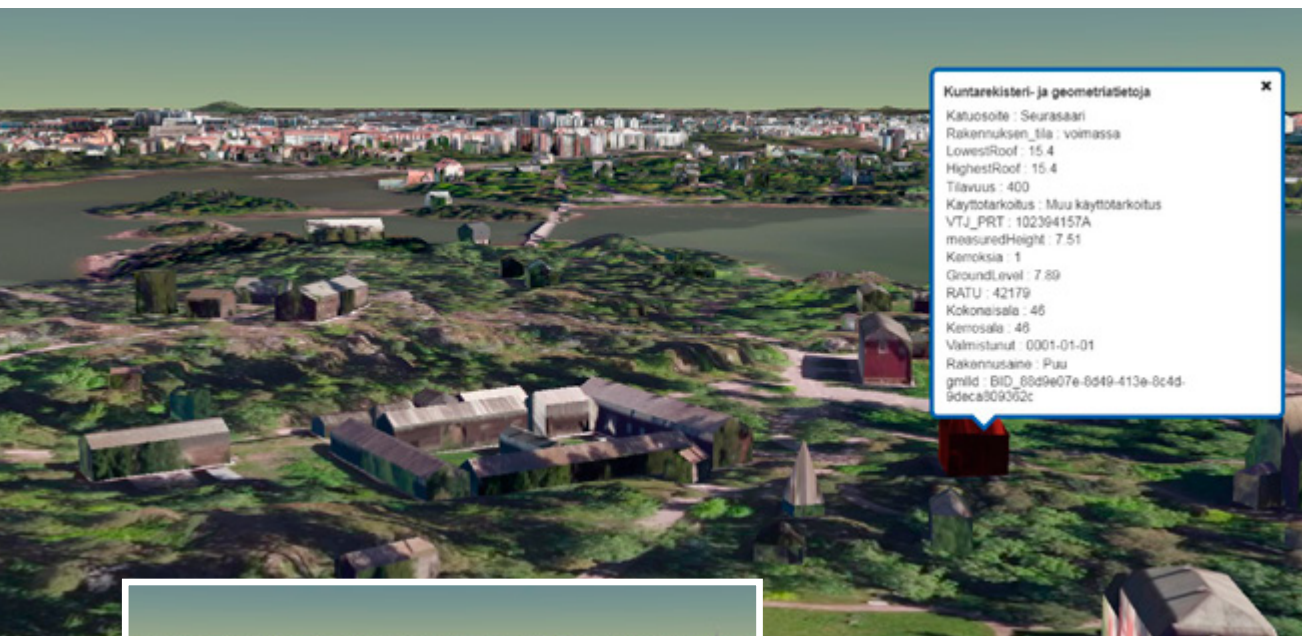
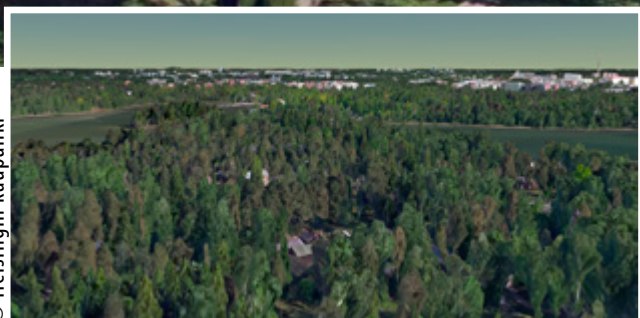


3D-kaupunkimalleja on kehitetty ja sovellettu jo yli kymmenen vuoden ajan. Niiden kehitykseen ovat vaikuttaneet niin mittausteknologian kuin tietojärjestelmien kehitys, kaupunkien tarpeet sekä rakennus- ja infrasuunnittelun toimintatapojen muutos kuten tietomallipohjainen suunnittelu.



