



## Augmented reality

Augmented reality is going to change the mobile communication in a near future. Point-to-point multimedia transmission will be replaced by a ubiquitous computing environment containing numerous sensors and actuators wirelessly connected to our mobile terminal. Augmented reality enables new user interface metaphors for controlling and interacting with the ubiquitous environment.

Augmentation means addition of any kind of digital information, such as graphics, audio, force feedback, or even smells to the user through the user interface of the terminal. At the University of Oulu mobile augmented reality has been studied through several pilots and projects since 1997.

The first project was a pre-study PIHVI (Personal Virtual Reality Services based on Picocellular Networks), which was funded by the National Technology Agency of Finland (TEKES), Nokia, Sonera, Polar Electro, and Elektrobit. During 1998-2000 the main prototyping environment was designed and developed in the CyPhone project, which belonged to the TLX technology program.

In this article we justify our research, state the requirements of mobile augmented reality and discuss, how the evolution of cellular networks will support mobile augmented reality applications in the future. Solutions to two important research issues, namely service connectivity and distributed virtual world synchronisation, are presented as well.

The scientific leader of our current projects is professor Juha Röning (Juha.Roning@oulu.fi).



Lisätty todellisuus yhdistää käyttäjän näkemään todelliseen maailmaan keinotodellisuuden osia. Näiden avulla voidaan laajentaa käyttäjän havainnointia ympäristöstä. Mahdollisia lisäyksiä ovat esimerkiksi opastetekstit ja kuvat, varoitukset, laitteiden ja sovellusten käyttöliittymät sekä virtuaalinen työpöytä.

## Laajennus kolmannen sukupolven matkaviestimiin

# Lisätty todellisuus mukaan



KUVA: OULUN YO TKI LAB.

Matkaviestinlaitteiden ja -verkkojen kehittyminen tuo lähitulevaisuudessa todellisuuden ja keinotodellisuuden yhdistävän lisätyn todellisuuden mediapuhelinten näytöille. Se tarjoaa huomattavasti monipuolisemman käyttöliittymän palveluille ja mahdollistaa täysin uudenlaisia sovelluksia, joita ei kaikkia pystytä vielä edes kuvittelemaan.

Erityisen hyvin tämä uusi käyttöliittymä soveltuu pienikokoisiin mobiililaitteisiin, kuten juuri matkaviestimiin. Lisätyn todellisuuden sovellukset kuitenkin vaativat varsin paljon päätelaitteelta, tietoliikenneverkkoilta ja järjestelmää hallitsevilta ohjelmistoilta. Oulun yliopistossa tutkitaan tiiviisti lisättyä todellisuutta ja selvitetään sen toteutusmahdollisuuksia tulevaisuuden matkaviestinjärjestelmissä.

### Uudentyyppinen käyttöliittymä

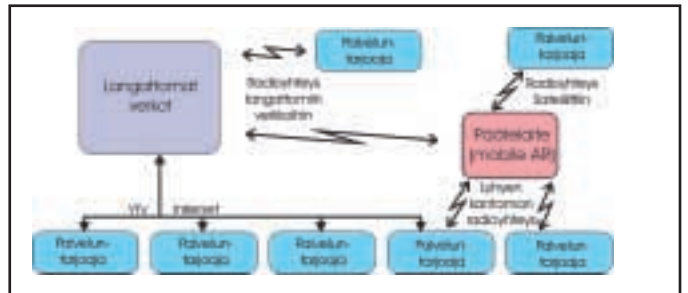
Lisätty todellisuus parantaa sovelluksien käytettävyyttä samalla tavoin kuin graafinen käyttöliittymä korvautuu DOSin. Esimerkiksi WWW on käytettävyydeltään aivan eri tasoa kuin sitä edeltänyt tekstipohjainen Internet. Monet aivan uudentyyppiset palvelut ja sovellukset ovat mahdollisia lisätyn todellisuuden avulla. Lisäksi lukuisat olemassa olevat palvelut hyötyvät suuresti siitä.

Määritelmän mukaan lisätty todellisuus tarkoittaa todelliseen maailmaan liitettyjä keinotekoisesti luotuja osia, joita voivat olla esimerkiksi teksti, kuva, ääni ja voimavaste, sekä lähitulevaisuudessa mahdollisesti myös haju. Tyypillinen lisätyn todellisuuden muoto on käyttäjän näkökenttään liitetty teksti tai kuva. Usein hyödynnetään optisesti läpäisevää silmikkonäyttöä, johon lisättävät osat sijoitetaan. Käyttäjän katsoessa maailmaa silmikkonäytön läpi hän näkee sekä todellisen maailman että siihen lisätyn tiedon.

Jotta lisäykset olisivat merkityksellisiä, järjestelmän täytyy tietää varsin paljon käyttäjästä ja ympärillä olevasta maailmasta. Todellinen maailma, johon lisäykset on tehty, on täytynyt kartoittaa, jotta tiedetään milloin ja millainen objekti lisätään. Tämän lisäksi käyttäjän si-



Radio-ohjattavan auton avulla on tutkittu lisätyn todellisuuden soveltuvuutta etäoperointiin. A radio-controlled car has been utilised in research of teleoperation via augmented reality.



