan alueella päästä, mutta onko se loppujen lopuksi edes tarpeellistakaan. Pitää muistaa, että MSS-järjestelmän läpi soi-

tettavat puhelut eivät ole ainoa radiotiellä tapahtuva yhteydenpitotapa pataljoonan alueella. MSS-järjestelmä on lisä muille pataljoonan alueella toimiville radioverkoille.

Ongelmaa voidaan helpottaa käyttämällä naapuripataljoonan tukiasemaa tai muita alueen kattavia tukiasemia, joita voisivat olla esimerkiksi TJK:lle alistettu asema, kuten edellisessä luvussa esitettiin. Parhaimmassa tapauksessa kuudesta tukiasemasta neljä kykenisi palvelemaan tilaajaa. Toki muidenkin tukiasemien alueella on sille kuuluvat tilaajat, mutta silti tilanne helpottuisi, koska liikennöintimäärä ei ole yhtä kiihvasta kaikissa paikoissa samaan aikaan.

4. MSS-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ

C3-asemia käytetään pataljoonien liittämiseen, verkon silmukoimiseen ja MSS-tukiasemina keskeisillä paikoilla. Tukiasemien käytön painopiste on pataljoonien ja tykistön väillä.[20] Esimerkki C3-asemien sijoittelusta yhtymän alueella on kuvassa 43.



KUVA 43. C3-asemat yhtymän alueella.[20]

Pataljoonissa C3-asemia käytetään yhdessä tilannekeskuksen (KOPA2) kanssa tai välittäjänä keskeisellä alueella[20]. MSS-järjestelmä helpottaa eri radioverkoissa olevien tilaajien välistä puheliikennettä. Järjestelmä lyhentää radioliikenteen yhteysvä-

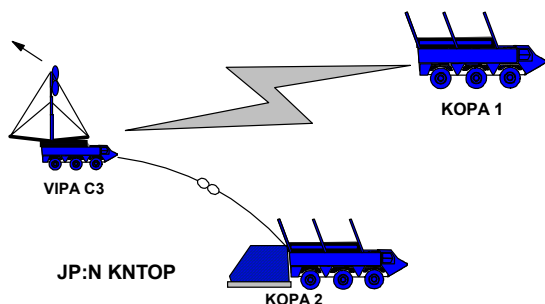
lejä ja näin parantaa ELSO suojaa. Radioverkot saadaan liitettyä televerkkoon ja datansiirto mahdollistaa pienten tekstitiedostojen lähettämisen. Tällaisia viestejä voisivat olla esimerkiksi Johlalle lähetettävät tilannesanomat. Taisteluiden aikana liikkeellä oleva C3-asema voi toimia liikkuvana tukiasemana.

Liikkuva taistelutapa pakottaa C3-asemien siirtämisen taistelevien joukkojen mukana. Pataljoona siirtyessä edessä kulkevat tiedustelu- ja tulenkäyttöosat. Sen jälkeen tulevat suojaus- ja valmisteluosat ja viimeisenä pääjoukko. C3-asemat siirtyvät suojaus- ja valmisteluosien mukana ja mahdollistavat pataljoonan komentajalle hänen tarvitsemansa tiedustelu-, tulenkäyttö- ja johtamisyhteydet jo liikkeen aikana.[20]

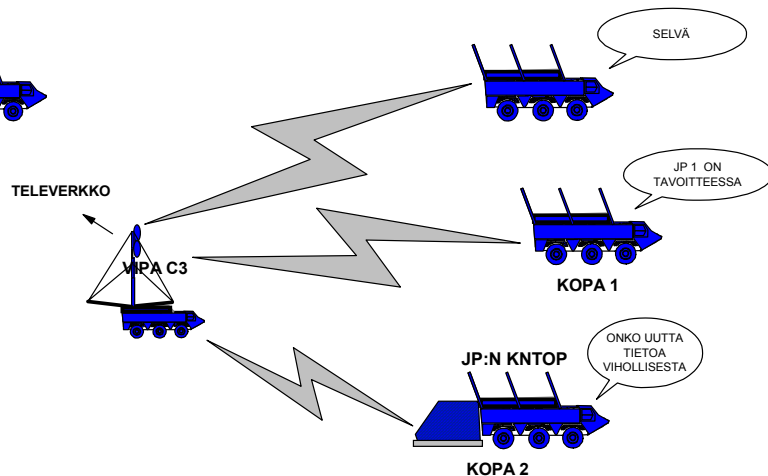
Taisteluosastossa käytettäessä MSS-järjestelmä helpottaa pataljoonan ja patterin välistä puheliikennettä. Järjestelmä toimii varatienä sanomalaitejärjestelmälle. Tois-taiseksi tykistö haluaa käsitellä tulikomennot sanomalaiteella lähetettävänä tekstitiedostoina, koska tykistössä on käytössä ammunnanhallintajärjestelmä. Puheella välitettävät tulikomennot aiheuttavat turhaa viivettä. Kuvassa 44 on esitetty MSS-järjestelmän käyttöä pataljoonassa.