© Helsingin kaupunki



© Helsingin kaupunki

Kaksi erilaista kaupunkimallia Helsingistä, yllä rakennustietoa sisältävä CityGML-malli ja alla lähes fotorealistinen puuston sisältävä mesh-malli.

Tulevaisuuden avoimet kaupunkimallit

Juho-Pekka Virtanen, Arttu Julin, Hannu Hyyppä, Marika Ahlavojo ja Juha Hyyppä

KAUPUNKIMALLEILLA on kiistatta kaksi puolta: ulkonäkö ja mallin sisältämä rekisteritieto. Näitä korostetaan eri sovelluksissa hieman eri tavoilla. Mallien lähes fotorealistista ulkoasua tarvitaan monissa suunnittelun ja markkinoinnin sovelluksissa kuten kaupunkisuunnittelun päätöksenteon tukena ja esimerkiksi kiinteistövälityksessä. Rekisteritieto puolestaan liittyy esimerkiksi malleista tehtäviin analyysiin ja kaavoitukseen. Tyypillisesti erilaisia malleja on myös tehty eri aineistoista: esimerkiksi tietoa sisältävien CityGML-mallien muodostamisessa ilmalaserkeilauksesta tehtävä rakennusvektorointi on hyvin yleinen mallinnustapa. Fotorealistisia kolmioverkko-pintamalleja puolestaan lasketaan monesti viistoilmakuvista tai UAV:lla tuotetuista kuvajoukoista fotogrammetrian keinoin.

Kaupunkimallinnuksen yleistymistä Suomessa on erityisesti jarruttanut sovelluskehityksen vähäisyys. Voidaan sanoa, että kaupunkimalleissa kärsitään muna-kana-ongelmasta. Sovelluksia ei ole aktiivisesti kehitetty, koska riittävän hyviä mallejakaan ei ole ollut saatavilla. Samalla sovellusten puute on vähentänyt kuntien ja kaupunkien intoa käynnistää laajempia kaupunkimallinnusprojekteja. Monesti kaupunkimallinnusta onkin testattu erilaisissa suppean alueen pilottiprojekteissa, jolloin aidosti moneen asiaan hyödynnettävät laajojen alueiden mallit ovat jääneet syntymättä.

SOVELLUKSIIN VETOAPUA PELITEOLLISUUDESTA

Peli- ja elokuvateollisuus ovat monella tapaa johtaneet 3D-grafikan ja 3D-visualisoinnin sovellusten kehitystä tai ainakin

levittäneet näitä laajoille käyttäjäjoukoille. Peliteollisuus on esimerkiksi kehittänyt kolmiulotteisessa virtuaaliympäristössä navigoimisen ja tarkastelun tapoja, jotka ovat sittemmin vakiintuneet ja päätyneet käyttöön muissakin sovelluksissa. Esimerkkejä näistä ovat avatar-hahmot ja yleiset virtuaalisen kameran käyttötavat, kuten ensimmäisen persoonan näkymä (*first person view*) tai strategiapelien yläperspektiivi (*real time strategy*-kamera). Lisäksi erityisesti strategiapelissä on kehitetty tiedon visualisoinnin ja objektien kanssa tapahtuvan vuorovaikutuksen mahdollistavia käyttöliittymiä, välillä jopa kaupunkisuunnittelun kontekstissa (esim. Sim City- sarja ja Cities Skylines). Jo 90-luvulla peleiltä osattiin odottaa helposti omaksuttavaa graafista käyttöliittymää, toisin kuin aikansa ammattikäyttöön tarkoitettuilta suunnittelujärjestelmiltä.

Monet 3D-grafikan optimointitekniikat ovat myös pitkälti syntyneet peliteollisuudessa. Esimerkkejä ovat katseltavan alueen ulkopuolelle olevien objektien jättäminen piirtämättä (*frustum culling*) ja toisten objektien peittoon jäävien objektien poisto renderöinnistä (*occlusion culling*). Kekseliäillä ratkaisuilla on saatu virtuaalisia maailmoja pyörimään suorituskyvyltään rajoittuneilla kotitietokoneilla ja mobiililaitteilla. Lisäksi peliteollisuudesta ovat ponnistaneet pelimoottorit, joilla 3D-interaktiota sisältävien sovellusten kehittäminen on huomattavasti helpompaa kuin pelkästään ohjelmoinnin työkaluilla.