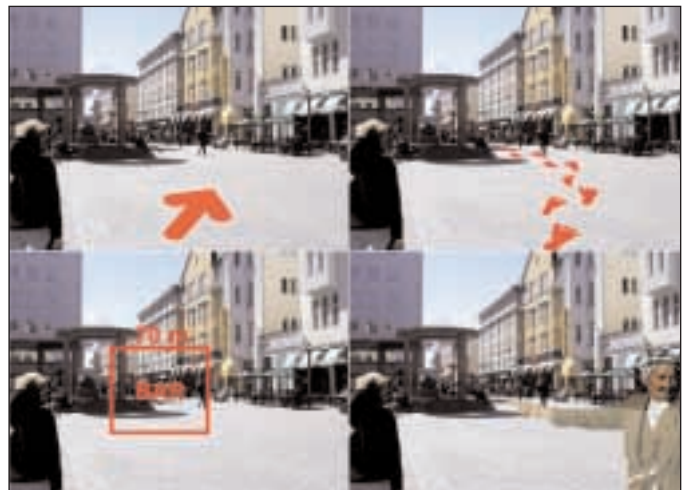
Tyypillisessä lisätyn todellisuuden ympäristössä on useita palveluntarjoajia, joita käytetään erilaisten langattomien yhteyksien kautta. A typical scenario of mobile augmented reality service environment has several service providers that are connected via different wireless networks.

jainti ja katselusuunta täytyy tuntea. Nämä ovat teknisesti vaativia toteuttaa, joten lisättyä todellisuutta hyödyntäviä palveluita ei vielä juurikaan ole käytössä.

Rajatulla alueella, esimerkiksi leikkaussalissa tai tehdashallissa, lisättyä todellisuutta voidaan jo nyt soveltaa. Kuluttajille tarjotut palvelut kuitenkin valtaavat markkinat vasta, kun lisätty todellisuus on käytettävissä kaikkialla. Kun nämä palvelut ovat

tarjolla myös liikkuvalla käyttäjälle, on kyseessä liikkuva lisätty todellisuus. Se on teknisesti huomattavasti rajatulla alueella toimivaa haastavampi, mutta tarjoaa toisaalta moninkertaisen hyödyn ja markkinat.

Lisätty todellisuus pohjaa virtuaalitodellisuuteen, jolle jo kehitetään muun muassa pelisovelluksia kaupalliseen käyttöön. Virtuaalitodellisuuteen verrattuna lisätty todellisuus on teknisesti haastavampi paikan-



Lisättyä todellisuutta voidaan käyttää käyttöliittymänä esimerkiksi henkilökohtaisen navigoinnin sovelluksissa. Augmented reality is well suited for a user interface for example to personal navigation.



Personoituja lisätyn todellisuuden palveluja voidaan hyödyntää ihmisen ja älykkään ympäristön välisessä kanssakäymisessä. Personalised augmented reality services can be utilised in communication between the user and the intelligent environment.

nustarpeen vuoksi, mutta toisaalta laskentatehoa tarvitaan vähemmän. Tämä johtuu siitä, ettei maailmaa, jossa käyttäjä on, tarvitse visuaalisesti mallintaa kokonaisuudessaan – vain lisäävät osat on tarpeen piirtää. Liikkuva lisätty todellisuus ei siten ole kaukana kaupallisesta hyödyntämisestä, joten tekniikkaa ja sovelluksia on syytä jo suunnitella ja kehittää.

#### Tappajasovellusta etsimässä?

Tappajasovelluksella tarkoitetaan sovellusta tai palvelua, jolla on suuret massamarkkinat. Esimerkiksi pian markkinoille tulevien mediapuhelinten tappajasovellukseksi on arveltu paikakasidonnaisia tietopalveluja, monen pelaajan pelejä tai henkilökohtaisia navigointia.

Liikkuva lisätty todellisuus ei sinällään ole sovellus, mutta muuten sillä on kaikki mahdollisuudet tulla tulevaisuuden matkaviestimien tappajasovellukseksi. Oikeastaan se on pikemminkin hopealuoti – teknisesti yliverntainen ratkaisu mobiililaitteiden palveluiden käyttöliittymäksi.

Esimerkkejä liikkuvan lisätyn todellisuuden sovelluskohteista ovat tietokoneavusteinen ryhmätyö, etäläsnäolo, etäoperointi, monet viihdesovellukset, kaupankäynti, turvallisuuspalvelut ja henkilökohtainen navigointi. Se sopii kehittyneeksi käyttöliittymäksi erittäin moniin sovelluksiin.

#### Älykäs elinympäristö

Tekniikan kehittyessä voidaan yhä useampaan laitteeseen toteuttaa valvonta- ja ohjauselektronikkaa. Näiden jokapäiväisessä ympäristössämme olevien esineiden ominaisuuksien kehityksessä siirrytään askeleittain kohti älykäästä ympäristöstä. Tämä kaikkialla läsnä oleva älykkyys (ubiquitous intelligence)

mahdollistaa ihmisen ja ympäristön välisen kanssakäymisen aivan uudella tasolla.

Lisätty todellisuus sopii luonteeltaan täydellisesti käyttöliittymäksi ihmisen ja älykkään ympäristön välille. Jos ajatellaan esimerkiksi tilannetta, jossa teiden varsilla on mittalaitteita valvomassa eläinten tien ylitystä, voi älykäs ympäristö varoittaa kohdalle saapuvaa autoilijaa tuulilasien heijastetulla ilmoituksella.

