

VIRTUAALITEKNIikka JA SEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIA

Yleisesikuntamajuri Ari Salo

90-luvun alussa käynnistyi toden teolla keskustelu virtuaalitekniologiasta. Lehdissä kirjoitettiin “keinosta vaikuttaa mieleen”, Cyberpunkista sekä sovelluksina virtuaaliseksi ja synteettisestä “rock’n roll’sta”. Kaikista kirjoituksista paistoi esille kuitenkin yksi yhteinen piirre, aavistus virtuaalisuudessa (VR = Virtual Reality, virtuaalitetodellisuus) piilevästä miljardien bisneksestä.

Paitsi bisnestä, tarjoaa virtuaalisuus myös mahdollisuuksia tulevaisuudelle. Virtuaalisuutta voidaan pitää robotiikan kehittyneenä muotona, siihen sisältyy etäkäyttö, mahdollisuus suorittaa operaatioita olematta itse läsnä sekä mahdollisuus vaikuttaa ihmisen aisteihin luomalla valekuvia.

Todellinen maailma ja virtuaalimaailma pystytään yhdistämään niin, että siellä liikkuva ihminen ei itse pysty erottamaan kummassa hän milläkin hetkellä on. Virtuaalitekniikka (VRT = Virtual Reality Technology) ei ole uusi tieteenala, vaan sitä on tavalla tai toisella käytetty jo vuosia. Tietotekniikan huikkea kehittyminen ja multimedian leviäminen koteihin ovat vain nopeuttaneet kehitystä ja käyttöönottoa. Viihde-elektronikan ja tietokonepelien myötä virtuaalisuus on tavalla tai toisella jokaisessa kodissa läsnä. Tekniikan ja laitekannan kehittyessä tavallinen kotipelaajakin sukeltaa yhä syvemmälle virtuaalisuuden maailmaan huomaamatta sitä edes itse.

Virtuaalitekniikassa ja virtuaalisissa ympäristöissä, kuten lähes kaikilla muillakin aloilla, kehittyneimmät ja edistyneisimmät sovellukset löytyvät sotilassektorilta.

Virtuaalitekniikan sisältö

Virtuaalisuus ja virtuaaliympäristöt perustuvat tietokoneella luotuihin ja tuotettaviin aistimuksiin. Kaikki on siis keinotekoista. Todentuntu perustuu kuitenkin siihen, miten hyvin ja aitoa mukaillen tämä näennäinen maailma on rakennettu ja talletettu tietokoneeseen.

Liikkuessamme virtuaalisessa maailmassa, on kaiken tapahduttava tarkan johdonmukaisesti ja loogisesti, todellisuutta mukaillen, niin että aistimme olettaisivat kaiken olevan totta. Ihmisen aistithan eivät pysty erottamaan onko jokin aistimus todellinen vai synteettinen.

Kuitenkin virtuaalisuudesta on käytössä lukuisia erilaisia määritelmiä, niinkuin multimediasakin. Eräissä lähteissä se on määritelty “telelänäoloksi”, mikä onkin osuva määrittely puhuttaessa esimerkiksi virtuaalisesti ohjattavista roboteista. Toisaalla termi on määritelty “laajennetuksi todellisuudeksi”, missä todellisuuteen lisätään tietokoneen grafiikkaa tai tekstiä. Nämä määritelmät ovat kuitenkin liian rajoittavia.

Joskus virtuaalisuus taas yhdistetään välineisiin, joilla sitä tuotetaan. Niinpä datakypäriä tai datahansikasta pidetään ikäänkuin virtuaalisuuden symbolina.

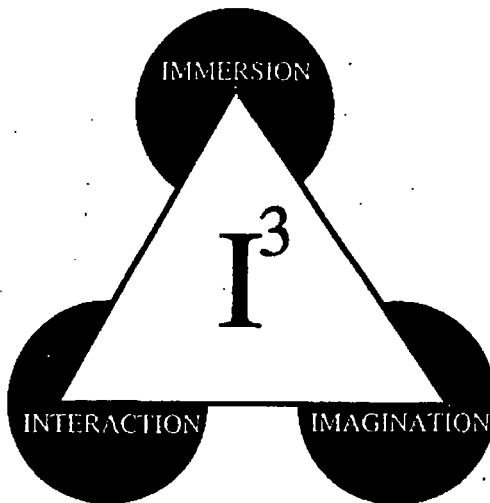
Tämäkään ei ole oikea määrittäminen, sillä virtuaalisuus voidaan toteuttaa ilman kypäriä käyttämällä esimerkiksi laajoja heijastusnäyttöjä.

Virtuaalitodellisuus on simulaatio, jossa tietokoneella luodaan realistinen maailma. Tämä maailma ei ole pelkästään synteettinen, vaan se vastaa käyttäjän antamiin ärsykeisiin (liikkeisiin, sanallisiin käskyihin, jne.). Tämä kuvaa virtuaalitodellisuuden yhtä avainkohtaa, tosiaikaista vuorovaikutusta (Interaction). Tosiainenkin sisältää useimmiten viivettä, koska nykytekniikalla ei ole pystytty poistamaan viivettä tapahtuman ja ihmisen aistin väliltä. Lisäksi tietokoneen kapasiteetti aikaansaa tiettyä viivettä.

Yleensä kuitenkin tosiaikaisuus on riittävä, jolloin ihminen näkee tai kokee tapahtuman, reagoi siihen omalla tavallaan ja tuntee olevansa sisällä tapahtumassa. Tämä onkin toinen virtuaalisuuden kulmakivi. Ihminen kokee jotakin tapahtumassa (Immersion).

Virtuaalisuuden kolmas kulmakivi on mielikuvitus (Imagination). Virtuaalisuus ei ole vain päätekäyttäjän sovellus tai rajapinta peliin. Sillä on lukuisia sovelluksia niin sotilaskäytössä kuin lääketieteessäkin. Virtuaalitodellisuuden kehittäjät ovat suunnitelleet näitä sovelluksia vain käyttämällä omaa mielikuvitustaan.

Virtuaalitodellisuus muodostuu siis kolmiosta, jota alan kirjallisuudessa kuvataan "kolmen I:n kolmiona" (kuva 1).



Kuva 1: Virtuaalitodellisuuden kolmio.

Virtuaalitekniikka taas on menetelmä, jolla virtuaalisuus teknisesti aikaansaadaan. Seuraavissa luvuissa keskitytäänkin pääasiassa teknisiin toteutusmahdollisuuksiin.

Virtuaalitekniikka on hyvin ongelmallinen ja monitahoinen alue. Täydellisen virtuaaliympäristön tekeminen vaatii tietämystä ihmisestä, aisteista, aistien fysiologiasta, neurofysiologiasta, psykologiasta, anatomiasta, elektroniikasta, mittaus- ja anturitekniikasta, sähkömekaniikasta, toimielimien tekniikasta, tietotekniikasta,

grafiikasta, näyttölaitetekniikasta, optiikasta, fysiikasta, audiotekniikasta, akustiikasta ja psykoakustiikasta. Haitaksi ei ole, jos on tietämystä robotiikasta, mikroelektroniiikasta tai lääketieteellisestä elektroniikasta (Reitmaa, TEKES-TTKK).

Virtuaalisuus on käyttäjälle päin suurimmaksi osaksi käyttöliittymä. Koska virtuaalitekniikka on ihmisen ja tietokoneen täydellistä yhteistoimintaa, "yhteensulautuminen", niin oikea käyttöliittymä ratkaisee paljolti virtuaalisen tunteen muodostumisen.

Tekninen kehitys on edennyt hitaasti ja kunnollisia tuloksia saavutetaan vain pitkäjänteisellä työllä. Täydellisen virtuaalisuuden aikaansaamiseksi on vielä niin paljon teknisiä esteitä, että "täydelliseen" illuusion ei ole päästy yhdessäkään sovelluksessa, eikä todennäköisesti päästäkään lähivuosina. Esimerkiksi virtuaalikappaleiden pintarakenteiden muokkaaminen realistiseksi on äärettömän työlästä ja matemaattisesti vaativaa. Täydellistä tekniikkaa ei välttämättä tarvita käyttökelpoisissa sovelluksissa. Tästä syystä onkin alettu ennakkoluulottomasti kehittää nykytekniikalla uusia sovelluksia jäämättä odottamaan täydellisen tekniikan kehittymistä. Useissa sovelluksissa on rakennettu vaihtoehtoisia synteettisiä maailmoja kunkin tarkoituksen mukaan.

Virtuaalitodellisuuden historiaa

Virtuaalinen maailma ei suinkaan ole uusi keksintö, vaan ensimmäiset laitteet kehitettiin jo yli 30 vuotta sitten. Ensimmäinen varsinainen virtuaalinen simulaattori oli Morton Heiligin vuonna 1962 patentoima "Sensorama Simulator". Sensorama ei kuitenkaan saanut rahoittajien tukea, vaan päättyi huvittelusovellukseksi, jossa simuloitiin moottoripyörämatka New Yorkin läpi. Ajaja saattoi tuntea liikkeet (montut tiessä istuimen värähdellessä), värit, tuulen, stereoäänen, jopa hajut ajaessaan esim. kaupan ohi.

