

HAJAUTETTU MULTIMEDIA

Yleisesikuntamajuri Ari Salo

1. UUSI MAAILMANJÄRJESTYS

Maailma muuttuu nopeasti. Tietoa tulvii lisää joka puolelta. Oppikirjat vanhenevat jo ennenkuin ne leviävät käyttöön. Suuri ongelma onkin, miten tietomäärä pystytään hallitsemaan ja tehokkaasti hyödyntämään.

PC- ja työasematekniikka etenee vauhdilla kaksinkertaisten laskentakapasiteetin 18 kk:n välein (Mooren laki), lisäksi muistien koko kasvaa ja hinta laskee. Tämä kehitys on multimediaa ajatellen tärkeätä, koska digitaalisen tiedon käsittelyssä on käytettävä kompressointia bittinopeuksien alentamiseksi. Tietoa pystytään siirtämään yhä helpommin, koska myös siirtokapasiteetti kasvaa 1000-kertaiseksi kymmenessä vuodessa (Fredin laki).

Tekniikan kehitys mahdollistaa tietotekniikan käytön kaikilla elämän alueilla. Pelkkä tietokone kotona on jo vanhanaikaista. Nyt tarvitaan yhteys maailmalajuisiin verkkoihin ja CD-ROMilla olevat pelit stereoaäniefekteineen valtaavat pelikentän. Kannattaako selata kirjaa, kun tiedon voi hakea tai haetuttaa suoraan päätteelle.

Yhteiskunta siirtyy kohti digitaalista maailmaa. Tietotekniikan kehitys mahdollistaa sen, että informaatiota käytetään ja kulutetaan yhä runsaammin ja monimuotoisemmin. Digitaalitekniikan uusimman kehitysaskelen, vuorovaikutteisen teletietokoneen, uskotaan aiheuttavan yhtä suuren murroksen kuin televisio aikanaan. Maantieteelliset etäisyydet eivät koskaan ole merkinneet yhtä vähän kuin nyt. Historiaakaan ei tarvita, ainakaan tulevaisuutta varten. Olemme menossa uuteen maailmaan, täysin ennustamattomaan, äärettömän nopeasti. Menneestä ei juurikaan voi ammentaa kokemuksia. Lähestymme "uutta digitaalista maailmanjärjestystä". Elämä tulee kuvitteellisemmaksi, vaikka aistimme pysyvätkin analogisina.

Myös Puolustusvoimissa on liitytty uuteen virtaan. Toimistoissa ei juurikaan käytetä paperia ja kynää ja sähköposti kuljettaa asiakirjat. Taisteluelukentällä viestit siirtyvät digitaalisina, käskyt laaditaan ja kootaan lähiverkon päätteillä ja paperikartan tulee korvaamaan digitaalinen näyttö. Myöskään Puolustusvoimissa ei tiedon valtavaa määrää pystytä hallitsemaan entisin menetelmin. Tietotekniikan käyttö on välttämätöntä. Digitaalinen maailma halutaan ulottaa jopa rivisotilaan ulottuviin tai rivisotilas istuttaa digitaaliseen maailmaan.

2. MULTIMEDIAN PERUSTEET

2.1 Multimedian sisältö

Multimedia on ollut olemassa jo pitkän aikaa. Kuitenkin vasta viime vuosina prosessoritekniikan sekä tietoliikennetekniikan huima kehitys ovat mahdollistaneet sen laajamittaisen käytön.

Puhuttaessa multimediasta on oltava selvillä termistä. Sanalla on niin monta merkitystä, että voidaan puhua jopa inflaatiosta. Multimediasa jo sana viittaa sisältöön (multi = moni, usea). Multimediasa yhdistetään erilaisia tiedon esitystapoja, jotka yhdessä muodostavat esitettävän tai viestitettävän kokonaisuuden. Yleensä multimediasta puhuttaessa oletetaan, että kuva, tai video, on yksi komponenteista, mutta näin ei välttämättä ole.

Tiedon esitystavan ja -tekniikan lisäksi ratkaisevan tärkeätä on se, miten tarvittava tieto

pystytään siirtämään paikasta toiseen. Siirrotavan lisäksi merkittävää on siirtonopeus. Kun nämä osat yhdistetään, päästään verkotettuun multimediaan tai hajautettuun multimediaan.

Synnytetty ja koottu tieto voidaan kerätä keskitetysti yhteen pisteeseen, multimedialpalvelimeen ja siirtää tietoliikenneverkon välityksellä esitettäväksi maantieteellisesti riippumattomassa paikassa, vaikka kotona. Kun serverit ja päätelaitteet yhdistetään nopealla tietoliikenneverkolla, syntyy globaali tiedon valtaväylä, jonka välityksellä suuri osa inhimillisestä tiedosta on saavutettavissa. Sama valtaväylä mahdollistaa reaaliaikaisen, vuorovaikutteisen multimediamiestinnän monine sovelluksineen. Uuden tekniikan ansios-ta voidaan puhua reaaliaikaisesta tiedonkäsittelystä.

Kun tämä verkotettu multimedia ja nopeiden tiedonsiirtoverkkojen käyttö istutetaan sotilasympäristöön, avautuu kokonaan uusi tiedonkäsittelyn maailma mahdollisuuksi-neen.

Sotilaalliselta kannalta tarkasteltuna multimedia on kaikkien mahdollisten viestinten käyttämistä siten, että haluttu informaatio voidaan viestittää pisteestä toiseen. Multimedia voi olla esimerkiksi palvelinten välille rakennettu automaattisesti reitittävä järjestelmä. Vaihtoehtoisia siirtoteitä voivat olla mm:

- valokaapeliyhteys SDH
- linkkiyhteys PDH
- HF-radioyhteys
- UHF-satelliittiyhteys
- CD-ROM-lähettilpalvelu.

Useimmiten toimimme ja elämme vielä "perinteisessä", lineaarisessa maailmassa. Tieto esitetään kirjallisena. Kirjoitettu teksti on suoraviivaista ja se luetaan yleensä alusta loppuun, rivi riviltä ja sivu sivulta. Lukija ei voi hyppiä tekstin yli haluamiinsa kohtiin ilman, että on vaara menettää kirjoituksen juoni. Vaikka käytämmekin tietokonetta tekstidokumentin luomiseen, ei sillä ole suoranaisia yhteyksiä toisiin dokumentteihin. Jos tekstissä on viitteitä joihinkin toisiin tekstin osiin tai dokumentteihin, on lukijan etsittävä ko. kohta käsiinsä ja palattava lukemisen jälkeen takaisin alkuperäiseen kohtaan.

Koska kuitenkin haluamme yhdistää useita eri dokumentteja yhdeksi kokonaisuudeksi, otetaan avuksi hypermedian keinot. Alkeellisena tämä on toteutettu tietosanakirjoissa ns. katso myös - viitteillä.

2.2 Hyperteksti

Hyperteksti on lineaarisen, tavallisen tekstin kehitetty käsittelytapa. Hyperteksti koostuu lyhyistä tekstin osista, kappaleista tai jopa yksittäisistä sanoista, joista on viittauksia toisiin tekstikatkelmiin. Kuitenkin kukin osa on itsenäinen kokonaisuus, jonka lukemisesta saadaan tietty informaatio. Tekstin osat liitetään toisiinsa asiayhteyksien perusteella. Hypertekstin tietoa sisältäviä tekstiosia kutsutaan tietosoluiksi tai solmuiksi (node). Nämä muodostavat tekstin sisällön. Solmut yhdistetään toisiinsa linkeillä (muistiviite), viittauksilla solmusta toiseen. Näillä luodaan tekstille sen kulloinenkin rakenne.

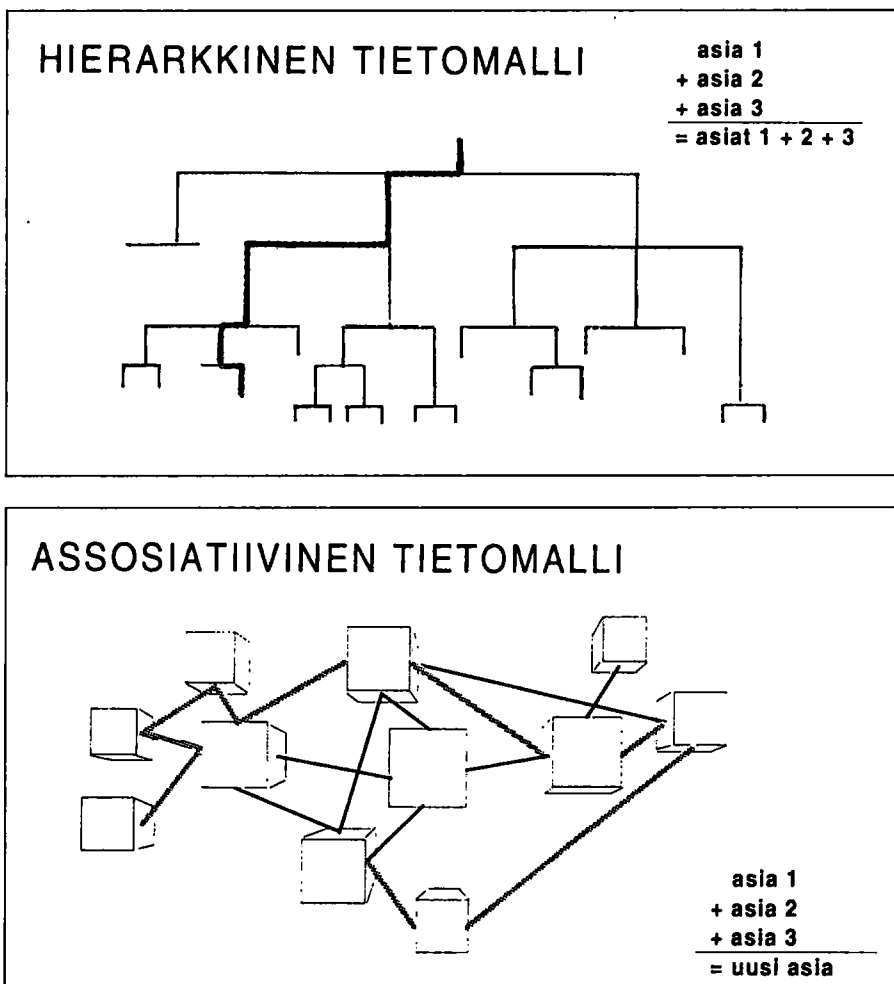
Erilaisista tekstikatkelmista voidaan muodostaa muuttuvia asiakokonaisuuksia, kahta samanlaista ei välttämättä tule. Solmut voidaan linkittää joka kerralla eri tavalla, lukijan tahdon mukaan. Solmut ja linkit muodostavat yhdessä hypertekstin hyperavaruuden. Lineaarinen esitystapa on siis rikottu ja lukija voi liikkua tekstissä assosiativisesti myös sivu- ja syvyysuunnassa, palata takaisin ja jatkaa eri tietä eteenpäin.

Linkin olemassaolo tulee näkyä luettavassa tekstissä. Se voi olla ns. aktiivinen alue, jossa teksti on lihavoitu tai varjostettu. Sitä voidaan kuvata myös jollakin erikoismerkillä. Linkillä voi olla myös painokerroin, joka edustaa linkin merkityksellisyyttä. Linkki voi olla yksisuuntainen, jolloin se johtaa tietosolusta toiseen, mutta ei takaisin. Kaksisuuntainen

linkki toimii molempiin suuntiin. Linkin rakenne voi olla hierarkkinen tai jollakin muulla tavalla strukturoitu. Hierarkkisen tekstin tietosolut ovat järjestyneet puurakenteisesti ja eri solut on jäljitettävä tämän rakenteen mukaan. Assosiatiivisessa tietomallissa taas voidaan olla yhteydessä useaan eri solmuun (kaavio 1)

Hyperteksti edellyttää tietokoneen käyttöä, sillä ihminen ei kykene etenemään hallitusti linkkien välityksellä vaan "eksyy" hypervaruuteen. Tietokoneen avulla hypertekstin muodossa oleva teos syntyy osittain siis lukijan kautta. Lukija siirtyy tavallaan kirjoittajaksi.

Ohjesääntökirjallisuus on erittäin sovelias esitettäväksi hypertekstimuodossa. Asiat ohjesäännöissä on esitetty lyhyinä, selkeän kokonaisuuden sisältävinä kappaleina. Mitään varsinaista juonta ei ole ja linkkien rakentaminen on helppoa. Lukija voi liikkua ohjesäännöstä toiseen ja yhdistellä asioita esim. eri aselajien ohjesäännöistä.



Kaavio 1. Assosiatiivinen ja hierarkkinen tietomalli.

2.3 Hypermedia

Kun tietokoneen osuutta kasvatetaan hypertextin käsittelyssä ja kun linkitykset voivat johtaa myös tekstin lisäksi äänitiedostoon, kuvaan, videoon, animaatioon, musiikkiin ja päinvastoin, siirrytään hypertextin laajennukseen, hypermediaan.

Hypermedia tuo mukanaan kaikki multimedian tuomat mahdollisuudet. Edellinen on dynaamista ja jälkimmäinen staattista. Siinä tekstistä voi siirtyä katsomaan kuvaa, kuvasta voi olla linkki äänitiedostoon, jonka käyttäjä kuulee tietokoneen kaiuttimesta ja katselee sen jälkeen videonpätkän, palaa lukemaan tekstiä jne.

Hypermedia ei ole mikään fyysinen laite tai väline vaan tapa lähettää, vastaanottaa ja käsitellä tietoa. Siinä vapausasteet ovat laajat, eli käytössä on koko informaatiovaraus. Hypermedia on mahdollisimman monipuolinen tapa tarjota informaatiota lukijalle.

Hypermedian muodossa olevien dokumenttien valmistus tapahtuu erityisillä ohjelmistoilla. Ohjelma ei kuitenkaan ratkaise sitä, kokeeko lukija tekstin todellisena hypermediانا, vaan käyttöliittymällä on ratkaiseva merkitys. Oleellista on siis minkä tuntuman lukija saa (look and feel). Tämä tuntuma syntyy juuri käyttöliittymän kautta. Pohjana on tietysti tietosovellus, mutta käyttöliittymä ratkaisee toimivuuden.