PELITEOLLISUUDESSA HALLITAAN OSALLISTAMINEN

Peliteollisuus on ottanut monia askeleita myös joukkoistamiseen ja monen käyttäjän järjestelmiin. Laajoja virtuaaliyhteisöjä on syntynyt monien pelien sisälle (ja kuitunut niiden vanhettua), monissa pelimaailmoissa myös käyttäjien itsensä synnyttämät rakennelmat ovat olleet keskeisiä (esim. Minecraft).

Kärjistäen voidaan sanoa, että peliteollisuudessa osataan monia sellaisia asioita, joita kaupunkimallien ja niiden sovellusten kehittämisessä tarvittaisiin. Paikkatietoteknologian tutkimuksen ja kehityksen kannalta onkin olennainen kysymys

”Kaupunkimalleilla on kiistatta kaksi puolta: ulkonäkö ja mallin sisältämä rekisteritieto.”

se, miten peliteollisuudessa kehitettyjä järjestelmiä ja menetelytapoja voidaan hyödyntää 3D-kaupunkimallien kanssa. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi paikkatiedon siirtoa pelimoottorialustoille.

TULEVAISUUDEN KAUPUNKIMALLIEN HAASTEITA

Sovelluskehityksen puolelta kohdistuu selviä tarpeita tulevaisuuden avoimille kaupunkimalleille.

- *Keskitetetyt mallit & rajapinnat*: Mallien tulisi olla keskitetysti ylläpidettyjä ja saatavilla helposti käyttöönotettavien rajapintojen kautta, jotta niitä hyödyntävistä sovelluksista voidaan tehdä yleisesti käytettäviä ja ajantasaisia. Mikäli malli joudutaan erikseen viemään sovellukseen kehitysvaiheessa, joutu-

”Voidaan sanoa, että kaupunkimalleissa kärsitään muna-kana-ongelmasta.”

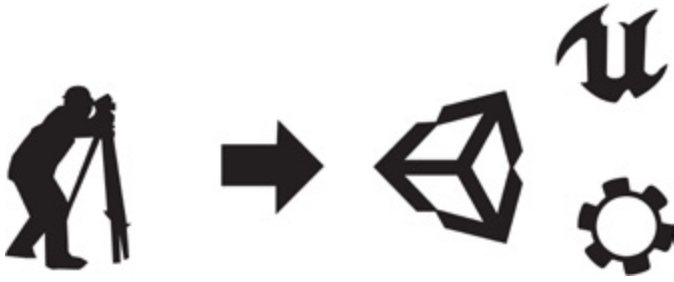
taan sovellus ”tekemään uudestaan” jokaista kohdealuetta varten. Malliin tehtävät muutokset eivät myöskään tällöin heijastu sitä hyödyntäviin sovelluksiin. Rajapinnan kautta mallin noutavat sovellukset toimivat joustavasti kaikilla niillä alueilla, joille mallia on saatavilla ja käyttävät aina ylläpidetyn mallin uusinta versiota. Ideaalitalanteessa tällaisia sovelluksia voidaan helposti ottaa käyttöön muissa kaupungeissa, joissa on vastaava mallien ylläpidon infrastruktuuri.