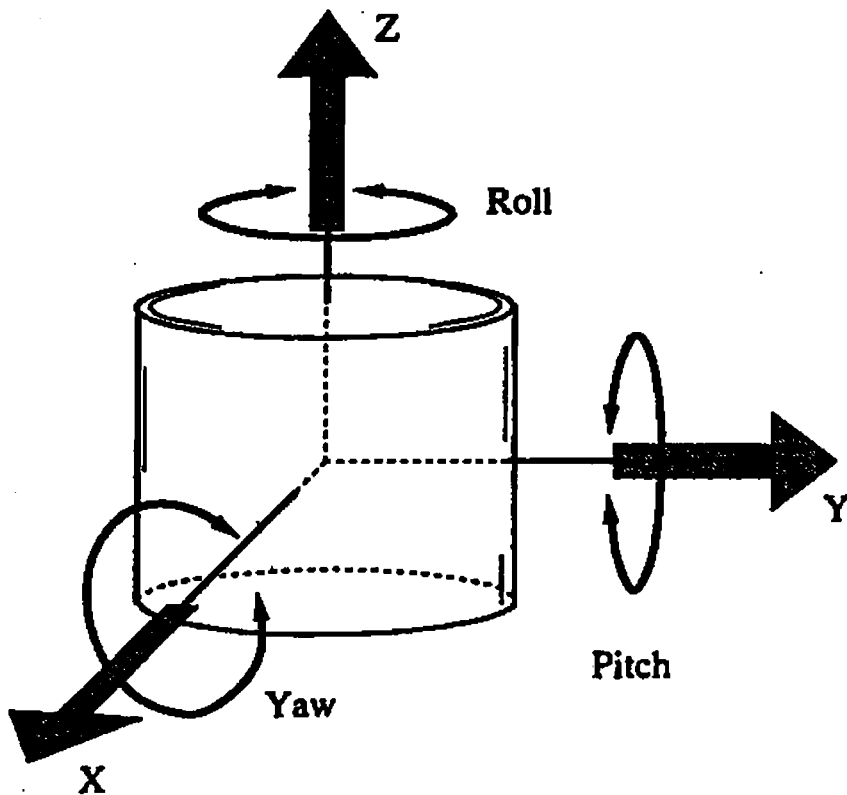
Myös NASA osallistui virtuaalitekniikan kehitykseen. Se tarvitsi simulaatiota astronauttiensa kouluttamiseen, koska oikeiden olosuhteiden luominen muuten oli lähes mahdotonta. Vuonna 1981 kehitettiin hyvin pienellä rahoituksella LCD (Liquid Crystal Display)-perustainen HMD (Head Mounted Display = silmikkönäyttö), joka tunnettiin nimellä VIVED (Virtual Visual Environment Display). Tässä oli perustana Sonyn "Watchman" televisio, joten varsinaisesta virtuaalilaitteesta ei ollut kyse. Seuraava versio sisälsi jo DEC PDP 11-40-tietokoneen. Viimeisimmässä versiossa 1985 projektiin liittyi Scott Fisher, joka oli kehittänyt uudenlaisen datahansikkaan.

Virtuaalisuuden aikaansaaminen

Interaktiivisuus on yksi virtuaalisuuden kulmakivistä. Tämän aikaansaamiseksi tarvitaan tiettyjä välineitä ja menetelmiä. Esimerkiksi vartalon liikkeet kuvataan 3-dimensionaalisilla paikkasensoreilla, käden liikkeet datahansikkaalla, visuaalinen aistimus järjestetään stereonäytöillä, ääni 3-D äänigeneraattoreilla, katselukulmat ja paikkatieto toteutetaan pallohiirellä tai joystickillä jne.

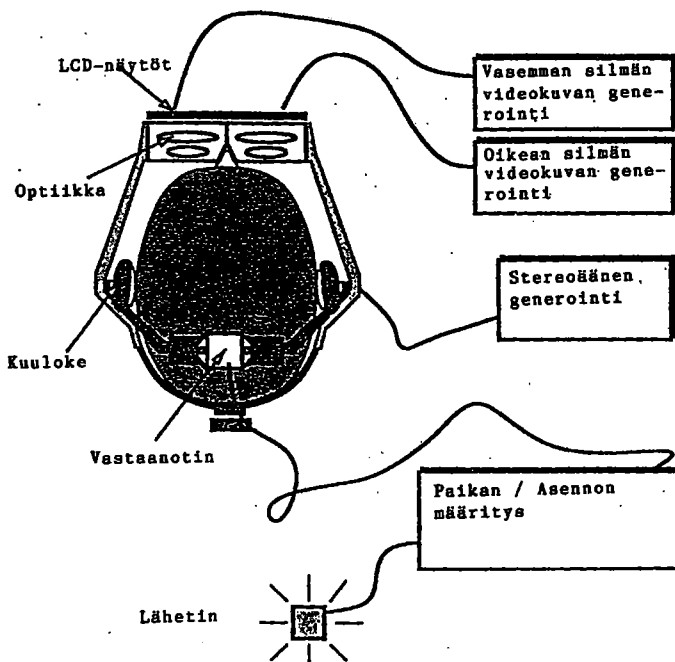
Paikkasensorit

Virtuaalisuudessa tarvitaan liikkuvien objektien kulloinenkin paikka suhteessa paikallaan oleviin. Avaruudessa esineellä on paikka kolmen akselin x , y ja z suhteen sekä liike tai asento kolmen suureen suhteen. Asentoa määrittävät kiertymät poikittaisakselin, pituusakselin ja pystyakselin suhteen (yaw, pitch ja roll). Näitä suureita kutsutaan usein myös kuuden ulottuvuuden vapausasteiksi tai kuusiulotteisiksi voimiksi. 6-D vapausasteet on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: Liikkuvaan objektiin vaikuttavat voimat.

Eräs menetelmä liikkeen esittämiseksi on käyttää magneettisia sensoreita. Järjestelmässä on lähetin, jossa generoidaan matalataajuinen kenttä. Lähetin itse asiassa koostuu kolmesta orthogonaalisesta antennista. Toinen antennien yhdistelmä on vastaanottimessa, joka yleensä on sijoitettu kypärään tai pääkiinnikkeeseen. Pään liikkeessä lasketaan matemaattisella algoritmilla elektronisessa yksikössä missä asennossa lähetin ja vastaanotin ovat toisiinsa nähden. Tulos syötetään tämän jälkeen tietokoneeseen ja tätä kautta käyttäjän silmikkonäyttöön uutena maisemana tai näkymänä. Periaate on esitetty kaaviossa 1.



Kaavio 1: Magneettinen paikkasensori.

Käden liikettä mitattaessa vastaanotin on asennettu hansikkaan selkämykseen. Yleinen vastaanotinmalli on "Isotrack", joka on kehitetty jo 1987. Tätä vastaanotinta käytetään mm. DataGlove -hansikkaassa (kuva 4 sivulla 138).

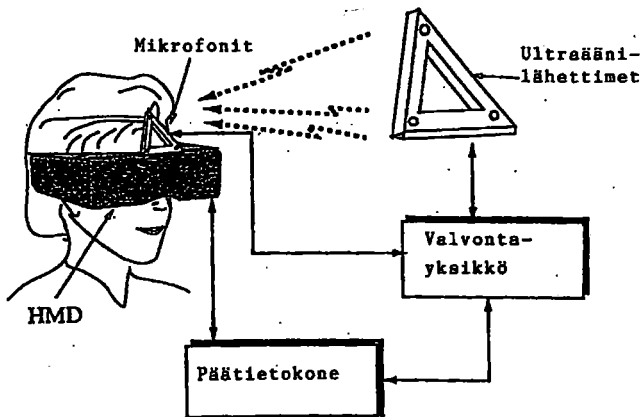
Magneettinen sensori on osittain teknisesti vanhentunut. Suurimpana heikkoutena on sen kyky vain 60 mittaukseen sekunnissa. Minimivaatimus tosin on vain 30 mittausta, mutta nykyvaatimukset ovat selvästi tiukemmat. Ongelmat on saatu poistettua uudemmassa versiossa, "Fastrack", jossa kentässä olevat häiriöt on saatu lähes poistettua ja jolla kytetään jopa 120 mittaukseen sekunnissa. Syksyllä 1993 esiteltiin vielä pienempi malli, "Insidetrack", joka oli ensimmäinen, jossa laskentaan ja paikanmäärittäykseen voitiin käyttää tavallista 486-tietokonetta. Myöhemmät testit ovat kuitenkin osoittaneet, että Insidetrack on paljon häiriöalttiimpi kuin Fastrack. Valmistaja on kuitenkin luvannut korjata puutteet.

Magneettisten sensorien heikkoutena on häiriöalttius, mikäli lähistöllä on muita metallisia kohteita tai muita magneettikenttiä. Tällöin toiminta-alue saattaa jäädä hyvinkin pieneksi. Magneettisten sensorien tehoa ja tarkkuutta on lisätty käyttämällä useita vastaanottimia. Tämä pudottaa mittausnopeutta, mutta liike saadaan joka tapauksessa kuvattua tarkemmin kuin yhdellä vastaanottimella.

Vaihtoehtona magneettisille sensoreille on kehitetty ultraääneen perustuva sensori, esim Logitech 3-D. Kuten magneettisissa, myös ultraäänisensoreissa on kolme osaa: lähetin, vastaanotin ja elektroninen yksikkö eli tietokone. Lähetin on kolmen ultraäänilähtetimen yhdistelmä asennettuna kolmion muotoon noin 30 cm:n päähän

toisistaan. Vastaavasti vastaanotin on kolmen mikrofonin sarja asennettuna kolmion muotoon silmikkoon. Pään liikkeitä määritetään laskemalla lähettimestä lähtevien ultraäänien etenemisaika vastaanottimiin. Jokaisesta lähettimestä lasketaan etäisyys kaikkiin mikrofoneihin ja näiden yhdeksän etäisyyden perusteella määritetään pään asento.

Systeemin päivitysnopeus on hieman pienempi kuin magneettisilla sensoreilla ja suurin heikkous on vaadittava esteetön linja lähettimien ja mikrofonien välillä. Jos jokin objekti sattuu tälle linjalle ja päätä käännetään, niin signaali katkeaa ja virtuaalinen kuva ei muutu. Lisäksi järjestelmä on äärettömän herkkä ulkoisille ultraäänilähteille, jollaisia on esimerkiksi rakennusten murtosuojusjärjestelmissä. Kaiken kaikkiaan ultraäänisensorit ovat halvempi vaihtoehto magneettisille sensoreille. Ultrasound on kaaviossa 2.