Tekniseltä kannalta tämän tyyppisen älykkyuden toteuttaminen elektronisiin laitteisiin on mahdollista jo nyt, joskin kustannukset käytännössä nousevat vielä liian korkeiksi. Itse laitteiden elektroniikkaa huomattavasti haastavampi seikka ovat tarvittavat ohjelmistot. Jotta kaikki erilaiset laitteet olisivat käytettävissä kaikilla tulevaisuuden päätelaitteilla, tarvitaan varsin voimakasta standardointityötä. Lisäksi kokonaisuutta hallitsemaan tarvitaan palveluarkkitehtuuri, joka sallii erilaisten laitteiden (palveluntarjoajien) joustavan liittymisen ja käyttäjän vapaan liikkumisen.

Tällainen arkkitehtuuri on parhaillaan kehitteillä Oulun yliopistossa. Tällä hetkellä suunnittelutyö sen toimintaperiaatteista on valmis ja ensimmäisen koejärjestelmän toteutus käynnissä. Liikkuvaa lisättyä todellisuutta on tutkittu vuodesta 1997 lähtien useissa eri hankkeissa.

#### Vaatimukset laitteistolle

Lisätty todellisuus asettaa jo sinällään kovia vaatimuksia niin laitteistolle kuin palveluillekin. Liikkuvuus tuo toisaalta huomattavasti lisähaastetta paikannukseen ja asennon määrittämiseen ja toisaalta syntyy kokonaan uusia teknisiä haasteita.

Liikkuvaan käyttöön suunnitellun laitteen tulee luonnolli-

sesti olla kooltaan ja muotoilultaan soveltuva mukana kuljetettavaksi. Sen täytyy tukeutua langattomiin ja laajalla alueella toimiviin tietoliikenneyhteyksiin ja paikannusmenetelmiin. Kaiken muun lisäksi laitteiston tarvitsema energia on kuljetettava mukana – tai tuotettava tarvittaessa.

Soveltuva päätelaite on esimerkiksi puettava tietokone, jollaisia useat eri tahot ovat kehittäneet. Ne ovat kuitenkin vielä varsin epäkäytännöllisiä ja vaikka niiden kehittäjät uskovatkin niistä muodostuvan tulevaisuuden ihmisen jokapäiväisen apuvälineen, on varsin todennäköistä, että suuret massat eivät kovinkaan pian ryhdy niitä käyttämään.

Matkapuhelin soveltuu liikkuvan lisätyn todellisuuden päätelaitteeksi pienin muutoksin. Tärkeimpinä lisäyksinä ovat paikannukseen tarvittavat osat ja näyttölaite, johon lisäykset voidaan tehdä. Silmikkonäytön liittäminen matkaviestimeen toisi parhaan lopputuloksen, mutta ensivaiheessa lisäykset voidaan tehdä myös matkaviestimen näytölle. Tällöin käyttö ei ole yhtä sulavaa kuin silmikkonäytön avulla, mutta lopputulos on kuitenkin kelvollinen. Paikannustekniikat ovat jo nyt tuloissa hyvää vauhtia matkaviestimiin, jotka kykenevät hyödyntämään joko verkkoa paikannukseen tai tukeutumaan ulkopuolisiin järjestelmiin, esimerkiksi satelliitipaikannukseen.

#### Vaatimukset verkolle

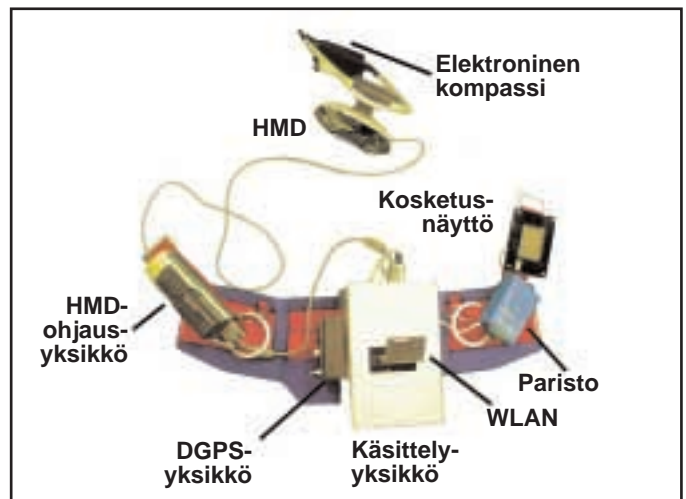
Lisätyn todellisuuden sovellusten välinen kommunikointi on tapahtuma- tai tietovirtapohjaista. Tyypillinen tapahtuma on ympäristössä olevan laitteen re-

kisteröinti käyttäjälle. Tapahtumaan voi sisältyä lisätyn todellisuuden olioiden, kuten laitteen virtuaalisen käyttöliittymän tai ympäristössä kuuluvan varoitussäänen, siirtoa.

Tietovirtapohjaista liikennettä tapahtuu käyttäjien välillä samaan tapaan kuin tavallisissa puhelinkeskustelussa. Tietovirta sisältää jatkuvaa ääni- tai kuva-dataa tai tietoa käyttäjän toimista. Kaksi käyttäjää voi esimerkiksi pelata pöytätennistä huoneessa, jossa pelipöytä, verkko, mailat ja pallo on luotu virtuaalisesti. Jotta vastustaja näkee toisen pelaajan kädessä mailan joka hetki oikeassa asennossa, täytyy käden sijainti ja paikka välittää jatkuvasti vastapuolen pelaajalle.