LIKKUVANTILAAJAN JÄRJESTELMÄ (MSS) KÄYTTÖ PATALJOONASSA

1. YHDESSÄ JP:N TIKEN (KOPA 2) KANSSA

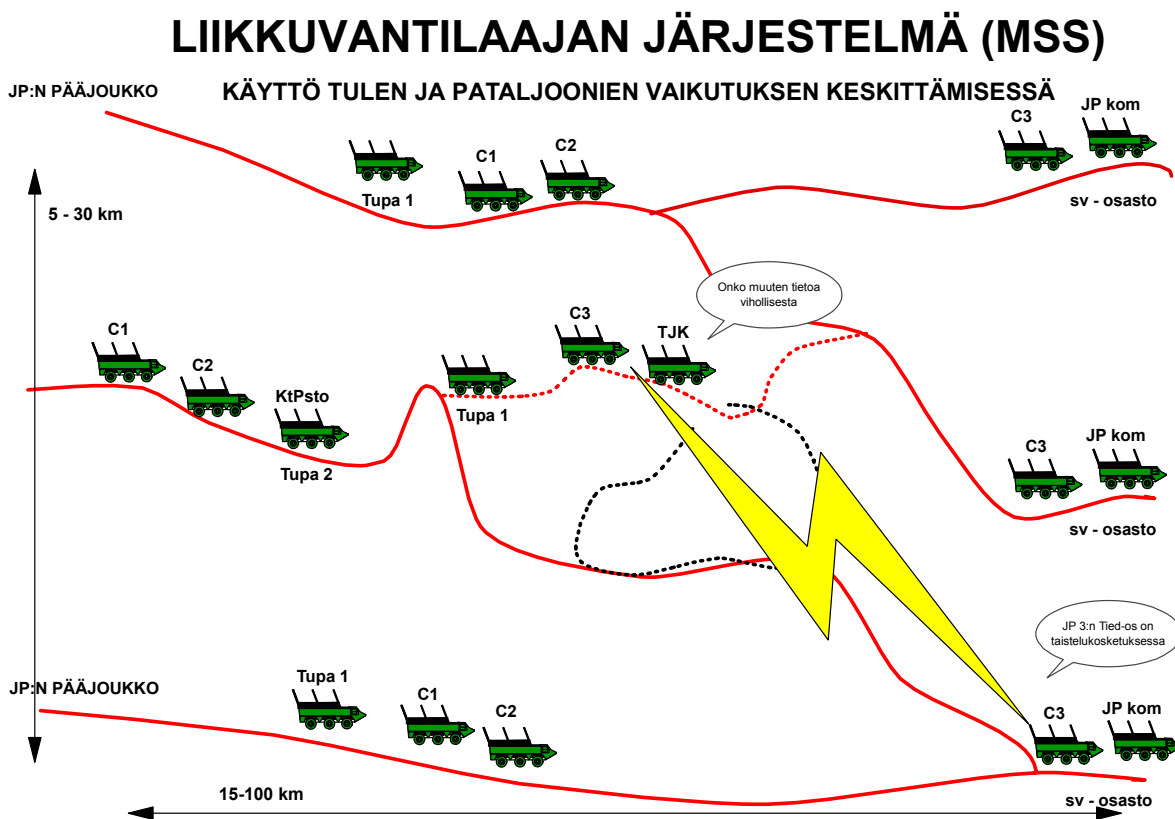


2. C3 KESKEISELLÄ ALUEELLA VÄLITTÄJÄNÄ



KUVA 44. MSS-järjestelmän käyttö pataljoonassa.[20]

Yhtymän hyökkäyksessä MSS-järjestelmää käytetään tulen ja pataljoonien vaikutuksen keskittämisessä. Siirtymisen aikana täydennetään komento- ja sanomalaiteverkkoa ja C3-asemien pysähdyttyä luodaan puhelumahdollisuudet televerkkoon. Kuvassa 45 on esitetty MSS-järjestelmän käyttöä voiman keskittämisessä.