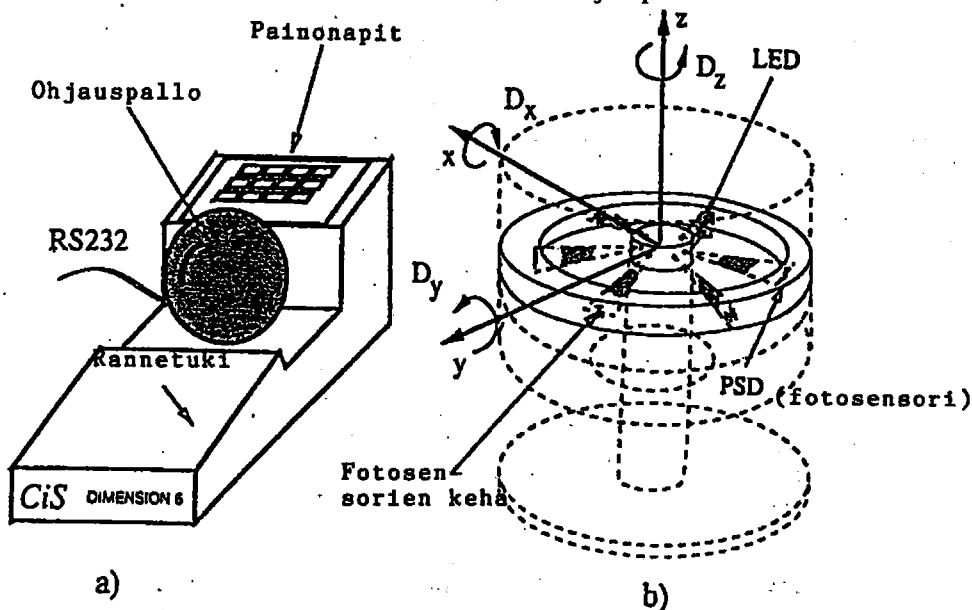
Kaavio 2: Ultraääneen perustuva sensori (Ultrasound).

Ohjaukset

Ohjaukset (Trackball) on alustalla oleva vapaasti pyörimään pääsevä pallo, jolla voidaan syöttää komentoja samaan tapaan kuin hiirellä. Huonoimmillaan ohjaukset pystyvät mittaamaan vain kahta vapausastetta, mutta kehittyneimmät pallot ovat ns. kuuden vapausasteen pallot (Forceball), joilla voidaan ohjata x-, y- ja z-suunnissa sekä kiertää kolmen akselin ympäri. Tämä mahdollistaa kohteen lähes täydellisen ohjauksen.

Pallon sisus on kiinteä ja sisältää kuusi valoa emittoivaa diodia (LED). Vastaavasti pallon ulkokehällä on kuusi fotosensoria. Kun käyttäjä liikuttaa palloa, fotosensoreiden ulostuloa käytetään määrittämään pallon liike vapausasteiden suhteen. Arvot syötetään tietokoneeseen, joka laskee esineelle uuden paikan ja syöttää sen virtuaaliympäristöön. Tälläkin on heikkoutensa, sillä nopea pallon liike saattaa aiheuttaa "nykivän" siirtymän virtuaalipuolella. Vain tietokone, joka kykenee riittävän nopeaan näytönpäivitykseen, pystyy vastaamaan nopeisiin liikkeisiin. Tällaista menetelmää käytetään mm. eräissä lentokonesimulaattoreissa.

Ohjauspallossa olevia painonappeja voidaan käyttää tiettyjen käskyjen välittämiseen. Yleensä nappulat ovat on/off-tyyppisiä. Nappuloita voidaan käyttää esimerkiksi lisäämään tai vähentämään simulaation nopeutta tai käynnistämään ja sammuttamaan simulaattori. 6-dimensionaalinen ohjauspallo on kuvassa 3.



Kuva 3: 6-dimensionaalinen ohjauspallo.

Ohjauspallon suurin puute on se, että toiminto yleensä on "avoin". Käyttäjä voi hallita virtuaaliympäristön voimia ja määrittää niiden keskinäisiäkin suhteita, mutta hän ei tunne kädessään mitään palautetta. Tätä puutetta on korjattu vuonna 1993 valmistuneessa ohjauspallossa, johon on lisätty elektronisia käynnistimiä, joilla aikaansaadaan 16 erilaista käteen kohdistuvaa värähtelyä. Tällä tavalla käyttäjä tuntee "eron" hallitsemansa virtuaalisen esineen ja sen ympäristön välillä.

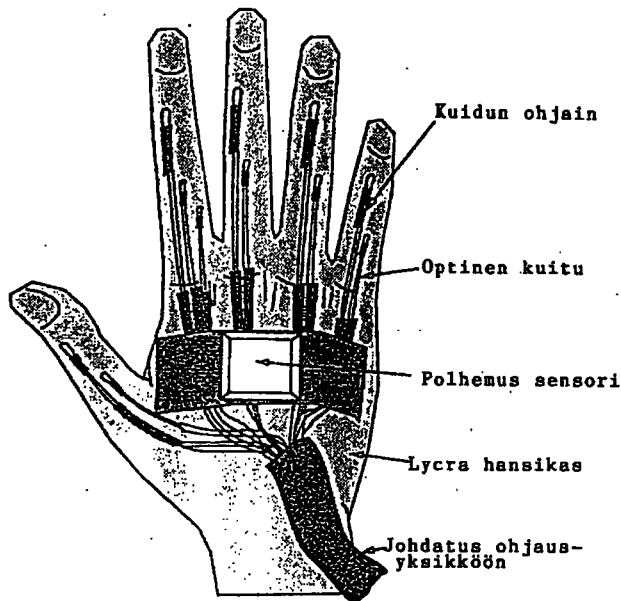
Esineen paikka pystytään myös määrittämään selvästi ohjauspalloa halvemmalla ohjaussauvalla. Tällainen on esim. Immersion 3-D -menetelmä, jossa vapausasteet on toteutettu vipujärjestelmällä. Järjestelmässä on kolme niveltä sekä kolme pyörivää tankoa. Niveliin on asennettu paikkasensori, joilla pystytään määrittämään nivelen ja tangon kulloinkin asento. Tätä menetelmää käytetään mm. simulaattoreissa, joissa ohjaus toteutetaan perinteisellä ohjaussauvalla.

Datahansikkaat

Ohjauspallot täyttävät hyvin teknisesti tarkoituksensa. Ne kuitenkin rajoittavat luonnollista liikkumista sitoen käyttäjän käden alustaan. Epäilemättä datahansikka on tunnetuin fyysisen operoinnin väline, jolla käyttäjä välittää tahdonilmaisunsa laitteistolle. Periaate on se, että käyttäjän käden (yleensä vain kämmen) ja sormien

asento mitataan eri tiloissa. Datahansikkaan tehtävä on ainoastaan määrittää liikkeet ja syöttää tiedot tietokoneeseen. Ohjelmisto määrittää sen jälkeen mitä tiedoilla tehdään.

Datahansikas on vielä tekniikan kehittämättömyyden vuoksi välttämätön. Parhaita tietysti olisi, jos liikkeet pystyttäisiin määrittämään ilman mitään fyysistä hansikasta tai pukua. Tällä hetkellä nämä ovat vasta laboratoriosuunnittelussa. Ensimmäinen hansikas tuli markkinoille 1987. Tällöin ilmestyi DataGlove, joka perustuu optisen kuidun käyttöön. Kuidut on asennettu kevyeen ja elastiseen Lycra-hansikkaaseen. Jokaista sormen niveltä varten on kuitu, joilla määritetään eri asennot. Perusmallissa on kytkettynä vain kaksi sensoria, jolloin perus liikkeet pystytään määrittämään. Lisäensensoreita, joilla pystytään määrittämään myös pienemmät liikkeet, saa tietysti lisävarusteena. Valokuidun etuna on sen keveys ja pieni rakenne. Lisäksi hansikas on miellyttävä kädessä. Markkinoilla on vain kolme kokoa: suuri, keskikoko ja pieni. DataGlove on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4: DataGloven rakenne (sensori kämmenselässä).

Vuonna 1990 esiteltiin toinen lineaarisia sensoreita käyttävä datahansikas, CyberGlove. Nivelen kohdalla on pari paineanturia. Kun niveltä taivutetaan, joutuu toinen puristukseen ja toinen venytykseen. Näiden sähköinen vastuksen arvo mitataan Wheastonen sillalla. Jokaista sensoria kohden on oma mittasilta. Vastusten erot siirretään analogiseen multiplekseriin, vahvistetaan ja digitalisoidaan. Digitaalinen tieto siirretään tietokoneeseen.

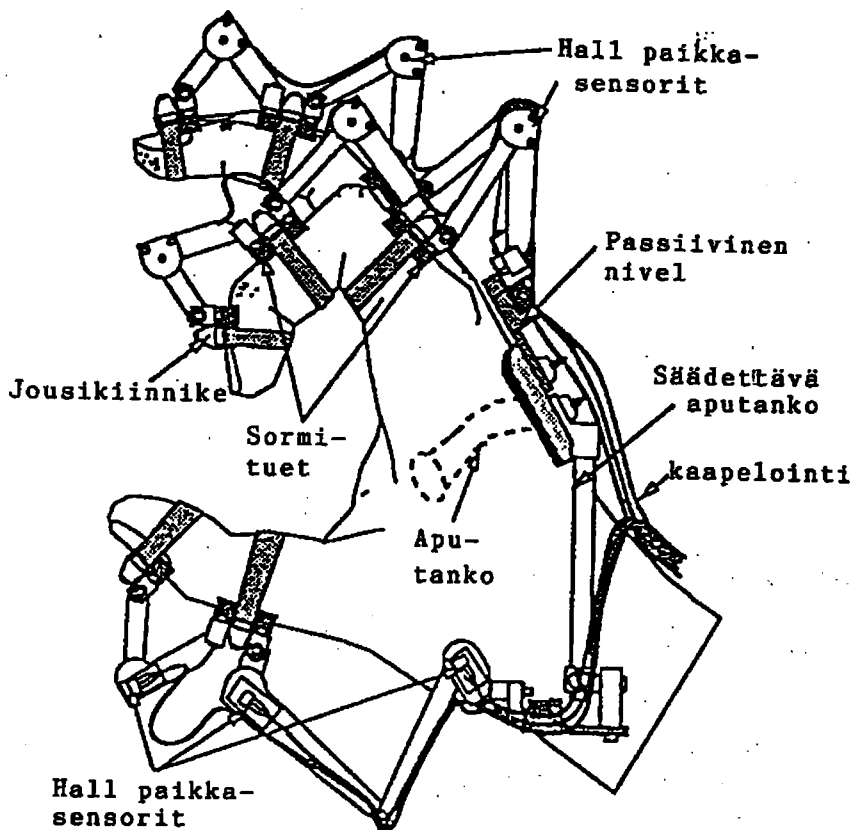
DataGlove ja CyberGlove maksavat tuhansia dollareita. Halvemmaksi versioksi kehitettiin ns. PowerGlove, joka maksaa vain 50 dollaria. Nytemmin hansikkaan

tuotanto on lopetettu, mikä tosin johtuu vain siitä, että sitä käytetään Nintendo pelikoneissa ja Nintendo ei ole kehittänyt riittävästi hansikasta vaativia pelejä.