Tapahtumapohjaiselle tiedonsiirrolle on tyypillistä porskeisuus. Suuren osan ajasta tietoa ei siirretä ollenkaan, kun taas satunnaisena ajanhetkenä täytyy siirtää esimerkiksi kymmenen kilotavun kokoinen lisätyn todellisuuden olio. Järkevin tapa tämmäntyyppiseen tiedonsiirtoon on varata tiedonsiirtokapasiteettia dynaamisesti tarpeen mukaan. Tietovirtapohjaisessa tiedonsiirrossa puolestaan siirtoviiveiden ja tiedonsiirtokapasiteetin pitää pysyä mahdollisimman muuttumattomina koko ajan.

Lisätyn todellisuuden tiedonsiirtovaatimukset voidaan kuvata palvelunlaatuparametreinä. Tapahtumapohjaisessa tiedonsiirrossa tärkein parametri on luotettavuus. Jos tapahtuma häviää verkossa, ei käyttäjä saa enää tietoa ympäristöstään. Luotettavuus voidaan hoitaa kuittausten ja uudelleenlähtysten avulla. Tietovirtapohjaisessa tiedonsiirrossa tärkeitä laatuapa-



Kehitetty prototyyppi on toteutettu kaupallisesti saatavilla olevista komponenteista ja suunniteltu puuttavaksi tietokoneeksi. The prototype is a wearable computer and it is based on commercially available components.

Liikkuvan lisätyn todellisuuden palvelujen testaamiseksi ja analysoimiseksi on kehitetty tulevaisuuden matkaviestimen prototyyppi, jota on esitelty muun muassa viime vuoden lopulla Helsingissä järjestetyssä IST99 -ta-  
 pahtumassa.

A prototype of the future mobile phone has been designed to evaluate the requirements of future services. This picture is taken at IST99 Conference where our research was presented in the Finnish showroom.



rametrejä ovat verkon läpäisy, siirtoviiveet ja erityisesti viivevaihtelu. Suuri viivevaihtelu aiheuttaa lisätyn todellisuuden ja reaali maailman synkronointivirheen, mikä hyvin nopeasti tekee sovelluksesta käyttökeltoman.

Tiedonsiirron lisäksi langatonta verkkoa tulisi voida käyttää käyttäjien paikannukseen. Tällöin ulkoista paikannusinfrastruktuuria ei tarvita, mikä johtaa huomattaviin kustannussäästöihin. Verkoissa, joissa radiokanavaa jaetaan aika- tai taajuusjakoisesti, voidaan paikannus hoitaa määrittämällä radiosignaalin etenemisviive tukiasemien ja päätelaitteen välillä. Tämä vaatii kuitenkin hyvin tarkkaa tukiaseman ja päätelaitteen kellojen synkronointia, jotta päätelaite voi mahdollisimman tarkasti määrittää signaalin lähetyssajankohdan. Käytännössä paikannustarkkuus jää kymmeniin metreihin.

Koodijakoista monikanavointia (WCDMA) käyttävissä verkoissa voidaan päästä huomattavasti suurempaan paikannustarkkuuteen, kunhan signaalin kaistanleveys on riittävä. Päätelaite vastaanottaa neljä koodia, joista kolmea käytetään kolmiomittauksen tavoin paikannamääritykseen ja neljättä kellojen synkronointiin. Lähettimessä ja vastaanottimessa ajetaan samaa satunnaista koodijaksoa ja lähetyssajankohta määritetään päätelaitteen koodin ja lähetetyn koodin vaihe-erosta. Menetelmällä saavutetaan parhaillaan jopa millimetrien paikannustarkkuus.

#### Matkaviestinverkko siirtotienä

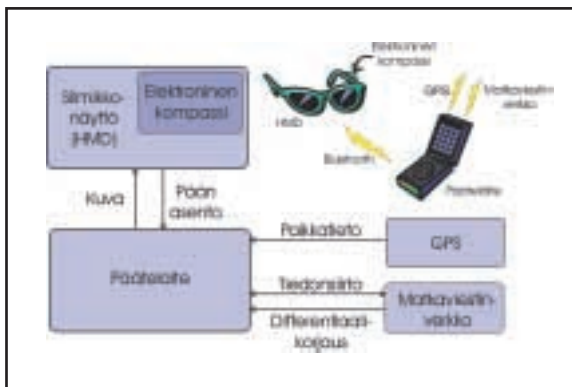
Nykyiset langattomat tiedonsiirtoverkot eivät vielä tue riittävästi lisätyn todellisuuden sovellusten siirtovaatimuksia.

GSM-matkapuhelinverkon seuraavat kehitysvaiheet ovat

pakettikytkentäinen palvelu (GPRS) ja uudet kanavointitekniikat, joilla verkon tiedonsiirtonopeutta voidaan huomattavasti lisätä (EDGE). GPRS-verkossa käyttäjälle ei ole varattu tiettyä siirtokaistaa, vaan kapasiteetti varataan dynaamisesti tarpeen mukaan, mikä sopii hyvin tapahtumapohjaiseen kommunikointiin. Lisäksi GPRS ei kärsi piirikytkentäisen verkon tavoin pitkistä kytkentäajoista, jotka voivat GSM-datayhteydellä olla kymmeniä sekunteja. GPRS:ssä maksimisiiirtonopeudeksi on määritelty 115,2 kbit/s. Tietovirtapohjaista tiedonsiirtoa GSM:n evoluutioissa tulee tukemaan EDGE, jossa maksimi siirtonopeus on jo 384 kbit/s. Nopeita yhteyksiä tukeva GPRS-verkko puolestaan on nimetty EGPRS:ksi.