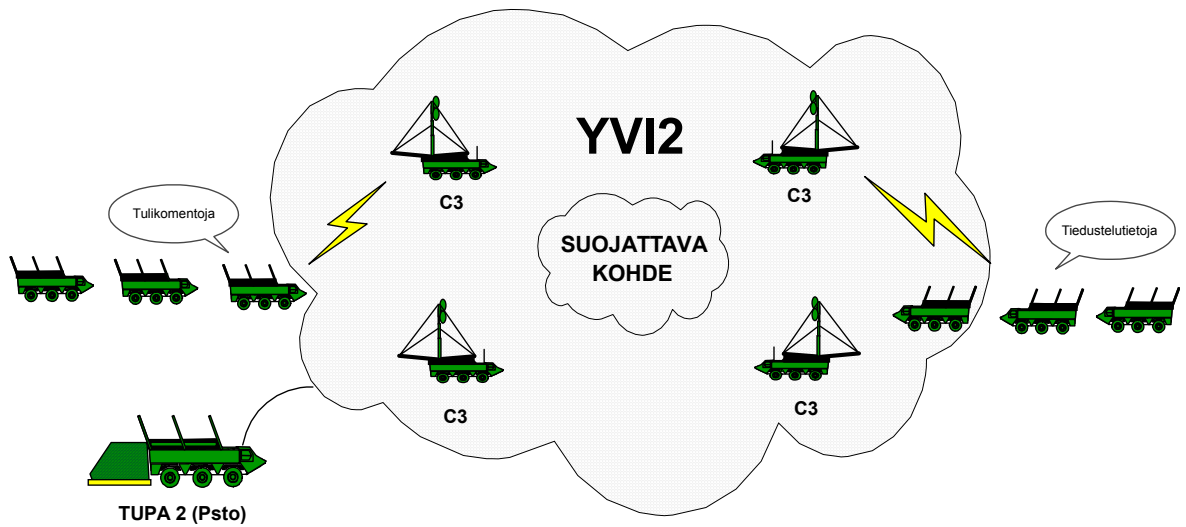


KUVA 45. MSS-järjestelmän käyttö voiman keskittämisessä.[20]

MSS- ja KSL-aseamista (C3 ja C1) voidaan tarvittaessa muodostaa suojattavan kohteen ympärille alueellinen verkko, johon hyökkäävät joukot liittyvät kantamiensa puitteissa. Alueellinen verkko mahdollistaa radioverkkojen tilaajien liikennöinnin puheella ja sanomalaitteella keskenään tai televerkon tilaajien kanssa. Kuvassa 46 on esitelty alueellisen MSS-verkon rakenne suojattavan kohteen ympärillä.

LIKKUVANTILAAJAN JÄRJESTELMÄ (MSS)

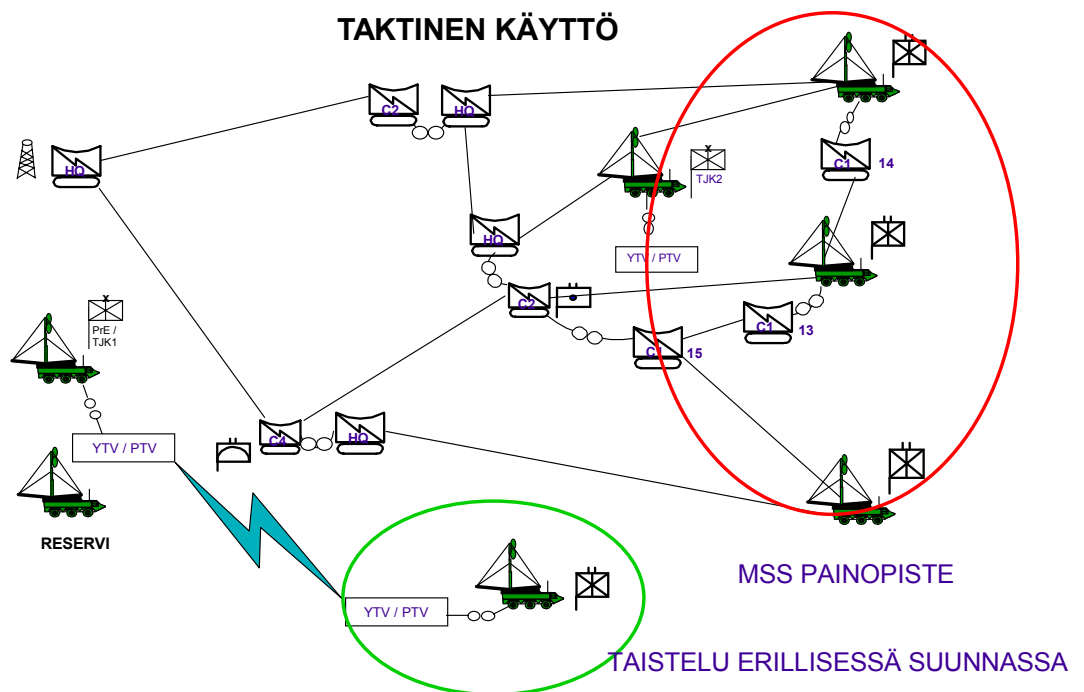
ALUEELLINEN MSS-VERKKO



KUVA 46. Alueellinen MSS-verkko.[20]

Viestipäällikkö määrittelee prikaatinkomentajan vaatimusten mukaisesti MSS-järjestelmän käytön painopisteen viestitoiminnanperusajatuksessaan. Painopisteellä tulee mahdollistaa komentajan tarvitsemat operatiiviset johtamisyhteydet. Prikaatin komentaja johtaa taisteluita yleensä edestä toisesta taistelunjohtokeskuksesta (TJK). MSS-järjestelmällä kyetään luomaan operatiivisen johtamisen vaatimat yhteydet iskeville osille sekä komentajalle. Tällöin olisi suotavaa, että myös taisteluita johtavalle TJK:lle alistettaisiin C3-asema. Kuvassa 47 on esitetty MSS-järjestelmän käyttöä prikaatin hyökkäystaistelussa.