PowerGlo:ssa liike määritetään hiilirakeiden avulla. Sormea liikuttaessa rakeiden välinen etäisyys kasvaa tai pienenee, ja tämä aiheuttaa muutoksen johtavuudessa, jonka avulla määritetään liike.

Kaikki edellä kuvatut ovat niisanottuja pehmeitä hansikarakenteita. Toinen oma ryhmänsä on rankarakenteiset hansikkaat. Nämä pohjautuvat tankoihin ja niveliin, joihin on yksinkertaista asentaa eri asennot määrittävät kulma-anturit. Tosin kiinteät nivelet ja vivustot tekevät rakenteesta helposti suuren ja painavan. Toiminnallisesti rankarakenteiset ovat monipuolisimpia ja "ylimääräiset" liikeradat voidaan helposti rajata pois. Suurin heikkous onkin ulkonäkö ja puettavuus.

Esimerkkinä mainittakoon vuonna 1990 esitelty Dextrous Hand Master (DHM). Siinä jokaisella sormella on neljä asentosensoria. Hansikas voi olla joko yhdelle sormelle tarkoitettu tai koko kädelle, jolloin siinä on 20 sensoria. Tällaista hansikasta käytetään, jos halutaan tarkat mittaukset tietyistä liikeradoista. Dextrous Hand Master on kuvassa 5.

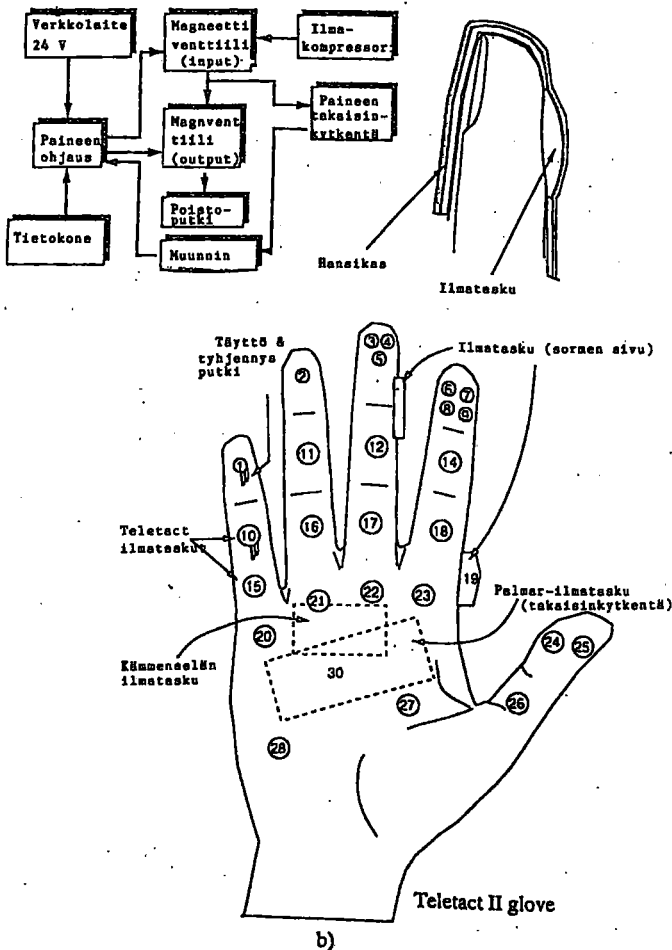


Kuva 5: Rankarakenteinen datahansikas (Dextrous Hand Master).

Datahansikkaassa takaisinkytkentä, eli se, miten käsi tuntee vastavoiman tehdessään jonkin liikkeen, voidaan toteuttaa usealla tavalla.

Pneumaattinen takaisinkytkentä tarkoittaa sitä, että hansikkaan sormissa on mikroilmataskut, joita hansikkaassa on 20 kappaletta. Erillinen ohjauslaite määrittää käden liikkeen mukaan kuhunkin ilmataskuun pumpattavan ilman määrän. Taskussa on kaksi solenoidia, jotka hoitavat ilman pumppauksen ja tyhjennyksen taskuun. Kussakin ilmataskussa on kaksi mikroputkea, joiden kautta ilma kulkee. Kaikki 40 putkea on liitetty yhteen ja johdettu erilliseen pieneen kompressoriin. Kun käyttäjä esim. puristaa palloa virtuaaliympäristössä, ilmataskuihin pumpataan sitä enemmän ilmaa, mitä lujemmin henkilö puristaa. Näin hän todella tuntee puristavansa palloa.

Kehittyneempi versio on Teletact II -hansikas, jossa ilmataskujen määrää on lisätty 30:een, jolloin kaavion 3 mukaisesti tärkeimmissä etu- ja keskisormessa on enemmän



Kaavio 3: Ilmataskuilla toteutettu datahansikas (Teletact II)

ilmataskuja sekä lisäksi kämmenessä. Näin saavutetaan huomattavasti parempi tunto tasaisemmin koko kädelle.

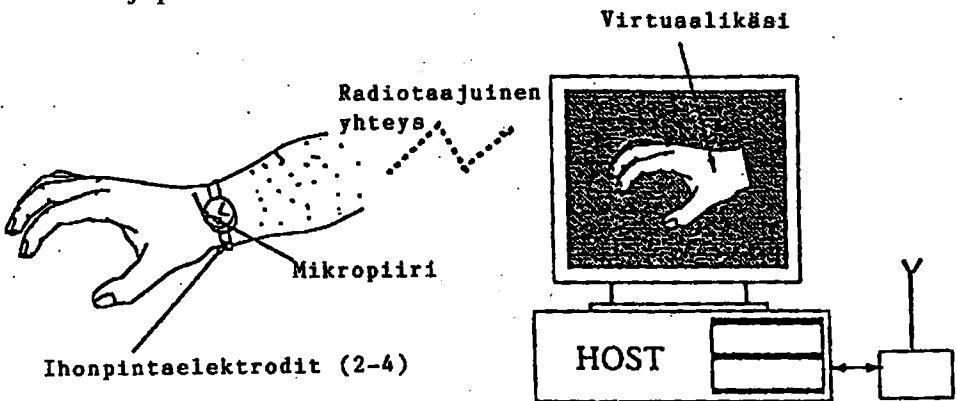
Vaihtoehtoinen takaisinkytkentä on käyttää värähtelyyn perustuvaa menetelmää (Vibrotactile Feedback). Tässä menetelmässä kosketustunto sormeen johdetaan pietsosähköisen värähtelijän kautta.

Rankarakenteisissa hansikkaissa takaisinkytkentä on yksinkertaisemmin toteutettavissa. Nivelistää voidaan jarruttaa tai saattaa lukkoon niin, että käyttäjä tuntee vastavoiman.

Pelkästä datahansikkaasta on siirrytty jo laajempiin kokonaisuuksiin. Tällöin puhutaan datapuvusta, jossa kehon liikkeet voidaan eri puolilla vartaloa olevien sensorien välityksellä muuttaa digitaaliseen muotoon. Tästä esimerkkinä Telecom '95 -näyttelyssä esitelty Unisource -yhtymän järjestelmä, jossa datapukuun puettun henkilön liikkeet talletettiin tietokoneeseen. Liikkeitä voitiin katsella tietokonehahmon tekemänä samanaikaisesti tai myöhemmin koneen muistista. Järjestelmään on tarkoitus liittää myös esitelty "ihmisrobotti", jota nyt kauko-ohjattiin, mutta mitä tulevaisuudessa on tarkoitus ohjata tietokoneeseen talletetuilla käskyillä. Robottia voidaan siis ohjata datapukuun pukeutuneena tekemällä itse halutut liikkeet. Tämä tulee antamaan mullistavan lisäarvon etäkäytölle.

Rankarakenteisissa datapuvuissa edelleen ongelmaiseksi muodostuu koko ja rakenteen paino. Vivustoja ei saada riittävän pieneen kokoon ja pukeminen sekä käyttö on hankalaa.

Kehitys johtaa kuitenkin keveämpiin ja toteutukseltaan yksinkertaisempiin sovelluksiin. Ilmeisestikin yleisimmiksi tulevat hermojen toimintaan perustuvat rajapinnat. Sensorit aistivat ihmisen biosignaaleja, jotka lähetetään tietokoneeseen. Sensoreina käytetään pintaelektrodeja, jotka aistivat ihon pinnalta lihasten liikkeet ja aivosähkötoimintaan liittyvät ärsykkeet. Tutkijoiden mukaan tämä tulee olemaan suurin kehitys esim. robottien ohjaamisessa. Tällä hetkellä sensoreita tarvitaan vielä useita, mutta tutkijat toivovat lähivuosina päästävän vain yhden mikropiirin käyttöön kuvan 6 mukaisesti. Myös voiman takaisinkytkentä voidaan toteuttaa vaikuttamalla hermoihin ja pintalihaksistoon.