- *Pelimoottoriyhteensopivuus*: Visualisoinnin kannalta mallien tulisi olla pelimoottoriyhteensopivia. Tällöin saadaan käyttöön myös uusimmat immersiiiviset näyttölaitteet, kuten VR-lasit ja AR-teknologia. Visualisoinnin kannalta mallien myös tulisi pystyä kattamaan niin rakennusten sisä- kuin ulkotilojakin, mahdollisimman korkealla graafisella laadulla.
- *Objektitieto*: Lähes fotorealisticen ulkoasun lisäksi mallien tulisi myös sisältää perinteistä paikkatietoa, uusien tietolähteiden, kuten älykkäiden rakennusten tuottamaa dataa. Malleilla tulisi olla tiedon esittämistä ja analyysyä tukeva objektirakenne. Tämä tarkoittaa esimerkiksi eroteltavissa olevia rakennuksia, teitä ja puita, joihin niitä koskeva tieto pystytään yhdistämään. Objektikohtainen tieto on mallien sovelluskehityksen ja analyysien avain, jonka avulla mallit pystytään myös yhdistämään esimerkiksi erilaisiin tilastotietoihin.
- *4D*: Mallien tulisi pelkän nykyhetken (tai mallinnushetken) lisäksi pystyä kattamaan objektien muutokset ajassa, usein tällaisia malleja kutsutaan 4D-malleiksi. Mallien objekteilla pitää siis maantieteellisen sijainnin lisäksi olla ajallinen ulottuvuus. Tämä liittyy läheisesti esimerkiksi rakentamiseen ja aluekehitykseen, joissa molemmissa käsitellään nimenomaan kaupunkiympäristössä tapahtuvaa muutosta.
- *Pistepilvet*: Tiheitä värillisiä pistepilviä tuottavien mittausmenetelmien yleistymisen on synnyttänyt kiinnostusta paitsi pistepilvien käyttöön suunnittelujärjestelmissä, myös niiden suoraan hyödyntämiseen pelimoottoreissa. Tutkimuksessa on nostettu esiin ajatus objektirakenteen sisältävästä semanttisesta pistepilvestä, johon voitaisiin suoraan sitoa objekteja koskevaa tietoa. On mahdollista, että tulevaisuudessa malli onkin itse asiassa pistepilvi.

3D PAIKKATIETO –

TULEVAISUUDEN DIGITAALINEN ALUSTA

Edellä kuvattujen ominaisuuksien saavuttaminen edellyttää monialaista tutkimus- ja kehitystoimintaa. Tutkimusaiheita löytyy esimerkiksi mittausteknologiaan (sisätila-ulkotila-integraatio), paikkatietoon (paikkatietoaineistojen pelimoottorimuunnokset) ja pelimoottoriteknoologiaan (massiivisten mallien ja pitkien koordinaattien tuki). Osa teknologioista on vielä selvästi vakiintumattomassa vaiheessa ja vailla standardeja, kuten sisätilapaikannus. Lisäksi on kehitettävä palvelinohjelmistoja ja rajapintoja, jotka



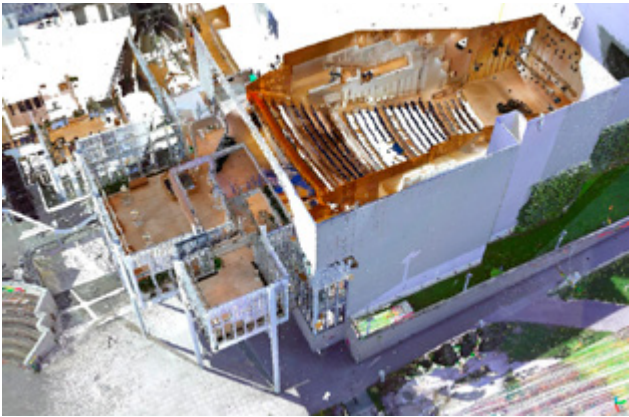
Onko tulevaisuuden maanmittarin tehtävä tuottaa aineistoa myös pelimoottoriin?

”Monet 3D-grafiikan optimointitekniikat ovat pitkälti syntyneet peliteollisuudessa.”

mahdollistavat näiden uudenlaisten mallien keskitetyn ylläpidon, hallinnan ja jakelun.