Matkapuhelinverkkojen lisäksi langaton yhteys päätelaitteille voidaan hoitaa myös langattomien lähiverkkojen kautta. 1998 julkaistun IEEE 802.11 -standardin jälkeen kaupallisia verkkoja, jotka tukevat tiedonsiirtoa 11 Mbit/s asti, on ollut saatavissa useilta valmistajilta. IEEE:n lisäksi myös ETSI on määrittellemässä verkkoa, joka tukee langattomia yhteyksiä aina 54 Mbit/s nopeuksiin asti. Tämä Hiperlan/2 on erityisen mielenkiintoinen siksi, että ETSI on yhdessä 3GPP:n kanssa määrittelemässä sen yhdeksi globaalina UMTS-verkon liityntäverkoksi. Vaikka Hiperlan/2 tukee huomattavan suuria siirtonopeuksia, on UMTS:n liityntäverkon maksiminopeudeksi määritelty "vain" 2 Mbit/s.

Tiedonsiirto ympäristön laitteiden ja käyttäjän päätelaitteen välillä voidaan hoitaa tukiaseman kautta, kuten matkapuhelinverkoissa ja langattomissa verkoissa. Tukiasema on kuitenkin usein tarpeeton ja laite voi suoraan kommunikoida päätel-



laitteen kanssa niin sanottujen ad hoc -verkkojen kautta. Näissä verkoissa ei ole kiinteää tukiasemaa, vaan mikä tahansa liikkuva laite voi ottaa tukiaseman roolin havaitessaan ympäristössään toisia laitteita. Tällaisia lyhyen kantaman solukkoverkkoja ovat muun muassa Bluetooth, HomeRF ja Piano, joiden tiedonsiirtokapasiteetti vaihtelee 721 – 2000 kbit/s välillä maksimikantaman ollessa muutamasta metristä muutamaan kymmeneen metriin.

Paikannuksen kannalta lyhyen kantaman verkot eivät ole mielenkiintoisia, koska mahdollinen paikannustarkkuus on huonompi kuin kantama yhdessä solussa. Joillekin palveluille tosin riittää solukohtainen sijaintitieto. Suuren kaistanleveyden ansiosta Hiperlan/2-verkko mahdollistaisi kuitenkin jo noin metrin paikannustarkkuuden.

#### Mukautuva reaaliaikaprotokolla

Oulun yliopistossa tutkitaan lähitulevaisuuden langattomien verkkojen käyttökelpoisuutta lisätyn todellisuuden sovellusten tiedonsiirtotarpeisiin. Koejärjestelmä pohjautuu 2 Mbit/s langattomalle lähiverkolle, koska samantyyppistä tekniikkaa tullaan käyttämään UMTS-verkon liityntäverkkona. Lisäksi 3GPP-ryhmä on määrittelemässä IMT-2000-verkkoa täysin IP-pohjaiseksi. Tästä syystä jo nykyiset kaupalliset langattomat lähiverkot soveltuvat koejärjestelmään hyvin.

Pelkkä siirtokaista ei vielä takaa, että lisätyn todellisuuden palvelun laatuvaatimukset täyttyvät. GSM-verkossa käytetään useita erilaisia koodausmenetelmiä vikasietoisuuden lisäämiseksi, mutta langattomissa lähiverkoissa vastaavanlaisia tekniikoita ei ole käytössä. Siksi siirtovirheiden aiheuttamat poikkeamat palvelun laadussa täytyy yrittää poistaa ylempillä protokollakerroksilla.

Oulun yliopiston koejärjestelmässä tämä on hoidettu kulje-

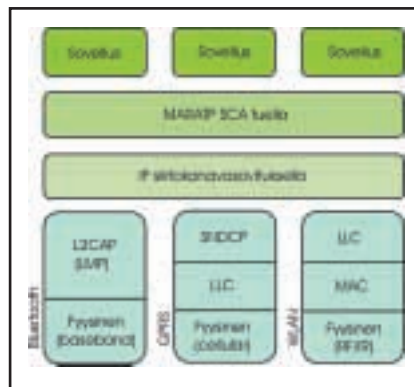
**Tulevaisuuden matkapuhelin soveltuu päätelaitteeksi lisätyn todellisuuden sovelluksille.**  
The future mobile phone is a suitable terminal for augmented reality based services.

tuskerroksella itse kehitetyn mukautuvan protokollan avulla. Toisin kuin perinteisissä IP:n päällä olevissa TCP- ja RTP-protokollissa, vuonvalvontaa ei hoideta hitaan kiittaus- ja palautekanavan kautta, vaan tutkimalla suoraan tukiasemasta, kuinka lähetys on onnistunut siirtoyhteyskerroksella. Tällöin ylempien kerrosten viiveet ja hävinneet kiittausanomat eivät vaikuta mukautumiseen. Protokollan avulla on pyritty pienentämään erityisesti verkossa tapahtuvaa viivevaihtelua, jotta lisätyn todellisuuden aistimuksissa ei olisi katkoja ja nykimistä. TCP- ja RTP-protokollien viivevaihteluun verrattuna suorituskäyryä on parannettu noin 50-75 prosenttia.