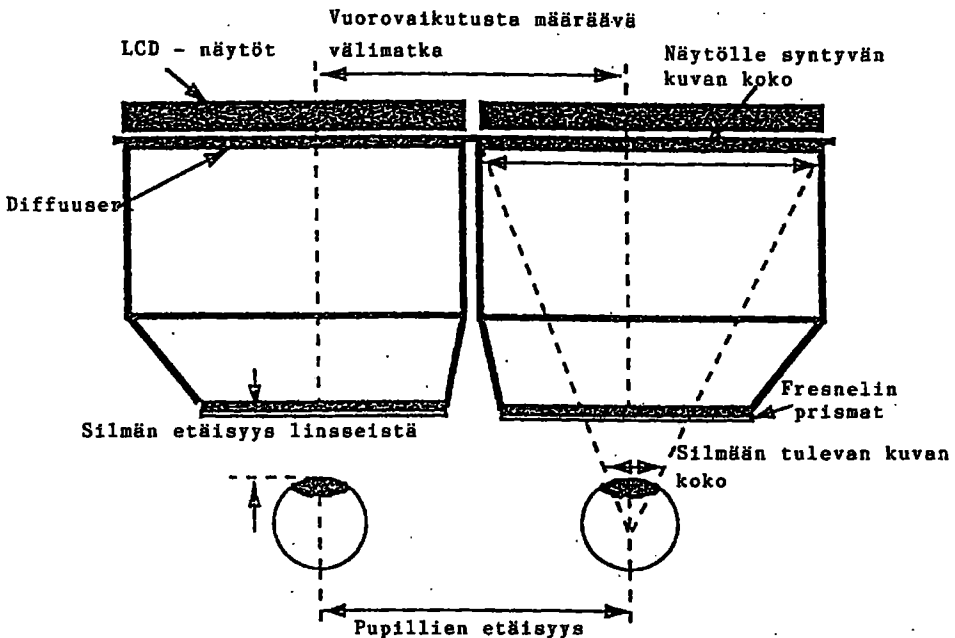
Kuva 6: Tulevaisuuden liikkeet aistitaan mikropiirillä.

Näkymän toteutus virtuaaliympäristössä

Vaikka virtuaalitoteutuksissa usein tunnetuin väline on datahansikas, on ihmisen aisteista määräävin näkö. Näkö aiheuttaa yleensä myös suurimmat poikkeamat todelliseen interaktiiviseen virtuaalisuuteen. Nykyiset datakypärät ovat alkeellisia ja näkökenttä rajattu. Kypärää käyttäessä tuntee katselevansa kuin putkea pitkin. Näytön päivitysnopeus ei myöskään ole riittävä, joten pään nopea liike aiheuttaa virtuaalinäkymään usein hyppäyksen ja tämäkin tapahtuu viipeellä. Näköaistin välittymisessä sekunttien osankin viive häiritsee tosiaikaisuutta.

Näköaisti välitetään useimmiten silmikkönäytöllä (Head-Mounted Display, HMD). Ensimmäiset HMD:t olivat kypäriä, koska näin saatiin tukeva rakenne ja kypärä pysyi hyvin päässä. Uusimmat versiot ovat vain silmille tiiviisti asetettavat "lasit" tai lippalakkimainen esine. HMD:tä on kaksi eri perusratkaisua: läpikatsottava ja suljettu. Läpikatsottava tarkoittaa sitä, että varsinainen näkymä on määräävin ja siihen yhdistetään tietokonenäkymä. Käyttäjä siis katselee näiden yhdistelmää, lisättyä todellisuutta. Suljettu näyttö puolestaan näyttää vain synteettisen kuvan. Suljettu näyttö on yleinen pelisovelluksissa.

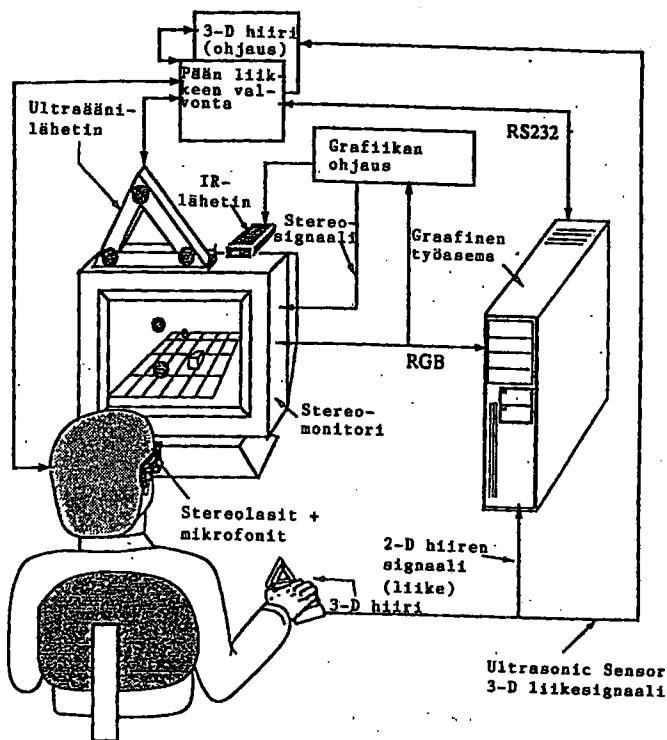
Vaikutus aikaansaadaan tuottamalla silmikolle stereotyypinen kuva. Kummallekin silmälle on oma näyttö ja niille tuotetaan binokulaarisen poikkeman verran erilaista kuvaa eri silmille. Näyttö on hyvin lähellä silmiä, mistä syystä on käytettävä erikoisoptiikkaa, jotta silmät voivat tarkentua näytölle. Linssejä kutsutaan LEEP-optiikaksi ne ensi kertaa esitelleen yhtiön mukaan (kuva 7).



Kuva 7: Silmikkönäytön periaate.

Useissa malleissa käytetään LCD-näyttöä, joka ei kuitenkaan ole tähän tarkoitukseen suunniteltu. Sen resoluutio on vain 360 x 240 pikseliä. Vaihtoehtoisena näyttönä on usein CRT-kuvaputki (CRT = Cathody Ray Tube), jolla on parempi resoluutio, jopa 1280 x 1024 pikseliä 30 Hz:llä. CRT:n käyttö pakottaa muotoilussa kypärämalleihin, koska yleistä on, että katodisädeputket ovat sijoitettu silmien sivuille, josta säteet ohjataan näytölle peilien avulla. Ongelman CRT:n kohdalla on paino sekä erikoisen vaativa rakenne, koska korkeajännitteiset katodisädeputket ovat käyttäjän pään lähellä. Eräissä versioissa on käytetty elektroluminenssinäyttöjä ja erilaisia matriisinäyttöjä. Kehittelyn alla on kuitenkin kokonaan uusi tekniikka, jossa käytetään mikropiiritekniikkaa. Tätä kutsutaan "Digitaaliseksi mikropeiliksi" (DMD = Digital Micromirror Device). Tekniikka perustuu äärimmäisen pienien peilien (16 mikrometriä) heijastavuuteen.

Tietyissä työvaiheissa, esim. suunnitteluprojekteissa, on useamman henkilön pystyttävä seuraamaan samaa näkymää. Tällöin olisi turhan kallis investointi, että kaikilla olisi oma HMD. Ratkaisu tällaisessa tapauksessa on virtuaalinen työasema. Käyttöön tarvitaan kuitenkin erikoismonitori, joka kykenee päivittämään 120 - 140 kuvaa/sekunti. Järjestelmä on esitetty kaaviossa 4. Sterolaseissa on kolme mikrofonia ja ultraäänilähde on näytön päällä. Infrapunalähde (IR-emitter) on synkronissa tietokoneesta tulevien RGB-signaalien kanssa ja se ohjaa stereolasien toimintaa.



Kaavio 4: Virtuaalinen työasema aktiivisilla stereolaseilla.

Kaikissa virtuaalisovelluksissa ei kuitenkaan tarvita suljettua näyttöä tai edes silmikkönäyttöä. Useat simulaattorit pystytään toteuttamaan riittävän hyvin projisointitekniikalla. Todentuntu voidaan saavuttaa laajakangasprojektiolla tai tilänäytöllä. Jo käytössä olevista sovelluksista esimerkkinä 3-dimensionaaliset videoneuvotteluhuoneet tai Instrumentointi Oy:n valmistama tykistön tulenjohtosimulaattori.

Jo aiemmin mainittu viive näköaistissa on myös tutkimuksen alla. Laboratorioversioissa kuva muodostetaan heikkotehoisella laserilla suoraan silmän tappisoluille. Laser asennetaan pysyvästi esim. silmälaseihin tai jopa silmään. Tällä tavalla poistuu viive näkymän ja aistimuksen väliltä ja lähestytään todellista reaaliaikaisuutta.

Ääniefektit

Todellisessa virtuaaliympäristössä pitää olla käytössä myös virtuaalinen audio. Virtuaalista ääntä ei saa sekoittaa stereoääneen, koska stereoäänessä voimme erottaa suunnat ja äänen liikkeen. Ääni pysyy kuitenkin kahdessa tasossa. Virtuaalimaailmassa äänikin on oltava kolmiulotteinen eli on pystyttävä aistimaan äänen syvyys ja liike kaikissa kolmessa suunnassa. Mikäli henkilö kuuntelee musiikkia ja kääntää päätään tai liikkuu huoneessa, on äänilähteen "pysyttävä paikallaan" ja äänen tultava korvaan uudesta suunnasta sen mukaan miten korva liikkuu. Lisäksi äänen on kaiuttava seinistä, lattiasta ja katosta, niinkuin todellisessakin huoneessa. Viimeisin kehitetty versio tällä sektorilla on Acoustetron. Järjestelmässä voidaan käyttää 16 virtuaalista äänilähdettä. Jokaista äänilähdettä kohden on kuusi ohjelmoitavaa heijastuspintaa ja kuusi kiinteää pintaa. Lisäksi järjestelmä sisältää virtuaalisia seiniä, joilla voidaan ohjelmoida huone kulloisenkin tarpeen mukaan. Doppler-ilmiö ja äänen absorptiot voidaan myös mallintaa. Tämä virtuaalinen äänijärjestelmä maksaa kuitenkin 60 000 dollaria. Käytännössä simulaattoreissa saadaan riittävän laadukas ääni toteutettua sijoittamalla riittävästi kaiuttimia käyttäjän ympärille oikeisiin kohtiin.

