

AR visualisointityökalu POC

Projektin loppuraportti
Pekka Antti-Poika

Tiivistelmä

Suunnittelimme ja toteutimme POC:n AR-tekniikkaan perustuvalla kaapeleiden visualisointityökalulle. Suurin projektin haasteista oli AR-näkymän sijoittaminen oikeaan GPS-sijaintiin.

Toteutimme sovelluksen kehityksen ketterästi AR- sekä GPS-tekniikoiden tutkimuksen, asiantuntijahaastatteluiden sekä prototyyppien rakentamisen kautta. Lähtökohtana oli että sovellus toimisi aidoissa käyttötilanteissa ja olisi käyttäjäystävällinen. Tässä projektissa päätelaitteena käytimme iPad pro-tablettia sekä Bad Elf- GNSS vastaanotinta, joiden avulla päästään parhaimmillaan kahden ja puolen metrin tarkkuuteen sijainnin määrittämisessä.

Vaikka vaadittuun 1m sijainnin tarkkuuteen projektissa ei päästy, tuloksena syntynyt sovellus on monipuolinen pohja, jota voidaan tulevaisuudessa jatkokehittää tarvittavaan suuntaan. Monipuolisten AR-kit- ja GPS-paikannukseen sekä fyysisten kohteiden hyväksikäyttöön perustuvien kalibrointimahdollisuuksiensa ansiosta sovellus tarjoaa monipuoliset paikannusmahdollisuudet ja soveltuu käytettäväksi vaihtelevissa ympäristöissä.

Sisällys

1. Johdanto	s 4
2. Projektin tavoitteet	s 10
3. Projektin rakenne	s 11
4. Aineisto ja Menetelmät	s 15
5. Tulokset ja johtopäätökset	s 35
6. Yhteenveto	s 87
7. Sovelluksen jatkokehitys	s 96

Johdanto

4

Johdanto

1. Taustaa
2. AR-teknologia
3. Tekniset haasteet
4. Tutkimuksellinen lähtö
5. Projektin tavoitteet

Taustaa

Vuonna 2013 voimaan tullut sähkömarkkinalaki vaatii sähköyhtiöitä turvaamaan asiakkailleen häiriöttömän sähkön saannin kaikissa oloissa viimeistään vuoteen 2029 mennessä. Käytännössä se tarkoittaa sähkölinjojen vetämistä maan alle.

Koska maanalainen verkko on piilossa, verkon ylläpitäjät ja rakentajat tarvitsevat työkaluja joilla voidaan tarvittavalla tarkkuudella visualisoida maanalaisen sähköverkon ja sen läheisyyteen rakennetun infran sijaintia ja tilaa.

Projektin aloittamisesta käytiin keskusteluja Exoven ja Elenian välillä huhtikuusta 2018 lähtien. Keskeisenä teemana keskusteluissa oli AR:n yhdistäminen sähköverkon paikkatietoon.

Projektiin käynnistämisestä päätettiin toukokuussa 2018.

AR-teknologia

AR- eli lisätyn todellisuuden teknologiassa kameran näkymään lisätään elementtejä, jotka voidaan kohdentaa oikeaan sijaan esimerkiksi 2-ulotteisten markkerien tai horisontaalitason paikallistamisen avulla.

Kohteet voidaan sijoittaa paikalleen myös GPS-paikannusta hyväksi käyttäen. Näin toteutetuista teollisuuden käytössä olevista sovelluksista ei ole juurikaan saatavilla esimerkkejä, johtuen paikannukseen liittyvästä epävarmuudesta.



Tekniset haasteet

Yksi projektin keskeisistä haasteista onkin [GPS-paikannuksen tarkkuus mobiililaitteilla](#). Projektiin ryhdyttäessä se oli suhteellisen epätarkkaa ja vaihtelee satelliittien sijainnista, sääoloista ja laitteesta riippuen metrin/kymmenien metrien resoluutioon.

Nämä rajoitukset eivät heikennä käyttökokemusta karttapohjaisissa 2D-sovelluksissa, mutta AR-sovelluksissa ne voivat aiheuttaa ongelmia.



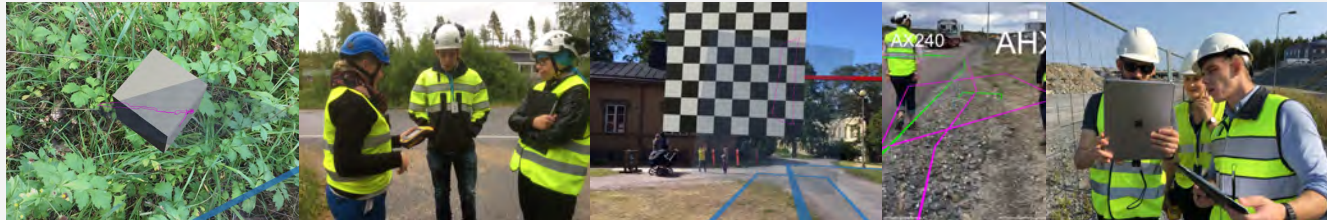
Esimerkki eri mobiililaitteiden paikannustarkkuudesta: keskimääräinen sijainti verrattuna referenssipisteeseen (punainen).

Tutkimuksellinen lähtö

Jotta päästäisiin mahdollisimman tarkkaan sijainnin määrittämiseen, projektissa päätettiin tutkia mobiililaitteiden paikannustarkkuuteen liittyviä haasteita mobiililaitteiden vertailun, ulkoisten GPS-laitteiden vertailun sekä prototypoinnin avulla.

Jotta sovelluksesta olisi aitoa hyötyä loppukäyttäjille, suunnittelu ja kehitys pohjattiin tulevien aktiivikäyttäjien haastatteluihin.

Kehitystyö toteutettiin ketterästi viikon sprinteissä.



Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa proof-of-concept työkalulle, jolla voidaan lisätyn todellisuuden teknologiaa hyödyntäen paikantaa maastossa maahan kaivetut sähkökaapelit, muu maanalainen infra sekä kiinteistöjen rajat.

Lisäksi tavoitteena oli tuottaa suunnitelma työkalun jatkokehitystä varten.

Projektin rakenne

11

Työvaihe	Kuvaus	Viikko	Työmäärä (htp)
Kick off	Määritellään projektinjohdon kanssa käytännöt ja vaatimukset	1	1
Käyttäjymmärrys	Kenttätyöntekijöiden haastattelut (3 kpl) ja haastattelujen purku & raportointi	1	2
Sijainnin määrittämisen optimointi	Vertailu: eri mobiililaitteiden paikannuskyky, liittäminen ulkoisiin gps-laitteisiin, manuaalinen kalibrointi	2	5
Käyttöliittymäsuunnittelu	Käyttöliittymän toiminnot ja lay-out	3	1
Sovelluksen rakennus	Datalähteiden integrointi. Paikkatiedon yhdenmukaistaminen ja visualisointi proseduraalisesti.	3-7	20
Testaus	Testataan aktiivikäyttäjien kanssa aidossa käyttöympäristössä.	8	2
Yhteenveto	Workshop projektin johdon kanssa, jossa vedetään testaustulokset yhteen	8	1
Projektin hallinta ja sivukulut	Projektinhallinta, laadunvarmistus, koulutukset, dokumentointi	1-8	2
	Yht.	8	34

Projektin rakenne - integraatiot

Kick offissa päätettiin, että integraation toteuttamisen sijaan projektin resursseja kohdennetaan sen sijaan muihin osa-alueisiin, kuten haastattelut ja paikannuksen optimointi.

Projektin rakenne - vaatimukset

Vaativuusmäärittely kick offin yhteydessä

AR-sovellus jonka avulla voidaan paikantaa kentällä mahdollisimman tarkasti sähköverkon eri kaapelityyppien, kiinteistörajojen sekä vesiputkien sijainti.

Paikannustarkkuutta voidaan kalibroida myös manuaalisesti, esim. Käyttämällä jakokaappeja markkereina.

14

Loppukäyttäjien tarpeisiin suunniteltu käyttökokemus.

Skaalautuva, mahdollistaa toiminnallisuuksien lisäämisen tulevaisuudessa

Projektissa ei keskitytä lähtökohtaisesti aineistolähteiden integraatioon. Selvitetään kuitenkin rajapintojen toiminta, jotta ne voidaan tulevaisuudessa ottaa käyttöön. Resursseja kohdennetaan sen sijaan projektin muihin osa-alueisiin, kuten haastattelut ja paikannuksen optimointi.

Toiminnan testaus ja raportointi, suunnitelma työkalun käyttöönotosta ja jatkotoimenpiteistä.

Aineisto ja menetelmät

15

Aineisto ja menetelmät

1. Käyttäjymmärrys
2. Tutkimusalue
3. Aineisto
4. Laitteet ja tekniikka
 - Unity
 - ARkit
 - Päätelaitteen valinta
5. iPadin GPS-tarkkuutta parantavat lisälaitteet
6. Käyttäjättestaus
7. Sijaintitiedon tarkkuuden testaus
 - ARkit:n paikannustarkkuus kenttäolosuhteissa
 - Sovelluksen paikannustarkkuus

Käyttäjäymmärrys

Jotta sovelluksesta olisi aitoa hyötyä, sen kehitys päätettiin perustaa sähköverkon asennuksen ja ylläpidon parissa työskentelevien asiantuntijoiden haastatteluihin.

Haastateltavat edustivat myös mahdollisia tulevia aktiivikäyttäjiä, joten heidän tarpeidensa huomiointi oli olennaista sovelluksen käyttöönoton kannalta.

Haastateltaviksi valittiin:

- 1) *Maastosuunnittelija Hilikka Lintula, Eltel Networks*
- 2) *Projektivastaava Jesse Jaakkola, Elenia Oy*
- 3) *Kunnonhallinta-asiantuntija Pauliina Salovaara, Elenia Oy*

Käyttäjäjymmärrys

Haastattelut toteutettiin ns. puolistrukturoituina haastatteluina. Haastatteluja varten tehtiin kysymyspohja, jonka pohjalta keskustelua vietiin eteenpäin. Kun jokin kysymys nosti esiin projektin kannalta mielenkiintoista keskustelua, siitä jatkettiin lisäkysymyksillä. Näin haastattelussa päästiin porautumaan olennaiseen.



