



S-38.201 ATM JA MULTIMEDIA SEMINAARI, KEVÄT -97

Taktinen ATM

Mikko Heiskanen
92778B
mikko.heiskanen@mil.fi

TIIVISTELMÄ	1
1. JOHDANTO	1
2. TEKNISTÄ TAUSTAA	2
3. TAKTINEN KÄYTTÖYMPÄRISTÖ	4
4. PROTOKOLLAN SOVITUS	5
5. ESTON HALLINTA	6
6. KÄYTÄNNÖN KOKEILUJA JA TESTIYMPÄRISTÖJÄ	7
7. YHDISTELMÄ	9
LÄHTEET	9

TAKTINEN ATM

0 TIIVISTELMÄ

ATM:n soveltaminen taktiseen sotilaskäyttöön herättää useita kysymyksiä. Taktisissa verkoissa on rajoitettu siirtokapasiteetti ja niitä käytetään yleensä häiriöisissä ympäristöissä. Siirtoteinä käytetään usein taktisia radiolinkkejä, joiden bittivirhesuhde voi vaihdella rajusti ja ennustamattomasti. ATM on suunniteltu siviilikäyttöön, suurikapasiteettisiin, staattisiin verkkoihin, joissa siirtotienä käytetään yleensä valokuituja. Strategisella tasolla ATM:lle tai jollekin muulle B-ISDN tekniikalle ei ole vaihtoehtoa.

Miten ja millä ehdoilla ATM voitaisiin sitten ottaa taktisella tasolla käyttöön? Tässä esitelmässä pyritään valottamaan joitakin ratkaisumalleja esilletulleisiin ongelmiin. Keskeisimpänä johtopäätöksenä voidaan todeta, että asynkroninen siirtomuoto otetaan palveluskäyttöön myös taktisissa sotilastelejärjestelmissä jo ensi vuosikymmenellä.

1 JOHDANTO

Asynkroninen siirtomuoto (Asynchronous Transfer Mode, ATM) valtaa telealaa todellisena multimediaksiirtomuotona. Perinteisesti telemaailmassa on eritelty puheen- ja datansiirto omiin järjestelmiinsä ja keskuksiin. Tällä periaatteella toimii pääosa käytössä olevista kenttätelejärjestelmistä. Esimerkiksi yhdysvaltalaiseen MSE:aan (Mobile Subscriber Equipment) on lisätty X.25 pakettimuotoiseen datansiirtoon liittyvä ominaisuus myöhemmin. ATM:lla voidaan siirtää samanaikaisesti ääntä, videota tai mitä tahansa informaatiota yhdessä, tarvittaessa huippunopeassa bittivirrassa.

Toiminnallisesti ATM muistuttaa huomattavasti pakettikytkentäisiä tiedonsiirtoverkkoja, joita on jo sotilaskäytössä esimerkiksi USA:ssa. Asynkronisen siirtomuodon käyttöä taktisella tasolla tutkitaan militääriympäristöissä laajasti. Teknisiä kokeiluja on ollut ainakin USA:ssa, Ranskassa ja Englannissa.

Yleinen pyrkimys kaupallisten tuotteiden (Commercial off the Shelf, COTS) käyttöön ohjaa suuriakin teollisuusmaita siviilijärjestelmien käyttöön sotilaallisissa operaatioissa. Sotilaskäyttöön otettavat kaupalliset järjestelmät

otetaan käyttöön joko sellaisenaan tai kovetettuina (ruggedized). Tällä tavoin saavutetaan merkittäviä aika- ja kustannussäästöjä.

Sotilaallisten operaatioiden luonne on myös muuttumassa. Laajamittainen, perinteinen ja totaalinen sodankäynti nähdään yhä epätodennäköisempänä. Suomessakin joudutaan varautumaan myös muihin tehtäviin kuin perinteiseen maanpuolustukseen. Informaatioyhteiskunnan tulee varautua informaatio- eli tietosodankäyntiin. Johtamisjärjestelmä ja viestijärjestelmä sen osana on keskeisessä osassa tietosodankäynnissä. Tietosodankäynti kohdistuu koko yhteiskuntaan ja sitä käydään jo rauhan aikana! [Toffler]

Taktisen tason määritelmä vaihtelee hieman eri maissa, mutta tässä esitelmässä taktisella tasolla tarkoitetaan yhtymiä (prikaatit ja armeijakunta) sekä vähintään niiden esikuntia. Näkemys vastaa englantilaista käsitystä taktisen ATM:n soveltamisalueesta. Yhdysvaltalaisessa määritelmässä käsitteellä taktinen tarkoitetaan yleensä siirrettäviä järjestelmiä.