Virtuaalitekniikan sovelluksia

Seuraavassa on esitelty lyhyesti vain muutama virtuaalitekniikan sovellus.

Siviilikäyttö

Niin sotilas- kuin siviilisektorillakin, on yleisin virtuaalitekniikan hyödyntämisalue simulaattorit. Useimmiten simulaattoreilla nopeutetaan ja tehostetaan koulutusta tai tietyn erityisalueen hallintaa. Yksi syy käyttöön lienee kustannusten säästö. Esimerkiksi ilmailussa lentosimulaattorin käyttö on nopeuttanut ohjaajien koulutusta sekä alentanut koulutuksen hintaa merkittävästi. Simulaattoreilla pystytään lisäksi luomaan niin todentuntuinen virtuaalinen ympäristö, että lentäjä voidaan kouluttaa simulaattorilla tarvittaessa valmiiksi asti.

Näyttääkin siltä, että virtuaalitekniikkaa kehitetään kaikkialle, missä halutaan

vältyä kalliiden todellisten tai näköismallien rakentamiselta. Arkkitehtuuri on yksi parhaista sovellusalueista. Virtuaalitekniikalla pystytään hahmottamaan tarkalleen, miltä rakennus tai alue tulee näyttämään katsojan silmin. Lisäksi käyttöä helpottaa se, että harva arkkitehti suunnittelee nykypäivänä käsin, vaan työ tehdään alusta alkaen tietokoneella, jolloin siirtyminen virtuaaliympäristöön on luontevaa.

Virtuaalitekniikka parantaa myös liikennesuunnittelua, liikennevälineiden suunnittelua ja ahtaiden tai muuten vaikeiden paikkojen käytön suunnittelua. Kotimaassa tällä alueella toimiva yritys on Cyber Cube Oy. Tällä hetkellä ainoa yritys alalla, joka keskittyy virtuaalitekniikan maahantuontiin ja omaan kehitystyöhön. Cyber Cube on rakentanut mm. Helsingin Liikennelaitokselle Rautatien torin bussiliikenteen optimoimiseksi tarkoitetun virtuaalisen mallin. Mallin avulla voidaan syöttää halutulla tiheydellä busseja rautatien torille ja edelleen eteenpäin. Käyttäjä voi tarkastella torin liikennettä mistä pisteestä tahansa, joko ilmasta tai katutasosta.

Tällä virtuaalisella mallilla voidaan optimoida bussien aikataulut, liikennevalojen toimimisrytmi suhteutettuna katujen muuhun liikenteeseen sekä yhtenä tärkeimmistä asioista, suunnitella etukäteen toiminta sekä liikennejärjestelyt esimerkiksi bussin rikkoutumistapauksessa. Cyber Cuben mallin avulla on mm. suunniteltu Postitalon puolelle rakennettavan uuden bussiterminaalin liikennejärjestelyt.

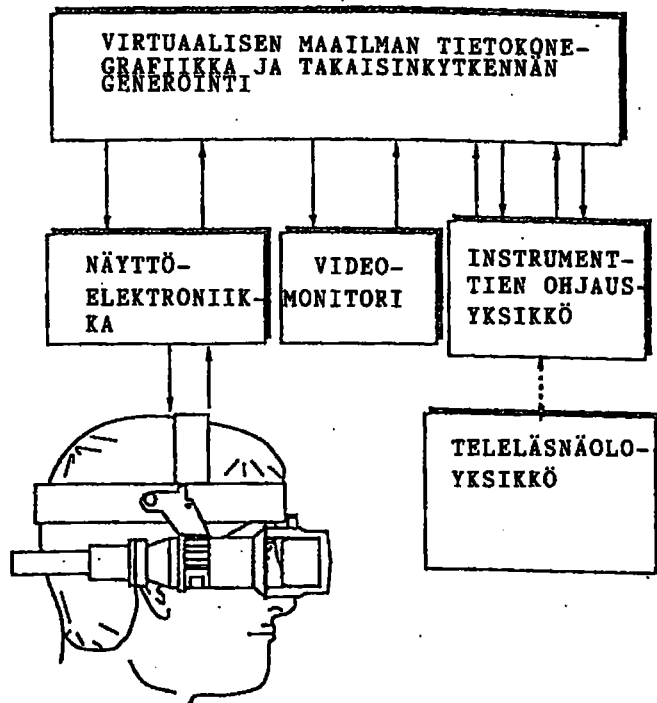
Ainakin alunperin koulutuskäyttöön on suunniteltu myös virtuaalisen ympäristön ominaisuus ns. "lisätty todellisuus". Tällä tarkoitetaan sitä, että käyttäjä toimii läpinäkyvän silmikon avulla, jolloin hän voi tehdä jotain todellista toimenpidettä, ja apua tarvitessaan katsoa neuvoa virtuaalisesti ohjekirjasta silmikon avulla. Samaa periaatetta noudatetaan lentokoneissa aikaansaamalla mittari- yms. näytöt lentäjän näkymään.

Kuten jo edellä on mainittu, virtuaalitekniikka mahdollistaa lähes täydellisen etäläsnäolon. Alunperin ominaisuus on jo toteutunut esim. robottien kauko-ohjauksessa, mutta virtuaalitekniikka on tuonut siihen kosolti lisäarvoa. Unisourcen robotissa (s. 141) voi käyttäjä ohjata robottia seuraamalla näkymää robotin silmiin asennettujen kameroiden kautta. Näkymä välitetään silmikkonäyttöön ja robottia liikutetaan tekemällä itse tarvittavat liikkeet, jotka tietokoneen kautta ohjataan käskyinä robotille.

Huippuunsa viritettyä tekniikkaa edustaa USA:ssa jo koekäytössä ollut telekirurgia. Lääkäri tekee vaadittavan leikkauksen virtuaaliselle ihmiselle. Kaikki kirurgin liikkeet ja toimenpiteet välitetään tietoliikenneverkon kautta (globaalit satelliittiyhteydet) ja vastaanottopäässä kirurgin virtuaalisen leikkauksen mukaisilla käskyillä robotti suorittaa leikkauksen varsinaiselle potilaalle. Kirurgi saa leikkauksesta välitöntä tietoa potilaan tilasta (pulssi, verenpaine, hengitys jne.) robotin sensorien kautta ja hän voi ottaa ne huomioon toiminnassaan. Samoin kirurgi voi antaa ohjeita potilaan tilaa valvovalle nukutuslääkärille. Tietysti nukutuslääkärikin voi toimia virtuaalisesti vaikka eri paikasta kuin kirurgi ja robotti.

Menetelmän etuna ilman muuta on se, että lääkärin ei tarvitse itse fyysisesti olla paikalla. Mihin tahansa tilanteeseen on käytettävissä maailman parhaat asiantuntijat. Taistelukentällä joukolla ei tarvitse olla kuin pieni "ensiapurobotti", joka viedään haavoittuneen luo, ja lääkäri kotimaasta antaa tarvittavan hoidon.

Ongelmana ainakin tällä hetkellä on tarvittava tiedonsiirtokapasiteetti ja sen ulottaminen taistelukentälle. Kaaviokuva lääkärien koulutuksessa käytettävästä simulaattorista (MIS kirurgin koulutuslaitteisto, MIS= minimally invasive surgery) on kaaviossa 5.



Kaavio 5: MIS -kirurgin koulutuslaitteisto.

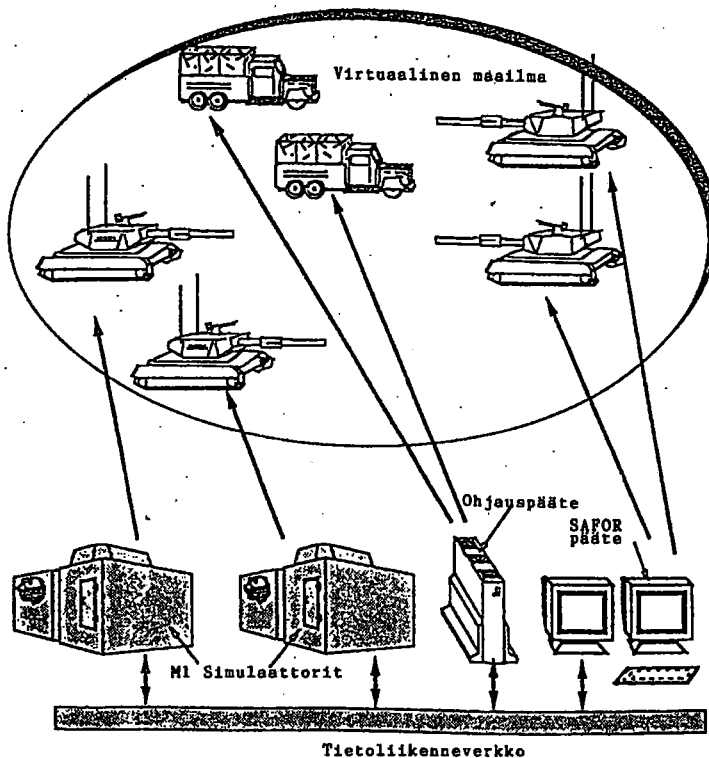
Näiden “elävässä” elämässä tarpeellisten virtuaalisten sovellusten lisäksi menetelmät ovat levinneet myös viihdepuolelle. Virtuaalitekniikan sovelluksia käytetään tänään mm. elokuvien, animaatioiden, seikkailupelien, taiteen, musiikin ja kulttuurin tekemiseen ja esittämiseen. Antiikin Kreikkaankin voidaan tänäpäivänä tutustua omassa olohuoneessa virtuaaliympäristön kautta.