LIKKUVANTILAAJAN JÄRJESTELMÄ (MSS)



KUVA 47. MSS-järjestelmän käyttö prikaatin hyökkäystaistelussa.

Viestitaktiikkaa opettaessa on korostettu, että perusratkaisussa C3-asetat alistetaan pataljoonille ja C1-asetat sijoitetaan pataljoonien ja tykistön väliin. Kuten kuvasta 47 olen esittänyt, C3- ja C1-asetat toimivat asemapareittain pataljoonan alueella. Tällä saavutettaisiin seuraavia etuja. Tuomalla C1-asetat alkuvaiheessa mahdollisimman lähelle tarvitsijoita, jotka kaikki siinä vaiheessa ovat pataljoonan alueella, lyhennetään yhteyttä huomattavasti. Sanomalaiteverkon tilaajilla on tällöin käytössään liittymiseen pataljoonan alueella sekä C1-tukiasema että molempien KOPA:in tukiasemat. Tällä parannetaan taistelunkestävyyttä ja häirinnäsietokykyä.

Pataljoonien aloittaessa taistelun ja edeten hyökäten eteenpäin tulee jossain vaiheessa tarve siirtää runkoverkkoa eteenpäin. Tässä vaiheessa korostuu MSS-järjestelmän käytettävyys. Pataljoonille sekä TJK:lle alistetuilla asemilla mahdollistetaan operatiiviset johtamisyhteydet. Liikkeessä olevat C3-asetat pystyvät liittymään runkoverkkoon siinä jo kiinni olevan C3-asetan kautta ja välittämään puheluita rajoituksin. Vaikka C3-asetat eivät olisikaan kiinni runkoverkossa, ne kykenevät välittämään puheluita kattavuusalueellaan. Pataljoonia kyetään kyllä johtamaan komento-

verkkojen kautta, mutta C3-asemia käyttäen radioyhteyksiä saadaan lyhennettyä huomattavasti.

C1-asemien tuomisella asemapareittain C3-asemien kanssa pataljoonan alueelle ennakoitaan viestiverkon tulevia muutoksia. Runkoverkko alkaa venyä pataljoonien aloittaessa hyökkäyksen. Jos C1-asemat ovat jo tässä vaiheessa sijoitettuina pataljoonien taakse, tykistön ja pataljoonan väliin, tehdään oma toiminta turhan vaikeaksi jo alkuvaiheessa ja annetaan etua vastustajalle. Sijoittamalla C1-asemat pataljoonan alueelle, runkoverkko on heti muodostettu mahdollisimman etupainoiseksi ja näin kyetään vastaamaan tuleviin verkon muutoksiin. Samalla sanomalaiteverkkoon tarkoitetut liittymisyhteydet eivät pääse venymään kohtuuttoman suuriksi.

Prikaatin esikunta joudutaan usein liittämään runkoverkkoon YTV/PTV-yhteyksin, kun esikunta on ryhmitetty prikaatin vastualueen takaosaan. Hyökkäyksen lähdettyä liikkeelle prikaatin runkoverkkoa ei voida venyttää ulottumaan prikaatin esikuntaan saakka.

C3-asemilla kyetään liittämään yksittäisiä pataljoonia runkoverkkoon YTV/PTV-yhteyksien kautta. Tämä vaatii alistettavalta asemalta Delta/PCM-muuntimen. Liitettäessä pataljoona C3-aseamalla, yhteydet voidaan muodostaa suoraan pataljoonan radioverkkoon. Esimerkiksi erillisessä suunnassa toimivan pataljoonan radioverkkoon saadaan yhteys prikaatin esikunnasta, vaikka runkoverkkoa ei ole muodostettu. Tätä tilannetta on havainnollistettu kuvassa 47.

Heinäaron diplomityön tuloksena toteutettiin prototyyppi laitteesta, jolla mikä tahansa analoginen tai digitaalinen radio voidaan liittää tietokoneeseen tiedonsiirtoa varten. Prikaatille voidaan alistaa esimerkiksi jalkaväkipataljoona tai mekanisoitu taisteluosasto. Ongelmana näiden alistamisessa on se, että ne käyttävät pääsääntöisesti vanhaa analogista radiokalustoa. Tämä tarkoittaa sitä, että ne radiot prikaatissa, jotka liikennöivät alistuksen kanssa, ovat CLR-tilassa. Näin menetettäisiin taajuushypinnällä saatu suoja vihollista vastaan. Jos alistettavalle joukolle alistettaisiin C3-asema, ja jos analogiset radiot olisivat liitettyinä päätelaitteeseen Heinäaron esittämän prototyypin mukaisella laitteella, taajuushypintää voitaisiin käyttää prikaatin radiossa. Alistetun joukon radiot toimisivat silti edelleen selkokielisinä.