Käyttäjäjymmärrys

Aluksi kartoitettiin haastateltavien työnkuvaa ja siihen liittyviä haasteita. Tämän jälkeen heille esiteltiin sovelluksen konsepti ja keskusteltiin sen toiminnasta sekä mahdollisista hyödyistä.

Haastattelujen tulokset analysoitiin kolmesta eri lähtökohdasta:

- 1) Sovelluksesta saatava mahdollinen hyöty
- 2) Työnkuvan ja käyttötilanteiden sovellukselle asettamat vaatimukset
- 3) Muut havainnot



Tutkimusalue

POC:n toimivuuden testausta varten valittiin tutkimusalueeksi Haikanvuoren alue Pirkkalasta.

Alueen sähköverkko ja infra on rakennettu hiljattain (tai vasta rakenteilla), joten niihin liittyvä sijaintitieto on mahdollisimman tarkkaa.

Alue sijaitsee lisäksi Elenian toimiston läheisyydessä, joten sovelluksen testaus paikan päällä ei edellyttänyt pitkiä siirtymiä.

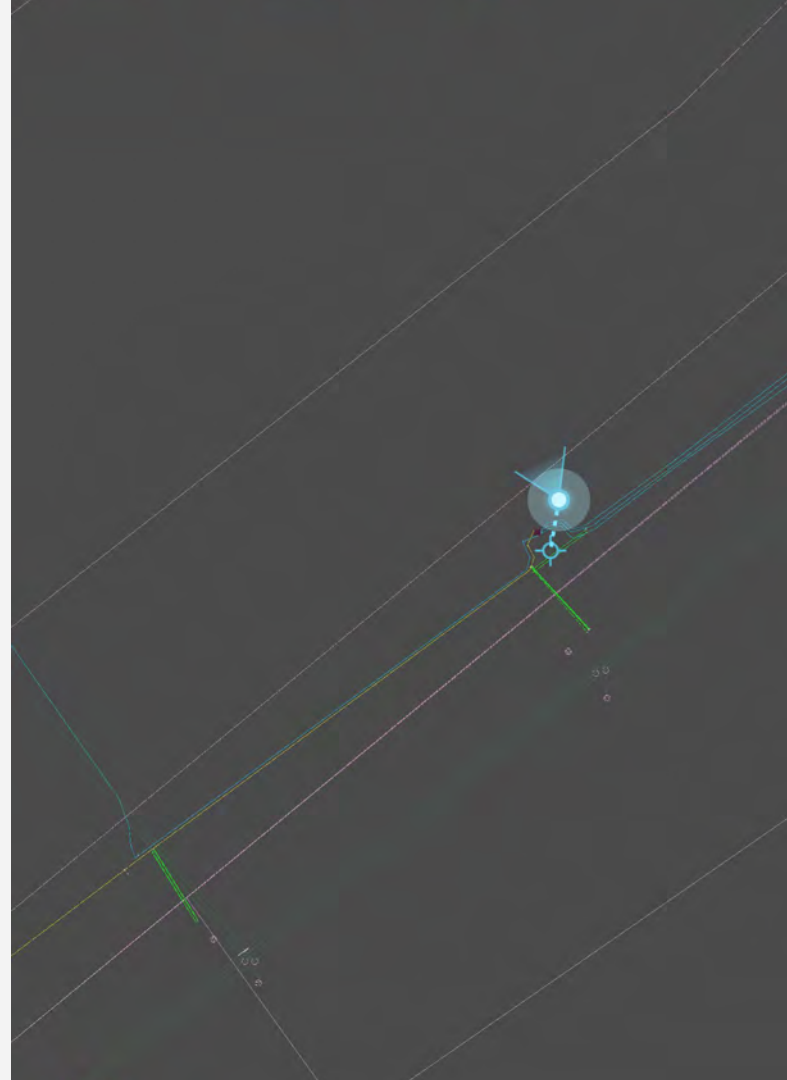


Aineisto

Maanalaisista rakenteista päätettiin POC:ssa käyttää:

- Sähköverkon kaapelit ja komponentit
- Vesiputket
- Kiinteistörajat

Sähköverkko-aineistolle muotoiltiin sovelluksen AR-näkymän kanssa mahdollisimman hyvin yhteensopiva NIS-tiedostotyyppi. Tämä yhdistettiin AutoCAD:lla vesiputki- ja kiinteistöaineistoihin ja tuotiin DXF-muodossa sovelluksen kehitysympäristöön.



Laitteet ja tekniikka - Unity 3D

Rakensimme sovelluksen Unity 3D-ohjelmistolla. Ohjelmisto on yksi edistyneimmistä ja monipuolisimmista työkaluista, joita nykyään hyödynnetään XR-sovellusten kehityksessä. Se mahdollistaa lisäksi projektissa tarvittavien lisäosien, kuten ARkit:n hyödyntämisen.

22



Laitteet ja tekniikka - ARkit

Koska tavoitteena oli paikkatietoon perustuva sovellus, joka ei lähtökohtaisesti hyödyntäisi markkerien tunnistusta, projektissa päätettiin käyttää ARkit:ä.

ARkit yhdistää oikean ja virtuaalisen ympäristön visual-inertial odometry-menetelmällä. Siinä tekniikan avulla laitteen liike-antureista saatu data yhdistetään konenäkö-analyysin avulla kameran kuvamateriaalin, kuva kuvalta. Näin mobiililaitteen liikkeitä voidaan seurata ja AR-objekteja “voidaan pitää paikallaan” suhteessa kameran liikkeisiin.

23

Analyysi ei ole kuitenkaan erehtymätön ja ympäristöolosuhteet saattavat vaikuttaa sen antamaan tarkkuuteen. ARkit:n antama sijainti on aina suhteutettu lähtöpaikkaan, eikä sitä lähtökohtaisesti päivitetä oikeassa maailmassa sijaitsevien kohteiden perusteella.



Laitteet ja tekniikka -Päätelaitteen valinta

AR-näkymän mahdollisen monimutkaisuuden vuoksi, päädyimme siihen että paras tämän projektin puitteisiin soveltuva päätelaite olisi tabletin kokoinen.

Koska iPad on ainut tabletin kokoinen mobiililaitte, jolla ARkit toimii, valitsimme sen tässä POC:ssa käytettäväksi päätelaitteeksi

24

Myös Androidille on saatavilla ARkit:ä vastaava AR-core tekniikka, joka ei kuitenkaan projektin aloitushetkellä toiminut vielä Android-tableteissa.

iPadin GPS-tarkkuutta parantavat lisälaitteet

iPad:n paikannusominaisuudet ovat huonot ja sillä ei päästä tässä projektissa vaadittuun tarkkuuteen.

Vertailimme eri iOS:n kanssa yhteensopivia ulkoisia GPS-vastaanottimia tarkkuusominaisuuksien, käytettävyyden ja hintaluokan perusteella.

25



Käyttäjättestaus

Käyttäjätestausta ei toteutettu erikseen, vaan se otettiin osaksi Haikanvuorella tehtyjä tarkkuusmittauksia.

Mukana 24.8. olivat Hilikka Lintula ja Jesse Jaakkola. Tarkkuusmittausten ohella he saivat vapaasti kokeilla sovellusta ja antaa vapaata palautetta sen toiminnasta.



ARkit:n paikannustarkkuus kenttäolosuhteissa

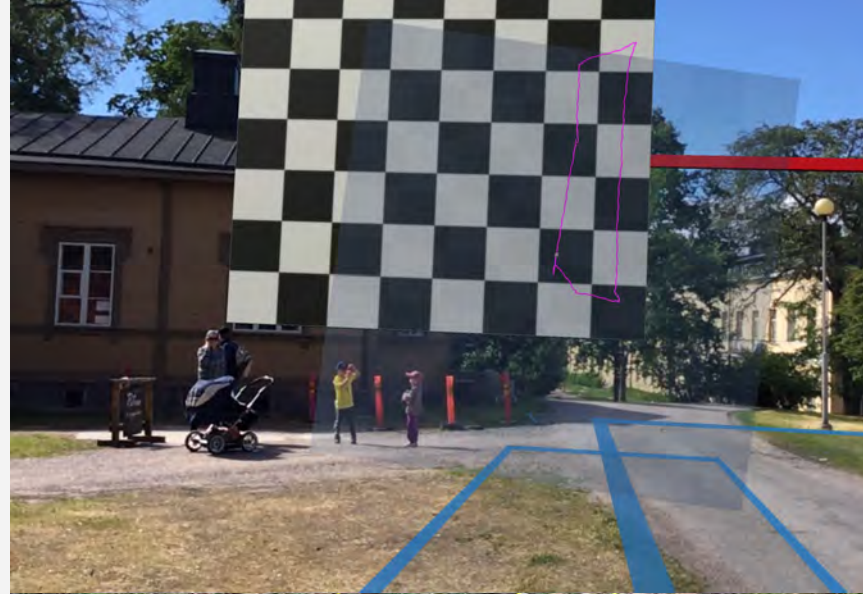
Selvittääksemme ARkit:n epätarkkuudesta aiheutuvia virhelähteitä paikanmäärityksen tarkkuuteen, testasimme ARkit:n paikannustarkkuutta horisontaali- ja vertikaalisuunnassa, erilaisissa kenttäoloissa avoimesta tien varresta tiheään pajukkoon.

27

Kuljimme muodoltaan ja pituudeltaan vaihtelevia lenkkejä (n. 50-150m) eri ympäristöissä ja kokeilimme eri kameran kulmia (ympäristö vs. horisontaalitasojen etsintä).