Sotilaskäyttö

Sotilaspuoli kulkee kuitenkin askeleen edellä siviilipuolen kehitystä. Ensimmäisenä syynä tähän on kuten siviilisektorillakin kiinnostus simulaattoritekniikkaan ja koulutuksen tehostamiseen ja monipuolistamiseen. Kuitenkin kehitys koko taistelukentän täydelliseen digitalisoimiseen ja siirtyminen yhä nopeammin perinteisestä sodankäynnistä informaatio- ja johtamissodankäyntiin, on herättänyt yhä suurempaa mielenkiintoa kaiken mahdollisen tiedon visualisointiin ja hallintaan operatiivisissa sovelluksissa. Kuten monessa muussakin, niin tässäkin kärjessä kulkee

Yhdysvallat, joka nyt jo osin toteutusvaiheessa olevassa FORCE XXI - ohjelmassaan on asettanut yhdeksi selkeäksi tavoitteeksi informaatiotosodankäynnin voittamisen kaikilla osa-alueilla. Tähän pääsemiseksi on tutkimuslaboratoreissa ylläpidettävä kykyä tuottaa koko ajan tehokkaampia järjestelmiä. Jotta näiden käyttö ja koulutus olisi mahdollista riittävän nopeasti ja tehokkaasti, on otettava käyttöön virtuaaliseen ympäristöön perustuvat järjestelmät koko taistelualueelle kaikessa johtamis-toiminnassa.

Ensimmäinen laaja virtuaalinen järjestelmä oli SIMNET (Simulation Network), joka on tarkoitettu lähinnä taisteluvaunujen miehistöjen koulutukseen. Koulutus tähtää kykyyn toimia osana suurempaa operaatiota. Järjestelmä kattaa yli 200 simulaattoria sekä USA:ssa että Saksassa. Kukin simulaattori on oma M1 -taisteluvaunu kaikkine ase-, sensori- ja suunnistusjärjestelmineen. Tietokone ohjaa toimintoja virtuaalisella 50 x 75 km:n taistelualueella Saksassa ja Keski-Euroopassa. Vaunujen miehistöt ovat yhteydessä toisiinsa vaunun omien viestivälineiden kautta. Toiminta-alueeseen lisättiin myöhemmin Kuwaitin operaatioalueet. Vastustajina simulaattorissa on tietokone-agentit (SAFOR = Semi-Automated Forces). Kouluttaja antaa tietokoneelle "taktiset" komennot ja agentit ohjaavat yksityiskohtaisen toiminnan ohjelmoinnin mukaan. SIMNET:n periaate on esitetty kaaviossa 6.



Kaavio 6: SIMNET-koulutussimulaattorin periaatekaavio.

Uusimassa SIMNET:n kehitysversiossa on ns. "salakuuntelijat", jotka ovat virtuaalisesti ohjattuja miehitettyjä tai miehittämättömiä vaunuja. Nämä eivät lähetä mitään smg-säteilyä, vaan ainoastaan vastaanottavat ja taltioivat havaintonsa. Tämän lisäksi ne voivat ottaa miehistöä mistä tahansa taistelualueelta, jolloin miehistö voi tehdä omakohtaisia havaintoja omista ja vihollisen joukoista. Näitä käytettiin ensi kertaa Persianlahden sodassa, ja näiden avulla voitiin ensimmäisten taistelujen jälkeen selvittää Irakilaisten liikkeitä ja taktiikka. Tiedot syötettiin samantien SAFOR:iin ja jo ennen seuraavaa taistelua liittoutuman joukot olivat harjoitelleet taistelua tätä taktiikkaa käyttävää vihollista vastaan.

USA:n merivoimat on myös aloittanut omat virtuaalitekniikan tutkimus- ja kehityshankkeensa Californiassa. Heidän työnsä lähti ongelmasta, joka syntyi kun alusten komentosillalla työskentelevä henkilöstö kuormittui liikaa aluksen moninaisista ja -mutkaisista näytöistä ja niiden sisältämästä informaatiosta. Pyrittiin kehittämään näytöt, jotka ovat helpompia ymmärtää ja jotka ottavat huomion kunkin omat taidot ja kyvyt.

Esimerkkinä sukellusveneentorjunta, jossa ääniluotaimen aallot aiemmin heijastettiin kolmiulotteisista äänilähteistä kuudelle kaksiulotteiselle näytölle. Operaattorin piti osata yhdistää nämä kaksiulotteiset tiedot ja luoda niistä kolmiulotteinen malli. Maalin löytyminen edellytti yhtä paljon onnea kuin taitoa.

Virtuaalitekniikalla järjestelmää kehitettiin siten, että 2-ulotteiset näytöt korvattiin 3-ulotteisilla heijastusnäytöllä, jolloin operaattorin edessä on kolmiulotteinen kuva merialueesta. Maali paikantuu heti tälle näytölle, jolloin sitä vastaan voidaan heti toimia.

Virtuaalitekniikkaa hyödynnetään myös puhtaasti suunnittelutyössä. Telealalla on kehitteillä ja osin käytössäkin virtuaalisia verkonsuunnittelu- ja hallintaohjelmia. Näillä pystytään kolmiulotteisessa tasossa suunnittelemaan ja testaamaan erilaisia verkkorakenteita. Lisäarvoa antavat mahdollisuudet generoida vikoja ja tappioita eri verkosegmenteille. Markkinoilla olevia lähinnä simulointiohjelmia on mm. CACI Products Companyn COMNET III sekä QSI:n (Quintessential Solutions Incorporated) -yhtiön NetSolve. Kun näihin integroidaan verkon valvonta ja hallinta, on käytössä jo melkoisen tehokas suunnittelutyökalu.

Internetin ja WWW:n leviämisen myötä on myös kansainvälisten tietoverkkojen hyödyntämiseen panostettu voimavaroja. Intranet on kovaa vauhtia syrjäyttämässä internetin yritysten ja muidenkin organisaatioiden sisäisessä käytössä. Varsinaisesti intranetin käytössä ei ole mitään uutta, mutta sillä maksimoidaan tietoturvasuus ja halutun tiedon perillemeno. Samalla minimoidaan kustannuksia. Intranettiä käyttääkin tällä hetkellä useita tuhansia yrityksiä ympäri maailmaa. Intranetissä voidaan verkko muodostaa halutulla tavalla vaikka jokaista käyttökertaa varten erikseen. Tämä korvaa myös tarvittaessa oman lähiverkon ja eri puolilla maailmaa toimivat pisteet voidaan liittää yhteen. Tällaista verkkojen käyttöä kutsutaankin yhä useammin virtuaaliseksi internetiksi VPI (Virtual Private Internet).

Suunnitteluasteella olevat järjestelmät

Seuraava kehitysvaihe, joka toki on jo laboratorioiden pöydällä ja osin kokeilukäytössäkin, on henkilön täydellinen virtuaalinen siirtyminen paikasta toiseen. Joukon komentaja, joka on esikunnassaan, haluaa etummaisesta pataljoonasta yksityiskohtaista tietoa päätöksentekonsa perustaksi. Hän pukeutuu kypärään ja siirtyy virtuaalisesti pataljoonaan, vaikka etummaiseen pesäkkeeseen siellä. Arvioituaan tilanteen siellä ja keskusteltuaan pataljoonan komentajan kanssa, hän "palaa" takaisin esikuntaansa ja ottaa havaintonsa huomioon päätöksessään.

Vaikka tällainen "virtuaalimatkaileminen" saattaakin nyt kuulostaa utopistiselta, sitä se suinkaan ei ole. Kaikki tämä on jo tehty laboratorioissa ja pystyttäisiin tekemään kentälläkin. Suurimpana esteenä tällä hetkellä on riittämätön tiedonsiirtokapasiteetti esikunnista alaspäin sekä kehitykseen tarvittava raha.

Ruotsin virtuaalitetorellisuutta käsittelevässä konferenssissa esiteltiin myös eräänlainen virtuaalinen komentokeskus. Järjestelmä toimii kyberavaruudessa, avaruudessa missä mitkään vapausasteet eivät rajoita liikkumista. Kun henkilöt ovat pukeutuneet virtuaalikipärään, he saapuvat eräänlaiseen tilannekeskukseen. Huone on kolmiulotteinen ja henkilöt voivat liikkua siellä vapaasti. Seinillä on karttoja, taulukoita jne. Yhdellä seinustalla on kolmiulotteinen kuva taistelulentästä, jossa on esitetty maasto, joukot jne. Halutessaan liikkua taistelualueella, käyttäjä menee kartalle, napsauttaa haluamaansa kohtaa, jolloin siirtyy kyseiseen paikkaan, kolmiulotteiseen ympäristöön. Käyttäjällä voi valita joukon, jolloin hän siirtyy joukon sisälle. Täällä voi tavata joukon komentajan ja keskustella hänen kanssaan. Myöskin työskentely kartoilla yhdessä toisen komentajan kanssa on mahdollista.

Systeemin perusideana on tarjota yhteensulautettu helposti omaksuttava kuva taistelulentästä. Komentajalle halutaan tarjota mahdollisuus liikkua taistelualueella, tutkia yksittäisiä joukkoja ja vaihtaa mielipiteitä tilanteesta. Lähteestä ei kuitenkaan selvinnyt, kuinka tilan tiedot syötetään sovellukseen, kuinka usein niitä voidaan päivittää ja millaisia tietoliikenneyhteyksiä järjestelmä vaatii.

Vaikka ruotsalaiset ovatkin mainostaneet, että järjestelmä on ollut jo käytännön kokeissa poissa laboratoriosta, jää helposti kuva, että kyseessä on vain yhteen tilanteeseen luotu koulutusversio, missä tilanteesta toiseen liikkuminen ja vapaa kartan valinta ei ole mahdollista.