2 TEKNISTÄ TAUSTAA

Tulevaisuuden digitaalisella taistelukentällä multimediaa (videoneuvottelua, elektronisia ilmoitustauluja, etäohjausta jne) käytetään kaikkialla. Elektroniikka ja multimedia tulevat johtamis- ja asejärjestelmiin. Multimedia vaatii huomattavasti enemmän siirtokaistaa kuin perinteinen puheviestintä. Tällä hetkellä puheradiokalustomme ja analoginen telejärjestelmämme mahdollistavat käytännössä 600 bit/s siirtonopeuden (sanomalaite). Digitaalisissa kenttätelejärjestelmissä päästään jo teoriassa 32 kbit/s (YVI 1) tai 128 kbit/s (YVI 2 multislot) siirtonopeuksiin. Multimedian, esimerkiksi videoneuvottelun siirtokaistatarve on kuitenkin aitoa ISDN-luokkaa (Integrated Services Digital Network) eli vähintään 64 kbit/s. Todellinen siirtokaistatarve taktisella tasolla 2000-luvun alussa lienee joka tapauksessa joku 64 kbit/s:n monikerta vaikka pakkaustekniikoiden kehittyminen samanaikaisesti pienentää kaistatarvetta. Yleisenä vaatimuksena pidetään 2 Mbit/s.

Sotilaallisessa telekommunikaatiojärjestelmässä siirtokaistatarve ei ole ajallisesti eikä maantieteellisesti vakio. Tilanteen ja sotatoimien vaiheen vaihdella vaihtelee myös siirtokaistatarve. Perinteiset, esimerkiksi EUROCOM-standardin mukaiset digitaaliset kenttätelejärjestelmät käyttävät kiinteää kanavakapasiteetin varausta. Tästä seuraa ongelma: siirtokaistaa on laskennallisesti riittävästi (YVI 512 tai 1028 kbit/s), mutta tätä kaistaa ei voida osoittaa sovellusten tarpeen mukaisesti. ATM:n soveltamisella taktiselle tasolle haetaan ratkaisua tähän ongelmaan.

ATM-keskuksista päästään liikennöimään olemassa oleviin tietojärjestelmiin joko synkronisesti tai asynkronisesti. Rajapinnassa voidaan käyttää vakiosti 64 kbit/s:n monikertoja aina Mbit/s tasolle saakka. Kokeilukäytössä olleissa taktisissa ratkaisuissa (GTE SPANet -keskus) liikennöinti on ollut mahdollista myös sarjamuotoisesti RS-422:llä 2.4, 4.8, ... 19.2 kbit/s ja 16, 32

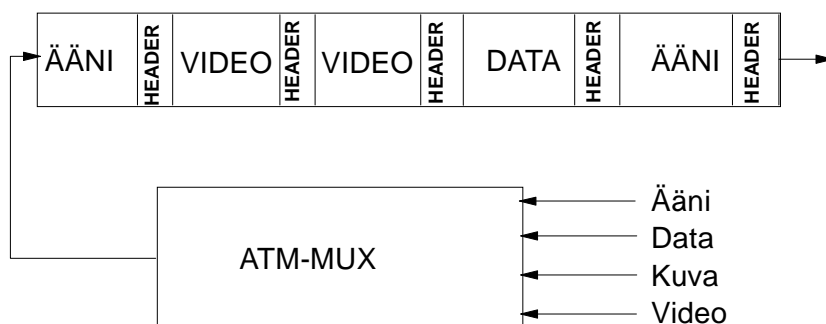
... 256 kbit/s. Tällä tavoin aiotaan esimerkiksi muodostaa yhteys muihin radiojärjestelmiin, kuten tulevaisuuden digitaaliseen radioon (FDR, Future Digital Radio). [Romano]

ATM:n avulla päästään dynaamiseen kanavakapasiteetin allokointiin, siirtokaistaa voidaan käyttää sovellusten vaatimusten perusteella. Verrattuna perinteisiin aikajakoisiin järjestelmiin, kuten perus-PCM:ään ero on huomattava.