#### Uusi palveluarkkitehtuuri

Maailmanlaajuinen palveluarkkitehtuuri, jota voidaan käyttää (liik) kaikkialla ja kaikilla (sopivilla) päätelaitteilla, tarjoaa huihat tulevaisuudennäkymät. Tähän samaan on pyritty myös Internetin kehityksessä ja tavoitteissa luoda yhteinen kolmannen sukupolven matkaviestinjärjestelmä. Etuja tällaisesta palveluarkkitehtuurista on monia, joskin myös sen asettamat tekniset ja poliittiset haasteet ovat suuret.

Nykyinen Internet ei sellaisenaan riitä näiden uusien palveluiden toteuttamiseen niiden luonteen vuoksi. Internetin ominaisuudet eivät nimittäin tunnetusti riitä palveluille, jotka vaativat reaaliaikaisuutta, lyhyitä latensseja ja hyvää ennustettavuutta. Toisaalta nykyinen Internet voidaan muuttaa soveltuvaksi uusille palveluille proto-



**Palveluarkkitehtuurin (SCA) tarkoituksena on taata palveluiden käytettävyys fyysisestä siirtotiestä riippumatta. Sovitus erilaisiin langattomiin tekniikoihin on tehokkainta suorittaa kuljetuskerroksella, jossa käytetään kehittämämme MARATP-protokollaa.** Our Service Connectivity Architecture (SCA) enables the usage of different wireless networks as the physical medium. Adaptation to different media is done at the transport layer where our own MARATP protocol is utilised.

kollien ominaisuuksia muuttamalla, kuten edellisessä kappaleessa todettiin.

Muutamit muutkin tutkimusryhmät ovat suunnitelleet palveluarkkitehtuuria, joka mahdollistaa maailmanlaajuiset liikkuvan lisätyn todellisuuden palvelut. Näistä ehdotuksista kuitenkin puuttuvat reaaliaikaominaisuudet. Toteutettaessa järjestelmällä vain korkean tason protokollilla kasvavat viiveet ja siirrettävän tiedon määrä suotta suuri. Erilaisien palveluiden tiedonsiirtotarpeet ovat niin erilaiset, etteivät ne voi liittyä arkkitehtuuriin samalla tasolla.

Monet palvelut, jotka toimivat maailmanlaajuisina tietopalveluina, voivat toimia samoin periaattein kuin nykyisetkin palveluportit. Liikkuva lisätyn todellisuus kuitenkin luo tarpeen uudelleenlaisille palveluntarjoajille. Jos ajatellaan esimerkiksi vaikkapa tiettyä kaupunginosaa toimivaa peliä, havaitaan helposti, miksei nykyinen malli sellaisenaan toimi. Ensinnäkin kyseisen pelin vaatii kaikkien pelaajien sijaintitiedon välittämistä palvelimelle ja tietyissä tilanteissa myös osalle muista pelaajista. Tiedonvälityksen täytyy olla nopeaa, sillä muutoin pelitavuus kärsii. Toisaalta tätä palvelua ei ole helppo toteuttaa maailmanlaajuisesti, sillä pelin keinotodellisuusosien luominen ja sijoittaminen todellisen maailman sekaan vaikkapa vain yhden kaupunginosan alueelle on hyvin suuritöistä. On kuitenkin nähtävissä tilanne, missä saman pelin erilaisia maailmoja toteuttavat useat eri palveluntarjoajat. Tällöin pelaaja saattaa haluta siirtyä pelimaailmasta toiseen jatkaen peliään.

#### Monia rinnakkaisia verkkoja

Todennäköisesti tulevaisuuden palveluarkkitehtuuri liikkuvalla lisätyn todellisuudelle toimii nykytilanteesta poiketen siten, että monasti käytettävissä on useita vaihtoehtoisia tiedonsiirtoverkkoja.

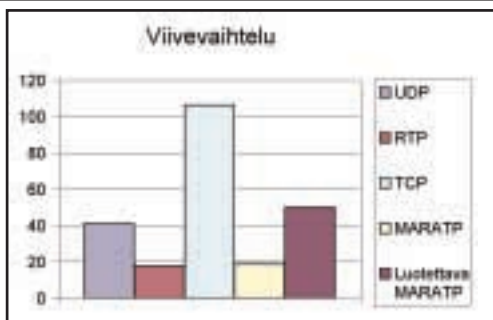
Palveluarkkitehtuurin tulee kyetä toimimaan siten, että langattomista siirtoteistä valitaan kulloinkin parhaiten soveltuva vaihtoehto, jonka avulla palvelua käytetään. Mukautuminen eri siirtoteille tulee hoitaa kuljetuskerroksella, koska se on alin mahdollinen kerros joka kykenee siitä huolehtimaan.

Palveluntarjoajat puolestaan eivät tulevaisuuden palveluarkkitehtuurissa enää ole vain julkisia, vaan myös älykkään elinympäristön laitteet näkyvät omistajalleen palveluntarjoajina. Näiden omien palveluntarjoajien ohella tarjolla on suuri joukko alueellisia palveluntarjoajia, joiden palvelu on käytettävissä tietyllä alueella, sekä palveluntarjoajia joiden palvelu on maailmanlaajuinen. Näin ollen arkkitehtuuriin täytyy hallita useiden erilaisten ja eritasoisten palveluntarjoajien palvelut, sekä mahdollistaa palveluiden yhteiskäyttö. Osa palveluista täytyy myös kohdentaa tarkoin vain tietyille käyttäjälle tai käyttäjäryhmälle. Monissa tilanteissa käyttäjän näkemä palvelu koostuu useista eri palveluista, esimerkiksi paikannuspalvelusta, tiedonsiirtopalvelusta ja etäläsnäolopalvelusta.