Käyttöliittymän antamaan tuntumaan vaikuttavat useat seikat. Tällaisia ovat mm:

- graafinen ulkoasu
- ymmärrettävyys
- tietosolusta toiseen siirtymistekniikka
- vasteajat

Monipuolisella käyttöliittymällä lukija tuntee, että hänellä on useita eri mahdollisuuksia edetä tietosolusta toiseen. Hänelle tarjotaan opastusta, liikkumista rajoitetaan mahdollisimman vähän jne.

2.4 Multimedia

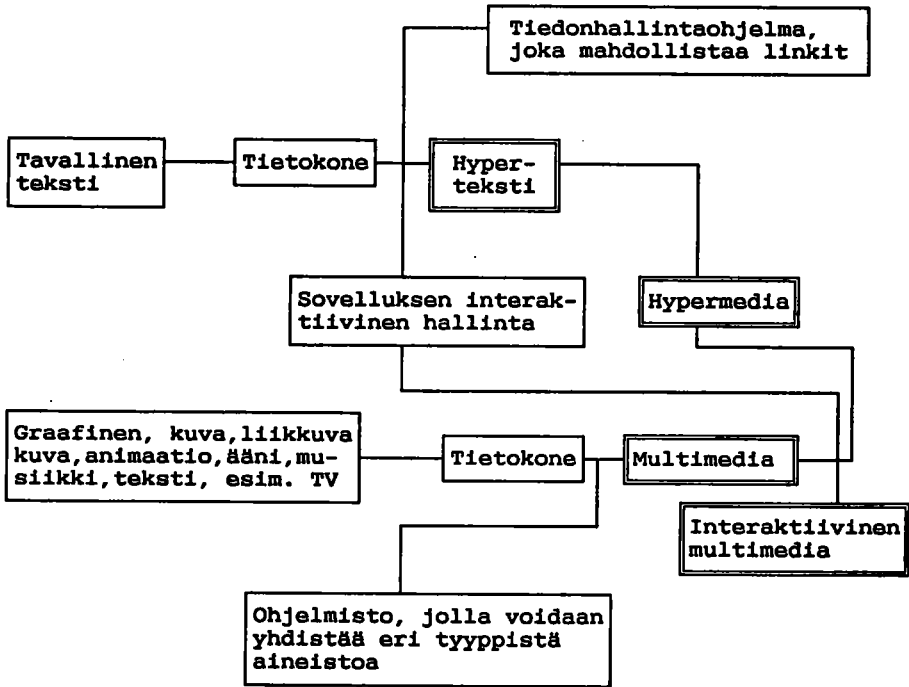
Multimedia-termiä käytetään, kun informaatiota esitetään useassa eri muodossa yhtäaikaisesti. Sillä tarkoitetaan tietokoneella tapahtuvaa äänen, kuvan ja tekstin eri muotojen yhdistämistä yhdeksi mielekkääksi kokonaisuudeksi.

Multimedia periaatteessa on luonteeltaan alusta loppuun etenevää. Multimedian seuraaja voi päättää esitysnopeuden, käsiteltävän aiheen, kenties pysäyttää esityksen haluamaansa kohtaan. Periaatteessa hän kuitenkin on "passiivinen" katsoja, joka voi ohjelman jälkeen valita haluaako hän katsoa sen uudelleen. Yksinkertaisesti videofilmiä tai monipuolista tv-ohjelmaa voidaan sanoa multimediamiaksi. Useimmiten multimediamiasta puhutaan silloin, kun esitys on koostettu kokonaisuus ja sen esitystä ohjaa tietokone.

Hypertexti esim. muuttuu hypermediaksi kun siihen lisätään kuvaa ja ääntä, siis multimediaominaisuuksia. Multimedia puolestaan tulee hypermediaksi, kun se koostetaan tiedonhallintaohjelmistolla. Tämä mahdollistaa informaatioaineksen jakamisen tietosoluihin ja tietosolujen linkittämisen toisiinsa niin, että syntyvä kokonaisuus mahdollistaa assosiatiiivisen tiedonhau.

Multimedia voi myös sisältää piirteitä hypermediasta. Tällöin puhutaan interaktiivisesta multimediamiasta. Yleensä siinä voidaan saada palautetta ja ohjata kokonaisuutta, mutta sillä ei ole hypermedian syvyyttä. Interaktiivisestakin multimediamiasta puuttuu solmujen väliset linkitykset. Riippuvuussuhteita on kuvattu kaaviossa 2.

Nykyisin multimedia ja hypermedia-käsitteet ovat epäselviä. Eri henkilöillä on eri käsityksiä jo koulutustaustansa perusteella. Voidaan kuitenkin sanoa, että multimediamiassa painopiste on erityisesti kuvan, äänen ja tekstin yhdistelyllä, kun taas hypermediassa keskitytään monipuoliseen tiedonhallintaan.



Kaavio 2. Hypermedian riippuvuussuhteet.

Sotilaallisissa tutkimuksissa on käytetty pelkästään termiä multimedia, jota tässäkin kirjoituksessa jatkossa käytetään. Kuitenkin sotilasovellukset sisältävät usein kattavia tiedonkeräys ja -hallintaohjelmistoja, interaktiivisia toimintoja ja assosiatiivisen käsittelymahdollisuuden, jolloin niitä aivan yhtä hyvin voitaisiin kutsua hypermediaksi.

2.5 Interaktiivisuus ja assosiatiivisuus

Interaktiivisuus ja assosiatiivisuus liittyvät kiinteästi em. asioihin. Interaktiivisuudella tarkoitetaan sovelluksen käyttäjälle antamaa mahdollisuutta liikkua tietosolusta toiseen ja saada palautetta sekä opastusta sovellukselta. Käyttäjän saaman palautteen tulee olla välitöntä, jotta hän kokisi sovelluksen vuorovaikutteiseksi. Parhaimmillaan sovelluksen on pystyttävä neuvomaan lukijaa pulmatilanteissa ja reagoimaan käyttäjältä saamaansa palautteeseen. Interaktiivinen sovellus on siis oltava sellainen, että sekä lukija ja sovellus ovat aktiivisia ja osallistuvat prosessiin.

Opetussovelluksissa tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjälle tarjotaan mahdollisuus kerrata ja tarkistaa tietojaan sekä saada lisätietoa ongelmiin, vaikka ei itse osaisikaan sitä etsiä. Interaktiivisessa multimediassa riittää yleensä, että käyttäjä voi saada palautetta ja jollakin tavalla ohjata kokonaisuutta. Tämä ominaisuus on hyvin esillä esim. tietokonepeleissä (edutainment-sovellukset).

Assosiatiivisuudella tarkoitetaan hypermedian yhteydessä tarjottua mahdollisuutta käyttää sovelluksen linkkejä siten, että ne tukevat hänen omaa ajatteluaan ja ajatustenkul-

kuu poikkeuksena ennaltamäärätystä esityksestä. Ihminen ajattelee yhdistelemällä asioita toisiinsa, hyppimällä ajatuksissaan mielle yhtymien kautta. Sovelluksessa on päästävä toteuttamaan oma ajatusmaailma ja tapa rakentaa käsitteitä. Näin joka lukijalla syntyy oma, uusi kokonaisuus. Tätä prosessia tukeva sovellus on assosiativinen.

Nykyisin rajoittavana tekijänä on linkkien rajallisuus sekä itse hyperdokumentin rajallisuus. Ei ole kyetty valmistamaan riittävän monipuolista, lähes koko maailmankaikkeuden käsittävää dokumenttia. Tulevaisuuden interaktiivinen sovellus oppii lukijan ajatusmaailman ja mielle yhtymät ja osaa tarjota juuri tämän mukaisia etenemisreittejä. Ihminen pääsee haluamaansa tulokseen tarvitsematta itse enää edes ajatella. Tässä toisaalta piilee suuri vaara, siirrymme tietokoneen ajatteluun.

2.6 Virtuaalitodellisuus

Liikuttaessa multimedian maailmassa, esille nousee termi virtuaalitodellisuus. Se tarkoittaa tietokoneeseen tallennettujen tietojen avulla ihmisen tajuntaan luotua voimakasta illuusiota keinoitekoisesta kolmiulotteisesta todellisuudesta. Ihminen voi liikkua tässä keinomaailmassa, joka reagoi hänen liikkeisiinsä välittömästi (täydellinen interaktiivisuus). Menetelmällä pystytään synnyttämään niin voimakas harha, että ihminen ei pysty omilla aisteillaan erottamaan sitä todellisesta ympäröivästä maailmasta.

Aistien sataprosenttinen harhaanjohtaminen edellyttää vielä pukeutumista datapukuun, joka koostuu elektronisista laitteista, jotka tuottavat kaikki ihmisen aistimukset (näkö, kuulo, tunto, haju, maku, tasapaino). Näköaistimuksen tuottaminen on erityisen tärkeitä, koska ihminen elää voimakkaasti sen tuottamien aistimusten perusteella. Näköaistimus tuotetaan helposti ns. datakypärällä, jossa kuva muodostuu esimerkiksi stereoskoopiselle nestekidenäytölle.

Datakypärän tekniikkaa kehitetään koko ajan. Maailmalla on toimivia kypäriä vasta sadoissa laskettava määrä. Ongelma on vasteajan pituus sekä kömpelö rakenne ja usein heikko tarkkuus. Vasteaika on käyttäjän kannalta kiusallisin, koska viive on jopa puoli sekuntia ja tällöin ei enää voida puhua riittävästä interaktiivisuudesta.

Uudella tekniikalla kuva syötetään suoraan ihmissilmän verkkokalvolla oleviin sauva- ja tappisoluihin. Tämä toteutetaan heikkotehoisella laserilla, jota ohjataan tietokoneella. Kuva tulostetaan verkkokalvolle samalla periaatteella kuin tv:ssä, eli piste ja juova kerrallaan. Tällöin ihmisen ja tietokoneen rajapinta on näköhermon pää. Tätä menetelmää ei ole ainakaan julkisuuteen tulleiden tietojen mukaan kokeiltu laajemmin.

Virtuaalitodellisuuden myötä siirrytään kyberavaruuteen. Kyberavaruus on kaikkien mahdollisten sähköisten todellisuuksien - hypertekstin, multimedian, hypermedian ja virtuaalitodellisuuden - summa. Se on rajaton kenttä mahdollisuuksia, digitaalinen todellisuus, jolla ei välttämättä ole mitään tekemistä "oikean" todellisuuden kanssa. Tällä hetkellä toteutettu kyberavaruus on esimerkiksi internettiin liittyvien tietokoneiden ja -kantojen verkosto. Se on vielä varsin puutteellinen ja rajallinen, mutta laajenee koko ajan.

Kuvitteellisessa ideaalisessa tilanteessa ihminen, eli kybernautti, kelluu kokovartalodatapuvussa vaahdossa tai plasmassa. Hänen aistit on täysin irrotettu maailmasta ja hänelle voidaan syöttää aistimuksia sensorien kautta. Kybernautti kokee täydellisen keinotodellisuuden. Jälkeenpäin ihmisen on mahdotonta muistikuvien perusteella erotella mikä oli todellista ja mikä harhaa. Tätä kutsutaan myös lumetodellisuudeksi ja kyberavaruutta lumeeksi.

Tämä tuo mahtavat mahdollisuudet esim. koulutuksen alalla. Oppilas voi kotonaan siirtyä lumeen kautta kouluun, opiskella halaumansa asiat ja taas palata "kotiin" päivän päätteeksi. Näin voidaan siirtyä visioon, että koulu instituutiona käy tarpeettomaksi, eläminen järjesty tietokoneen kautta. Työnteon hoitaa tulevaisuudessa koneet. Ihmiset

käyvät kyberavaruuden kautta työssä, jotta saisivat työnteon tuottaman hyvänolontunteen.

Tässä piilee myös vaara inhimillisen ajattelun häviämisestä sekä myös mahdollisuus rikolliseen toimintaan. Ihminen voidaan lumeen kautta saada uskomaan, että hän on suorittanut rikoksia. Itse hän ei pysty erottamaan, mikä oli totta ja mikä lumetta.

Amerikkalainen William Bricke on esittänyt virtuaalitodellisuudessa vaikuttavat lait:

- Psykologian lait toimivat fysiikan lakeina
- Ruumiimme toimii käyttöliittymänä
- Kokemus korvaa tietämyksen
- Ympäristönä on data
- Tila ja aika ovat tutkittavia ulottuvuuksia
- Yksi kokemus vaatii triljoonia bittejä
- Realismi ei ole välttämättömyys

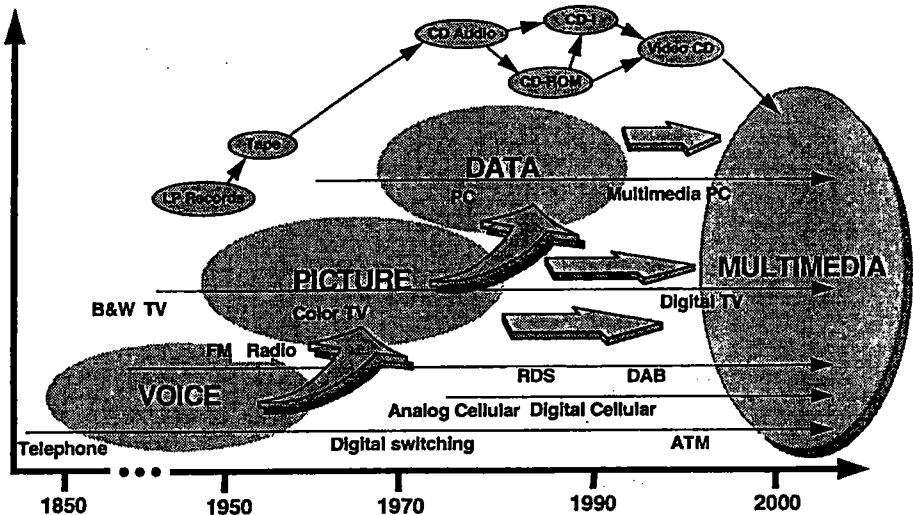
Virtuaalitodellisuus on käsitteenä usein lähellä simulaattoriteknikkaa. Esimerkiksi sotilaskäytössä virtuaalitodellisuutta käytetään koulutuksessa, jolloin kuviteltu toimintaympäristö pystytään luomaan ihmisen tajuntaan.

3. MULTIMEDIA KÄYTÖSSÄ

Henkilökohtaisten tietokoneiden lisääntyminen mahdollistaa tiedon tehokkaan käsittelyn paikasta riippumatta. CD-ROM -tekniikan myötä multimedia on tullut PC-maailmaan. Digitaalinen video on jo käytössä satelliittilähetyksissä, kaapeli-tv: hen se on tulossa. Eri informaatiolajien kehitys multimediaksi on esitetty kuvassa 1.