ATM:n ytimen muodostaa 53 tavun solu. 53:sta tavusta 5 tarvitaan otsikkoon (header), 48 tavua on käytettävissä hyötykuormaan (payload). Header sisältää tiedot solun osoitteesta ja pariteettitiedon virheenkorjausta varten. Solun osoitteessa on virtuaaliset polku- ja kanavatunnisteet (Virtual Path and Channel Identifiers, VPI ja VCI). Hyötykuorma voi olla esimerkiksi ääntä, kuvaa, datansiirtoa tai näiden yhdistelmiä.

Eri lähteiden muodostama liikenne kootaan vakiokokoisiin soluihin ja multipleksoidaan tilastollisesti suurikapasiteettisiin siirtoväyliin ja keskuksiin. Multipleksoinnin yhteydessä korkeamman prioriteetin solut ohittavat matalamman tason solut. Kuva 1 esittää ATM-kanavoinnin periaatetta. Tässä yhteydessä on huomattava, että ATM-yhteys on fyysisellä tasolla synkroninen, mutta järjestelmän kannalta asynkroninen.

ATM MULTIPLEKSAUS



Kuva 1: Asynkronisen siirtomuodon periaate

ATM lienee yleisin esimerkki B-ISDN:stä (Broadband Integrated Services Digital Network) tällä hetkellä. ATM standardit on kehitetty laajakaistaiseen multimedialiikenteeseen, jossa siirtonopeudet ylittävät 2 Mbit/s ja bittivirhesuhde on alle 10^{-8} . Tämän vuoksi ATM:n protokollapinot ovat melko yksinkertaisia eikä niiden virheenkorjaus ole tehokas. ATM:llä siirtokapasiteetti voi olla jopa 2.4 Gbit/s.

Taktisessa ympäristössä bittivirhesuhteet ovat usein luokkaa 10^{-3} tai huonompia. Siirtoteiden kapasiteetti tällä hetkellä on parhaassa tapauksessa 512 tai 1024 kbit/s (YVI:t ja vastaavat). Radioyhteyksien maksimikapasiteetti on vastaavasti enintään 16 kbit/s (PR4G ja Sincgars SIP). Taktisten verkkojen

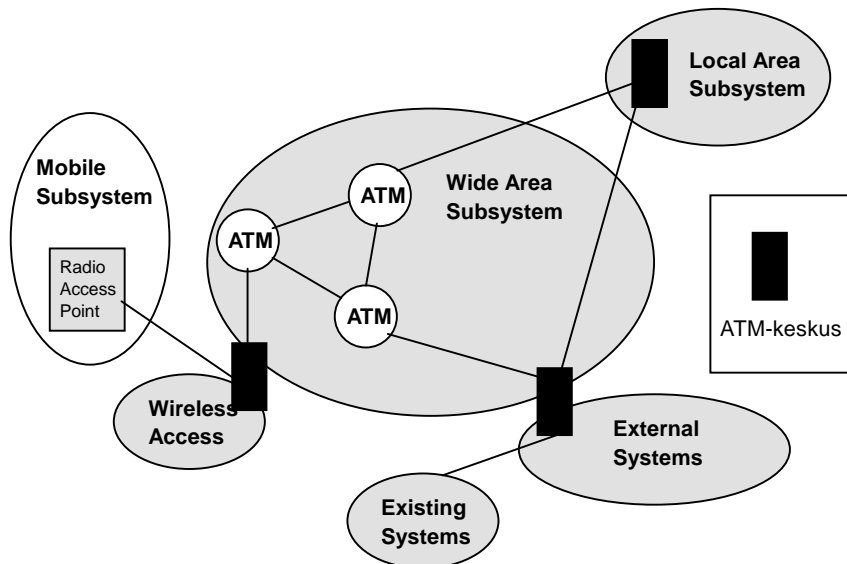
topologia muuttuu tilanteen vaatimusten mukaisesti, verkot joutuvat toimimaan vihamielisessä ympäristössä alttiina vaurioille. Taktisten verkkojen tulee olla varmoja ja luotettavia myös häiriöllisissä ympäristöissä. Taktisten järjestelmien erot strategisiin, kiinteisiin järjestelmiin ovat siis merkittäviä.