Kokeilimme lisäksi, kuinka huolellinen ympäristön panorointi kameralla ("kalibrointi") parantaa ARkit:n antamaa tarkkuutta.

Rakensimme testiä varten sovelluksen, joka loi kuution lähtöpisteen maatasoon. ARkit:n ilmoittavan sijainnin virhettä kontrolloitiin kulkemalla reitti ARkit:n arvion mukaan ja sitten mittaamalla kuution etäisyys tosiasialliseen lähtöpisteeseen.



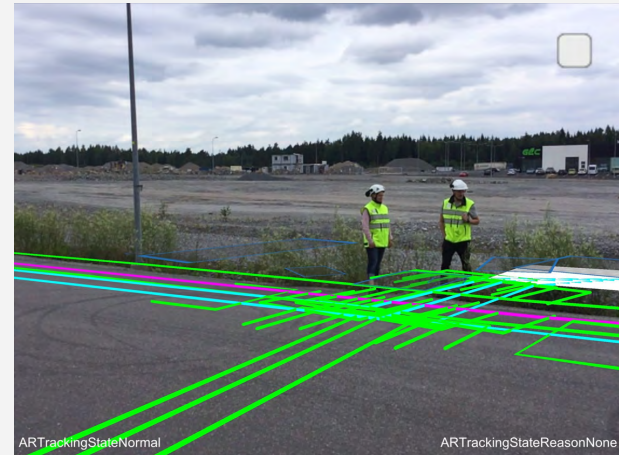
Sovelluksen paikannustarkkuus

1. Ensimmäinen prototyyppi

Kun sovelluksen ensimmäinen prototyyppi oli valmiina, sen toimintaa testattiin 12.7.2018. silmämääräisesti Haikanvuoren tutkimusalueella.

Sovellus määrittäi sijainnin laitteen oman GPS-vastaanottimen perusteella.

Virhettä kontrolloitiin vertaamalla AR-kameran kuvaa kaapelinäyttöön, jossa maan alta luodut kaapelit olivat maalattu maan pintaan.

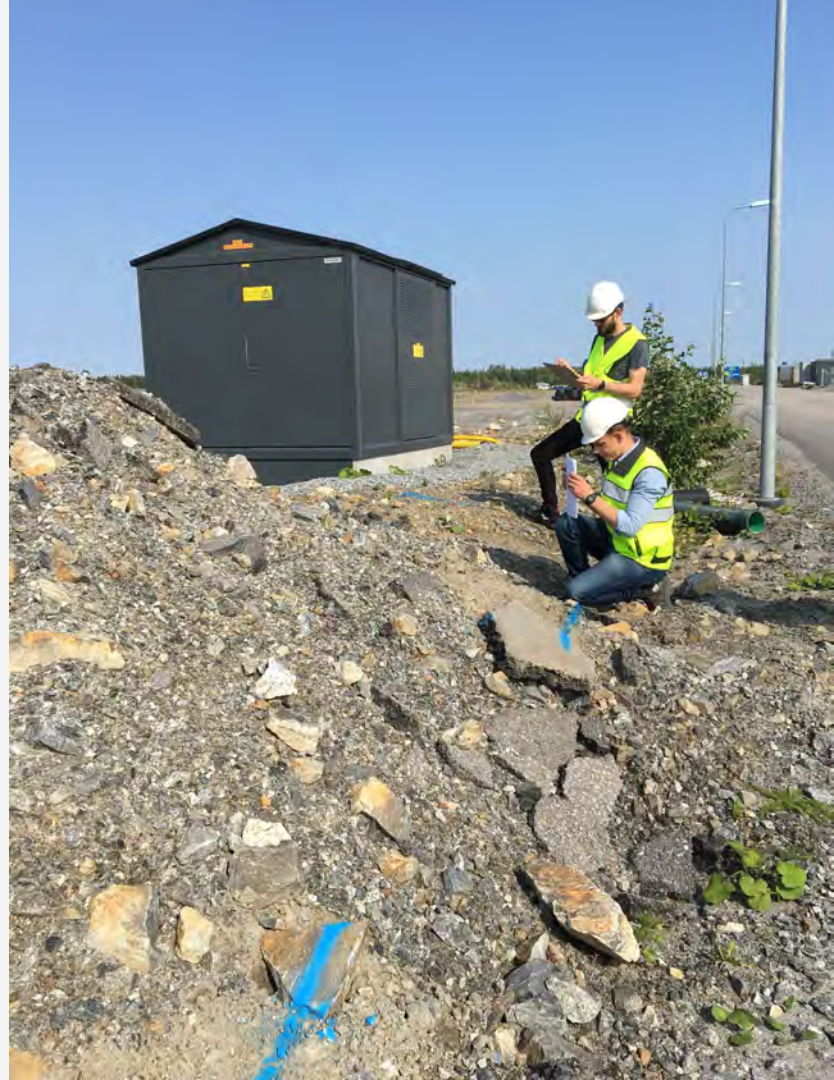


Sovelluksen paikannustarkkuus

2. Virheen kvantitatiivinen estimaatti

Toisessa kenttätestauksessa 24.8.2018. kerättiin tarkempaa tietoa sovelluksen tarkkuusominaisuuksista ja kuljetun matkan vaikutuksesta tarkkuuteen.

Tutkimusalueelta valittiin kolme kpl 100 m pituista linjaa, joita pitkin kuljettaessa sovelluksen antamaa sijaintitietoa verrattiin kaapelinäytön mukaisiin kontrollimaalauksiin ja Trimble Geo 7x:n antamiin 10 cm tarkkoihin koordinaatteihin lähtöpisteessä sekä 10, 50 ja 100 m etäisyyksillä siitä.





VAK Huoltopalvelut

Veho Hyötyselätyöt Tampere

Biketeam Tampere

Linja 3

Linja 4

Linja 2

Linja 1

Enset Oy

Tammer-Lattiat

VTA Tekniikka

Kenkämati Ky

Haikavuori

Komatsu Forest Oy

50 m

anjärvi

yhäjärventie

Autokatu

Jasperiitie

Jasperiitie

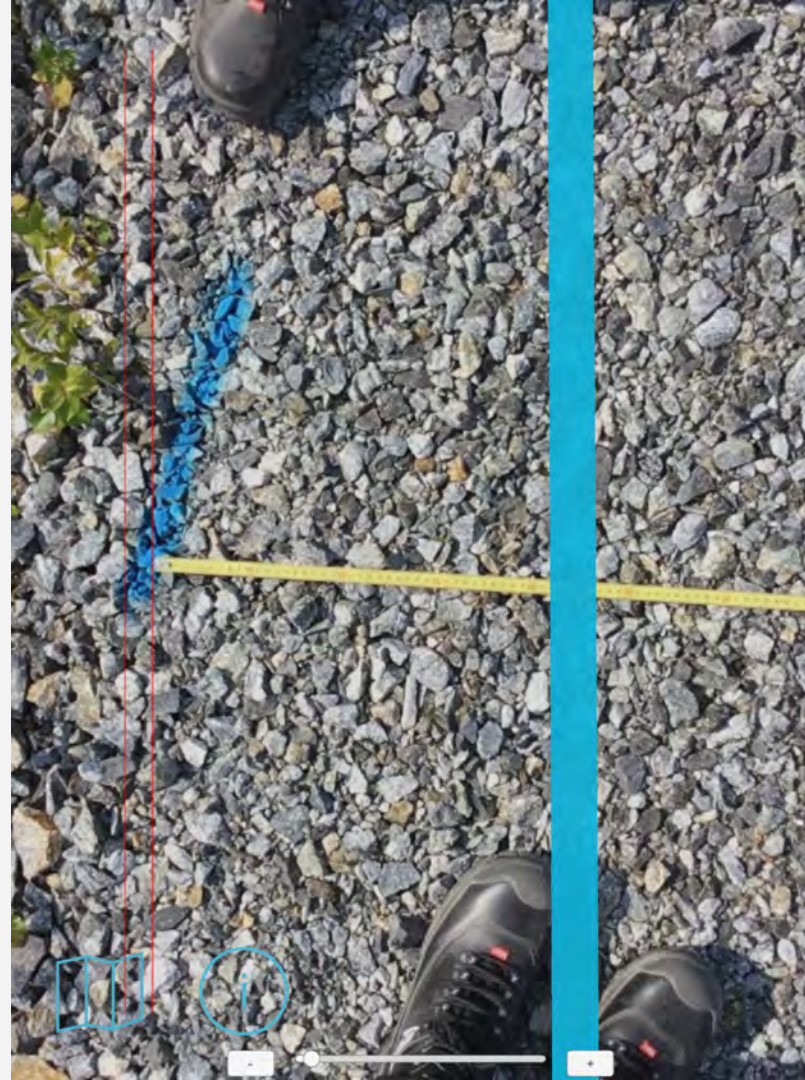
Jasperiitie

Jasperiitie

Sovelluksen paikannustarkkuus

2. Virheen kvantitatiivinen estimaatti

Kontrollina toimivat tarkan GPS-vastaanottimen ilmoittamat kordinaatit (tarkkuus n. 10 cm) ja saman kaapelinäytön maalaukset kuin 12.7.2018 tehdyssä testissäkin.



Sovelluksen paikannustarkkuus

3. Paikannus GPS:n perusteella

Kolmannessa kenttätestauksessa 7.9.2018. kokeiltiin ARkit:n mukaisen sijaintitiedon korvaamista laitteen GPS-anturin mukaisella sijaintitiedolla.

Tutkimusalueella käveltiin kaksi eri linjaa sovelluksen eri asetuksilla:

- 1) Sijaintitieto perustui ARkit:iin ja sovellus kalibroitiin huolellisesti linjan alussa.
- 2) Sijaintitieto perustui laitteen omaan GPS-dataan: sovellus päivitti säännöllisesti sijaintia GPS:n mukaan ja ohitti ARkit:n ilmoittaman sijaintitiedon.