Arkkitehtuuri perustuu ajatuksen useista eritasoisista palvelutietokannoista, joihin kukin palveluntarjoaja tietonsa päivittää. Osa tietokannoista voi olla hyvin matalalla tasolla, esimerkiksi osana matkaviestinverkkoa, kun toiset puolestaan sijaitsevat osana julkisia tietoverkkoja. Päätelaite etsii sijaintialueellaan olevista palvelutietokannoista sopivan vaihtoehdon aina käyttäjän halutessa jotain palvelua. Palvelu on käytettävissä heti, kun yhteys siihen on muodostettu ja käyttäjän siirtyessä pois kyseisen palveluntarjoajan alueelta järjestelmä siirtää palvelun toiselle palveluntarjoajalle, jolla on mahdollisuus tarjota vastavaa palvelua.

#### Vapaan liikkumisen haasteet

Pohjana uudelle palveluarkkitehtuurille on palvelun kykenäisyysmalli, joka mahdollistaa sekä palveluntarjoajien että käyttäjien vapaan liikkumisen. Nykyiset verkot ja niiden protokollat mahdollistavat tietyllä ta-



Pakettien saapumisväli ja viivevaihtelu eri protokollilla. Mittauksissa lähetystaajuus oli 200 pakettia sekunnissa ja koko 192 tavua. The latency and intervall with different protocols. The transmission frequency was 200 packets per second and packet size was 192 bytes.

solla liikkumisen verkon alueella, mutta ovat hyvin rajoittuneita palveluntarjoajan vaihdossa. Jos nykyisillä järjestelmillä haluttaisiin käyttää samaa palvelua tiedonsiirtoyhteyttä vaihtuen, tullaan tilanteeseen, jossa se ei ole mahdollista ilman käyttökatoa palvelussa.

Palvelun kytkentäisyys (service connectivity) pyrkii ratkaisemaan ongelmia, jotka liittyvät palvelun löytämiseen ja sen käyttöön ilman katkoja. Toimitaessa ympäristössä, joka muuttuu koko ajan sekä palveluntarjoajien että erityisesti käyttäjän liikkua, on näistä asioista huolehtiminen toisaalta huomattavasti hankalampaa ja toisaalta paljon tärkeämpää kuin hitaasti muuttuvassa tilanteessa, esimerkiksi perinteisessä Internetissä.

Palvelun etsinnässä pyritään löytämään tarjolla olevista vaihtoehdoista sopivin käyttäjän ja tilanteen määrittämien ehtojen mukaan. Esimerkiksi paikannuspalveluista sopivin voi tietyssä tilanteessa olla nopein ja toisessa taasen tarkin – kolmannessa puolestaan halvin. Palvelun ylläpitäminen liikuttaessa on seikka, jota on tutkittu paljon solukoverkkojen yhteydessä. Samat periaatteet ovat osin käyttökelpoisia myös nyt, mutta

laajennettuna mahdollisuudella käyttää palveluita riippumatta siirtotiestä. Lisähaasteen tuo myös tarve huolehtia sekä palveluiden että siirtotien käytön laskuttamisesta oikealta taholta.

### Konsepti päätelaitteesta

Luonnollinen kehityspolku liikkuvan lisätyn todellisuuden päätelaitteisiin lähtee matkapuhelimesta ja jatkuu tulevien mediapuhelinten kautta matkaviestimeen, joka tarjoaa riittävät ominaisuudet lisätyn todellisuuden palveluiden käyttämiseen. Oulun yliopistossa on tutkittu jo pitkään konsepteja tulevaisuuden matkaviestimiksi, jollainen on mm. tämän lehden sivuilla esitetty CyPhone. Konseptimallien ja kuvien lisäksi on toteutettu prototyyppilaitteita, joiden avulla palveluja on voitu kehittää.

Toiminnalliset prototyyppit eivät luonnollisestikaan vastaa kooltaan tai ulkonäöltään kehitettyjä malleja, vaan tavoitteena on ollut toteuttaa nykyteknikalla laitteisto joka tarjoaa riittävät ominaisuudet palveluiden testaamiseen ja kehittämiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa puettavaa tietokonetta, joka mahdollistaa liikkuvan käytön

ja tarjoaa riittävästi laskentatehoa, nopeat langattomat yhteydet tietoverkkoon, sekä sijainnin ja asennon tarkan määrittymisen.

Paikannuslaitteena on ulkotoiloissa käytetty differentiaalikorjauksella varustettua satelliittipaikanninta (Navstar GPS). Se voi olla integroituna päätelaitteeseen tai toimia erillisenä moduulina, jolloin paikkatieto siirretään päätelaitteeseen langattomasti esimerkiksi Bluetoothin yli. Käyttäjän katselusuunnan määrittäminen tapahtuu elektronisen kompassin avulla. Differentiaalikorjauksen jakelutienä on koelaitteistossa käytetty yleisradiotaajuuksia, mutta matkaviestintilaitteissa korjaustieto kannattaa lähettää matkaviestinverkkoa hyödyntäen. Elektroninen kompassi on kiinnitetty silmikkonäyttöön, joten se kertoo tarkasti katselusuunnan suhteessa maan magneettikenttään. Muitakin paikannusmenetelmiä voidaan toki hyödyntää, mutta edellä mainittujen avulla saadaan moniin palveluihin riittävä tarkkuus. Tarkentuvat verkko-pohjaiset paikannusmenetelmät tulevat jatkossa muodostamaan hyvän vaihtoehdon satelliittipaikannukselle.