Talous on yksi merkittävä syy ATM:n käytölle sotilaallisissa järjestelmissä. ATM:n käyttö on yleistymässä siviilitelejä järjestelmissä maailmanlaajuisesti. Kilpailussa teleliikenteessä vain tehokkaimmat teknologiat pysyvät hengissä. Kilpailu pakottaa teleteollisuuden kehittämään yhä tehokkaampia ja kustannustehokkaampia järjestelmiä. Jotta nämä voitaisiin ottaa tehokkaasti sotilaskäyttöön, tulisi kaupallisiin järjestelmiin tehdä mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan muutoksia.

3 TAKTINEN KÄYTTÖYMPÄRISTÖ

ATM:n käytettävyys tulevaisuuden taktisissa kenttätelejä järjestelmissä riippuu saavutettavasta suorituskyvystä ja kustannuksista. NATO:n Tri-service Group for Communications & Electronics (TSGCE) Sub Group 11, Project Group 6 for Tactical Communication Post 2000 (PG6) on määritellyt kuvan 2 mukaisen arkkitehtuurin taktiselle taistelualueelle.

TAKTINEN KOMMUNIKAATIOARKKITEHTUURI



Kuva 2: NATO PG6 Taktinen arkkitehtuuri

PG6 arkkitehtuuri muodostuu useasta alueellisesta alijärjestelmästä (Local Area Subsystem, LAS), jotka yhdistetään suurikapasiteettisiin mikroaaltolinkein. Näin muodostetaan laajan alueen järjestelmä (Wide Area

Subsystem, WAS). Liikkuvat tilaajat liitetään radioliitännätapään (RAP) avulla. Jokaisessa LAS:ssa on lähekkäin sijaitsevia ajoneuvoja, jotka yhdistetään toisiinsa suurikapasiteettisesti, esimerkiksi kaapelilla, valokaapelilla tai 60 GHz linkein. PG6 on määritellyt, että liitäntä LAS:ihin on ATM pohjainen.

Taktiset kenttäteleverkot ovat usein dynaamisia eikä laitteistoja voida niissä aina sijoittaa telejärjestelmän kannalta edullisimpiin paikkoihin. Vihollinen ja omat joukot vaikeuttavat järjestelmäsunnittelua. Televerkon solmuksi ajateltu ajoneuvo voi eksyä matkalla toiminta-alueelleen, verkkotopologia on satunnainen ja jatkuvasti vaihteleva, radiolinkkejä joudutaan sijoittamaan epäedullisiin maastonkohtiin, laitteet ja ajoneuvot vikaantuvat ja tahattomat häiriöt aiheuttavat yhteyskatkoksia. Vihollisen toiminta asettaa omat vaatimuksensa. Johtamisjärjestelmä on vihollisen asejärjestelmien keskeinen maali. Informaationsodankäynnin kaikkia keinoja käytetään vastustajan johtamisjärjestelmää vastaan.

Ennenkuin ATM voidaan ottaa käyttöön taktisella tasolla seuraavia asiakokonaisuuksia joudutaan käsittelemään:

- robustisuus huonoilla siirtoteillä
- pääsyn ja estonhallinta
- reitityksen hallintahaavoittuvuus
- turvallisuus.

Perus-ATM:n virheenkorjaus on vaatimatonta. Tämä johtuu siitä, että ATM:ää käytetään yleensä valokuituyhteyksillä, joissa bittivirhesuhde on pieni. ATM protokollassa virheenkorjaukseen käytetään vain yksinkertaista CRC koodia (1 tavun HEC), jolla suojataan 5 tavun solun osoitetta. Kiinteissä kuituverkoissa soluhäviöt eli siirtovirheet aiheutuvat yleensä estosta eivätkä soluosoitteiden virheistä. Virheelliset solut joko hylätään tai annetaan muiden protokollien huolehtia virheenkorjauksesta. Taktisissa televerkoissa bittivirhesuhde on tyypillisesti 10^{-5} , ajoittain jopa 10^{-2} . Puhtaasti kaupallinen ATM-järjestelmä lamaantuisi tämän tyyppisistä arvoista, koska soluja jouduttaisiin hylkäämään paljon.