Kontrollina toimivat saman kaapelinäytön maalaukset kuin aiemmin (vrt. edellinen slide). Linjat kuljettiin seuraamalla niitä ja AR:n karttaan piirtämää reittiä verrattiin todellisuudessa kuljettuun reittiin.

Sovelluksen paikannustarkkuus

4. Lopullinen tarkkuuden arviointi

Neljännessä kenttätestauksessa 12.9.2018. etsittiin syitä edellisessä testissä ilmenneisiin sekä ARkit:n että GPS:n ilmoittamaan heikkoon tarkkuuteen. Testin tuloksista tehtiin lopullinen arvio sijainnin tarkkuudesta.



Tulokset ja johtopäätökset

35

Tulokset ja johtopäätökset

- 1. Käyttäjäymmärrys**
2. iPadin sijaintitarkkuutta parantavat lisälaitteet
3. Sijaintitiedon tarkkuuden testaus
 - ARkit:n tarkkuus kenttäolosuhteissa
 - Sovelluksen paikannustarkkuus

Käyttäjäymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Työnkuva:

- Elenialta saatujen suunnitelmien soveltaminen maasto-olosuhteisiin ja maanrakentajan käyttöön.
- Tilanteen kartoitus paikan päällä: teiden rajat, tonttirajat, rajapyykkien merkintä, vanhojen kaivantojen huomiointi, kuvaus
- Erikoislupien selvittäminen (ELY-tiet, luonnonsuojelualueet)
- Maanomistajien kontaktointi, maankäyttösopimukset puhelimitse ja ovikäynneillä.

37

Käyttäjäymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Sovelluksesta saatava hyöty

- Työskentelee paljolti yhdistelemällä tietoja eri lähteistä. Kaapeleiden ja infran visualisointi kentällä auttaisi ymmärtämään kokonaiskuvaa.
- Suunnittelijan tehtävä muokata suunnitelma maastoon sopivaksi. **Voidaanko työkalua käyttää tulevaisuudessa myös suunnitteluun?**
- Tärkeä työväline Trimblen Geo 7x, jolla tarkka paikannus (10 cm 3G verkon alueella). Yrityksellä näitä on kaksi 8:lle suunnittelijalle. GPS ei toimi verkkoyhteyden ulkopuolella. Jos GPS ei toimi, suunnittelu vie paljon aikaa. **Voiko visualisointityökalu korvata GPS:n kun 3G-verkkoyhteyttä ei saatavilla?**
- Terrasync ohjelmisto takaa tarkan sijainnin. Kallein tekijä (tuhansia euroja, käyttäjäkohtainen lisenssi). **Jo kiinteistörajat kartalla 1m tarkkuudella korvaisi tämän**

38

Käyttäjäymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Sovelluksesta saatava hyöty

- Kommunikaatio maanomistajan kanssa keskeisessä roolissa. Yhdessä projektissa heitä voi olla 50-60. Maanomistajan näkemys rajojen sijainnista usein hyvin erilainen kuin kartoissa. Mikäli saavutettaisiin 1m tarkkuus, voisi olla hyvä työväline kommunikoinnissa.
- Joskus isompien maanomistajien kanssa kierretään kentällä näyttämässä, mitä on suunniteltu ja miltä asiat tulevat näyttämään.
- Kaapelinäyttöjen tarkkuus lähtökohtaisesti n. 20-30 cm. Mikäli useita kaapeleita samassa kohtaa, tutkaus ei toimi. Sovellus voisi korvata (ei pakolliset) kaapelinäytöt tapauksissa, joissa vaadittu tarkkuus on metrien luokkaa.

39

Käyttäjäymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Sovelluksesta saatava hyöty

- Kentällä voisi tehdä korjauksia suoraan tietokantaan. Esim. jos huomaa, että on käytetty eri kaapelia, kuin mitä tietokantaan on kirjattu, olisi helppo korjata.

40

Käyttäjäymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Työnkuvan sovellukselle asettamat vaatimukset

- Työskentely yleensä tienvarsilla. **Todennäköisesti maan päällä näkyviä komponentteja näkyvissä.**
- Joskus vaatii "ryteikköön" menemistä, jopa kymmeniä metrejä **Sovelluksen sijaintitarkkuuden tulisi kestää monien kymmenien metrien siirtymät.**
- Kannettava antenni olisi vartenotettava vaihtoehto, mikäli käyttösäde noin 10 m, olisi pieni lisävaiva.

41

Käyttäjäymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Muita havaintoja

- Työmaalla näkyvissä paljon maanpäällisiä komponentteja ja muita fyysisiä kiintopisteitä.

42

Käyttäjäjymmärrys

Hilkka Lintula, maastosuunnittelija, Eltel Networks

Haastattelun vaikutus sovelluksen kehityksessä

- Tarkan GPS:n käyttö kallista eikä aina onnistu. Sovelluksessa päätettiin hyödyntää laajemmalti manuaalista kalibrointia fyysisten kohteiden avulla: esim. kartan raahaus ja suunnan kalibrointi.

- Tarkan ulkoisen GPS:n liittäminen sovellukseen onnistuu, vaikka jouduttaisiin käyttämään ulkoista antennia, kunhan käyttösäde on korkeintaan 10 m luokkaa.

Käyttäjäymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Työnkuva:

- Tilaajana kun rakennuttamisen tiimissä kilpailutetaan projektit
- Sopii aikataulut urakoitsijan kanssa
- Talon sisälläkin sekalaisia tehtäviä, muutoksia Elenian porukan kanssa (50/50). Projekteja tosi paljon. Yksiköiden välillä joutuu paljon keskustelemaan.
- Kommunikointi eri osapuolten kanssa sähköpostitse ja työmaakokouksissa.
- Viikottain maastossa 1 tai 2 päivää.
- Projekteissa kerrallaan 20-30km kaapelointeja.

44

Käyttäjäymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Sovelluksesta saatava hyöty

- Tarkastuksessa maankäyttöluvut kunnossa ja merkinnät oikein. **Tarkastuksen kuittaus suoraan sovelluksesta?**
- Vastaanottotarkastuksessa olisi hyötyä, jos näkisi miten liitokset on tehty. Urakoitsijalta voidaan tulevaisuudessa pyytää dokumentointi, mistä tarkemmat tiedot verkkotietomalliin.
- Jo kaapeleiden näkeminen auttaisi. Voittaisiin merkitä erikseen GPS:n avulla paikannetut ja ei paikannetut.

45

Käyttäjäymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Sovelluksesta saatava hyöty

- Paperikartta riittää asioiden ymmärtämiseen, paitsi suoja-putkien hahmottamisessa, joista osa NIS:ssä. Alihankkijat tekevät rakennustyöt. Suoja-putkiin investoidaan, mutta niistä ei synny “verkko-omaisuutta”. Investointeja pitäisi pystyä valvomaan paremmin.
- Myös muista putkien asennukseen liittyvistä toimenpiteistä laskutetaan: putkien poraus metrimäärän perusteella. Jos näkisi kaapeleiden sijainnin ja tietäisi kaapelin pituuden (esim. Klikkaamalla kaapelia), voisi arvioida missä kohtaa oikeasti putkessa. Tässä voitaisiin säästää merkittäviä summia.
- NIS päivittyy jatkuvasti ja sinne voitaisiin lisätä tarvittavia tietoja, esim. Putkien asennusta koskien. Jotta voidaan laskea säästöt, jonkun pitää ensin määrittää hinta asioiden kartoittamiselle.

46

Käyttäjätymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Sovelluksesta saatava hyöty

- Mikäli maastosuunnittelija ei pääse sopimukseen maanomistajan kanssa, neuvotteluvastuu siirtyy Jesselle. Sovellus voisi helpottaa maanomistajan kanssa kommunikointia: voitaisiin yhdessä katsoa rakennettaville kaapeleille paikkoja ja päästäisiin helpommin sopuun maankäytöstä. Tosin 15 000:sta tapauksesta vain 100 hankalia ja noin 15 lautakuntakäsittelyyn.
- Hyötyjä erityisesti isojen maanomistajien tapauksessa. Pienet omistukset voidaan kiertää.

47

Käyttäjätymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Työnkuvan sovellukselle asettamat vaatimukset

- Isoimmat komponentit: muuntamot, jakokaapit ja kaapeloinnit, tulisi näkyä sovelluksessa.
- Muuntajien väli saattaa maastossa olla muutaman kilometrin ja maasto metsittyä. 3G-verkon kantaman ulkopuolella ei välttämättä ole mitään kiintopisteitä.
- Joskus muuntamojen läheisyydessä voi olla lukuisia kaapeleita. Saattaa vaikuttaa kompassilukemiin.
- Sovelluksen ei tulisi kuluttaa paljon akkua. Muuten joutuu siirtymään esim. huoltoasemalle lataamaan useasti.
- **Kaapeleiden syvyystieto tärkeä**

Käyttäjäjymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Muita havaintoja

- Olisi hyvä että tonttirajat näkyisivät. Näin nähtäisiin, että kaapelit ovat sijoitusluvan mukaisia. Tällä hetkellä sijoituslupiin ei kordinaatteja, mutta ne saisi NIS:stä.

- Olisi hyvä nähdä purkautuvasta verkosta kuvat sovelluksessa. Eli siis maanpäällisiäkin rakenteita, pylväitä. Auttaisi paikantamaan harukset, sillä jotkut urakoitsijat jättävät maanalaiset terävät rakenteet jälkeen purkaessaan.

- Pystyisikö jo maastossa sovelluksella tekemään tontin kierron ja näyttämään tontin isännälle, Tai kävelemään isännän kanssa sopivan reitin joka voitaisiin tallentaa?

- Tarkastuslomakkeet vaikeakäyttöisiä; lisäksi täytetään ensin paperilla ja sitten vasta läppärillä.

Voisiko sovelluksen avulla tehdä tarkastuksen? (kuitata ok/virhe ja lisätä lisätietoja)?

Käyttäjäymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Muita havaintoja

- Tabletteihin ei haluta panostaa koska “pienen piirin” käytössä.
- Tiimistä löydettäisiin paljon säästettävää hankkimalla esim. verkon rakentamiseen tarkoitettuja työkaluja (vatupassi jne.): saisi tarkastettua että kaapit suorassa.
- “Mikäli urakan putkituksessa säästettäisiin puolet, voitaisiin ostaa kassillinen padeja.”
- Kunnat haluavat kaiken infran rakennuksen samanaikaisesti. **Voisi helpottaa kommunikointia esim. kuituverkon rakentajan ja Elenian välillä?**

50

Käyttäjäymmärrys

Jesse Jaakkola, projektivastaava, Elenia Oy

Haastattelun vaikutus sovelluksen kehityksessä

- Alettiin kehittämään NIS:iin omaa optimoitua suunnitelmatyyppiä AR:lle, jonka kautta saadaan tiedot tarvittavassa muodossa sovellukseen.
- Lisää tukea siihen ettei laitteen omaan kompassiin voi luottaa: magneettikentät voivat häiritä.
- Ymmärrys siitä, että ammattilainen ymmärtää pelkällä karttanäkymälläkin paljon alueesta, AR tuo enemmän arvoa maallikoille. Näin karttanäkymä kannattaa tuoda sovelluksessa esiin tasaveroisena AR-näkymän kanssa.

51

Käyttäjäymmärrys

Kunnonhallinta-asiantuntija Pauliina Salovaara, Elenia Oy

Työnkuva:

- Ilmajohdoverkon kunnossapito
- Maakaapeleihin kunnossapito
- Puuston käsittely
- Kun verkko rakennettu, loppu elinkaari

52

Käyttäjätymmärrys

Kunnonhallinta-asiantuntija Pauliina Salovaara, Elenia Oy

Sovelluksesta saatava hyöty

- Kumppanin työtä voisi helpottaa. Esim. betonoinnin tarkastus – kaikki on peitetty maalla. Maata kaivetaan tietyin valimatkein ja tarkistetaan betonin kunto. Näkisi, että millä kohtaa kohde on. Voisiko korostaa esim. suojattuja kohtia, jotka on peitetty betonilla tai laitettu putkeen. Silloin, kun ei voi kaivaa tarpeeksi syvälle maahan.
- Muuntamoilla on käytössä ja tulossa laitteita, joilla pystyy paikantamaan, missä vikavirta menee maihin. AR:ssä viallisen välin näyttäminen rajapinnasta tulevan tiedon perusteella.

53

Käyttäjätymmärrys

Kunnonhallinta-asiantuntija Pauliina Salovaara, Elenia Oy

Sovelluksesta saatava hyöty

- “Tee-se-itse-mies” tai kunnan virallinen kaivajataho on suurin uhka. Esim. kunnilla ei vaivatonta pääsyä kaapeleiden sijaintitietoihin. **Sovellus heidän käytössään voisi säästää korjauskustannuksissa.**
- Sovellus, jos on tarpeeksi tarkka, voisi korvata kaapelinäytön. Toisaalta tiedot esim. Vanhoista kaapeleista eivät ole täysin tarkat.
- Aluekumppanien kanssa ollaan siirtymässä isännöintityyppiseen toimintamalliin ja proaktiivisuutta halutaan lisätä. **Voisiko sovellus auttaa tässä?**

54

Käyttäjäjymmärrys

Kunnonhallinta-asiantuntija Pauliina Salovaara, Elenia Oy

Muita havaintoja




- Puistomuuntajat tarkastetaan ja kuvataan 6 vuoden välein. Kaikissa uniikki tunnus. **Jos kuvattaisiin tarkemmalla resoluutiolla, voitaisiin käyttää markkerina AR:ssä.**
- Myös jakokaappien kuvaus tulevaisuudessa on mahdollista.

55

Tulokset ja johtopäätökset

1. Käyttäjäymmärrys
2. **iPadin sijaintitarkkuutta parantavat lisälaitteet**
3. Sijaintitiedon tarkkuuden testaus
 - ARkit:n tarkkuus kenttäolosuhteissa
 - Sovelluksen paikannustarkkuus

Ulkoisten GNSS-laitteiden vertailututkimuksesta poimitut testivoittajat ominaisuuksineen.

	Nimi	Edut	Tarkkuus	Hinta	Lisätietoja
	Bad Elf 66 Channel GPS Receiver For iPad	Lightning-kytkentä	noin 2,5 m	180 €	https://bad-elf.com/pages/be-gps-1008-detail
	Bad Elf GNSS Surveyor	Kompakti koko	≥ 1 m	n 550 €	https://bad-elf.com/pages/be-gps-3300-detail
	Eos Arrow 100 GNSS Receiver	Tarkempi	< 1 m	n 2 700 €	https://eos-gnss.com/new-line-of-high-accuracy-arrow-gnss-receivers/

Johtopäätökset

- Parhaiten POC:n tarkoitukseen ulkoisista vastaanottimista sopi Bad Elf 66: vaikka tarkkuus on vain 2,5 m, se on suhteellisen edullinen. Lisäksi tutkimusalueella ei ole satelliitteja peittäviä rakenteita tai kasvillisuutta, joten laite löytää hyvin satelliitit.
- Mikäli halutaan päästä alle metrin tarkkuuteen, ulkoisen laitteen hintaluokka on tuhansien eurojen luokkaa. Lisäksi tarkat ulkoiset GNSS-vastaanottimet tarvitsevat ulkopuolisen antennin (2 m korkea), joka heikentää sovelluksen käytettävyyttä.
- Koska tarkka sijaintitieto ulkoisesta vastaanottimesta edellyttää kalliin ja kömpelön laitteiston, kalibrointi manuaalisesti fyysisillä näkyvillä kohteilla ja ulkoisen paikannuslaitteen antamien koordinaattien mukaan nousi entistä tärkeämpään rooliin.

Tulokset ja johtopäätökset

1. Käyttäjymmärrys
2. iPadin sijaintitarkkuutta parantavat lisälaitteet
3. Sijaintitiedon tarkkuuden testaus
 - **ARkit:n tarkkuus kenttäolosuhteissa**
 - Sovelluksen paikannustarkkuus

59

Peltoaukea

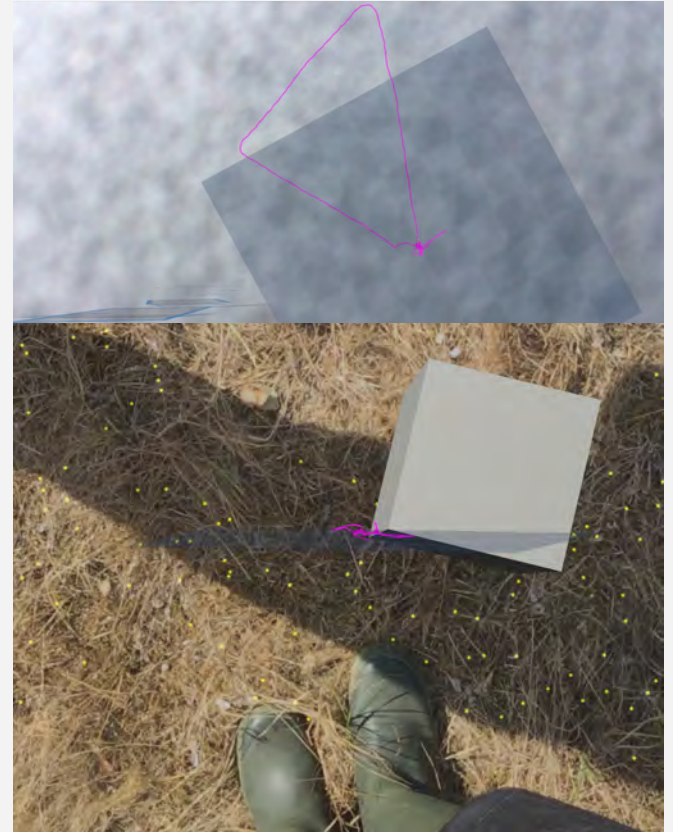


Peltoaukea - kolmio

Pituus noin 75 m, pieni (<1m) korkeusvaihtelu.

Ensimmäisissä testeissä korkeus sekä horisontaalinen sijainti heittelivät välillä: 2-5m.

Huolellisella alkukalibroinnilla tarkkuus n. 0,5 m ja vertikaalisuunnassa n. 1m.

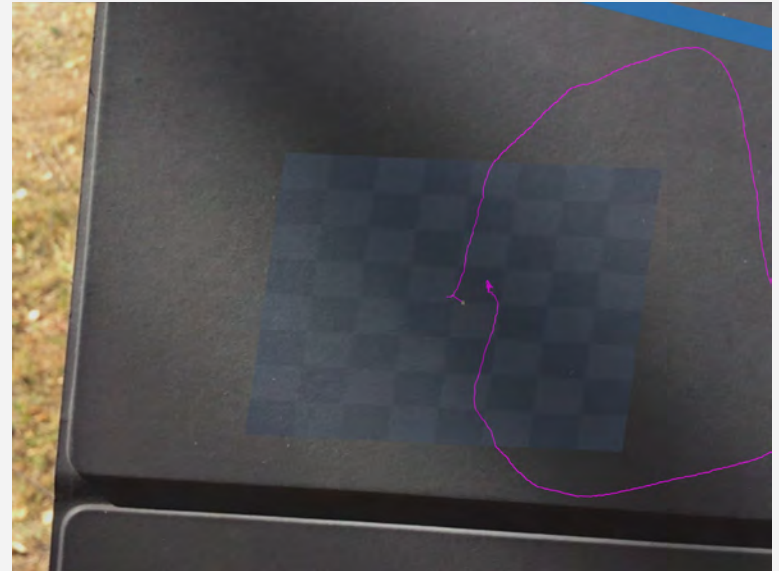


Peltoaukea - kierros ympäri

Pituus noin 150m, korkeusvaihtelu metrin luokkaa.

Horisontaalisesti ja vertikaalisesti n. 5m heitto.