Tehtävä ei ole helppo, mutta toisella puolen on lupaus ennennäkemättömän laajalti sovellettavasta 3D-paikkatiedosta, jolla on voima nousta digitaalisen maailmamme rakennuspalikaksi ja digitaaliseksi alustaksi, samoin kuin esimerkiksi langattomat tietoverkot tai satelliittipaikannus.

© Kuvat Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti

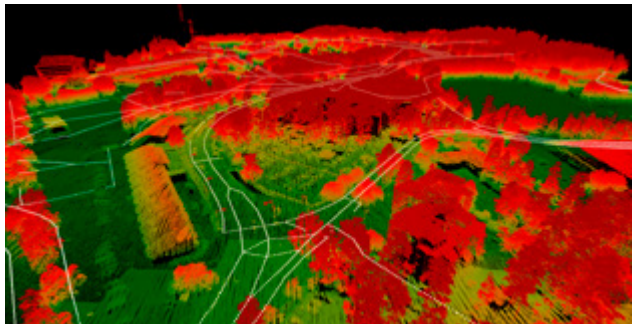


Malleissa täytyy päästä korkealla yksityiskohtaisuudella yhdistämään sisä- ja ulkotilat.

AJANKOHTAISIA PROJEKTEJA

Aalto-yliopisto tutkii tulevaisuuden avoimia kaupunkimalleja yhdessä Maanmittauslaitoksen paikkatietokeskus FGI:n ja Oulun yliopiston kanssa EAKR-rahoitteisessa 6Aika-projektissa ”AKAI – Avoin kaupunkimalli avoimena innovaatioalustana”. Lisätietoa projektista: <https://6aika.fi/avoin-kaupunkimalli-avoimena-innovaatioalustana/>.

Tulevaisuuden pistepilviin perustuvia tietojärjestelmiä ja pistepilvien tuottamiseen ja käsittelyyn liittyvää teknologiaa kehitetään Suomen Akatemian COMBAT-projektissa (Osaamis-pohjainen kasvu 3D-digitalisaation, robotiikan, paikkatiedon ja kuvankäsittelyn sekä -laskennan yhdistetyssä teknologiamurrossa). Lisätietoja: <http://pointcloud.fi/>.



Ilman paikkatietoa realistisen näköinen malli ei pysty vastaamaan kaikkiin sovelluskehityksen ja analyysien tarpeisiin.

4D-mallin objektit sisältävät myös ajallisen ulottuvuuden. Rakennus sisältää tietoa mm. rakennus-, laajennus- ja purkuajankohdista.

Tämä artikkeli perustuu Suomen Paikkatietoklusterin Kaupunkimallit 2017 -seminaarissa pidettyyn esitykseen.
<http://flic.fi/lbf-2017-ohjelma/>

TaM Juho-Pekka Virtanen toimii tohtorikoulutettavana Aalto-yliopistossa Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa tutkien mittausten menetelmillä tuotettujen 3D-aineistojen sovelluksia. Sähköposti juho-pekka.virtanen@aalto.fi.

DI Arttu Julin työskentelee tohtorikoulutettavana Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa väitöskirja-aiheenaan Mittatarkan 3D-kaupunkimallin virtuaaliset sovellukset. Sähköposti arttu.julin@aalto.fi.

Marika Ahlavo toimii tiedetuottajana ja koordinaattorina Aalto-yliopistossa Suomen Akatemian Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikössä 2014–2019 ja Humakissa 3D-virtuaalisuuden asiantuntijana. Sähköposti marika.ahlavo@aalto.fi.

Hannu Hyypä työskentelee Aalto-yliopistossa professorina ja toimii Suomen Akatemian rahoittaman Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön Aalto-yliopiston osuuden johtajana. Sähköposti hannu.hyypa@aalto.fi.

Juha Hyypä toimii professorina Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksessa. Hän on myös Suomen Akatemian rahoittaman Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön johtaja. Sähköposti juha.hyypa@maanmittauslaitos.fi.