Kaupalliseen ATM-protokollaan joudutaan siis tekemään modifikaatioita ennenkuin ATM voidaan ottaa taktiseen käyttöön. Muutoksia tarvitaan ainakin virheenkorjaukseen, katkokkien kompensointiin sekä verkkotopologian muutosten hallintaan. Jotta ATM:n kaupallisuus saataisiin hyödynnettyä kustannustehokkaasti, tulisi modifikaatioiden olla mahdollisimman pieniä.

4 PROTOKOLLAN SOVITUS

Jotta ATM:n edut kapeakaistaisiin linkkijärjestelmiin voitaisiin säilyttää tulee erotella viivettä sietävä ja sietämätön data toisistaan. Reaaliaikainen siirto,

kuten esimerkiksi puhe tai video sietävät melko suurtakin soluhäviötä, mutta vähän viivettä. Tavanomainen datansiirto taas edellyttää korkeaa solujen toimitusvarmuutta, mutta sietää viivettä jossain määrin.

Viivettä sietävälle datalle Englannin asevoimien tutkimuskeskus DRA (Defence Research Agency) esittää automaattiseen uudelleenlähetykseen (Automatic Repeat Request, ARQ) perustuvaa, siirtovälikohtaista menettelyä. ARQ:n ongelma on tehottomuus erittäin huonoilla yhteysväleillä. Ongelmaa voidaan vähentää yhdistämällä ARQ:hun FEC (Forward Error Correction).

Viivettä sietämättömälle datalle esitetään FEC-pohjaista lohko- tai konvoluutiokoodausta kiinteän tai vaihtelevan varmuuden saavuttamiseksi. Tässä yhteydessä on huomattava, että FEC on tehokas vain, mikäli soluhäviöiden pieneneminen kompensoi FEC:n takia kasvaneen bittivirran.

Englannissa suoritettun mallinnuksen perusteella puheensiiro voisi olla mahdollista vielä bittivirhesuhteella 10^{-2} . Bittivirhesuhteella 10^{-3} reaaliaikainen tiedonsiirto olisi yleisesti mahdollista ja äänenlaatu tarvittaessa hyvä. Datansiirossa esitetyllä ARQ-pohjaisella järjestelyllä olisi odotettavissa riittävä suorituskyky. Analyysin perusteella odotettavissa oleva läpimeno olisi 80% bittivirhesuhteella 10^{-3} . Mikäli bittivirhesuhde huononee tästä, läpimeno pienenee merkittävästi. [Camm] USA:ssa Grecian Firebolt harjoituksessa suoritettujen käytännön kokeilujen perusteella vastaavasti vaaditut bittivirhesuhteet olivat 10^{-4} ja 10^{-5} . [Romano] Tässä yhteydessä on huomattava, että USA:ssa käytössä ollut järjestelmä oli puhtaasti kaupallinen siirtojärjestelmän osalta, eikä ARQ:ta tai FEC:iä tai muita vastaavia järjestelyjä käytetty. Kokeilujen tuloksia huononsivat lisäksi ongelmat salauksen ja synkronoinnin järjestelyissä.

5 ESTON HALLINTA

ATM-verkoissa reaaliaikaisille palveluille, kuten äänelle ja videolle varataan riittävä siirtokaista. Yhteydet ovat mahdollisia, kun verkossa on riittävästi vapaata kapasiteettia ja haluttu palvelutaso saavutetaan häiritsemättä muita saman palvelutason yhteyksiä.

Mikäli liikenteen määrä ATM-järjestelmässä ylittää tietyn kynnyksarvon, suurenee soluhävikki nopeasti. Sotilaallisissa järjestelmissä on tärkeitä, että korkeamman prioriteetin puhelut ja sanomat välittyvät tällöinkin.