Hitaammalla vauhdilla noin 2m heitto molempiin suuntiin.



Tienvarsi



Tienvarsi

Pituus noin 75 m, pieni korkeusvaihtelu.

Horisontaalinen tarkkuus n. 2m, pystysuunnassa n.
0,5 m.

Ei tehty kalibrointia.

Puistomainen ympäristö



Puistomainen ympäristö

Pituus noin 50 m, pieni korkeusvaihtelu.

45 asteen kulmassa horisontaalinen tarkkuus n. 1m, pystysuunnassa kymmeniä senttejä.

90 asteen kulmassa horisontaalisesti 0,5 m ja korkeus tarkka.

Alkukalibrointi.



Niitty ja pajukko



Niitty ja pajukko

Pituus noin 30 m, pieni korkeusvaihtelu.

Osittain valoisaa, osittain varjoisaa.

Paljon kumartumisia ja pysähtymisiä.

45 asteen kulmassa horisontaalinen tarkkuus n. 0,5 m, pystysuunnassa noin 1 m.

Alkukalibrointi.



Pajukko

Pituus noin 40 m, pieni korkeusvaihtelu.

Paljon kumartumisia ja pysähtymisiä. Varjoisaa koko matkan.

45 asteen kulmassa horisontaalinen tarkkuus n. 0,5 m, pystysuunnassa noin 1 m.

Alkukalibrointi.



Yhteenveto

Testiympäristöissä kuljettaessa kierros ARkit pystyy 0,5 m - 5 m tarkkuuteen horisontaalisesti ja 1cm-5m tarkkuuteen vertikaalisuunnassa.

Alkukalibrointi ja hitaampi etenemisnopeus parantavat tarkkuutta, samoin kameran havaitsema kasvillisuus.

Tarkkuus heikkenee etäisyyden ja korkeusvaihteluiden kasvaessa.

Kameran kulman muutokset ja ylimääräinen panorointi saattavat myös parantaa tarkkuutta: ARkit-ehdii skannata horisontaalitasoa ja saa käyttöönsä enemmän kuvamateriaalia.

Kun ympäristössä on selkeitä maamerkkejä kuten puita, kamera kannattaa suunnata niitä kohti.

Johtopäätökset

ARkit ei täysin tarkka kenttäolosuhteissa, altis ympäristövaihteluille.

Optimiympäristössä puita ja kasvillisuutta (metsä).

Käyttäjälle voidaan kommunikoida ARkit:n tilasta ja opastaa käyttämään laitetta oikein (“Hidasta, panoroit” jne.)

ARkit:n aiheuttama epätarkkuus tulee ottaa huomioon → maastosta löytyvät fyysiset referenssit (muuntajat, sähkökaapit) merkitys

Vaadittu metrin tarkkuus säilyy ARkit:llä puolisen sataa metriä. (Vrt Hilkan haastattelu)

Tulokset ja johtopäätökset

1. Käyttäjymmärrys
2. iPadin sijaintitarkkuutta parantavat lisälaitteet
3. Sijaintitiedon tarkkuuden testaus
 - ARkit:n tarkkuus kenttäolosuhteissa
 - **Sovelluksen paikannustarkkuus**

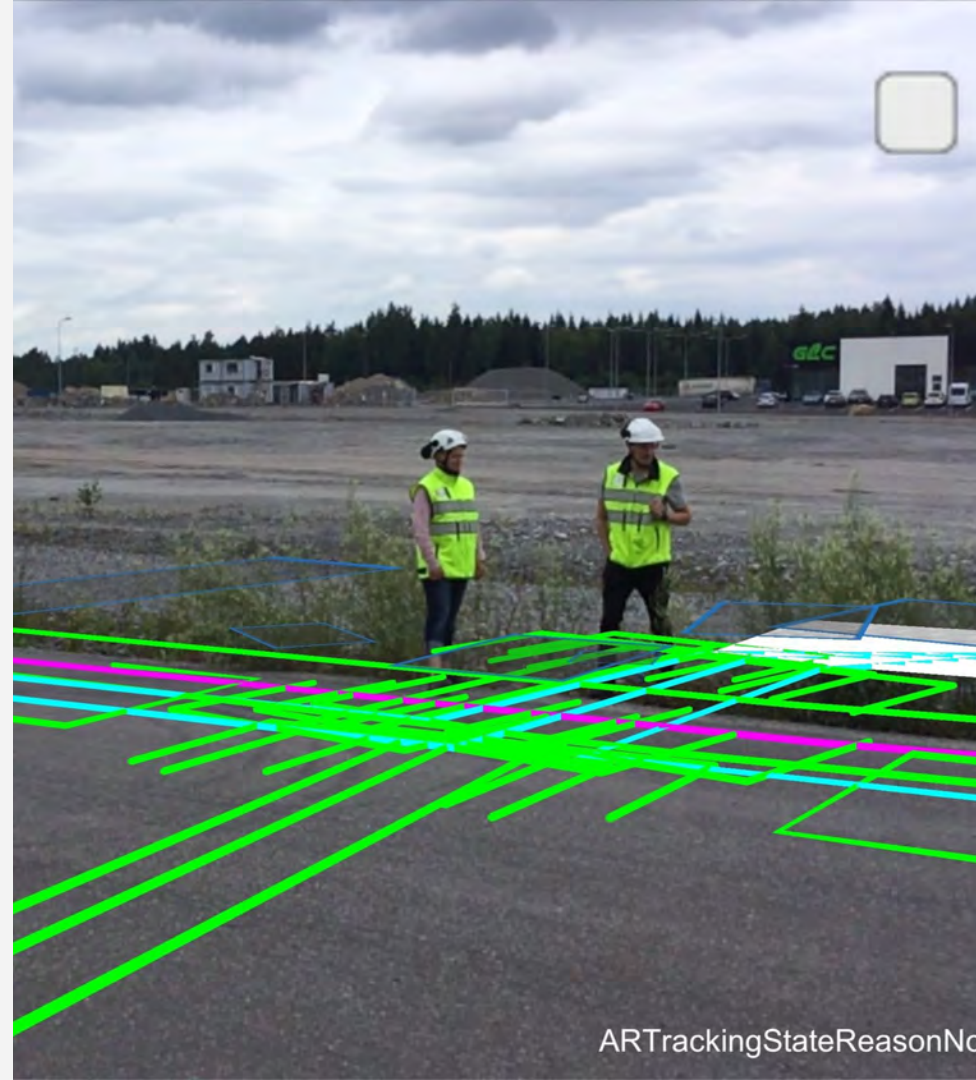
72

Sovelluksen paikannustarkkuus

1. Testi - Ensimmäinen prototyyppi

Kun sijainti määritettiin laitteen oman GPS-vastaanottimen mukaan, AR:n kaapeleiden sijainti oli kymmeniä metrejä vinossa.

Kun sovellukselle syötettiin iPhoneen ilmoittamat koordinaatit pistemäisten mittausten tarkkuus oli jopa parin metrin luokkaa. Tosin suunnan kalibrointi oli vielä tässä vaiheessa erittäin työlästä.

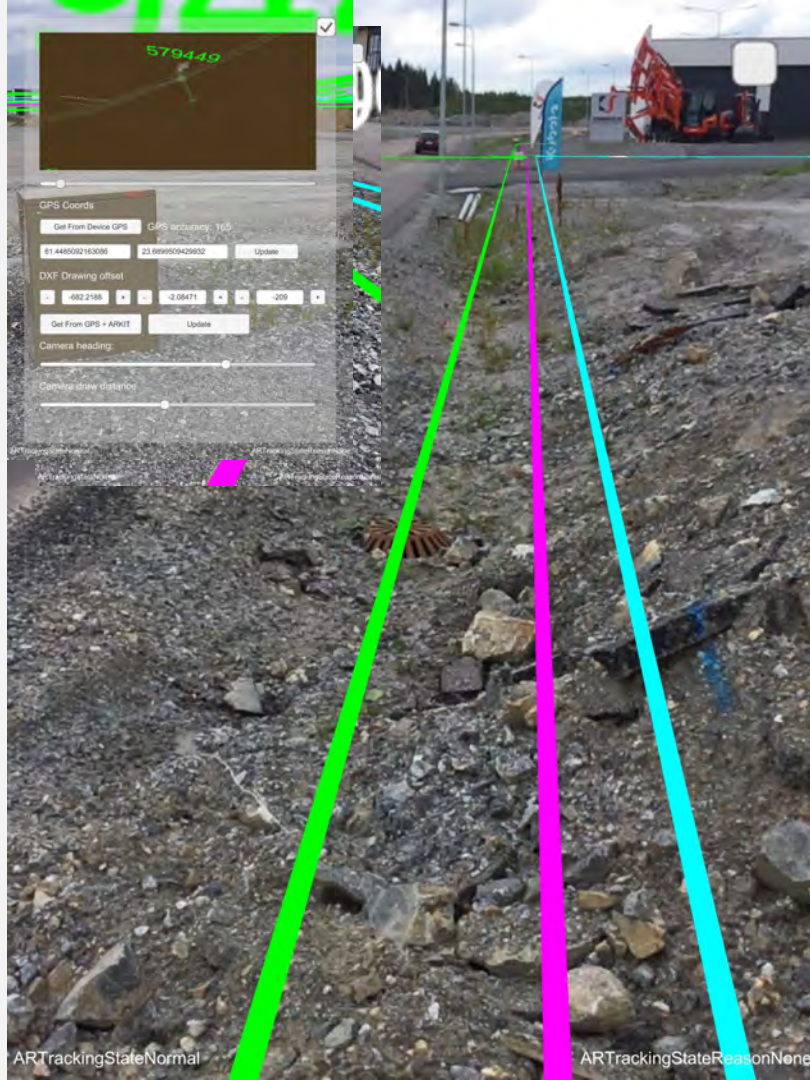


Sovelluksen paikannustarkkuus

1. Testi - Ensimmäinen prototyyppi

Tutkimusalueen korkeusvaihteluiden johdosta kuljettaessa pidempiä matkoja kaapelit näyttivät leijuvan ilmassa.