Suurin edistysaskel on tapahtunut digitaalitekniikan kehityksen myötä. Tämä mahdollistaa yhä useamman ohjelmakanavan ja ohjelmien siirron taloudellisesti erilaisia siirtotekniikoita käyttäen. Digitaalinen siirtotekniikka edistää myös erilaisten uusien interaktiivisten palvelujen kehittämistä.

Multimediassa voidaan erotella kaksi tyyppiä: Paikallinen ja hajautettu. Paikallinen multimedia tarkoittaa sitä, että tietoa käsitellään vain yhdessä paikassa, esim. pc:ssa. Se on talletusorientoitunutta ja tiedon jakelu tapahtuu monistuseriaatteella.



Kuva 1. Äänen, kuvan ja datan evoluutio multimediaksi.

Paikallinen multimedia pystytään hallitsemaan hyvin jo ns. MPC II-standardin mukaisella laitteistolla (MPC = Multimedia PC):

- 25 MHz:n 486 SX-prosessori
 - 4 Mt:n keskusmuisti (suositus 8 Mt)
 - vähintään 160 Mt:n kiintolevy
 - VGA-näyttö (64 k väreillä)
 - 16-bittinen äänikortti
 - 300 kt/s tiedonsiirtonopeuteen kykenevä CD-ROM-asema, jonka tiedonhaku aika enintään 400 ms
 - CD-ROM:lla oltava ns multi-session-ominaisuus sekä photo CD-yhteensopivuus.
- Lisäksi kyettävä toistamaan CD-levyjä. Tällainen on mm. CD-ROM XA.

Paikallinen multimedialaitteisto voidaan koota myös koti-tv:n ympärille. Tällöin televisioon integroidaan CD-I-laite, joka yhdistää CD-Digital Audio, Photo-CD ja Video-CD-ominaisuudet yhdeksi laitteeksi. Yhdelle levykkeelle tässä järjestelmässä voidaan tallentaa 72 minuuttia digitaalista video-ohjelmaa.

Hajautetulla multimedialla tarkoitetaan tietoliikenneverkon yli tapahtuvaa multimedia-viestintää. Siinä siis siirretään tietokoneilla käsiteltyä tietoa verkoissa. Tietoa haetaan ja tuotetaan useassa eri pisteessä ja laitteessa. Maantieteelliset välimatkat eivät vaikuta tiedon hakuun. Tästä syystä usein käytetäänkin termiä verkotettu multimedia. Hajautettu multimedia on siirto-orientoitunutta ja tiedon jakelu on reaaliaikaista.

Hajautettu multimedia asettaa tietoliikenneverkoille sekä itse multimedialaitteistoille suuret vaatimukset. Hajautetussa multimediasa voidaan käyttää ns. reaaliaikaista viestintää, jolloin kaikki informaatio lähetetään heti syntyhetkellä vastaanottajalle tai ns. ei-reaaliaikaista, jossa tieto voidaan tallettaa esimerkiksi kovalevylle ja lähettää vasta myöhemmin (esim. CD-ROM kirjastot).

Hajautetussa multimediasa MPC II-mukaisen laitteen tehokkuus ei riitä. Periaatteessa kone ei ole ikinä liian nopea. Perusongelmana reaaliaikaisessa tiedonkäsittelyssä on näytön hitaus ja CD-ROM:n hitaus. Vapaan keskusmuistin koko vaikuttaa osaltaan ohjelman nopeuteen. Mitään varsinaista suositusta ei ole, mutta laitteistossa olisi oltava min 66 MHz 486-prosessori, keskusmuisti mieluummin 16 kuin 8 M, vähintään SVGA-näyttö sekä 32-bittinen äänikortti ja CD-ROM-asema, jonka haku aika n. 150 ms. Myös talletuskapasiteetti on oltava riittävä, sillä esim. 72 minuutin audio tarvitsee 760 MB, 10 minuutin 30:1 kompressoitu video 550 MB ja 2 tunnin 100:1 kompressoitu video 2000 MB levytilaa.

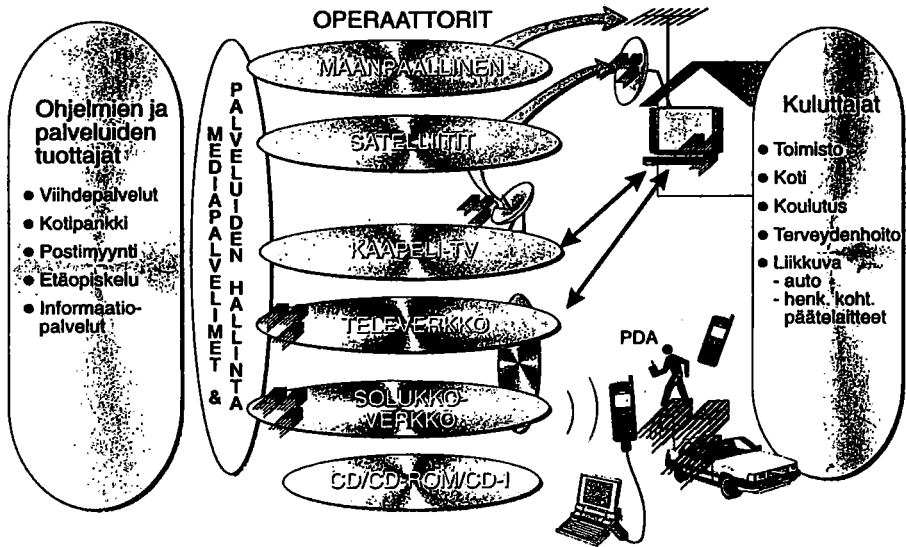
Mikäli laitteisto on kelvallinen on tiedonsiirto hajautetun multimediasovelluksen keskeinen ongelma. Yhteyksien tulee olla lähes viiveettömiä, tai muuten parhaimmallaan laitteistolla ei päästä todelliseen reaaliaikaiseen multimediaan. Hajautettu multimediajärjestelmä on esitetty kuvassa 2 (ks. s. 178). Kaikki kuvassa esitetyt ominaisuudet voidaan toteuttaa myös taktisissa viestijärjestelmissä.

4. DIGITAALINEN ESITYSTAPA

4.1 Multimedia ja tietokone

Multimedia edellyttää tietokoneen käyttöä. Tietokone taas on sisäisesti numeerinen eli digitaalinen kone, joten kaikki tieto (media) on esitettävä sen sisällä numeerisesti. Vanha sanonta, että yksi kuva sanoo enemmän kuin tuhat sanaa pitää varmasti paikkansa vieläkin. Esimerkiksi maiseman kuvaamiseen tarvitaan paljon sanoja, mutta yhdellä kuvalla kaiken kertoo hetkessä katsojalle.

Digitaalisesti ajateltuna ei asia ole näin selkeä. Kuva vie tietokoneen muistista ison osan. Mitä enemmän värejä kuvaamiseen tarvitaan, sitä enemmän muistia kuluu. Kuvan syn-



Kuva 2. Hajautettu multimediajärjestelmä.

nyttäminen ja esittäminen saattaa tarvita enemmän kapasiteettia kuin tuhannen sanan kirjoittaminen. Puheen digitoiminen vaatii paljon enemmän tilaa tietokoneessa kuin saman asian kirjoittaminen tekstinä.

Tekstin ja kuvan digitoiminta liittyy useimmiten paikalliseen työskentelyyn. Hajautettujen multimediajärjestelmien tehokas käyttö taas vaatii standardointia, jotta eri laitteet olisivat yhteensopivia. Hajautettujen multim mediasovellusten standardoinnissa keskitytään äänen ja liikkuvan kuvan (video) digitoimiseen. Tämän lisäksi on otettava huomioon eri järjestelmien synkronointi sekä tiedonsiirto niiden välillä.

4.2 Tekstin digitalisointi

Teksti koostuu kirjaimista ja erilaisista erikoismerkeistä. Tietokone tallentaa nämä kaikki numeroina. Jokaista näytölle tulostuvaa merkkiä vastaa muistissa lukuarvo nollan ja 255 välillä. Tämän kokoista yksikköä kutsutaan tavuksi (1 tavu = 8 bittiä). Yksi kuvaruudullinen teksti vie muistia 80 x 25 merkkiä eli 2000 tavua. Näin pienillä tietomäärillä tekstin hakeminen muistista ja levyiltä on hyvin nopeata.

Tekstin tulostaminen näytölle riippuu siitä, millaiselle näytölle se tulostetaan. DOS-ohjelmissa näyttö on ns. teksti-ilassa, jolloin tulostus on nopeata. Näytölle tulostetaan vain kirjaimia ja erikoismerkkejä. Grafiikkatilassa olevalle näytölle jokainen merkki joudutaan piirtämään erikseen valitulla kirjasimella (font). Näyttö ei koostu yhden merkin kokoisista osista, vaan yksittäisistä pisteistä, joita voi olla esimerkiksi 640 kpl vaakasuoraan ja 480 pystysuoraan. Jokaisen tulostettavan kirjasimen tiedot on haettava erikseen määrittelystä, lisäksi voi tulla lihavoiminta, tiivistys jne. Kaikki nämä toiminnot vaativat laskemista, jolloin tulostus ei olekaan niin nopeata kuin tekstinäytöllä. Etuna on se, että tekstin ollessa näytöllä vain joukko pisteitä, se voidaan muuttaa kuvaksi. Tämä saattaa nopeuttaa tulostusta, koska muistista siirretään vain kuvan muodostava muistialue välittämättä sen sisällöstä.

4.3 Kuvan digitalisointi

Yleensä kuva on paperilla, joten se on ensin muutettava numeeriseen muotoon, jotta sitä voidaan käsitellä tietokoneella. Yleisin tapa on käyttää kuvanlukijaa.

Lukuprosessissa kuva muutetaan siinä olevia väripisteitä vastaavaan numeromuotoon. Tavallisessa valokuvassa on paljon enemmän väripisteitä kuin lukija pystyy erottamaan, joten kuvan laatu heikkenee. Kuvanlukija jakaa kuvan vaakasuoriksi viivoiksi, joita on tuumalla 150 - 2400 kpl (lpi, lines per inch), riippuen laitteiston erottelutarkkuudesta. Jokainen viiva jakaantuu vielä yksittäisiin pisteisiin, joita on yleensä saman verran tai enemmän, 150 - 2400 kpl tuumalla (dpi, dots per inch).

Lukija mittaa jokaisen kuvapisteen väriarvon. Väriarvo muodostuu kolmesta komponentista, joita sekoittamalla pisteen väri muodostuu. Yleinen menetelmä on RGB, jossa yhdelle kuvapisteelle tarvitaan kolme arvoa, yksi punaiselle (R), vihreälle (G) ja siniselle (B) värikomponentille. Näistä kolmesta saadaan tietokoneen monitorilla muodostettua kaikki värit. Jos värikomponentille on muistissa varattu tilaa 8 bittiä, on kokonaisuudessaan kuvapisteellä 8+8+8 bittiä ja puhutaan 24-bitin kuvasta. Tällöin voidaan esittää 16777216 erilaista väriä.

Tämän täysvärikuvan esittäminen ja tallettaminen vie paljon muistikapasiteettia (yksi täysvärikuva vaatii 920 kt). Helppo keino välttää tältä on vähentää yhden kuvapisteen muistin määrää. Jos tyydymme 2 bittiin väriä kohti, voimme esittää yhteensä 64 eri väriä. Tällöin laatu on jo heikentynyt selvästi, mutta kuvien käsittely on nopeata.

Kuvien määrää voidaan vähentää myös kuvaa rasteroimalla. Tällöin vaikutelma eri väreistä saadaan sekoittamalla erivärisiä kuvapisteitä. Esimerkiksi harmaa sävy saadaan sekoittamalla vierekkäisiä valkoisia ja mustia kuvapisteitä. Heikkoutena on kuvan tarkkuuden huomattava heikkeneminen.

4.4 Äänen digitalisointi

Ääni muutetaan analogisesta digitaalseksi A/D (analogue/digital)-muuntimella. Muunnin tallentaa äänen voimakkuuden tietyllä hetkellä. Yksi talletettu arvo on näyte (sample).

Digitaalista ääntä kuvaavat seuraavat parametrit:

- näytteenottotaajuus, näytettä sekunnissa (sps, samples per second)
- näytteen tarkkuus, yksikkönä käytetään bittien lukumäärää näytettä kohti, esim. 8 tai 16 b
- kanavien lukumäärä, 1 on monofoninen ja 2 stereofoninen ja useapikanavainen ääni, kuten surround- ja monikieliääni.

Näytteenottotaajuus ilmaistaan kanavaa kohden. Tällöin esim. 8000 näytettä sekunnissa stereofonisena tarkoittaa tosiasiaassa yhteensä 16000 näytettä. Usean kanavan näytteet on jaettu ajallisesti yhteen kenttään, jossa otetaan samanaikaisesti useita näytteitä.

Näytteen tarkkuus ilmaisee, miten paljon näytettä joudutaan kvantisoimaan. Mitä enemmän bittejä näyte sisältää, sitä parempi on äänen dynamiikka. Esim. USA:ssa käytettävässä koodauksessa näytteet koodataan logaritmisesti 8 bittiin, joka vastaa 12 bitin lineaarista näytettä.

Näytteenottotaajuus ilmaisee miten suuria taajuuksia digitaalinen signaali voi sisältää. Ihmisen kuuloalue on noin 20 Hz - 20000 Hz, jolloin pienin mahdollinen koko kuuloalueen kattava näytteenottotaajuus on Nyquistin teoreeman mukaan 40000 sps. Taulukossa 1 on esitetty yleisimmät digitaalisen audion siirroissa käytettävät näytteenottotaajuudet. Näytteenottotaajuuden pitäisi olla 48 sps, jolla on yhteys videotahtiin. Kuitenkin alempia 44,1 tai 32 taajuuksia käytetään.

Digitaalinen ääni- tai videosignaali kuluttaa paljon resursseja suuren muistitarpeen vuoksi. Tiedon määrää pyritään tavalla tai toisella vähentämään. Tätä vähentämistä

Näytteenottotaajuus sps	Käyttötarkoitus
8000	Puhelin, videokonferenssi
18900	CD-ROM/XA, tietolevy
32000	NICAM sekä digitaalinen radio
37800	CD-ROM/XA, parempi laatu
44100	CD(-DA) digitaalinen äänilevy
48000	Digital Audio Tape (DAT)

Taulukko 1. Yleisimmät näytteenottotaajuudet.

kutsutaan pakkaamiseksi ja pakatun tiedon määrää pakkaamattomaan pakkaussuhteeksi.