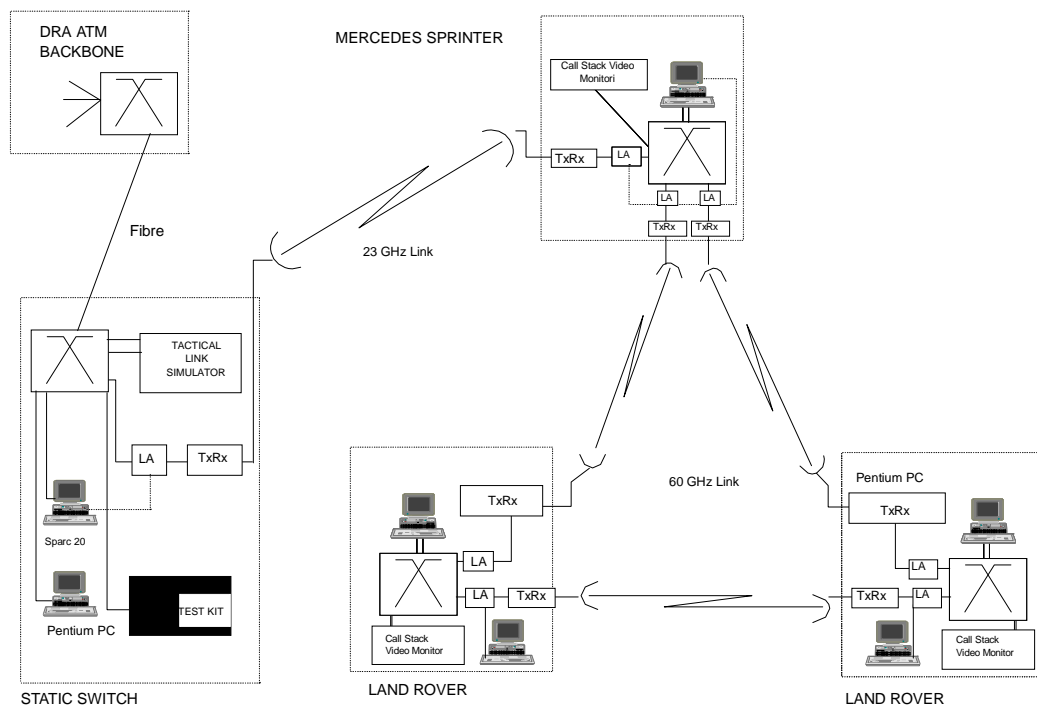
Eston hallintaan tarvitaan DRA:n tutkimuksen perusteella useita hallinta-algoritmeja eri tasoille. Seuraavassa on lista ehdotetuista menetelmistä eston hallintaan:

- puhelujen priorisointi ja kiireysluokittelu ennalta
- virtuaalinen monireititys reaaliaikaiselle ja priorisoidulle datansiirolle

- vuonohjaus
- vaaditun palvelutason mahdollistama sallitun esto/siirtoviive ei-herkälle datalle
- kytkentöjen tärkeysluokittelu
- valikoiva yhteyksien katkaisu
- valikoiva solujen hylkäys.

6 KÄYTÄNNÖN KOKEILUJA JA TESTIYMPÄRISTÖJÄ

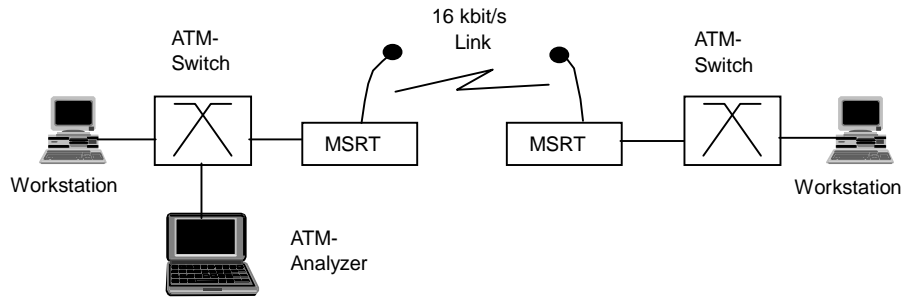
DRA:lla on PG6 testiympäristö kokeiluja varten (kuva 3). Testiympäristöä kutsutaan TANDEMiksi (The Tactical ATM Network DEMonstrator). TANDEM koostuu kiinteästä komponentista, joka on sijoitettu Malverniin sekä siirrettävistä osista, jotka on sijoitettu ajoneuvoihin. TANDEM mallintaa LAS ja WAS osia PG6:sta ja sitä on tarkoitus käyttää kokeiluympäristönä kaikkeen ATM:n kovettamiseen ja kehittämiseen liittyvissä asioissa.