Silmikkonäyttönä koelaitteistossa on käytetty Sonyn valmistamaa optisesti läpikatsottavaa näyttöä. Se on kohtuullisen pienikokoinen ja vähän tehoa kulluttava, joskin vielä liian suuri ollakseen huomaamaton. Saatavilla on huomattavasti käyttämäämme silmikkonäyttöä pienikokoisempia malleja, jopa silmälasihin tehtyjä toteutuksia. Voidaan todeta, että matkaviestimissä käytettäviksi soveltuvia silmikkonäyttöjä on pian saatavissa. Siirtotienä päätelaitteen ja silmikkonäytön välillä voidaan hyödyntää langatonta yhteyttä. Esimerkiksi Bluetooth soveltuu tähän, sillä sen asymmetrinen siirtomuoto mahdollistaa 721 kbit/s yhteyden, jolla lisättyä informaatio välitetään silmikkonäytölle ja 57,6 kbit/s paluukanavan, joka riittää mai-

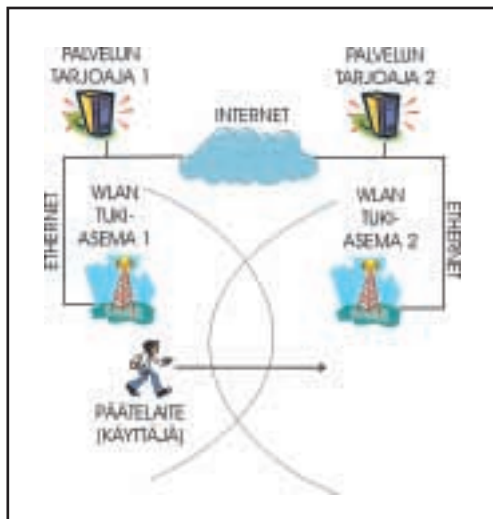
niosti pään asennon määrittämiseen.

Nykyiset matkaviestinjärjestelmät, eivät tarjoa tulevia pakettiverkkoja vastaavaa siirtotietä. Niinpä olemme koelaitteistossamme hyödyntäneet langattomia lähiverkkoja, jotka ominaisuuksiltaan vastaavat liikkuvan lisätyn todellisuuden sovellusten vaatimuksiin. Niiden tarjoama tiedonsiirtoyhteys vastaa tulevien matkaviestinverkkojen suurimmillaan tarjoamia siirtonopeuksia. Laajalla alueella tarjolla olevan pakettimuotoisen tiedonsiirtoyhteyden nopeuden ne jo ylittävät, mutta tarvittaessa siirtonopeutta voidaan koejärjestelmässä ohjelmallisesti rajoittaa. ●

### Aiheesta enemmän CyPhone WWW-sivut:

- [www.ee.oulu.fi/projects/CyPhone/](http://www.ee.oulu.fi/projects/CyPhone/)
- Älykkäät järjestelmät -tutkimusryhmä:** [www.ee.oulu.fi/research/isg/](http://www.ee.oulu.fi/research/isg/)
- Turunen, Lankila, Pyssysalo, Röning:** Realization of Mobile Augmented Reality Based Personal Navigation Services in 3rd Generation Cellular Networks, AFCEA/IEEE EuroComm 2000 symposium.
- Turunen, Pyssysalo, Röning:** Design of a Service Connectivity Architecture for Mobile Augmented Reality, Workshop on Future Network Technologies, 7 p.
- Pyssysalo, Repo, Turunen, Lankila, Röning:** CyPhone – Bringing Augmented Reality to Next Generation Mobile Phones, Designing AR Environments 2000, 10 p.
- Pyssysalo, Turunen:** An Adaptive Streaming Protocol for Mobile Augmented Reality, FWCW2000.
- Turunen, Pyssysalo, Lankila:** Utilisation of Wireless Application Protocol to Implement Mobile Augmented Reality Based Services, W3C and WAP Forum Workshop.

Kehittämäämme palveluarkkitehtuuria ja adaptiivista kuljetusprotokollaa on testattu käyttämällä IEEE 802.11 standardin mukaista WLAN-järjestelmää. We have tested our service connectivity architecture and the adaptive transport protocol with IEEE 802.11 WLAN system.



### Taustat

**Kirjoittajat:** Tuukka Turunen toimii jatko-opiskelijana Oulun yliopiston Tietokonetekniikan laboratoriossa sekä tuotekehityspäällikkönä Nexim Oy:ssä.

Tino Pyssysalo hoitaa tietokonetekniikan professuuria Oulun yliopiston Tietokonetekniikan laboratoriossa.

Juha Röning toimii sulautettujen järjestelmien professorina Oulun yliopiston Tietokonetekniikan laboratoriossa.

### Yhteystieto:

Tuukka.Turunen@oulu.fi

**Tutkimushanke:** Cyphone 2

**Yhteistyössä:** Oulun Yliopisto, VTT Wireless Internet Laboratory, Nokia

**Teknologiaohjelma:** TLX