Tiedon pakkaus perustuu kahteen menetelmään: entropian eli tiedon määrän vähentämiseen sekä redundanssin eli toiston vähentämiseen. Redundanssin vähentäminen on täydellisesti palautuva operaatio, kun taas entropiaa vähennettäessä tietoa katoaa, jolloin koko prosessi ei ole täydellisesti palautuva.

Entropian vähentämiseen perustuvia menetelmiä kutsutaankin hukkaaviksi (lossy) menetelmiksi. Joka tapauksessa aina, kun jokin analoginen media muutetaan digitaaliseksi, syntyy kvantisoinnista johtuen entropian väheneminen. Näin ollen analogista mediaa ei milloinkaan pystytä muuttamaan täydellisenä digitaaliseksi.

Hukkaavien menetelmien käyttö on kannattavaa siksi, että tietoa talletetaan juuri käyttäjän tarpeita silmälläpitäen, jolloin käyttäjä ei välttämättä tarvitse signaalin tarkkoja arvoja, ainoastaan havaitulla laadulla on merkitystä.

Pakkausmenetelmät ovat symmetrisiä tai epäsymmetrisiä. Symmetrisissä menetelmissä sekä pakkaus että purkaminen vaativat yhtä suurta laskennallista tehoa. Epäsymmetrisissä menetelmissä pakkaus vaatii tyypillisesti paljon enemmän laskentaa kuin purkaminen. Symmetrisen etuna on saman laitteiston toimiminen sekä pakattaessa että purettaessa. Epäsymmetrisiä käytetään tietopankeissa ja jakelupalveluissa, joissa kerran pakattu tieto puretaan useita kertoja, ja tiedon purku ei vaadi kohtuuttomia resursseja.

4.5 Äänen pakkaus

Ääntä voidaan pakata pienentämällä näytteenottotaajuutta tai pienentämällä yhden näytteen viemää tilaa. Näytteenottotaajuuden pienentäminen heikentää väistämättä äänenlaatua. Tätä menetelmää käytetään kuitenkin puheen pakkauksessa yhdessä näytteiden koodauksen kanssa. Musiikkia pakattaessa on pakko käyttää ainoastaan näytteiden pakkausta, jotta koko taajuusalue saadaan talletettua.

Kansainvälinen järjestö ITU (International Telecommunication Union) on standardoinut joukon koodausmenetelmiä, esim. G.711, joka vastaa normaalia puheenlaatua, G.721 ja G.722, joka taas on ISDN-puhelimissa käytetty puheenlaatu. Nämä standardit perustuvat kiinteänopeuksiseen tiedonsiirtoon. GSM on eurooppalainen digitaalisissa matkapuhelimissa käytetty puheen koodausstandardi, jossa on tehokas tiedonpakkaus. Sitä käytetään myös videosovelluksissa.

LPC (Linear Predictive Coding) on pakkausmenetelmä, jossa puhe muutetaan yksinkertaiseksi analyttiseksi malliksi. Malliin talletetaan kertoimien arvot, ei itse puhenäytteitä. LPC-dekooderi käyttää lähetettyjä parametrejä synteettisen äänen luomiseen. Lopputulos on ymmärrettävää tietokonepuhetta.

Puheen koodaukseen käytetyt standardit eivät sovellu musiikin koodaukseen hyvin

pienen näytteenottotaajuuden ja dynamiikan vuoksi. Musiikkia pakatessa tulee pystyä talettamaan monikanavaista ääntä.

MPEG (Moving Picture Experts Group) on uusin äänen ja videon koodaustapa. MPEG-standardit määrittelevät audion ja videon kompressiokoodauksen sekä näiden ja muun datan yhdistämisen sarjamoitoksi bittivirraksi.

MPEG-standardia on tällä hetkellä käytössä kaksi: MPEG-1 ja MPEG-2. Näistä MPEG-1 on tarkoitettu lähinnä multimedia-, PC- ja CD-sovelluksiin. MPEG-1 -systemi määrittelee synkronoidun digitaalisen äänen ja videon sisältävän pakatun bittivirran. Tyypillinen bittinopeus on tällöin 1,5 megabittia sekunnissa. Järjestelmän kaistanleveys on määritelty vastaamaan CD-ROM-asemien ja DAT-nauhuriin siirtonopeutta. MPEG-1 on käyttökelpoinen digitaalisissa videotallenteissa, joissa pakkaus tehdään vain kerran ja purku useasti. Videoneuvottelusovelluksissa se on liian raskas käytettäväksi liikekompensaation vuoksi. Tärkein MPEG-1 mukainen laite tällä hetkellä on CD-I Full Motion -laserlevyt, joille mahtuu 74 minuuttia systeemivirtaa.

MPEG-2 on suunniteltu kaikkiin videon ja tv-ohjelmien siirto- ja tallennussovelluksiin, joissa kapasiteetti on useita megabittejä sekunnissa. Tällaisia ovat esim. kaapeli-tv, videon-demand ja HDTV (High Definition Television). Järjestelmä sisältää kaksi erilaista tietovirtaa, siirtovirta (Transport Stream) ja ohjelmavirta (Program Stream). Siirtovirta on tarkoitettu usean ohjelman samanaikaiseen kuljetukseen siirtotiellä, jolla voi syntyä virheitä. Ohjelmavirta on tarkoitettu multimediasovelluksille ja MPEG-1 yhteensopiville laitteille tiedonsiirtoon. MPEG-2:ssa äänen koodauksen tehokkuutta on parannettu. Kattavuutta parannetaan moniäänilähetyksellä pienellä kaistanleveydellä. Samoin äänen laatua on parannettu. Vaikka MPEG-1 onkin ensisijaisesti tarkoitettu multimedian koodaukseen on tarvittava siirtonopeus eräissä sovelluksissa jo Mbit- luokkaa, joten standardien käyttötarkoitus hämärtyy. MPEG-2 ääni on alaspäin yhteensopiva MPEG-1 audion kanssa, joten se tulee korvaamaan MPEG-1:n.

MPEG-äänienpakkausjärjestelmä perustuu ihmiskorvan taajuus- ja aikapeittoon. Taivoitteena on kooderi, joka voidaan toteuttaa ja jolla ääni voidaan pakata siten, ettei kuulija huomaa eroa alkuperäiseen. MPEG-1:ssä äänikoodaus on jaettu kolmeen tasoon, Layer I, II ja III. Kullakin tasolla on oma käyttötarkoitus, kuten kotiäänitys, äänitysstudiot, kuvan ja äänen prosessointi sekä tieliikenne.

Taajuuspeitto tarkoittaa sitä, että kahdesta lähemmästä taajuudesta kuulija erottaa vain voimakkaamman. Mitä lähempänä taajuudet ovat, sitä pienempi äänenvoimakkuuden ero tarvitaan peittämään vähemmän merkitsevä taajuus.

Ajassa tapahtuu samantapainen peitto ennen ja jälkeen äänen. Ennen ääntä tapahtuva peitto johtuu siitä, että aivoilla kestää hetken aikaa käsitellä ääntä, peiton kesto-aika on vain muutamia millisekunteja. Äänen jälkeen syntyvä peitto saattaa kestää aina 100 ms:iin asti. Jälkipeitto johtuu suurelta osin "jälkikäystä".

MPEG-pakkauksessa audiokaista jaetaan 32 kaistaan, joissa lasketaan taajuus- ja aikapeitto. Menetelmänä on alikaistakoodaus, jossa audio voidaan kompressoida sovelluksesta riippuen bittinopeuksille 32 - 448 kbit. Signaalin kvantisointi tehdään tasosta riippuen eri algoritmeilla. Tasolla I pakkaus on tehottominta, mutta menetelmät yksinkertaisia. Taso II pakkaa ääntä tehokkaammin, mutta algoritmi on monimutkaisempi. Tasolla III ääni saadaan mahtumaan mahdollisimman pieneen kaistanleveyteen, mutta äänen laatu ei ole tasoihin I ja II verrattavissa.

MPEG äänenkoodauksen tyypillisiä käyttötarkoituksia ovat:

- digitaalisen äänen talletus ja editointi tietokoneille (tasot I ja II)
- CD-I Full Motion ja multimedia (taso II)
- äänilähetykset maalla ja avaruudessa (taso II)
- kaapelitelevisio ja -radio (taso II)

- moniäänilähetykset HDTV-laitteilla (taso II)
- tiedonsiirto tietokoneverkoissa, multimediakonferenssit (tasot II ja III)

4.6 Videon digitalisointi

Videon siirrossa pakkaamisen merkitys kasvaa selvästi. Videosignaalin kaistanleveys on niin suuri, että se käyttää suurimman osan tietokoneen sisäisestä väylästä. Videosignaali voidaan pakata pienentämällä kuvan kokoa, päivitysnopeutta sekä kuvien pakkausta aika- ja taajuustasossa.

Osa pakkausmenetelmistä perustuu aikatasossa tehtävään pakkaukseen, eli peräkkäisistä kuviosta talletetaan vain muutokset edellisiin. Peräkkäisten kuvien välistä riippuvuutta hyväksi käyttäviä pakkausmenetelmiä nimitetään liikekompensoiduiksi. Kokonaisia kuvia nimitetään intra-kuviksi ja kuvia, jotka sisältävät vain muutokset inter-kuviksi. Inter-kuvat lasketaan edellisistä kuvista käyttämällä erilaisia liikkeenestimoitimenetelmiä. Yksinkertaisin tapa on laskea peräkkäisten kuvien välinen erotus.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) on yleinen standardi yksittäisten kuvien pakkaamiseen. Pakkaussuhde on yleensä 1:10 - 1:50. Merkittävää eroa alkuperäiseen ei silmällä voi havaita. JPEG on hukkaava ja epäsymmetrinen menetelmä.

JPEG-menetelmässä kuvat muutetaan luminanssi- ja krominanssisignaaleiksi (YUV). Krominanssisignaali (U,V) vaativat vähemmän näyttöä kuin luminanssisignaali (Y). Signaali muutetaan tasoon, jossa eri arvot riippuvat mahdollisimman vähän toisistaan. Muunnettaessa kuvasignaali taajuustasoon, joka on todettu parhaimmaksi, funktiona käytetään diskreettiä kosinimuunnosta (DCT, Discrete Cosine Transform).

Jokainen kuva jaetaan 8*8 tai 16*16 pisteen kokoisiin kuvapaloihin. Palkat muunnetaan DCT:llä taajuustasoon kertoimiksi. Matalan taajuuden kertoimet kvantisoidaan tarkemmin kuin korkean taajuuden, koska ne käsittävät suuria alueita kuvapalasta. Saadut kertoimet järjestetään taajuusjärjestykseen käyttäen zig-zag -skannausta, jolloin jonon alussa ovat tärkeimmät komponentit. Jono koodataan Huffman-taulukkoilla. Kvantisointivakio Q on yleensä käyttäjän säädeltävissä, se ilmaisee kvantisointitaulukon tarkkuuden. Kuva puretaan dekodoidamalla Huffman-koodaus ja tekemällä käänteinen DCT-muunnos (IDCT).

JPEG-standardia käytetään erityisesti tietokoneiden kuvantalletusformaattina. Lisäksi sillä on vankka asema eri tietopankeissa. JPEG-menetelmän yleistymisen ja nopeiden järjestelmien ansiosta menetelmää käytetään myös videon pakkaukseen. Jokainen videokuva pakataan erikseen jatkuvaksi tietovirraksi. Haittana on huono pakkaussuhde, sillä liikekompensaatiota ei voida käyttää hyväksi.

MPEG-standardi on määritetty myös videon pakkaukseen ja siirtoon. MPEG-video-pakkaus tapahtuu sekä taajuus- että aikatasossa. Pakkaussuhde on 1:50 - 1:200. Menetelmä on hukkaava, epäsymmetrinen ja liikekompensoitu.

Koodausprosessi on identtinen JPEG-menetelmään. Pakattu MPEG-videosekvenssi koostuu kolmesta eri kuvasta, I (intra), P (predicted) ja B (bidirectional). I-kuvat ovat yksittäiskuvia, jotka koodataan kuten JPEG-kuvat. Niitä lähetetään tyypillisesti muutama sekunnissa. Jotta saadaan parempi pakkaussuhde, niin peräkkäisistä kuvista lasketaan liikekompensoitu erotussignaali 16*16 bitin kuvapaloilla. P-kuvat sisältävät liikekompensoidun ennustuksen erotuksen edellisestä I- tai P-kuvasta. Kaksisuuntaiset B-kuvat sisältävät ennusteen lisäksi interpolaation sitä edeltävästä ja seuraavasta I- tai P-kuvasta. B-kuvan purkamiseen dekodoidussa tarvitaan edeltävä ja seuraava I- tai P-kuva, joten ne lähetetään dekodoidulle käänteisessä järjestyksessä.

MPEG algoritmi on epäsymmetrinen, sillä pakkaus on laskennallisesti paljon raskaam-

paa kuin purkaminen. MPEG vaatii selvästi tehokkaamman laitteen kuin JPEG.

MPEG-2-standardi on tarkoitettu korkealuokkaiseen digitaalisen videon koodaukseen. Sen tärkeimmät parannukset ovat:

- lomitellun kuvan tehokas pakkaus
- tietokoneverkkoihin sopiva siirtovirta
- tv-lähetysten sekä mahdollisen teräväpiirtotv:n kuvakokojen tukeminen
- suuren kaistanleveyden tietovirrat
- vapaasti valittava kuvasuhde (aspect ratio)
- erilaiset laitteet ja parametrit riippuen sovelluksesta
- tehokkaammat ja tarkemmat menetelmät taajuustason kertoimien käsittelyyn

Uusimpana on kehitteillä MPEG-4 -standardi, joka on tarkoitettu erittäin pienen kaistanleveyden vaativiin videopakkausiksi. Sen kehittäminen on vielä pahasti kesken, mutta mahdollisia pakkausmenetelmiä on esitetty useita, kuten morfologia, fraktaalit ja malleihin perustuva kuvan pakkaaminen.

MPEG-standardi on kuitenkin kokonainen järjestelmästandardi, joka sisältää audiovisuaalisen palvelun toteutuksessa käytetyt tietotyypit. Normaali systeemitaso sisältää audio- ja videopakkausmenetelmän mukaisen tietovirran lisäksi synkronointiin, virheenkorjaukseen ja tunnistukseen liittyvää tietoa. Nämä toiminnot voidaan järjestää yhdellä videokortilla.