Peruseriaatteena on hyvin usein alistaa mekanisoitu taisteluosasto alueella olevalle prikaatille 2005:lle. Viimeaikaisissa valtakunnallisissa järjestelmäharjoituksissa on ollut

yhtenä tavoitteena harjoitella osaston liittämistä prikaatin viestijärjestelmään. Mekanisoidun taisteluosaston kanssa törmätään samaan ongelmaan kuin jalkaväkিপataljoonankin kanssa. Radiokalusto on sekavaa, käsittäen analogisia ja digitaalisia kenttäradioita. Mekanisoidulle taisteluosastolle kuuluu kuitenkin orgaanisena C3 -asemia. Ongelmaa kyettäisiin tässäkin tapauksessa helpottamaan edellä esitetyllä laitteella.

Tykistön tarvitsemat yhteydet, joihin MSS-järjestelmää voitaisiin käyttää, ovat tulenjohto-osien ja patteriston väliset yhteydet sekä myös tykistön sisäiset yhteydet. Tulenjohto-osien viestiliikenne mahdollisuudet lisääntyisivät nykyisestä. Edelleen olisi käytössä jonkinlainen sanomaliikenne mahdollisuus sekä suora liikennöinti puheella eri verkoissa. Uutena mahdollisuutena ovat puhelut MSS-järjestelmän kautta. Järjestelmää voidaan käyttää patteristossa sisäiseen viestiliikenteeseen eri johtajien ja komentopaikan välillä. Liikkuvan ja hajautetun vaiheen aikana järjestelmää voitaneen käyttää ammunnan hallintaverkossa.

Ilmatorjunnan tarvitsemat yhteydet muokkautuvat tulevaisuudessa tapahtuvien muutosten mukaisesti. Tulossa on uusi ohjussyksikkö (05 ja 05M), lähetyspisteryhmät, tuliasemapääte on muuttumassa ohjelmisto-TASP:ksi ja johtokeskuskin on menossa uusiksi. Pelkästään joukkojen kalusto määrännee tulevaisuudessa järjestelmän käytön tarpeellisuuden. Tällä hetkellä järjestelmää voitaisiin käyttää lähinnä yhteyksissä ohjusryhmiin.

Toistaiseksi ei ole varmaa tietoa kykeneekö järjestelmä välittämään puhelun radioteillä kahden tukiaseman yli. Jos järjestelmä kykenee tähän, niin se luo mahdollisuuden käyttää MSS-verkkoa GSM-verkon tapaan. Asemien välille ei tarvittaisi toista siirtotietä, vaan puhelut ohjautuisivat tukiasemalta toiselle ja aina puhelun vastaanottajalle radioteillä. Lisäksi liikkuvan tilaajan järjestelmästä soittaminen YTV/PTV-liittymiin on vielä kehityksen alla.

4.1 Johtopäätökset

MATI järjestelmässä siirretään mm. tilannekuvaa, käskyjä, suunnitelmia. Liikkuvalla tilaajalla tietokoneineen on merkittävä osa tilannetiedon lähettäjänä MATI järjestelmässä. Tilaaja kykenee lähettämään päätelaitteellaan havaintoja reaaliajassa muille. Nykyaikaa on lähettää komentosanomina tietoa omasta paikastaan tai vastaavasti ympäröivästä taistelukentästä ja kohteista. Lähetettäessä tilannemuutossanomina

Johlalle, karttapohjalle päivittyvä vastaava taktinen symboli informaatioineen. Nykyään näiden tilannetietojen välittämisestä vastaa sanomalaiteverkko. Sanomalaiteverkkoa ei enää nykyisellään kehitetä, vaan nykyisin käytössä olevat laitteet käytetään loppuun. Tulevaisuudessa onkin tarvetta kehittää korvaava järjestelmä sanomalaiteverkolle.

Kun puhutaan sanomalaiteverkon korvaavasta järjestelmästä, esiin nousee TATIVE (taktinen tietoverkko) käsite. TATIVE:a on kaavailtu tulevaisuuden sanomalaiteverkon korvaaja. TATIVE:n tekniikan suunnittelussa on käytetty pohjana VHF-radioiden tarjoamaa 2,4 kbps nopeutta. Radioverkon sisällä tiedon levittäminen on erittäin tehokasta, koska kaikki radiot kuulevat saman lähetteen, vaikka kenttäradioiden kanava onkin ajassa jaettu kaikkien verkon käyttäjien kesken. Digitaaliset kenttäradiot ja MSS-järjestelmä olisivat taktisen tietoverkon (TATIVE) tärkein langaton tiedonsiirtotapa. Sanomalaiteverkossa lähetettäviä sanomia tulisivat vastaanamaan MSS-järjestelmässä lähetettävät IP-sanomat. Suurena haasteena tässä on MSS-järjestelmän kehitystasolla oleva radiopakettiverkko. Vielä on liian aikaista puhua edes tämän ominaisuuden lopullisesta teknisestä toteutustavasta. Silti MSS-järjestelmässä on jo nyt monia sellaisia ominaisuuksia, jotka puoltavat tätä ajatusta.