Koko aineiston näkyminen yhtäaikaan AR näkymässä oli hämmentävää ja teki ruutuun piirtyneiden kaapeleiden etäisyyksien hahmottamisen mahdottomaksi.



Sovelluksen paikannustarkkuus

1. Testi - Johtopäätökset ja iteraatiot

Koska kaapeleiden sijaintitiedoilla ei ole vertikaaliarvoja, sovelluksen käynnistyspisteen korkeus meren pinnasta määrää kaapeleiden sijainnin myös kauempana. Päätettiin pakottaa kaapeleiden syvyys aina ARkit:n löytämän maatasen alapuolelle.

75

AR-näkymää selkeytettiin rajaamalla kauempana sijaitsevat kaapelit ulos: kaikki kohteet häivytettiin tietyn välimatkan päästä.

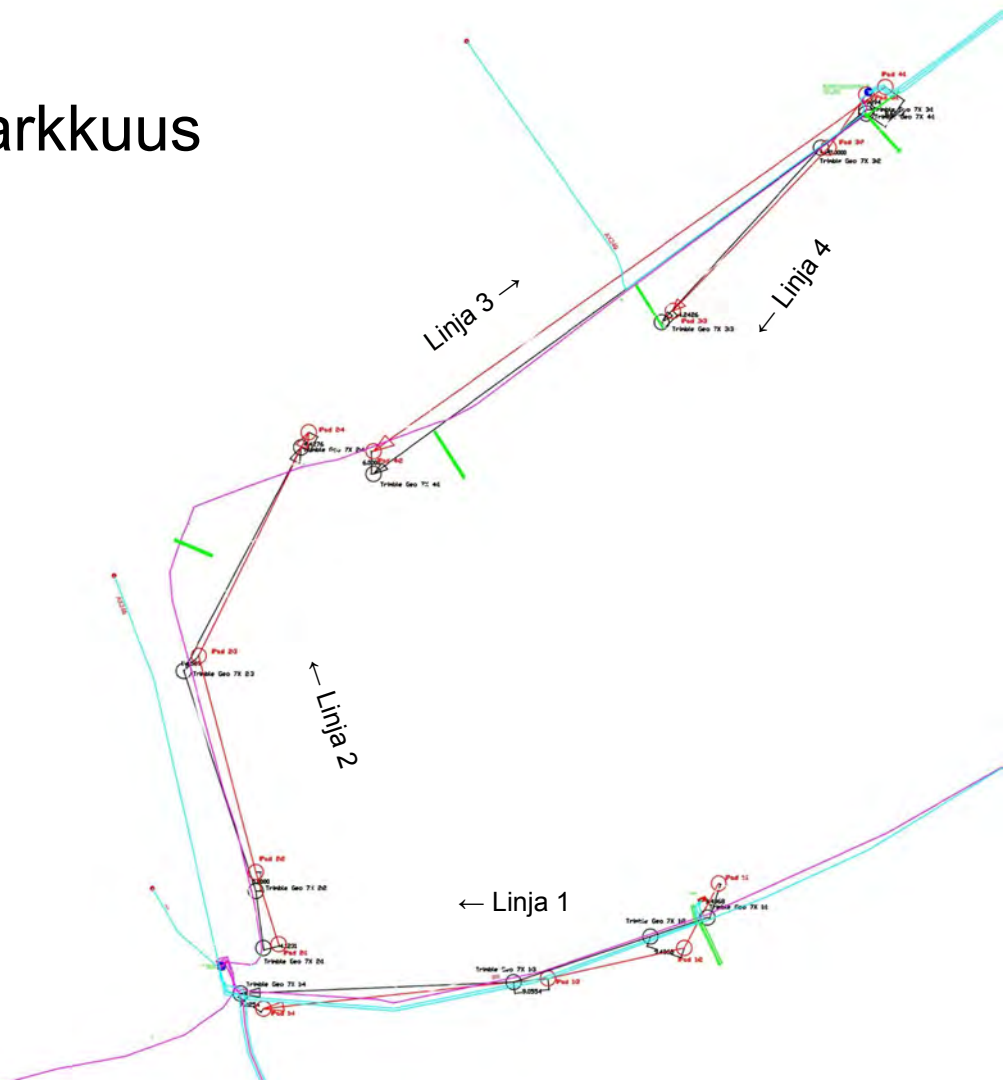
Sovelluksen paikannustarkkuus

2. Testi - virheen kvantitatiivinen estimaatti

Oikealla: Mittauksien mukaiset kordinaatit seurattaessa kaapeleita AR-näkymän mukaan.

iPadin (Bad Elfin) antamat kordinaatit merkitty punaisella

Trimble Geo 7x antamat kordinaatit merkitty mustalla

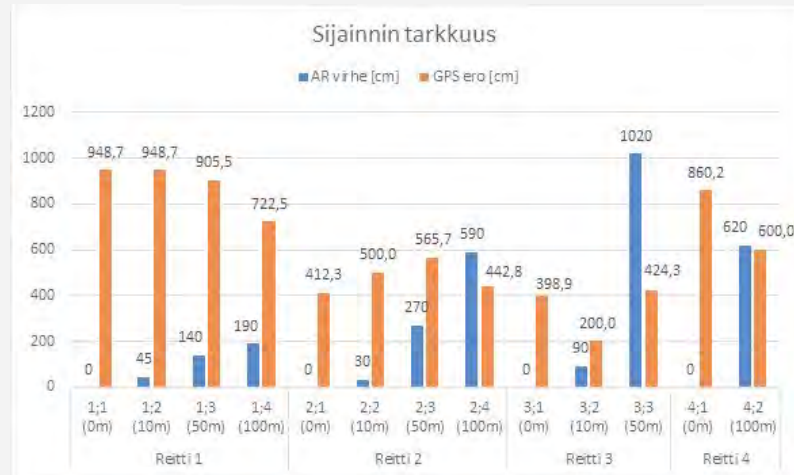


Sovelluksen paikannustarkkuus

2. Testi - virheen kvantitatiivinen estimaatti

Oikealla: Sovelluksen mukaiset koordinaatit Trimble Geo 7x:n tarkkoihin lukemiin verrattuna.

AR virheellä tarkoitetaan sovelluksen sijaintiarviota, joka tässä vaiheessa projektia perustettiin ARkit:n laskelmiin.



Sovelluksen paikannustarkkuus

2. Testi - Johtopäätökset ja iteraatiot

Sovelluksen virhe kasvoi kertautuvasti välimatkan lisääntyessä, kuljettaessa lähtöpisteestä kalibroinnin jälkeen pitkin AR-näkymän mukaista kaapelin reittiä.

Ensimmäinen linja muodosti tästä poikkeuksen. Tämä johtui siitä, että AR-näkymän suunta kalibrointiin näkyvien komponenttien mukaan joka pysähdyksellä.

Tuloksista voidaan päätellä, että ARkit:iin perustuva paikanmääritys ei ole riittävän tarkka ja sijaintiarvio pitäisi perustaa laitteen omaan GPS-vastaanottimeen (Bad Elf), jonka tarkkuuden tulisi olla vakaa ja noin 2,5 m luokkaa.

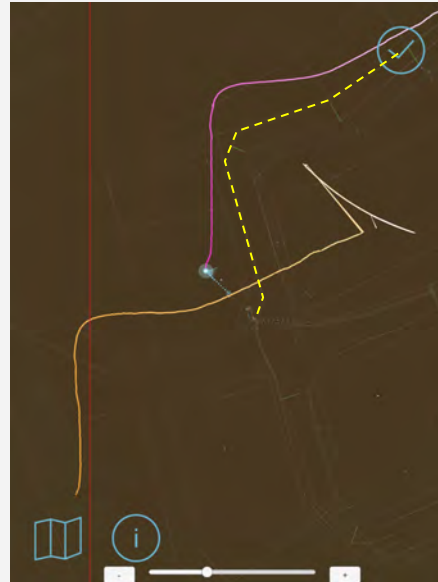
Sovellukseen tehtiin valinta GPS:n jatkuvasta päivityksestä taustalla, jonka pitäisi korjata ARkit:n aiheuttaman tarkkuushäiriön.

Sovelluksen paikannustarkkuus

3. Testi - paikannus GPS:n perusteella

Vasemmalla: sovelluksen piirtämä ARkit:iin perustuvan reitin piirtymä karttanäkymään seurattaessa kaapelinäytön (keltainen katkoviiva) mukaista reittiä.

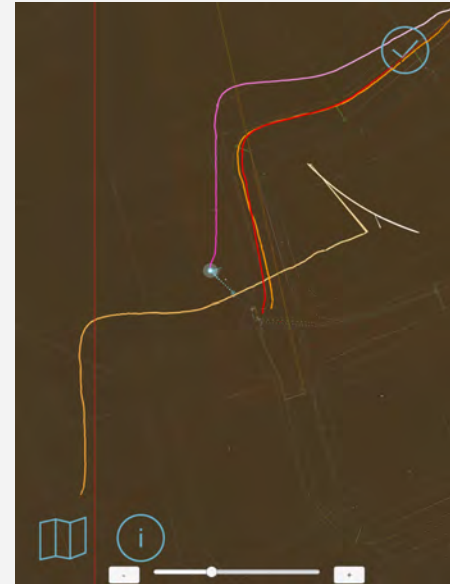
Oikealla: sovelluksen piirtämä GPS-vastaanottimeen (Bad Elf) perustuvan sijainnin piirtymä karttanäkymään seurattaessa kaapelinäytön (keltainen katkoviiva) mukaista reittiä.



Sovelluksen paikannustarkkuus

3. Testi - paikannus GPS:n perusteella

Kuva: kuvamanipulointi, jossa ARkit:n arvioiman sijainnin piirtymä (pinkki) ja GPS-vastaanottimen mukainen reitti on raahattu keltaisen kaapelilinjan päälle ja niitä on molempia käännetty vastaamaan sen muotoa.