5. MULTIMEDIAN KÄYTTÖ KOULUTUKSESSA

5.1 Tietokoneavusteinen opetus

Multimedia on avannut koulutukselle kokonaan uuden mahdollisuuksien maailman. Multimediassa opetustapahtumassa voidaan esimerkiksi käyttää oppikirjaa ja samalla kuunnella nauhaa. Opetuksessa tietokoneen käyttö on kuitenkin nykyäskäytön mukaan välttämätön. Tällöin puhutaan tietokoneavusteisesta opetuksesta (TAO).

Tietokoneavusteinen opetus on uusi opetusmenetelmä, jonka avulla opetuksesta saadaan kiinnostavaa, realistista ja jännittävää. Menetelmää käyttämällä saadaan opetustuloksia parannettua samalla säästämällä kustannuksista. Kustannussäästö onkin yksi painavimmista syistä, miksi tietokoneavusteiseen opetukseen siirrytään.

TAO ei kuitenkaan koskaan voi olla oma erillinen opetusmenetelmä, vaan se on nähtävä osana laajempaa kokonaisuutta, yhtenä monipuolisen opetusjärjestelmän osana. Perinteistä lähiopetusta (esim. opettajajohtoinen luokkaopetus) se ei todennäköisesti koskaan tule kokonaan korvaamaan.

Suomessakin on syntymässä kokonaan uusi TAO-kulttuuri. Telematiikka ja etäopetus tulevat asiantuntijoiden mukaan vaikuttamaan ratkaisevasti tiedon tuottamiseen ja välittämiseen lähimpien kymmenen vuoden aikana. USA:ssa on arvioitu, että jopa 75 % kaikesta työstä ja opiskelusta voidaan tehdä etämenetelmin vaikka kotona. Tätä voidaan kuitenkin pitää vain tulevaisuuden visiona, mutta osa toiminnoista voidaan varmasti suorittaa etätöinä. Ei ole mahdoton ajatus, että esikunnassa työskentelevä henkilö laatii tiettyjä asiakirjoja ja raportteja kotonaan ja modemin avulla siirtää valmiit asiakirjat esikunnan palvelimeen. Tietokoneen käyttö on nähtävä yhtenä uutena mahdollisuutena järjestellä jokapäiväisiä asioita. Samalla pystytään ottamaan huomioon sosiaaliset ongelmat, joita esim. toisella paikkakunnalla opiskelu perheestä erillään saattaa aiheuttaa.

Koulutus on selvin alue, jossa TAO:n käyttö nähdään selvänä mahdollisuutena. Etäopetuksen yhteydessä puhutaankin virtuaalikoulusta, informaatiojärjestelmästä, joka pystyy hoitamaan kaikki koulun tehtävät ilman olemassa olevaa laitosta. Pisimmälle menevissä visioissa koulu instituutiona katoaa, ja koulun, kodin, työn ja vapaa-ajan rajat

hämärtyvät tai katoavat. Koulu tai työpaikka on itseasiassa serverissa, johon otetaan yhteys ja opiskellaan talletetut luennot ja harjoitukset oman työpöydän ääressä (vrt. luku virtuaalitodellisuudesta). Toivottavasti näin pitkälle ei koskaan mennä, sillä elämä kuitenkin on sosiaalinen tapahtuma, jossa tarvitaan jonkinlainen todellinen kontakti muihin ihmisiin.

Joka tapauksessa etäopetus nähdään uutena välineenä. Yrity maailma on kiinnostunut aavistaan piilevät markkina-alueet. Puolustusvoimissa asiaa on tutkittu jo runsaan vuoden ajan, meillä työtä johtaa Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Työssä pyritään yhteistoimintaan muiden korkeakoulujen ja yliopistojen kanssa sekä myös yhteispohjoismaisesti.

Vaikka TAO:ssa saadaankin kustannussäästöjä ja opiskelija voi itse valita haluamansa opiskeluajankohdan, on vaikeuksiakin, varsinkin alussa. Laitehankinnat ja oppimateriaalin valmistus vaativat melkoisesti resursseja. Alun jälkeen edut tulevat kuitenkin selvästi näkyviin. TAO:n tulo voi kuitenkin viivästyä seuraavista syistä:

- laitteistojen hinnat ovat edelleenkin liian korkeat
- opetuksesta vastaava rakenne omaa voimakasta muutosvastarintaa. Opettajilla voi olla epäluuloja tietokonetta kohtaan.
- koulutuksen uudistamista ei nähdä tarpeellisena, koska ei tarkalleen tiedetä mitä pitäisi opettaa. Epätietoisuus pelottaa.

Koulutuksen lisäksi järjestelmään voidaan liittää useita erilaisia palveluiden tuottajia. Tällöin opetus olisi vain yksi suuren kokonaisuuden osa. Tieto siirretään kaikissa mahdollisissa verkoissa, jolloin se on kuluttajien saatavilla (kts. kuva 2). Sotilasorganisaatio voi olla yksi palveluiden tai tiedon tuottaja muiden joukossa. Tieto siirretään joko kuvan 2 mukaisesti tai omassa verkossa ja kuluttajina ovat eri esikunnat ja johtoportaat. Järjestelmä voi olla integroitu, koska muiden pääsy tietoon estetään riittävällä palomuurilla.

5.2 TAO:n osakokonaisuudet

5.2.1 TAO-kurssit

TAO-kurssit (ohjattu oppiminen) ovat yksinkertaisia ja kaikkien saatavilla oleva keino käyttää tietokonetta oppimiseen. Opiskelu voi tapahtua yksilöllisellä nopeudella ja sama asia voidaan toistaa lukemattomia kertoja. Oppimisprosessi on kuitenkin ohjattu tapahtuma, sillä kurssi on suunniteltu siten, että se antaa palautetta ja arvioi edistymisen. Sisällössä on opettavia ja älyllistä aktiivisuutta kehittäviä tehtäviä. Hienointa on se, ettei opiskelijoita luokitella oppimiskyvyn tai -nopeuden mukaan, vaan jokainen voi määrätä tahtinsa itse. Opiskeltava kurssi voi olla palvelimessa, omalla kiintolevyllä, CD-ROM-levykkeellä tai se voidaan noutaa modernilla omalle päätteelle. TAO-kurssi on edullista sijoittaa täydentämään tai lisäämään lähiopetusta. Myöskin itseopiskeluna suoritettut tietyt kurssit sopivat TAO-kursseiksi.

Puolustusvoimissa viimeisin käyttöön tullut TAO-kurssi on englanninkielen itseopiskelukurssi Defence Storm. Nykymuodossaan se on multimediaohjelma, mutta vasta kun siihen integroidaan ääni mukaan (nyt kuunteluosuudet ovat C-kaseteilla), päästään todelliseen interaktiiviseen tulokseen.

Ruotsin puolustusvoimilla on käytössä 3 - 4 vuotisen teknisen lukion oppimäärää vastaava matematiikan kurssiohjelma ja meillä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa on laadittu matriisilaskennan itseopiskelukurssi CD-ROM -muotoon. Kuitenkin tällä sektorilla ollaan vielä alussa ja uusia kursseja syntyy lähitulevaisuudessa runsaasti.

TAO-kurssi ei vaadi tietokoneelta mitään erikoisia ominaisuuksia. MPC II -versio riittää mainiosti eikä aina edes tarvita äänikorttia. Kuitenkin vaatimuksena voitaneen pitää CD-ROM-asemaa, sillä uudet ohjelmat ovat lähes poikkeuksetta rompuilla.

5.2.2 Tutkiva opiskelu

Toinen osa TAO:ssa on hyper- ja multimedia (tutkiva opiskelu). Se perustuu pitkälle hypertextimuodossa oleviin kirjoihin ja kirjastoihin. Markkinoilla on myös lukuisia teoksia, joihin on lisätty ääni- yms. efektejä. Tällaisia saa nykyään jo ostaessaan multimedialakoneen.

Menetelmä sopii hyvin puolustusvoimien käyttöön, sillä kuten jo todettiin, ovat ohjesäännöt kuin luodut rakenteensa puolesta toteutettaviksi hypertextillä. Kaikki ohjesäännöt ovat yhdellä kertaa ulottuvilla. Etsiessäsi yhtä asiaa, ohjelma neuvoo mihin pitää edetä, mitä asioita pitää yhdistellä, jotta lopputulos olisi täydellinen. Tietoihin voidaan lisätä ääniefektit, videofilmit toimintaperiaatteista, kansainväliset kuvatedostot vertailun pohjaksi jne. Liittymällä kansainvälisiin tietoverkkoihin on saatavilla kaikki mahdollinen tieto.

5.2.3 Työkaluohjelmat

Työkaluohjelmat ovat perinteisin opiskelun muoto. Periaate on pitkälle sama kuin hypertextissä. Ohjelman avulla opiskelija voi käsitellä olevaa tietoa, luoda uutta ja esittää haluamallaan tavalla. Ohjelmat on luotu yksinkertaisiksi ja helpoiksi. Useimmissa ohjelmissa on hypertextimäinen ohje-valikko, josta ongelmatilanteissa löytyy nopeasti apu.

5.2.4 Simulointi

Simulointi on useimmissa tapauksissa tehokkain oppimisväline. Siinä on yhdistetty kaikki menetelmät ja oppiminen perustuu näkö-, kuulo- ja jopa tuntoaistiin sekä lisäksi itse tekemiseen. Simulaattoreissa yhdistetään oma toimiminen virtuaaliympäristöön, jolloin opetettava asia voidaan suorittaa eri maastoissa, yöllä, päivällä jne.

Simulointi on käytännössä synonyymi virtuaalitodellisuudelle, tekotodellisuudelle. Sen avulla voidaan mallintaa ja kokeilla valmisteilla olevia asioita rakennuksista molekyyleihin, harjoitella todentuntuista toimenpiteitä kirurgiasta paperitehtaan valvontapöytäan, opettaa henkilökohtaisen havainnoinnin kautta ja pelata aidon vuorovaikutteisesti.

Sotilaskäyttöön suunnitellut simulaattorit ovat pisimmälle kehitettyjä ja niiden kehitys nopeutuu koko ajan. Yksi tehokkaimmista esitellyistä simulaattoreista on NPSNET-IV (Naval Postgraduate School Networked Vehicle Simulator IV), jolla koulutetaan merijalkaväen sotilaita. Taistelija voidaan viedä virtuaalisesti keskelle taistelulentän kaikkia mahdollisia olosuhteita. Vastaavanlaisia olosuhteita ei pystytä turvallisesti tuottamaan edes sotaharjoituksissa.

Yhdysvaltalaisessa SIMNET-puolustusverkossa on kytkettynä useita kymmeniä samanaikaista simulaattoria, jotka vastaavat esimerkiksi yksittäistä taistelualuea, hävittäjää, panssarivaunua, helikopteria tai kranaatinheitinyksikköä. Näiden avulla käydään yhä uudelleen läpi koulutuksellisesti mm. Persian Lahden tapahtumia.

Simulaattorien myötä on noussut termi etäläsnäolo. Tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjä ohjaa robottia. Hän tuntee olevansa itse robotissa, vaikka onkin aivan eri paikassa. Menetelmää käytetään mm. Yhdysvalloissa vaarallisten rikollisten pidätykseen ja pommiin purkamiseen. Se sopii kaikkeen, mikä on ihmiselle hengenvaarallista. Etäläsnäololla voidaan tulevaisuudessa korvata taistelijakin useassa tilanteessa.

Simulaattoritekniikka yhdessä multimedian kanssa mahdollistaa myös televirtuaalisuuden. Tässä kaksi eri ihmistä ovat yhtä aikaa samassa virtuaalitodellisuudessa. He voivat toimia yhdessä kumpikin oman tahtonsa mukaan. He voivat harjoitella yhdessä tiettyä suoritusta tai tehtävää tai sitten toimia toisiaan vastaan.

Puolustusvoimissa on käytössä useita simulaattoreita, kuten mm. lentokonesimulaattorit, tykistön tulenjohtosimulaattori ja uusimpana joukkueen taistelutekninen tietokoneavusteinen ohjelma TATSII, jota käytetään mm. RUK:n koulutuksessa.

Tietokoneavusteisessa opetuksessa, oli sen laatu mikä tahansa, on otettava huomioon ainakin seuraavat asiat:

- Oppilaskeskeisyys. Oppilas on viime kädessä itse vastuussa tapahtumasta.
- Motivointi. Menetelmän on kannustettava opiskelemaan. Opiskelu on tunnettava tarkoituksenmukaiseksi.
- Käyttäjystävällisyys. Käyttöliittymän on oltava helppo ja miellyttävä, opiskelu on tärkeintä, ei laitteiden käyttö.
- Epälineaarisuus. Opiskelijan on voitava itse valita etenemistapansa.
- Assosiativisuus. Ihminen ajattelee yhdistellen asioita, kukin kuitenkin yksilöllisesti.
- Joustavuus. Tilanteen on mukailtava oppilaan kykyä omaksua ja edetä.
- Palaute. Prosessin on annettava välittömästi palautetta suorituksesta.
- Kognitiivinen kuormitus. Hypermediaa käytettäessä "eksyminen" linkkien joukkoon on estettävä.
- Suunnittelu. Oppimistapahtuman suunnittelussa on otettava huomioon myös edeltävä ja jälkeinen aika.

6. HAJAUTETUN MULTIMEDIAN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

6.1 Tietoverkot

Hajautettu multimediahan tarkoitti sitä, että monessa eri pisteessä käsitellään tietoa. Koulutuksessa hajautetun multimedian keinoiksi voidaan laskea eri tietoverkkojen käyttö, videoneuvottelut ja -luennot.

Internetin myötä kellä tahansa on mahdollisuus siirtyä multimedia-aikaan. Kotimikron lisäksi tarvitaan vain sopiva modemi. Suositeltavin nopeus on 14,4 kbit/s, mutta nykyisin on mahdollista käyttää jo 28,8 kbit/s -nopeutta. Hitaampienkaan modemien käyttö ei ole esteenä, aikaa vain kuluu enemmän. Sähköposti on poistanut kaikki etäisyydet henkilöiden väliltä. Sähköpostia käytetään myös opetuksessa. Opettaja ja oppilas kommunikoivat postin välityksellä, jopa tentit voidaan järjestää sen avulla. Internetin kautta on pääsy (oikeuksien saannin jälkeen) yliopistojen ja korkeakoulujen kirjastoihin ja tietokantoihin, joten mahdollisuus tiedon hakuun on rajaton.