Ruotsalaisten into asiaan on kuitenkin ilmeinen. Arkkitehtuuri perustuu Ruotsin tietojenkäsittelyinstituutin luomaan arkkitehtuuriin DIVE (Distributed Interactive Virtual Environment) ja Ericssonin kehittämään kypärään. Kehitystyö on kuitenkin vielä pahoin kesken.

Maanläheisempi sovellus on tilannekuvan välitys yksittäiselle taistelijalle tai osastolle. Tämä perustuu digitaaliseen karttaan, josta on luotu kolmiulotteinen malli. Karttatieto heijastetaan taistelijan kypäränäytölle (läpinäkyvä silmikko), jolloin taistelija liikkeessaan näkee koko ajan maaston kolmiulotteisena. Hän voi myös käydä katsomassa edessä olevaa maastoa ennen etenemistään. Menetelmällä voidaan lisäksi harjoitella koko toiminto etukäteen, jolloin virtuaalisesti tehdään matka useita kertoja, ja maasto pienintä yksityiskohtaakin myöten tulee tutuksi.

USA:ssa järjestelmään on yhdistetty lisäksi satelliittitiedustelu, jolloin kypärän silmikolle voidaan välittää satelliitin ottama kuva maastosta kolmiulotteisen karttatiedon lisäksi. Tämä mahdollistaa sen, että taistelija voi "käydä katsomassa" etukäteen millaista mäen takana on ja mitä vihollisen joukkoja siellä mahdollisesti on. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu suomalaiseen käyttöön, koska se on ratkaisevasti riippuvainen satelliittiyhteyksistä. Tiedustelutietojen tarkkuus kuitenkin riittää jopa yksittäisen taistelijan tarpeisiin. Tätä tukee kuvat, joita USA:n satelliittitiedustelu on ottanut entisen Jugoslavian alueelta. Tuolla alueella maasto on suuruusluokkana yhtä peitteistä kuin Suomessa.

Kaiken kaikkiaan USA perustaa koko FORCE XXI -hankkeensa yhä enemmän satelliittiyhteyksien varaan. Onhan tavoitteena globaali järjestelmä, jota voidaan hyödyntää kaikkialla maailmassa. Globaalin järjestelmän mahdollistavat USA:n sotilaalliset satelliittijärjestelmät sekä mahtava määrä kaupallisia satelliittijärjestelmiä, joiden käyttö myös on mahdollista asevoimille kriisiaikana. Esim. kehitettävä Iridium-satelliittijärjestelmä tuo taivaalle satoja uusia leo-satelliitteja (LEO = Low Earth Orbit, matalalla radalla lentävät satelliitit).

Tietoliikenne rajoittaa

Kuten jo edellä on käynyt ilmi, muodostuu tällä hetkellä suurimmaksi ongelmaksi virtuaalitekniikan hyödyntämiselle taistelukentällä alhainen tiedonsiirtokapasiteetti. Suomessa käytettävät kenttäviestijärjestelmien datan siirtokyvut ovat aivan liian alhaiset tällaisten sovellusten käytölle. Edes nyt puolustusvoimien pakettiverkossa käytettävä nopeus ei riitä, vaan olisi pystyttävä hyödyntämään vähintäänkin 64 kbit/s -ISDN-yhteyksiä. Todennäköistä lienee, ettei edes ISDN tule riittämään tulevaisuuden vaatimuksille, ellei pakkaustekniikassa kehitytä entisestään. Riittävää kapasiteettia saataisiin N-ISDN:n (30B + D) nopeudesta 2 Mbit/s.

Parannusta tuo matkapuhelinten datan siirtokyvyn kehittyminen. Kokeiluissa on jo nyt 14,4 kbit/s ja lähivuosina tulee mahdolliseksi 76,8 kbit/s eli 8 x 9,6 kbit/s nopeus. Kehittyvä UMTS/FLPMTS sallinee 2Mbit/s -nopeuden, jolloin jopa kuvapuhelimen käyttö tulee olemaan mahdollista (UMTS = Universal Mobile Telecommunication System, FPLMTS = Future Public Land Mobile Telecommunication System).

Kiinteissä televerkoissa ongelmia tuskin tulee kunhan on siirrytty SDH- ja ATM-tekniikkaan. Suurimmat vaikeudet kohdataan jatkossakin kenttäverkoissa, joihin ATM-tekniikkaa kyllä kovasti kehitetään, mutta varsinaisia järjestelmiä ei vielä ole käytössä. Virtuaalitekniikan käyttö tulleeekin tästä syystä lähivuosina keskittymään yhtymätasoon ja siitä ylöspäin. Vasta satelliittisiirtotietä tai kenttäkelpoista tukiasemaa ja esimerkiksi minilinkkiä käyttävä järjestelmä tulee avaamaan virtuaalitekniikalle tien taistelualueelle.

Virtuaalitekniikan käyttöönoton kannalta on merkittävää arviot, joiden mukaan laajakaistaiset verkot tulevat kehittymään vuoteen 2005 mennessä siten, että multimedialiittymä on peruspalvelu (30B + D, 2 Mbit/s). Nopeus 155 Mbit/s (STM-1) tulee olemaan merkittävä esim. lääketieteellisissä sovelluksissa. Samoin vuoteen

2005 saadaan UMTS-puhelimen määritykset valmiiksi, jolloin ainakin periaatteessa kuvapuhelimen yleistymiselle ei ole esteitä.

Vielä kauemmas ulottuvana on arvioitu, että vuoteen 2020 mennessä rakennetaan optotekniikkaohjaukseen perustuva optoverkko, missä 3-dimensionaaliset kuvat siirretään tilakuvina (hologrammeina) optokytöntäkänttien välittämällä. Kytöntäkänttiä ohjaavat tietokoneet optoneuraalitekniikkaan perustuen. Tilakuvan mukana siirretään ääni luonnollisena monikanavaisena tiläänä.

Visiota vai ei ?

Monet sovellusesimerkit antavat ymmärtää, että virtuaaliympäristöt ja virtuaalitekniikan hyödyntäminen ovat vain kuvitelmiä ja visioita. Näin ei kuitenkaan ole, vaan erityisesti sotilasorganisaatioissa tehdään määrätietoista työtä virtuaalitekniikan kehittämiseksi ja käyttöönoton mahdollistamiseksi. USA:ssa DoD (Department of Defence) panostaa nykyisin jo 500 miljoonaa dollaria vuoteen 1997 mennessä virtuaalitekniikan kehittämiseen sotilaskäyttöön. Tämän lisäksi siviiliteollisuus satsaa sadoissa miljoonissa dollareissa. Vuonna 1993 oli kehitetty jo yli 800 virtuaalitekniikkaa käyttävää sovellusta tai järjestelmää ja vain 52 näistä oli sotilaskäyttöön tarkoitettuja. Nytemmin suhde on muuttunut sotilasversioiden lisääntymisen myötä.

Suomessa puolustusmäärärahat eivät mahdollista ainakaan laajaa kehitystyötä. Meidän olisikin huolella keskityttävä seuraamaan alan kansainvälistä kehitystä niin, että uusin tieto on hallussamme. Lisäksi siviiliteollisuuden kanssa yhteistyössä on pyrittävä kehittämään myös omaa toimintaamme palvelevia ja koulutusta tehostavia virtuaalitekniisiä järjestelmiä ja laitteita.

LÄHTEET

Varsinaiset lähteet:

- Virtual Reality Technology. Grigore Burdea, Philippe Coiffet, A Wiley-Interscience Publishing, 1994.
 The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Kalawsky, R.S. Addison-Wesley Inc., 1993.
 US Army Science and Technology Master Plan, volume I, 1995
 Garage Virtual Reality, Jacobson Linda, Sams Publishing, 1994
 Visio tietoliikennetekniikasta, Tietotaito 2/96
 Virtuaaliympäristöt - kuvan sisälle vievät tekniikat. Ippo Reitmaa, Jukka Vanhala, Marko Antila, TEKES julkaisu nro 45/95.
 Command and Control for War and Peace, Thomas P. Coakley, US Government Printing Office, 1992
 SIGNAL, AFCEA's International Journal, July 1995
 Tele.com, Business and Technology for Public Network Service Providers, May 1996
 Battlefield Systems International -konferenssi ja näyttely 6. -8.6.1994, Surrey, UK.
 Battlefield Systems International -konferenssi ja näyttely 4. -6.6.1996, Surrey, UK.
 MASEVR '95: The Second International Conference on the Military Applications of Synthetic Environments and Virtual Reality 6. -12.1995, Ruotsi. PsyL Lauri Oksaman matkakertomus.
 MILCOM '95: Military Communications -konferenssi 2. -5.10.1995, Fort Monmouth, USA
 MILCOM '96: Military Communications -konferenssi 5. -8.11.1996, San Diego, USA
 Rationalisation of Public Services Networks, AFCEA:n symposium Tukholmassa 14. -16.3.1995

Muut lähteet**HPY:n tutkimuskeskus****Cyber Cube Oy****NOKIA:n tutkimuskeskus****Interaktiivinen teknologia koulutuksessa -konferenssi, Aulanko, Hämeenlinna 22. -23.4.1994****Informaatioon liittyvät synergia-alueet ja niiden väliset suhteet nykyaikaisella taistelukentällä. Informaatio, Tiedonsiirto ja sen käsittely nykyaikaisella taistelukentällä. Maj Iikka Jäppisen lisensiaattikurssin erikoistyöt 1993****Johtamissodankäynti. Evl S Ahvenaisen esitelmä Viestiupseeriyhdistyksen seminaarissa 21. -22.3.1996****Sodankäynnin ja taistelun kuva 2000. Evl Markku Koli, MpKK taktiikan laitoksen julkaisusarja 2, N:o 1/1995****USArmy CECOM: Advance Planning Briefing for Industry "Enabling Force XXI - Implementing a New Defence Strategy"****Joint C4I symposium, Reshaping Command systems, AFCEA:n symposium San Diegossa 20. -22.4.1994. Evl Ossi Kettusen matkakertomus.****Equipping Force XXI Seminaari (AUSA), Orlando 23. -25.5.1995. Kenrml A Sivulan matkakertomus.**