Tarvittava kalusto on jo suurimmaksi osaksi olemassa tukiasemilla eikä suuriin investointeihin sen osalta ole tarvetta. TATIVE:a varten C3-tukiasemissa LV341 radioiden reitittimet tulee kytkeä tukiasemaohjaimeen ja lisätä tukiasemaohjaimen ja tilaajaohjaimen ohjelmistoihin IP-datan vaatimat muutokset. Tulevaisuudessa ainakin C2-asetat on tarve korvata uudella kalustolla, ja silloin kyseeseen tulisivat C3-asetat. Kuten edellä esitetyistä Warfare-kuvista huomataan, jo muutaman C3-tukiaseman lisäämisellä kyettäisiin luomaan auttavasti prikaatin kattava verkko. Jo näillä muutoksilla MSS-järjestelmä kykenee kattavampaan palveluun kuin sanomalaiteverkon tukiasemat nykyisellään.

Luonnollinen kehityssuunta tästä olisi tulevaisuudessa myös C1-asemien päivittäminen C3-asemiksi. Silloin oltaisiin siinä tilanteessa, että jopa 18 C3-aseamalla kyettäisiin muodostamaan koko prikaatin kattava verkko. Tällöin lähes joka paikassa prikaatin alueella olisi tarjolla radioliityntämahdollisuus MSS-järjestelmään. Nykyiseen C1-aseamista koostuvaan tukiasemaverkkoon verrattuna yhteysetäisyydet tilaajien ja tukiasemien välillä lyhenisivät huomattavasti prikaatin alueella. Taistelunkestävyys paranisi niin fyysisiä hyökkäyksiä kuin elektronista sodankäyntiäkin vastaan. Par-

haimmissa tapauksissa tilaaja voisi valita käytettävissä olevista asemista parhaan mahdollisen. Liikkeessä oleva tilaaja pysyisi lähes koko ajan tukiasemaverkon kattavuuden alueella.

Suurin ongelma korvattaessa sanomalaiteverkkoa on se tosiasia, että myös sanomalaiteelle on kehitettävä ja hankittava seuraaja. Kuten aikaisemmin tässä tutkimuksessa esitettiin, niin liikkuvalla tilaajalla on maastokelpoinen PC mukanaan tai vaihtoehtoisesti ajoneuvoon sijoitettuna. Käytännössä tätä laitetta ei ole edes vielä olemassa. Kyseisen laitteen kehittäminen ja hankkiminen vaatii aikaa ja rahaa. Käyttäjän vaatimukset laitteelle ovat kyllä olemassa, mutta niitä vastaavaa laitetta ei ole.

Siirryttäessä taktiseen tietoverkkoon päätelaitteita on oltava jo ryhmän tasalta lähtien. Tällä hetkellä alimmat tasot, joille päätelaitteita on suunniteltu, ovat komppanianpäälliköt sekä tärkeimmät joukkueet. Tämän kaiken modifioinnin läpivieminen vaati paljon rahaa. Jos nykytilanteessa ei ole määrärahoja edes järjestelmän kriittisimpien osaluoiden kehittämiseen, niin on vaikea nähdä, että edes tulevaisuudessa asia korjantuisi.

Kuusi yksittäistä C3-asemaa ei ole riittävä määrä luomaan kattavaa verkkoa prikaatin alueella, varsinkaan kun pitäisi olla reservissä noin 1/3. Yhden aseman puhelujen välityskyky on rajoittunut kolmeen yhtäaikaiseen puheluun. Prikaatin hyökätessä pataljoonien väliset etäisyydet voivat olla useita kilometrejä. Häirittynä yhteysetäisyydet tippuvat voimakkaasti. Kuusi C3-asemaa ei muodosta taistelunkestävää MSS-verkkoa. Kuudella asemalla muodostetaan vain vaivoin prikaatille MSS-verkko, jonka tiedonsiirtokapasiteetti on hyvin rajallinen. Tulevaisuudessa onkin tärkeää lisätä asemien määrä esimerkiksi muuttamalla C2-asemat C3-asemiksi.

5. YHDISTELMÄ

Pr 2005:ttä käytetään taistelusta riippumatta poikkeuksetta hyökkäyksellisiin tehtäviin. Prikaati toimii noin 50 - 70 km x 100 km olevalla vastuualueellaan. Keskeisiä ominaisuuksia ovat liikkuvuus, tulivoima ja johtamiskyky. Hyökkäystapoja ovat sivusta- ja kohtaamishyökkäys sekä saarroitus.

Yhtymän taisteluvaiheet ovat valmistautuminen hyökkäykseen, siirtyminen ja hyökkäys. Prikaatin operaatio on saatava pysymään salassa viholliselta mahdollisimman pit-

kään. Siirtojen tulee olla nopeita ja viholliseen on kyettävä vaikuttamaan mahdollisimman nopeasti. Radiohiljaisuudella ja lähetyskiellolla säädellään viestilaitteiden käyttöä hyökkäyksen eri vaiheissa ja näin ei paljasteta hyökkäävää prikaatia liian aikaisin.