6.2 Videoneuvottelu

Perinteistä videoneuvottelua käytetään laajalti opetuksessa. Tällöin käytetään nimitystä videoteleopetus. Teleopetuksessa osapuolten välillä on kaksisuuntainen kuva- ja ääniyhteys, joten opetustilanne on interaktiivinen. Videoneuvottelu mahdollistaa usean eri pisteen samanaikaisen yhteyden, sillä samaan istuntoon voidaan yhdistää sillasta riippuen jopa kymmenkin laitteistoa. Interaktiivisuuden vuoksi määrää ei saa kuitenkaan nousta liian suureksi. Jokainen oppilas voikeskeyttää opettajan epäselvissä kohdissa ja opettaja taas voi pakottaa oppilaat aktiivisiksi. On selvää, että menetelmän tehokas käyttö edellyttää syvää perehtyneisyyttä ja kokemusta asiaan.

Videoneuvottelussa voidaan liikkuvan kuvan lisäksi käyttää kaikkia av-välineitä sekä siirtää tiedostoja. Etuna on, että maailmanlaajuisella verkostolla voidaan lisätä huomattavasti käytettävien asiantuntijoiden määrää. Ajanhukka vähenee ja kerran pidetty luento voidaan tallettaa ja käyttää myöhemmin uudelleen.

Videoneuvottelun käyttö ei ole poissuljettu myöskään taistelukentällä. Komentajat voivat neuvotella keskenään tai käskyttää kaikki alaisensa johtajat videoneuvottelulla. Henkilöiden kuvat heijastetaan kolmiulotteisena tilakuvana eli hologrammina ja kaikki osallistujat pystyvät keskustelemaan keskenään ikäänkuin olisivat samassa huoneessa. Täysin kolmeulotteisia tilakuvia uskotaan olevan käytössä jo vuonna 2020.

Komentajan tarvitessa lisää tietoa, hän voi virtuaaliodellisuudessa "siirtyä" etummaiseseen tulenjohtopaikkaan, arvioida tilannetta siellä ja palata takaisin esikuntaan. Tarvitavat henkilöt voidaan siirtää virtuaalisesti haluttuun paikkaan, jossa he voivat käsitellä kaikkea saatavilla olevaa tietoa.

Reaalisuus on kuitenkin muistettava. Videoneuvottelu ja kolmiulotteiset neuvottelusalit ovat arkipäivää, kaikki muu vielä laboratorion pöydällä. Kehitteillä on kenttäkäyttöön sopiva siirtyvä videoneuvottelulaitteisto. Kotimaisen Videra Oy:n projekti tuottaa helposti siirreltävän, kenttäkelpisen neuvottelujärjestelmän, joka käyttää siirtotienään hajaspektritekniikalla toimivia linkkejä.

6.3 Videopuhelu

Videoneuvottelumenetelmää pienemmillä laiteinvestoinneilla voi hyödyntää videopuhelussa (desktop). Tässä omaan pc:hen lisätään kamera, dokumenttikamera ja puhelin. Laitteisto antaa kaikki suuremman järjestelmän edut, mutta hinta jää jopa alle 30 000 mk:n videoneuvottelujärjestelmän hinnan ollessa useita satoja tuhansia. Dokumenttikuva voidaan lähettää pysäytyskuvana, jolloin tarkkuus ei kärsi. On tietysti selvää, että videopuhelua voi käyttää vain yksi henkilö kerrallaan. Etuna on suuri osallistuvien laitteiden määrä (max 16 kpl). Järjestelmään on nykyisin saatavilla ryhmätyökäyttöön sopivia lisälaitteita, kuten usean metrin kokoisia näyttöjä, joita voidaan käyttää myös liitutaaluna. Ryhmätyöohjelmistot lisäävät käyttömahdollisuudet lähes rajattomiksi. Laitteistot voidaan lisäksi liittää esim. auditorioon, jolloin osanottajia voi olla vaikka sata.

Vanhakantainen videoneuvottelu (point to point) käyttää yleensä 2 Mbit/s -tiedonsiirtoäylyä. Tällöin kuva pystytään siirtämään riittävän hyvälaatuisena, joskin nykivänä. Monipisteneuvotteluissa, joissa yhteys luodaan valintaisessa puhelinverkossa, käytetään 1 - 3 ISDN-yhteyttä. Tällöin siirtonopeus on 2 x 64 kbit/s - 6 x 64 kbit/s. Kolmella ISDN-kanavalla saadaan varsin hyvälaatuinen liikkuva kuva. Etuna on lisäksi se, että yhteys voidaan luoda mihin tahansa neuvottelujärjestelmään maailmassa, kunhan vain riittävä yhteys on mahdollista kytkeä. Tiedonsiirtoverkot nykyiselläänkin pystyvät palvelemaan täydellisesti videoneuvottelun tarpeita.

Videopuhelu onnistuu parhaiten käyttämällä ISDN-liittymää. Puhelu on kuitenkin mahdollista järjestää myös käyttämällä kahta erillistä puhelin-yhteyttä. Menetelmä on mahdollinen kotoakin, koska nykyinen kaapelointi mahdollistaa toisen erillisen numeron kytkemisen talouksiin (etuliittymä).

Taktisissa viestijärjestelmissä on ainakin rajalliset mahdollisuudet käyttää 64 kbit -siirtonopeutta, joten videopuhelut ja neuvottelut sopivat myös kentälle. Puheyhteys on edelleen esitetty haluttujen yhteysmuotojen listaan, joten luonnollinen lisäys olisi puheeseen liitetty kuva tai video.

6.4 Video-on Demand

Video-on Demand (VoD) kuuluu EU:n alaiseen Race II-tutkimusohjelmaan (Diamond-projekti), johon osallistuu korkeakouluja ja yrityksiä Suomesta, Englannista, Irlannista ja Hollannista. Meiltä mukaan ovat lähteneet Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Helsingin Puhelinyhdistys.

VoD on kokonaan uusi tapa hyödyntää televisiota. Katsoja voi VoD-kanavalta selata luokiteltua aineistoa ja valita katsottavakseen haluamansa videon. Kun valinta on tehty, kyseistä ohjelmaa voi katsoa välittömästi. Lisäksi käytettävissä ovat kaikki kotivideon toiminnot; selaus, pikakelaus, pysäytyskuva jne. Siirtotienä käytetään puhelinverkkoa tai kaapeliteleviisiota.

Koska katsoja voi valita esim. vain tietyn aihepiirin uutisia, sopii VoD erinomaisesti opetuskäyttöön. Palvelimissa voidaan käyttää myös puolustusvoimien omaa materiaalia rajoittamalla palvelimeen pääsy.

Miten VoD voidaan toteuttaa? Ongelmana on siirrettävän tiedon suuri määrä. Videotekniikassa on yleistymässä valokuitujen käyttö, jolloin laajaa kaistanleveyttä edellyttävä liikkuvan kuvan siirto onnistuu ongelmitta. Kun päätelaitteiden hinnat ovat laskeneet, on kuidin käyttöön siirrytty myös lyhyillä yhteyksillä, jopa rakennusten sisällä. Vaikka kuidin asennus on suhteellisen kallista, on esim. Japanissa aloitettu suurimittainen "kuitu joka kotiin" -projekti, jonka tarkoituksena on rakentaa maan kattava valokuituverkko vuoteen 2010 mennessä.

6.5 Digitaalinen tilaajayhteys

Vaikka optinen kuitu onkin ehkä sopivin ratkaisu pitkällä tähtäimellä, haluavat teleoperaattorit hyödyntää olemassaolevaa tilaajaverkkoaan, joka muuten jäisi tarpeettomaksi. Lähes jokaiseen asuntoonhan tulee niinsanottu tilaajajohto, joka yhdistää puhelinkoneen keskukseseen. Tämä johto on käytännössä kierretty parikaapeli, ja aiemmin on ajateltu, että sen kapasiteetti riittää vain puheen siirtoon. Uuden koodaustekniikan avulla voidaan kuitenkin digitaalinen tietovirta tiivistää laadun kärsimättä. Tyypillinen tiivistys (pakkaus)suhde on 50:1 - 200:1. TV-kuvan siirtämiseen tarvitaan 100 Mbit/s -yhteys. Tiivistämällä voidaan käyttää vain 1,5 Mbit/s -yhteyttä. Uusilla laajakaistatekniikoilla tällainen tietomäärä voidaan siirtää kuparikaapelissakin. Ratkaisuksi noussevat HDSL (High bit-rate Digital Subscriber Line) ja ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line).

Suurinopeuksinen digitaalinen tilaajayhteys HDSL soveltuu lähinnä yritysmaailmaan, koska siinä käytetään 2-3 kuituparia. ADSL tarvitsee tilaajaa kohti vain yhden parin, joten se soveltuu kotitalouksienkin järjestelmäksi. ADSL-tekniikassa siirretään eri määrät tietoa eri suuntiin. Tietovirta on huomattavasti suurempi menosuunnassa tilaajalle päin.

ADSL:ssa normaalit puhelinpalvelut siirretään nykyisellä taajuuskaistalla. Sen yläpuolella siirretään digitaalista dataa (max 640 kbit/s) käyttäjältä verkkoon eli paluusuunnassa. Vielä tämän yläpuolella siirretään digitaalinen informaatio käyttäjälle (max 6,8 Mbit/s). Tilaaja voi interaktiivisesti käyttää paluusuuntaa ohjaukseen eli tilaamiseen. Vastine tulee videokuvan muodossa takaisin. Jos digitaaliset kanavat eivät jostakin syystä toimi, ei siitä aiheudu häiriötä normaalille puhekanavalle.

ADSL:n odotetaan toimivan noin viiden kilometrin etäisyyksiin saakka. Tällöin pystytään siirtämään vain noin 2 Mbit/s. Lyhyemmällä etäisyyksillä päästään aina 6,8 Mbit/s saakka, jolloin useamman videon katselu eri vastaanottimilla on mahdollista. Systeemeissä käyttäjä tarvitsee puhelimen ja TV:n lisäksi ADSL-osan ja videodekooderin. TV kytketään puhelinverkkoon lisälaitteella, joka erottaa videosignaalit puheluista.

Menetelmä avaa uusia mahdollisuuksia sekä opetukselle että taistelukentän toiminnoille. Taistelukentällä voidaan eri tietopankeista kerätä tarvittavaa tietoa esikuntiin. Käyttäjä voi hakea haluamaansa tietoa ja käyttää sitä juuri silloin kun hän haluaa. Ongelmana on siirtoetäisyys. Esitetty 5 km on aivan liian lyhyt, mutta se riittänee pelkäksi päätelyyhteydeksi. Johtoportaiden välillä kiinteässä verkossa taas päästään SDH-tekniikalla suurimmillaan nopeuteen 2,5 Gbit/s. Siirryttäessä taktisissa viestijärjestelmissä kuitujen käyttöön poistuu etäisyyden aiheuttama ongelma kentältäkin. Valokuiduissa käytettävällä solitonitekniikal-

la on koejärjestelmissä päästy jopa 10 Gbit/s- nopeuksiin siirtoetäisyyksien ollessa tuhansia kilometrejä. Lyhyemmällä etäisyyksillä on päästy jo 32 Gbit/s- nopeuteen. On kuitenkin muistettava, että kokeet ovat lähes laboratorioasteella, eivätkä vielä sovellu käyttöön.

Valokuidussahan tavallisin etäisyyttä ja nopeutta rajoittava tekijä on vaimennus. Pari vuotta sitten markkinoille tuli erbiiumkuituvahvistimet, jotka vahvistavat suoraan valosignaalia. Uudeksi rajoittavaksi tekijäksi tuli tällöin dispersio (valon hajaantuminen), jota taas pienennetään dispersiosierretyllä (DS-) kuidulla, jossa dispersion nollakohta on siirretty vaimennusminimiin, 1550 nanometrin aallonpituuden kohdalle. Siirtokykyä voidaan edelleen lisätä aallonpituusmultipleksoinnin (WDM) avulla käyttämällä samassa kuidussa useampaa aallonpituutta tiedon kuljettajana.

Solitoniteknikka perustuu muotonsa säilyttävään yksittäisaaltoon, jonka dispersio on lähes olematon. Yksittäisaaltoa voidaan vahvistaa vielä erbiiumkuituvahvistimilla, ja näin päästään uskomattoman pitkiin siirtoetäisyyksiin.

7. Digitaalinen taistelukenttä

Multimedian tehokas käyttö edellyttää siis digitaalista tiedonsiirtoa. Kiinteä televerkko on kokonaan digitalisoitu ja kenttäjärjestelmät ovat nopeasti digitalisoitumassa. Tämän lisäksi liikkuva tiedonsiirto kehittyi niin nopeasti, että jo 10 vuoden kuluttua käsipuhelmesta voidaan dataa siirtää megabittejä sekunnissa.

Kehitys johtaa siihen, että koko taistelukenttä elää digitaalisessa maailmassa. On syntynyt uusi käsite, digitaalinen taistelukenttä, joka on mm. USA:n FORCE XXV:n yksi osakokonaisuus. Meilläkin tähän ollaan menossa digitaalisten siirtojärjestelmien ja johtamisaikakalaitteiden myötä.