Kuva 3: DRA:n taktisen ATM:n testiympäristö

Yhdysvalloissa asynkronista siirtomuotoa on kokeiltu useissa harjoituksissa sekä strategisella että taktisella tasolla. Kokeiluista on saatu vaihtelevia tuloksia. Suurimmat ongelmat ovat liittyneet siirtovirheiden sietoon. Kuva 4 esittää yksinkertaista järjestelyä ATM:n kokeiluun radiopohjaisessa järjestelmässä.

PROTEUS TESTBED (SAMPLE)



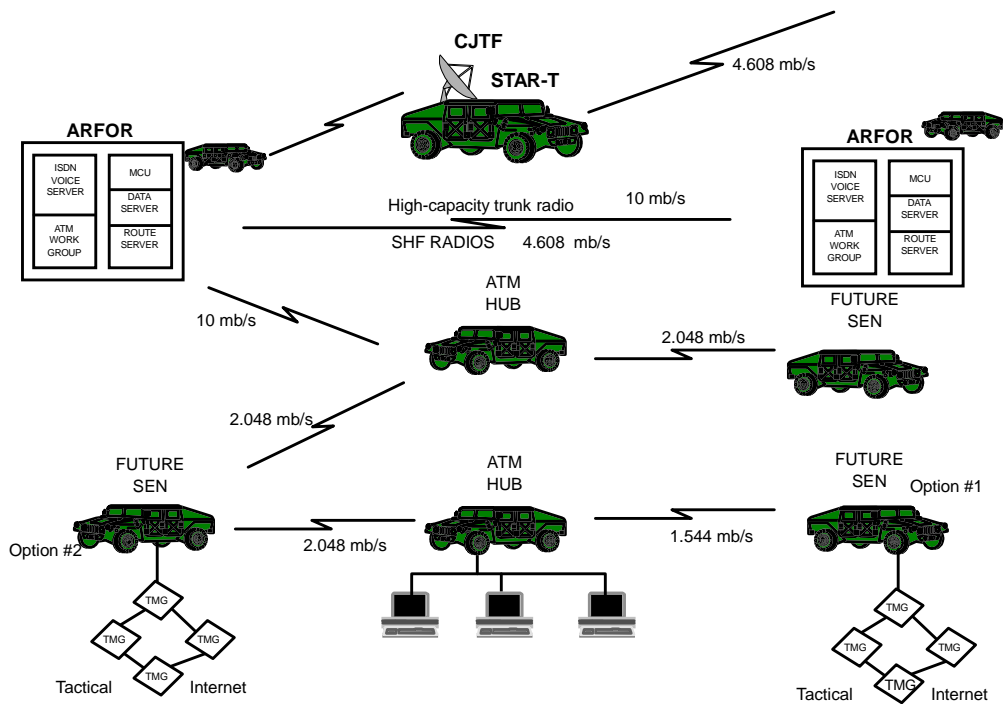
Kuva 4: Esimerkki Taktisen ATM:n testijärjestelystä [Milcom95]

Asynkronista siirtomuotoa ollaan valitsemassa 2000-luvun alun joukkojen johtamisjärjestelmään, Warfighter Information Network:iin (WIN). [Loop] WIN:iin aiotaan integroida älyverkot, ATM, ISDN, laajakaistaiset radiojärjestelmät, verkkopalvelut sekä kaupalliset tuotteet. Verkkopalvelut tarkoittavat tässä yhteydessä multimediaa, langattomia lähiverkkoja, komentopaikkojen langattomia puhelinjärjestelmiä, matkapuhelinjärjestelmiä, automaattisia ja valinnaisia videoneuvotteluita, erilaisia tietoturvaratkaisuja sekä etäkäyttöä. Tavoitteena on alustariippumattoman sovelluskehitys, jossa kaupallisia tuotteita pyritään hyödyntämään kaikkialla.