Vaikutusalueen läheisyyteen on kyettävä muodostamaan viestijärjestelmän painopiste jo ennen taisteluvoiman pääosien tuloa. Kun vihollinen kohdataan ja liike pysähtyy, on tulenkäytön yhteyksien oltava kunnossa. Hyökkäyksen edetessä kenttäteleverkko otetaan käyttöön tarvittavilta osin ja radioiden käyttörajoitukset kumotaan. Radioiden käytössä tulisi pyrkiä niiden massamaiseen käyttöön häirinnän vaikeuttamiseksi.

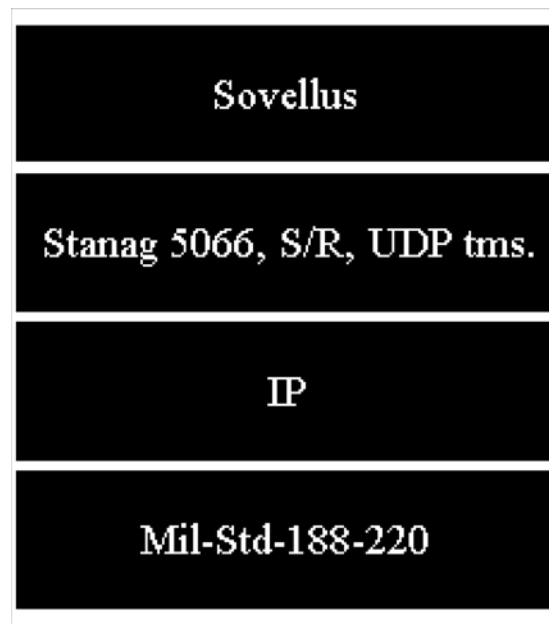
Hyökkäävällä prikaatilla on käytössään automaattinen kenttäviestijärjestelmä YVI2, jolla luodaan prikaatin sotatoimessa tarvittavat kenttäviestiyhteydet. Järjestelmällä luodaan viestipalvelut koko yhtymän tulenkäytön, tiedustelun ja johtamisen viestiyhteystarpeisiin.

Liikkuvan tilaajan järjestelmä on valmiusyhtymien johtamiseen käytettävä, ajoneuvoihin asennetuista ja kannettavista viestilaitteista muodostuva kokonaisuus, jolla aikaansaadaan johtamisen ja tulenkäytön tiedonsiirron mahdollistava taistelun vaikutuksia kestävä radiojärjestelmä. Järjestelmä koostuu tukiasemista, liikkuvista tilaajista ja YVI2-viestijärjestelmästä.

Prikaatin operaatioalueella on kuusi tukiasemaa joista kukin tarjoaa kolme yhdenaikaista puhelua televerkon liittyjän ja liikkuvan tilaajan välille. Liikkuva tukiasema kykenee välittämään yhden puhelun. Liikkuvia tilaajia on prikaatin alueella toistaiseksi n. 30 kappaletta. Puheluita eri tilaajien välillä voidaan toteuttaa joko suoraan radioista toisiin tai tukiaseman kautta.

MSS-järjestelmään tullaan lisäämään radiopakettiverkko jatkokehityksessä. Radiopakettiverkko voidaan ajatella sanomalaiteverkkoa vastaavana kehittyneempänä versiona. Laajennus mahdollistaa radioiden pakettikytkentäisen tiedonsiirron keskusverkon välityksellä toisiin radio- tai tietoverkkoihin. Radioverkossa tiedonsiirrosta huolehtii Mil-Std-188-220 standardin mukainen LV341-radioon integroitu taktisen internetin reititin. Keskusverkossa tiedonsiirto tapahtuu keskusverkon piirikytkentäisten palvelui-

den avulla. Käytännön datansiirtonopeus MSS-järjestelmässä on n. 2,4 kbps. MSS-järjestelmän radiopakettiverkko voisi perustua seuraavanlaiseen protokollapinoon:



Digitaaliset kenttäradiot ja MSS-järjestelmä olisivat taktisen tietoverkon (TATIVE) tärkein langaton tiedonsiirtotapa. Sanomalaiteverkossa lähetettäviä sanomia tulisivat vastaamaan MSS-järjestelmässä lähetettävät IP-sanomat.

Liikkuvat tilaaja tarvitsee digitaalisen kenttäradion ja mil-PC:n soittaakseen sekä lähettääkseen viestejä järjestelmässä. Radiot salaavat lähetteen ja käyttävät myös taajuushypintää. Mil-PC on kaupalliseen tekniikkaan perustuva sotilaalliset vaatimukset täyttävä tietokone. Prosessorina on kannettavissa malleissa noin 1 - 2 Ghz:n suoritin ja käyttöjärjestelmänä on Windows.

C3-asemia käytetään pataljoonien liittämiseen, verkon silmukoimiseen ja MSS-tuki-asemina keskeisillä paikoilla. Painopiste on pataljoonien alueella. Yhtymän hyökkäyksessä MSS-järjestelmää käytetään tulen ja pataljoonien vaikutuksen keskittämiseksi. Suojattavan kohteen ympärille voidaan myös muodostaa alueellinen MSS-verkko.