USA:ssa digitaalinen taistelukenttä liittyy Army Enterprise Strategyyn, osat Vision ja Implementary Plan, joka syntyi FM 105:n ajantasaistamisen kautta. Enterprise Strategyn tarkoituksena on voittaa taistelukentän informaatiiosodankäynti, jonka yksi osa on digitalisoiminen. Informaatiiosodankäynti käsittää seuraavia osia:

- kaikkien eri järjestelmien yhteensopivuus (ml puolustushaarat)
- eri tasoilla on yhtenäinen tilannekuva
- alueellinen valvonta ja tiedustelu
- eri järjestelmien päällekkäisyys
- yhtenevyys komponenttitasolla
- salaaminen ja harhauttaminen
- tärkeiden kohteiden tuhoaminen
- psykologiset toimenpiteet

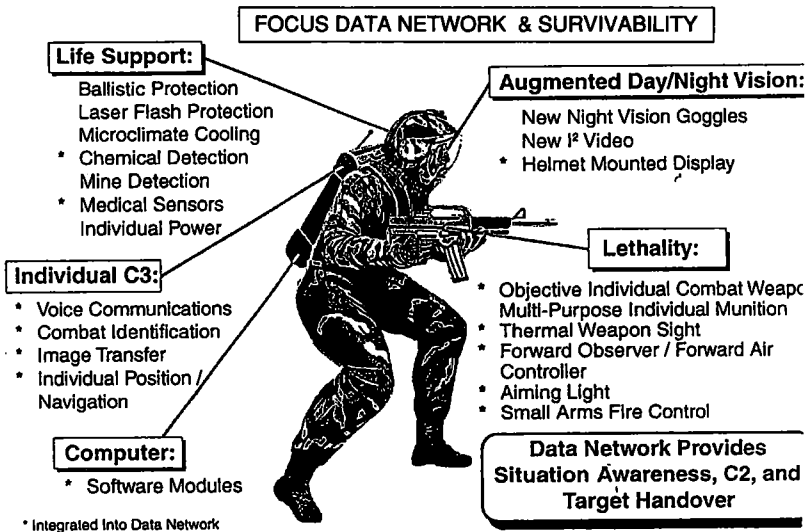
Multimediaa mahdollistaa nykyisten johtamisaikakalaitteiden ominaisuuksien lisäksi mm. videoneuvottelun tarjoamat palvelut, tietojen entistä tehokkaamman jakamisen sekä virtuaalisuuden mahdollisuudet.

Henkilöstön tarve vähenee koko ajan. Jo nyt pystytään operoimaan robottivaunuilla, joissa ohjaaja kaukokäyttää vaunua eri sensorien tuottaman informaation perusteella. Tällainen on mahdollista mm. englantilaisella VERDI II -vaunulla.

Tieto kootaan eri sensoreista: lennokeista, ilma-aluksista, ajoneuvoista ja peinteisellä tiedustelulla. Ongelmaksi nouseekin, missä on johtajan oikea paikka? Kenellä on paras tilannekuva? Pystytäänkö kaikkea tietoa hyödyntämään? USA:n taisteluvaunuissa on integroitu tiedonhallintasysteemi, jossa jokainen vaunu kokoaa oman tilannekuvan, jakaa sen muiden vaunujen kanssa jolloin kaikilla vaunuilla on paras saatavilla oleva kuva. Jos yhtä vaunua vastaan toimitaan, koko järjestelmä toteaa uhan, päättää parhaat vastatoimet ja toteuttaa ne. Järjestelmä toimii automaattisesti.

Kehittyvä mikroprosessoritekniikka selviytyy kyllä kasvavastakin tiedon määrästä ja käsittelystä ja yhä laajakaistaisemmat verkot siirtävät tarvittavan tiedon. Saako tietokone liian merkittävän roolin, saadaanko persoonallisuutta riittävästi esiin? Onko ihminen liian hidas tekemään päätökset tulevaisuudessa? Johtajan rooli saattaaakin olla se, että hän antaa parametrit koneelle päätöksenteon perusteeksi. Kone saamiensa parametrien ja tilannetietojen perusteella tekee päätökset ja toimeenpanee ne. Tulokseksi saattaa kuitenkin tulla liian kaavamaisia ja lineaarisia ratkaisuja. Entä jos koneelle ei pystytäkään antamaan juuri tiettyyn tilanteeseen oikeita parametrejä. Viisaampaa onkin jättää päätöksenteko ihmiselle, hitaudesta huolimatta.

Tulevaisuudessa taistelija joka tapauksessa lähenee robottia, joka liikkuu kypärän visiiriin heijastettavan kartan perusteella, saa tiedon kaikesta, mitä ympärillä tapahtuu ja saa varoituksen heti, kun jokin vaara ilmaantuu. Kuva tulevaisuuden taistelijasta on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Tulevaisuuden taistelija.

Ilman visioitakin multimediaa pystytään hyödyntämään. Esim. rannikonpuolustuksessa merellä havaittu alus tunnistetaan perinteisesti kuvaston avulla. Se voidaan myös kuvata, kuva siirretään palvelimeen, joka vertaa sitä tietokantaan ja antaa oman ehdotuksensa aluksesta. Samalla haetaan tiedot maalin teknisistä ominaisuuksista, niiden toimintakyvyistä sekä parhaista vastatoimista sitä kohtaan. Tämän jälkeen saadaan esitys suoritettavista toimenpiteistä.

Multimediaa käyttäviä johtamispaikkajärjestelmiä kehitetään koko ajan. Esim. FORCE XXV:n kohdalla on havaittu seuraavia puutteita:

- datasiirtopalvelut ovat puutteellisia
- loppukäyttäjän laitteistot ovat hankalia käyttää ja liikutella
- laitteet ovat osittain vanhentuneita eivätkä ole kaikilta osin yhteensopivia uusien kanssa
- todella liikkuvan johtoportaan perustaminen on mahdotonta tietojärjestelmien liikkuvuuden vuoksi

- radiojärjestelmät ovat raskaita ja epäluotettavia
- datasiirron ulottuvuusvaatimuksia ei kyetä täyttämään, satelliittijärjestelmät ovat liian suuria ja satelliittien käyttö rajoitettua.

8. ATM UUSI MAHDOLLISUUS

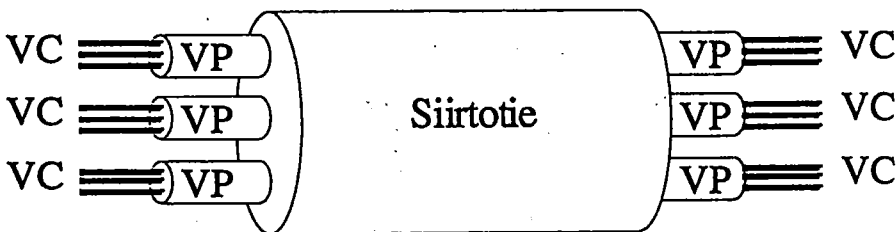
Hajautetun multimedian yksi suurimmista ongelmista on riittävän laajakaistaisen ja nopean tiedonsiirtoväylän saaminen. Edellä kuvattu solitoniteknikka on vain yksi mahdollisuus nostaa kapasiteettia.

ATM (Asynkroninen toimintamuoto, Asynchronous Transfer Mode) on alunperin ITU-T:n verkkostandardi. Nykyisin standardisointi tapahtuu ns. ATM-Forumissa. ATM tarjoaa uuden sukupolven laajakaistaisen monipalveluverkkoratkaisun. Siinä on kaksi suurta etua: mahdollisuus toimia suurilla nopeuksilla sekä mahdollisuus siirtää erityyppistä tietoa, kuten tekstiä, ääntä, kuvaa ja videota samalla siirto- ja kytkentälaitteistolla. Tieto voi siis olla lähes mitä tahansa ja missä muodossa tahansa.

Nykyiset tietokoneet ja tietokoneverkot käyttävät yleisesti vaihtelevanpituisia paketteja tiedonsiirtoon. Tätä suuriin paketteihin perustuvaa tiedonsiirtoa nimitetään pakettikytkentäiseksi verkoksi. Reititys vastaanottajalle tehdään jokaiselle paketille erikseen alussa olevan osoitekentän avulla. Pakettikytkentä sopii hyvin liikenteeseen, jossa siirtoon kuluva aika voi vaihdella. Pakettikytkentäinen verkko soveltuu taas huonosti reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, jota hajautettu multimedia on, koska siirtoa ei voi keskeyttää, jos yksi käyttäjä lähettää pitkää pakettia. Tällöin aikakriittisempi tieto joutuu odottamaan.

ATM-verkossa käytetään lyhyitä kiinteän mittaisia soluja, joiden pituus on 53 oktetia. Tämä mahdollistaa erilaisten liikenneluokkien siirtämisen verkossa samanaikaisesti. Lyhyiden solujen käyttäminen vähentää epävarmuutta viipeessä lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Erilaiset liikenneluokat voidaan siirtää lomitellen ja aikakriittisten solujen ei tarvitse odottaa siirtotielle pääsyä lyhyiden solujen ja suuren nopeuden vuoksi.

ATM-tekniikalla voidaan toteuttaa sekä lähi- että kaukoverkot. Kaikki liityntälaitteet liitetään suoraan kytkentälaitteisiin tähtimäisellä verkkotopologialla, joten koko kaistanleveys on jokaisen liityntälaitteen käytössä. ATM-yhteydet muodostuvat virtuaalikanavista (VC) ja virtuaalipoluista (VP) (kuva 4). Yhteyttä luotaessa yhteydelle varataan tietty VC ja VP, joiden mukaan reititys suoritetaan verkossa. Polku voi sisältää useita virtuaalikanavia.



VC = Virtuaalikanava
VP = Virtuaalipolku

Kuva 4. ATM-siirtotie

9. LANGATTOMAT YHTEYDET

Langalliset yhteydet sitovat käyttäjän yhteen paikkaan. Varsinkin johtajalle tämä on usein mahdotonta. Johtajan on voitava liikkua alueellaan vapaasti ja samanaikaisesti hänellä on oltava käytössään samat tiedot ja tilannekuva kuin esikunnassakin. Nykyinen matkapuhelin ei vielä täytä näitä vaatimuksia. Tekniset ominaisuudet mahdollistavat yhteyden työpisteeseen puheen lisäksi esim. sähköpostin välityksellä. Suurin ongelma tällä hetkellä on datansiirtokyky, joka ei riitä multimediasovellusten käyttöön.

Mikäli ennusteet pienistä mukana kannettavista (kädessä pidettävä) tietokoneista toteutuvat, voidaan puhua liikkuvasta tietojenkäsittelystä. Tämä voidaan siihen liittyvien tekniikoiden mukaan jakaa:

- mukana kannettavat tietojenkäsittelylaitteet
- kehittyneet, etenkin langattomat tietoverkot
- liikkuvaa tietojenkäsittelyä palvelevat ohjelmistot

Liikkuvan tietojenkäsittelyn suurimpana ongelmana on siirtokaistan pienuus ja yhteydellä esiintyvät katkokset. Tärkeimpien verkkojen datakanavien kapasiteetit ovat:

- GSM 9,6 kbit/s
- Mobitex 1,2 kbit/s
- CDPD 19,2 kbit/s (bittinopeus ilmatiellä, datasiirrossa vähemmän)
- DECT 6,4 - 588 kbit/s (tyypillisesti 32 ja 64 kbit/s)

Suuren tietomäärän siirto voi siis kestää kauan ja muodostua epäkäytännölliseksi. Varsinkin kun meillä on käytössä vain "hidas" GSM (NMT:han on analoginen järjestelmä).

Nykyisellään GSM-data soveltuu lyhyiden tiedostojen tai telekopiosanomien lähettämiseen, ei vielä multimediaan. Nykyistä kompressiomenetelmää käyttäen ei esim. videokonferenssin toteutus onnistu mobiiliverkossa. Vain DECT-verkon kapasiteetti saattaisi riittää. Tulevaisuudessa saatetaan kyetä soveltamaan matalan bittinopeuden koodausmenetelmiä GSM:n datakanavalla. Videon laatu ei tulle olemaan kovin hyvä, mutta esim. MPEG-4- pohjainen valvontavideo voisi tulla kyseeseen. Tällainen soveltuisi hyvin esim. syrjäisten kohteiden valvontaan tai taistelualueen valvontaan.

Lisäksi jaettu editointi saattaisi onnistua GSM-pohjaisesti. Editoinnin kohteena olevan kuvan tarkkuudesta johtuen siirrettävän tiedon määrä vaihtelee. Reaaliajassa ei dokumentista tarvitse siirtää kuitenkaan kuin muutokset.

Taulukossa 2 on esitetty arvio eri tyyppisten sovellusten vaatimasta siirtonopeudesta. On huomioitava, että varsinainen multimedia tarvitsee selvästi yli 1 Mbit/s -siirtonopeuden.

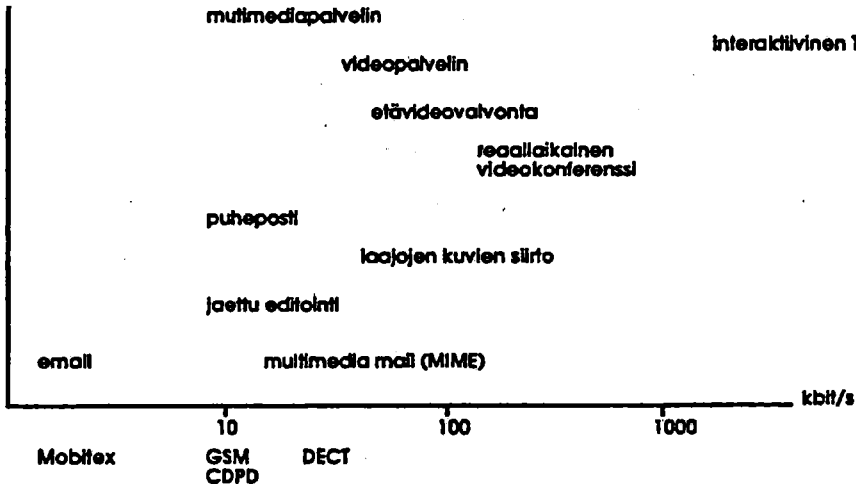
Selvää parannusta tilanteeseen saadaan uuden universaalien järjestelmän myötä. Tällaista suunnitellaan ainakin kolmella eri taholla. Eurooppalaisessa standardoimisorganisaatiossa ETSI:ssa sitä kehitetään nimellä UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ja

ITU-R:ssa nimenä on FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System).

UMTS tulee sisältämään ainakin seuraavat palvelut:

- puhe
- data
- kuva
- grafiikka
- multimedia

Data mahdollistaa monet sellaiset lisäpalvelut, joita vasta kehitetään myöhemmin. Datansiirtonopeudet ovat 300 kbit/s - 2 Mbit/s. Lisänä GSM:ään saadaan siis liikkuvan kuvan siirtokyky. Samoin 2 Mbit/s -siirtonopeus mahdollistaa multimedian täydellisen käytön.



Taulukko 2. Eri sovellustyyppien vaatimia siirtonopeuksia.