Kuva 5 esittää otetta WIN-ohjelman pitkän aikavälin tavoitteesta. YVI:ä käytännössä vastaava MSE:ta (Mobile Subscriber Equipment) on WIN-ohjelmassa esitetty kehitettäväksi ATM-pohjaiseksi. Taktiset telejärjestelmät on tarkoitus asentaa konteissa HMMWV-ajoneuvoalustalle. Tämän raportin kirjoitushetkellä ensimmäiset ATM-päivitetyt MSE-keskukset on otettu kenttäkokeisiin. [Franch]

Kuten kuvasta 5 nähdään, TCP/IP aiotaan säilyttää ainakin toistaiseksi taktisissa radiojärjestelmissä. Lyhyellä tähtämellä ATM:a ei aiota ottaa käyttöön etulinjassa. Tämä aiheuttaa raskaan header-liikenteen vähäisenkin hyötykuorman luotettavan perillemenon varmistamiseksi. Mielenkiintoinen kehittämisvaihtoehto olisi ATM:n soveltaminen suoraan etulinjan tietojärjestelmiin. Tätä voitaisiin tutkia myös Suomessa.

WIN on tarkoitus ulottaa etulinjan poterosta Pentagoniin Washingtoniin. Liikkuvaan johtamiseen olisi tarkoitus käyttää radioita ja Taktista Internetiä. Telejärjestelmän runkoyhteydet muodostettaisiin satelliittiyhteyksillä, radiolinkeillä tai valokaapeleilla. ATM olisi siirtomuotona telejärjestelmässä kaikkialla. Tilannetiedon jakelu taistelukentälle on tarkoitus toteuttaa laajakaistaisella, yksisuuntaisella satelliittilähetteellä.



Kuva 5: Ote Warfighter Information Networkista (WIN) [Loop]

7 YHDISTELMÄ

Asynkroninen siirtomuoto otettaneen vaikeuksista huolimatta käyttöön myös taktisella tasolla ensi vuosikymmenellä. Tutkimustulokset osoittavat, että ATM voidaan sovittaa myös tulevaisuuden taktisiin radiojärjestelmiin. TCP/IP:n käyttö (taktinen Internet) näyttää olevan vain välivaihe luotettavan, kaupallisiin standardeihin perustuvan laajakaistaisen taktisen telekommunikaatiojärjestelmän kehittämisessä.

Protokollan sovitus ja estonhallintamenetelmät ovat vain osa niistä ongelmista, jotka on ratkaistava, ennenkuin taktiseen ATM:n perustuvat järjestelmät saadaan operatiiviseen käyttöön. Taktinen ATM on jo osa viestialan tutkimussuunnitelmaa.

LÄHTEET

- Franch: Michael Franchescini: Tactical Battlefield Communications seminaarin 10. - 12.2.1997 (Washington D.C.) aineisto.
- Toffler: Alvin and Heidi Toffler: War and Anti War. Warner books inc, 1995.

- BSI96: Battlefield Systems International seminaarin 4. - 6.6.1996 (Chertsey U.K.) aineisto (Vol 1 - 3). Spearhead Exhibitions ltd, Ocean House, 50 Kingston Road, New Malden, Surrey KT3 3LZ, UK.
- Milcom95: Milcom 95 seminaarin 5.-8.11.1995 (San Diego, USA) aineisto (Vol 1 - 3). IEEE Service Center, 445 Hoes Lane, P.O Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331, USA.
- Milcom96: Milcom 96 seminaarin 21.-24.10.1996 (McLean, Virginia USA) aineisto (Vol 1). IEEE Service Center, 445 Hoes Lane, P.O Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331, USA.
- Camm et al: D. Camm, I. Ali, A. Wood, P.S. Pardoe: Tactical ATM, BSI96, ss.105 - 111
- Romano: Kevin Romano: ATM "New Technology Unlike Any Other", Army Communicator, Voice of the Signal Corps, Winter 1996 Vol 21 Number 1.
- Loop: Tony Loop: The Warfighter Information Network and the next generation of switches, Army Communicator, Voice of the Signal Corps, Spring 1996 Vol 21 Number 2.