Tulevaisuudessa on päätelaitteiden määrää lisättävä ja ne on tuotava alemmille käyttäjille, kuten tulenjohtajille. Kuusi C3-asemaa ei ole riittävä määrä prikaatin alueella, vaan C1- ja C2-asemia tulisi päivittää C3-asemiksi. 18 C3-aseamalla kyettäisiin muodostamaan koko prikaatin kattava MSS-verkko. Tällöin asemien peittoalueet kattavat toisiaan.

LÄHTEET

- [1] Ahtola, Eelis & Peltonen, Seppo, Tiedonsiirron perusteet (3. Painos), Kouvolan kirjapaino Oy, Kouvola 1990, ISBN 951-96222-0-9.
- [2] Anttila, Aki, TCP/IP -tekniikka, Helsinki Media, 2000
- [3] BS Operator´s Manual version 0.2.0, Elektrobit Ltd, Kajaani 2003.
- [4] Datansiirto LV241/341/342 radioilla ja Windows-pc:llä (ohje), Viesti- ja Sähkötekkinen Koulu, Riihimäki 14.1.2003.
- [5] Digitaalisten kenttäradioiden käsikirja, luonnos, 9.9.2005.
- [6] Esikuntajärjestelmä R1831/17/E/III.
- [7] Granlund, Kaj, Tietoliikenne, Docendo, Jyväskylä 2003.
- [8] Hakala, Hannu, Reaaliaikainen etäsäädön tutkimussimulaattori ja testaus ympäristö, diplomityö, Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Automaatiotekniikan koulutusohjelma, Automaatio- ja säätötekniikan laitos, Toukokuu 2000.
- [9] Heinäaro, Kimmo, Taktinen internet käytännössä, diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikka, Helsinki 9.8.2005.
- [10] Heinäaro, Kimmo, tutkimusinsinööri, Mobile Subscriber System, Näyttöesitys, Viesti- ja Sähkötekkinen koulu, Riihimäki 2003.
- [11] Hämeen - Anttila, Tapio, Tietoliikenteen perusteet (1. painos), Docendo, Jyväskylä 2003.
- [12] Kantola, Mika, luutnantti, Digitaalisen kenttäradiojärjestelmän käyttömahdollisuudet prikaatin johtamisessa, tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, Maasotalinja, Marraskuu 2002.

- [13] Kenttäviestijärjestelmäopas 4, Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, Edita Prima Oy, Helsinki 2003.
- [14] Koski, Samu, ELSO opetusmateriaali, Panssariprikaati, 15.5.2003.
- [15] Kosola, Jyri & Solante, Tero, Digitaalinen taistelukenttä (2. Painos), Oy Edita AB, Helsinki 2000.
- [16] Kuosmanen, Petteri, Taktisten ad hoc-radioverkkojen toteuttamismahdollisuudet erilaisissa toimintaympäristöissä, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki 2004, ISBN 951-25-1562-8.
- [17] Käyttöohje VHF/FM -kenttäradioille LV 241/341/342, Suomentanut Kimmo Heinäaro, Lokakuu 2001.
- [18] MIL-STD-188-220, Department of Defence Interface Standard, Digital Message Transfer Device Subsystems.
Saatavissa: <http://www.ihsearc.com>.
- [19] MSC User Guide, Elektrobit Ltd, Kajaani 2003.
- [20] MSS käyttö, opetusmoniste, Viesti- ja Sähkötekniinen Koulu, Riihimäki.
- [21] MSS Specification version 2.1.0, Elektrobit Ltd, Kajaani 2002.
- [22] Penttinen, Jyrki, GPRS -tekniikka: Verkon rakenne, toiminta ja mitoitus, WSOY, Helsinki 2001. ISBN 951-0-26558-6
- [23] Pr 2005 taktiikka; Uhkat, kokoonpanot ja käyttöperiaatteet (luonnos), Pääesikunta, Helsinki 1999.
- [24] Prikaati 2005:n käyttöperiaatteet (luonnos), Pääesikunta, Maavoimaosasto, 2.3.1999.

- [25] Prikaati 2005 viestitaktiikka, opetusmoniste, Viesti- ja Sähkötekniinen Koulu, Riihimäki 2004.
- [26] Prikaati 2005 (valmiusprikaati) viestitaktinen ohje, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2001, (TLL IV).
- [27] RFC 768, User Datagram Protocol (UDP).
Saatavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>.
- [28] RFC 791, Internet Protocol. Saatavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>.
- [29] RFC 793, Transmission Control Protocol (TCP).
Saatavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>.
- [30] RFC 1883, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) specification.
Saatavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1883.txt>.
- [31] V-SK:n tutkimustoiminta tykistökoulun ampumarjoituksessa 1/04, Raportti, Viesti- ja Sähkötekniinen Koulu, Esikuntajärjestelmä R86/5/D/I/15.03.2004 (VIRK), Riihimäki 2004.
- [32] Yhtymän viestitoimintaopas, Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, Ykkös-Offset, Vaasa 2001.
- [33] YVI2 kansio 89. Kadettikurssi viestilinja, Viesti- ja Sähkötekniinen koulu, Riihimäki 2003.