Asiakkaan näkökulmasta UMTS:n käyttömahdollisuudet ovat moninaiset: samaa laitetta voi käyttää kotona, työpaikalla, ulkona, ulkomailla jne. Laitteessa on mm. liikkuvan kuvan näyttöruutu. Sotilasjohtajalle UMTS antaa täydellisen liikkumisvapauden. Kun laitteeseen yhdistetään PDA (Personal Digital Assistant) ja GPS, niin johtajalla on täydellinen komentokeskus taskussaan. Taistelukentälle UMTS tuo kokonaan uudet yhteyshmahdollisuudet. Järjestelmä ei ole niin riippuvainen kiinteistä tukiasemista nykyisten järjestelmien tapaan, vaan tukiasemat voidaan sijoittaa lähes minne tahansa: autoon, ilma-alukseen, laivaan, kannettavana maastoon jne. Järjestelmä pystyy hyödyntämään myös satelliittiyhteyksiä suurilla datanopeuksilla. Nykyisinhän satelliittipuhelimien siirtonopeus on noin 2,4 kbit/s. UMTS:n mahdollisuuksia on esitetty kuvassa 5.

UMTS työ etenee siten, että nykyisen aikataulun mukaan käyttöönotto voisi tapahtua vuonna 2005.

10. MIHIN OLLAAN MENOSSA

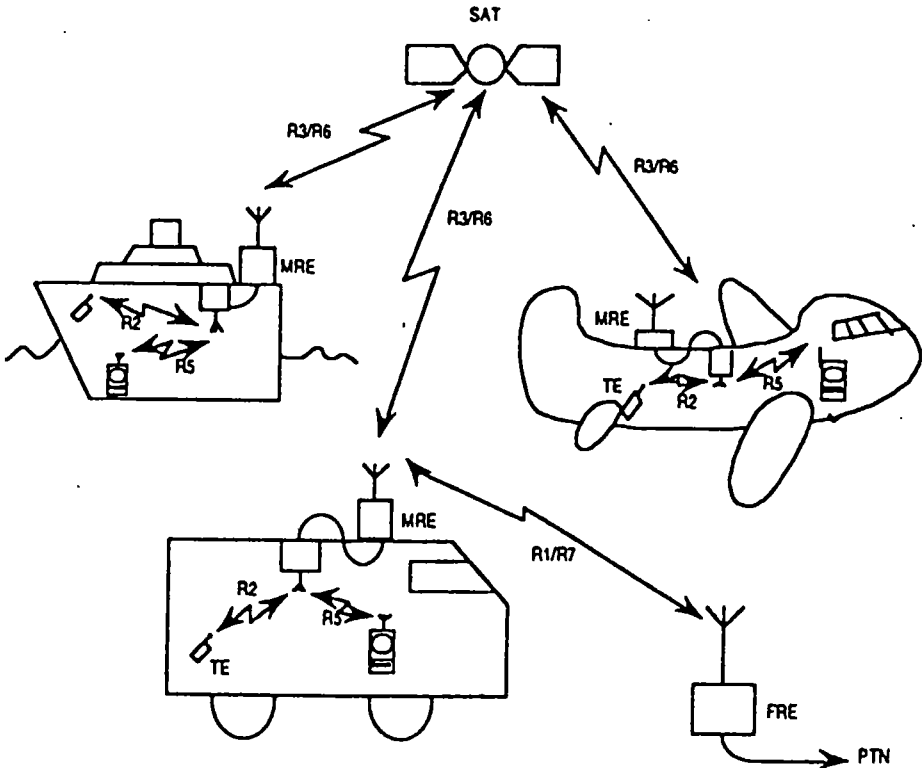
Multimedian tutkimus ja käyttö on vasta aluillaan. Ennen laajamittaista käyttöä on vielä ratkaistava useita käytännön ja teknisiä ongelmia. Tällaiset ongelmat unohtuvat helposti markkinoiden nopeasti laajetessa.

Multimedian kehittyessä nousee aina uudelleen samat kysymykset vastattaviksi. Ovatko tietoliikenneverkot valmiita multimediaa varten? Entä operaattorit? Onko tekniikka kehittynyt riittävästi vastaamaan asetettuihin vaatimuksiin? Tässä on vaarana loppumaton kilpajuoksu tekniikan ja sovellusten kehittymisen kesken.

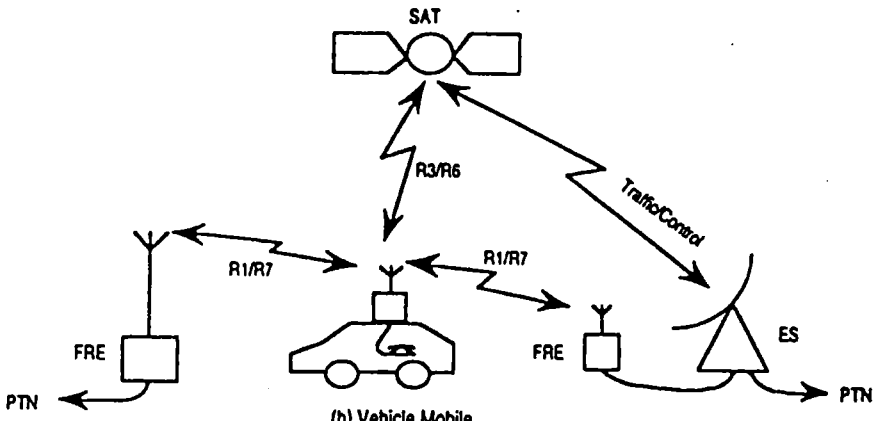
Mitä lisäarvoa uudet multim mediasovellukset tuovat - vai ovatko ne vain itsetarkoituksellisia? Entä miten kulttuurin ja toimintatapojen muuttuminen vaikuttaa kehitykseen?

Missä tulee olemaan kehityksen painopiste - missä sen tulisi olla? Tuleeko painopisteeksi kulutushyödykkeet, jolloin sotilas sektorilla on kehitettävä omat sovellukset, vai onko kehitys erityissovelluksissa, jolloin sotilaspuolella voidaan ainakin osittain hyödyntää tätä kehitystä.

Miten uusi media muuttaa arvomaailmaa? Tuleeko se muuttamaan elämäntapaa ja



(g) Vehicle with Mobile Base Station (within Public Transportation and extension to PTN)



(h) Vehicle Mobile

(3) Vehicle Environments

Kuva 5. UMTS:n toimintaympäristö.

todellisuuden käsitettä? Yhdysvalloissa puhutaan mediaekologiasta, joka tarkoittaa viestintäympäristön tutkimusta. Tässä tutkitaan dynaamisesti muuttuvaa mediaympäristöä, sen ilmiöitä ja käsitteistöä. Tältä alalta on lähivuosina odotettavissa uutta tietoa.

Jatkuva tekninen kehittyminen tulee joka tapauksessa vaikuttamaan multimedian käyttöön ja leviämiseen. Erityisesti prosessori- ja muistitekniikan huima kehittyminen mahdollistaa nyt käsittämättömän tehokkaiden laitteistojen rakentamisen ja käytön kotonakin. Ohjelmointi on muuttunut olio-ohjelmoinniksi, joka mahdollistaa entistä parempia sovelluksia. Tietoliikenneyhteydet tulevat paranemaan, jolloin informaation levittäminen entistä globaalemmin reaaliajassa mahdollistuu. Tämä tarkoittaa sitä, että maantieteelliset etäisyydet tulevat menettämään kokonaan merkityksensä.

Reaaliaikaista kuvaa sovelletaan jo tutkimukseen, opetukseen ja viihteeseen. Mediakoideiden digitaaliseen signaalinkäsittelyyn - DSP-tekniikkaan - perustuvat mikrosirut ovat tekniikan ydin. Niiden ansiosta hintataso alenee koko ajan ja huipputason koneiden hankkiminen kotikäyttöönkin on mahdollista. On arvioitu, että tänä vuonna mikrosirun hinta putoaisi jo alle 30 dollarin.

Tärkein kehitys tulee kuitenkin tapahtumaan kaapeli- ja satelliittiteitse tapahtuvan jakelun markkinoilla. Kilpailua tullaan käymään tietokoneen ja tv:n yhdistelmästä ja sen käyttöliittymäohjelmistosta.

Synteettinen kuvankäsittely, virtuaalitekniikka ja tietokoneen laskemat informaatiomaisemat ovat mahdollisia vain sotilasteknologiassa ja tieteellisessä superlaskennassa. Tietokonegrafiikan, videon, animaation ja interaktion yhdistäminen uudeksi tietokone-maisemaksi ovat tulevaa kehitystä. Vielä mullistavampaa on mahdollisuus liittää niihin fiktiivistä virtuaalimaisemaa. Televirtuaalisuus on uusi yhteistoiminnallinen - kollobratiivinen tila, jonka merkitys on nyt vasta alettu oivaltaa. Normaaliin videoneuvotteluun verrattuna saadaan televirtuaalinen yhteys kolmiulotteisine maailmoineen. Tämän kautta myös tietokoneen käyttäjä voi aikanaan selailta kolmiulotteisia tietokantoja.

Maanläheisempinä asioina lähitulevaisuudessa on kiinnitettävä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin multimedialaitteistojen kehityksessä:

- työasemien nykyiset näytöt eivät aina ole riittäviä ajateltavissa oleville sovelluksille. Samanaikaisesti pitäisi pystyä esittämään eri ikkunoissa liikkuvia kuvia, tekstiä ja grafiikkaa riittävällä tarkkuudella

- litteänäyttöjen osalta tekniikka on pysynyt paikallaan. Elektroluminenssintekniikan alueella ei ole tapahtunut edistystä, plasmanäytöt eivät kehity riittävän nopeasti. Läpivalaistava nestekidenäyttö saattaisi olla ihanteellinen ratkaisu keveyden ja käytännöllisyyden vuoksi, mutta ongelmana on vielä vierekkäisten kuvapisteiden sähkökenttien keskinäiset häiriöt

- tehokkaan multimediajärjestelmän aikaansaamiseksi olisi oltava käytössä noin sanomalehden aukeaman kokoinen litteänäyttö, jonka erottelukyky olisi samaa luokkaa kuin painetussa tekstissä. Nykytekniikalla voitaisiin tietysti käyttää useita kuvaputkia rinnan, mutta ratkaisu on kallias ja kömpelö

- VGA-näyttöihin on suunniteltu videokortteja, jolloin niihin saadaan HDTV-tasoisia kuvia.

- HDTV:n keskeneräisyys vaikeuttaa multimedian käyttöönottoa. Voisi olla hyvä ratkaisu, jos tietokoneen ja TV:n näytöt saataisiin yhdistettyä.

Multimedia asettaa myös televerkoille tiettyjä vaatimuksia:

- verkon on kyettävä adaptoitumaan siihen tarjottuun liikenteeseen, koska sovellukset kehittyvät verkkoa nopeammin

- verkkoon on kyettävä rakentamaan joustavasti uusia liityntäpisteitä operatiivisille joukoille ja paikkaa vaihtaville johtamispaikoille

- kiinteiden verkkojen ja kenttäviestiverkkojen rajapinta tulee hämärtyämään

- kapasiteetin kasvaessa kysytyjen palveluiden määrä kasvaa, lähestytään multimediaa.

- kiinteän verkon päätelaitteet muuttuvat yhä liikkuvimmiksi ja kenttäkelpoisemmiksi. PDA:t yhdistettynä DECT, GSM, TETRA tai Hiperlan tekniikoilla kiinteään runkoverkoon mahdollistavat yhtenäisten päätelaitteiden käytön kaikkialla
- verkon ja eri järjestelmien hallinta nousee ratkaisevaksi tekijäksi
- tietoturvallisuus nousee yhä merkittävämmäksi tekijäksi

LÄHTEET

- Multimedia, kohti hypermediaa, Vesa-Matti Paananen, Leena Lallukka, Teknolit oy 1994
- Tarttuvaan tietoon - hyper- ja multimedia ... , Harri Erämetsä, Jyrki Kanerva, Yliopistopaino, 1993
- Digitaalinen maailma, Klaus Oesch, Otava, 1993
- Liikkuva tietojenkäsittely, Toimittaneet Håkan Mitts, Mikko Tiusanen, Otaniemi 1994TKO-C69
- Hypermedia, Ekholm Kai, Oesch Klaus, 1993
- Virtual Reality Technology, Grigore Burdea, Philippe Coiffet, 1994
- Havaintoja laajakaistaverkkojen koejärjestelmistä, multimedialta ja ATM:sta, Tekn.tri Risto Hämeen-Anttila, HPY:n tutkimuslaitoksen tutkimusraportti 126
- Multimedia ATM-verkossa, Mikko Tsokkinen, diplomityö 1994, TTTK
- Audio, Video and Data Telecommunications, McCraw - Hill, 1992
- Etäopetus puolustusvoimissa -loppuraportti, Kimmo Solla 29.9.1992
- Ilkka Jäppinen, Operatiivisen johtamisen tiedonsiirtojärjestelmä, lisenssiaattiesitelmä
- Juha Mattila, tekniikan lisenssiaattikurssin esitelmä multimedialta
- US Army Enterprise Strategy, Vision and the Implementary plan
- Educational Uses of Hypermedia, Dan Russell, George Landow
- Tietoliikennetekniikan tulevat mahdollisuudet, tulevaisuusvisiota koskeva kysely, Heikki P.S. Leivo, Otaniemi 1995
- Hieroglyfeistä CD-ROM:iin, Viestintätutkimuksen Seuran syysseminaari 10.3.1994
- Interaktiivinen teknologia koulutuksessa -konferenssi, 22. -23.4.1994
- The Two-Way Video Classroom -opetustilaisuus (Förvaltningshögskola, Östersund) 16. -18.4.1994
- Hajautetun Multimedian Mahdollisuudet. TTTK:n jatkokoulutuspäivät 27. -28.9.1994
- Technet -seminaari: Telematiikka oppimisessä 4.11.1994, Technet-Finland, Otaniemi
- COMETT course: "European State-of-the-art in learning Technoloques:Case DELTA Programme", 23.1.1995, seminaari Otaniemi.
- AEL/Insko: Tulevaisuuden Tietoliikenneverkot -täydennyskoulutus 9. -10.5.1995
- TeleCon Europe -konferenssi, 19. -21.6.1995, Lontoo
- NETEC -seminaarit 26. -27.4.1995, Relevantum Oy:n seminaari, helsinki
- Puhelin-lehti, 2,6/94, 2/95
- Visio-lehti, 1 - 4/94, 8/94
- net-lehti 5/1994, 1/1995
- Battlefield Systems International 1994 -konferenssi 7. -9.6.1994, Lontoo
- Technet -kevätseminaari:Kiinni verkossa 9.5.1995, Otaniemi
- MILCOM 1994 -konferenssi 2.-5.10.1994, New Jersey, USA
- Tekniikan näköalat 2/1995
- Tietoverkko 2/1995
- Teletieto 1/94