Sovelluksen paikannustarkkuus

3. Testi - Johtopäätökset ja iteraatiot

Huolimatta jatkuvasta GPS-sijainnin päivityksestä sijainti suhteessa kuljettuun reittiin oli vielä epätarkempi kuin 2. testissä. Myös siinä havaittu kertaantuminen oli selkeästi nähtävissä.

Edellisen sliden kuvamanipulaatio kuitenkin havainnollistaa, että sijoitettaessa sekä ARkit:n että GPS-sijainnin mukaiset reittiipiirtymät todellisen kuljetun reitin päälle, voidaan havaita että niiden muodossa ei sinänsä ole suurta virhettä, pikemminkin koko reitti on väärässä paikassa.

Tämä liittyy todennäköisesti virheeseen suuntimassa, joka on ollut yksi projektin tiedostetuista haasteista alusta asti.

81

Sovelluksen paikannustarkkuus

3. Testi - Johtopäätökset ja iteraatiot

Päätettiin lisätä suunnan kalibroitimahdollisuuden tarkkuutta lisäämällä Näsinneulan sijainti sovellukseen. Kohde sijaitsee niin kaukana tutkimusalueesta, että sen avulla kalibroitu AR-näkymän suunta pitäisi olla riittävän tarkka satojen metrien säteellä.

82

Joka tapauksessa manuaalinen suunnan kalibrointi osoittautui riskialttiiksi, koska pienetkin virheet tietävästi kertautuvat lähtöpisteestä kuljettavan etäisyyden mukana.

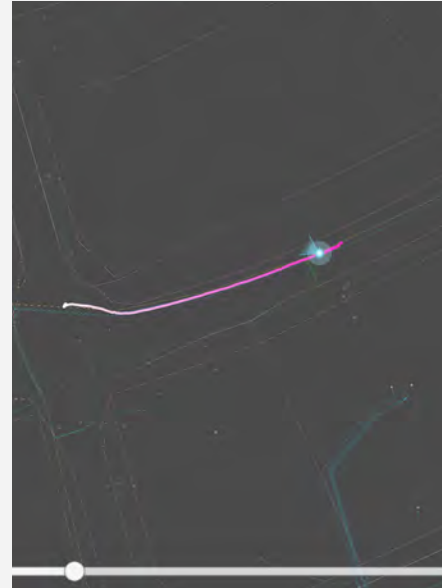
Sovelluksen paikannustarkkuus

4. Testi - paikannuksen tarkkuuden arviointi

Neljännessä kenttätestauksessa 12.9.2018. etsittiin syitä ARkit:n että GPS:n ilmoittamaan heikkoon tarkkuuteen.

Tarkkuus oli parempi, n 5 m luokkaa, muttei kuitenkaan vaatimusten mukainen. Virhe näytti olevan systemaattisesti yhteen suuntaan kunkin linjan tapauksessa.

Vaikka kertautuvaa suunnan virhettä saatiin merkittävästi vähennettyä, se oli kuitenkin jossain määrin tallella: linjan toisessa päässä sijaitseva komponentti oli AR-näkymässä muutaman metrin sivussa.



83

Sovelluksen paikannustarkkuus

4. Testi - Johtopäätökset

Systemaattinen GPS:n virhe on tunnistettu ongelma GPS-paikannuksen yhteydessä. Tämä voidaan korjata differentiaali-GPS-laskennan avulla, sisällyttämällä ajankohdasta ja paikasta riippuva systemaattinen virhe mukaan sijainnin määrittämiseen.

84

Virhe voitaisiin poistaa käyttämällä manuaalisen sijainnin kalibroinnin off-settia myös GPS:n päivittyessä automaattisesti. Sijainnin laskentaa voitaisiin myös tehostaa ottamalla differentiaali-GPS-data mukaan laskelmiin, joka korjaa systemaattisen virheen GPS-signaalissa.

Sovelluksen paikannustarkkuus

4. Testi - Johtopäätökset

Suunta-arvion häiriö joka aiheutti kertautuvan virheen AR:ssä saatiin osaksi eliminoitua poistamalla käyttöliittymässä ollut suunnan kalibrointi-slider, jonka toiminnassa oli ohjelmointivirhe.

Tarkempi suunta johtui ilmeisesti ohjelmointivirheen poistamisen lisäksi myös suunnan manuaalisesta kalibroinnista kaukana sijaitsevan Näsinneulan avulla. Tämä voi viitata myös siihen, että manuaalinen suunnan kalibrointi ei toimi, kun fyysiset kalibroinnissa käytettävät komponentit sijaitsevat lähietäisyydellä: toimenpide nojaa liiaksi käyttäjän kykyihin tehdä kalibrointi riittävän tarkasti.

Suunnan kalibrointi olisikin turvallista toteuttaa ohjatulla kalibroinnilla, jossa suunnan määrittely toteutetaan laskennallisesti. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi ohjeistamalla käyttäjää tiettyyn suuntaan ja poimimalla matkalla GPS-koordinaatit, joiden perusteella sovellus voi kalibroida suunnan arvion automaattisesti ([Lähde](#)).

85

Sovelluksen paikannustarkkuus

4. Testi - Johtopäätökset

Suunnan arviointi voitaisiin perustaa myös laitteen kompassin arvioon, kun päivitetään sijaintia jatkuvasti GPS:n avulla. Tällöin suunta-arvio ei olisi lähtöpisteestä asti lukittu ja sen virhe ei pääsisi kertautumaan.

86

Yhteenveto

87

Tarkkuus ja paikannuksen kalibrointi

Sovelluksen avulla voidaan joustavasti paikantaa käyttäjän sijainti, haastatteluiden yhteydessä esiin tulleissa vaihtelevissa ympäristöolosuhteissa:

- Paikannus voidaan perustaa laitteen omaan tai ulkoiseen tablettiin liitettyyn GPS-vastaanottimeen. Tällöin automaattisesti päivittyvän sijainnin tarkkuus vastaa ulkoisen vastaanottimen tarkkuutta. Sijaintia voidaan tällöin tarkentaa manuaalisen kalibroinnin avulla.
- Mikäli käytössä on erillinen GPS-vastaanotin, siitä saadaan poimittua lähtöpaikan koordinaatit. Tällöin lähtöpaikan tarkkuus vastaa ulkoisen laitteen tarkkuustasoa ja sitä voidaan edelleen tarkentaa manuaalisella kalibroinnilla.
- Kun GPS-signaali on heikko (esim. kasvillisuuden tai rakennusten peittävyuden johdosta) sovellusta voidaan edelleen käyttää heikommalla tarkkuudella ARkit:iin perustuvan paikanmäärityksen ja manuaalisen sijainnin kalibroinnin avulla. Muussa tapauksessa sovellusta käytettäessä automaattisen sijainnin päivityksen GPS:n kautta tulisi olla jatkuvasti päällä.

88

Tarkkuus ja paikannuksen kalibrointi

Suunnan määrittäminen osoittautui projektin suurimmaksi haasteeksi. Tabletin oma kompassi on erittäin epätarkka, joten suunnan määrittäminen perustettiin manuaaliseen kalibrointiin maan päällä näkyvien komponenttien avulla. Tämäkin menetelmä tuottaa käyttäjästä riippuen suuruusluokaltaan vaihtelevan systemaattisen virheen: AR-näkymän elementtien kulma suhteessa lähtöpaikkaan kasvaa suhteessa etäisyyteen lähtöpaikasta.

Kun liikutaan kymmenien metrien säteellä lähtöpaikasta suunta tulisi kalibroida säännöllisesti.

Tarkkuus ja paikannuksen kalibrointi

Haastatteluiden perusteella, sovelluksen antaman sijainnin tarkkuuden tulisi olla metrin luokkaa liikuttaessa satojen metrien säteellä maan päällä näkyvistä komponenteista, joiden avulla sijainti voidaan kalibroida tarkaksi. Testattaessa sovellusta käytössä olleilla laitteilla, tätä tarkkuutta ei saavutettu. Toisaalta paikannustarkkuutta kannattaisi kokeilla tarkemmalla ulkoisella laitteella, jolloin voitaisiin päästä lähemmäs vaadittua tarkkuutta.

90

Testitilanteissa suunta kalibroitiin pelkästään lähtöpisteessä, eikä suunnan arviota tai sijaintia korjattu kesken matkan, mikä voisi olla mahdollista oikeassa käyttötilanteessa.

Tarkkuus ja paikannuksen kalibrointi

Mobiililaitteiden sisäänrakennetut paikannusominaisuudet kehittyvät jatkuvasti. Esimerkiksi [Android-puhelimien tarkkuuteen](#) on jo tänä vuonna luvassa huomattavaa parannusta. Sovellus on helposti käännettävissä Android-alustalle sopivaksi.

Suunnan ja sijainnin systemaattinen virhe ovat korjattavissa differentiaali-GPS:n, paremmin vaiheistetun laskentaan perustuvan kalibroinnin sekä ARkit:n suunta-arvion ohittamisen avulla. Samalla päästäisiin eroon manuaalisen alussa tehtävän kalibroinnin työläydestä, eikä sitä olisi pakko perustaa näkyviin komponentteihin.

91

Loppukäyttäjien tarpeisiin suunniteltu käyttökokemus

Sovelluksen kehityksessä otettiin huomioon käyttäjien haastattelujen sanelemia rajoituksia ja toiveita.

Potentiaaliset aktiivikäyttäjät (Jesse ja Hilikka) osallistuivat myös testitilanteeseen kentällä ja heidän kommenttinsa käyttökokemuksesta otettiin huomioon sovelluksen kehityksessä.

Sovellusta tulisi kuitenkin myös testata “projektin ulkopuolisilla” potentiaalisilla käyttäjillä oikeissa käyttötilanteissa, jotta käytettävyyden ja kalibrointiin liittyvä kuorma käyttäjälle saataisiin saataisiin selville.

Skaalautuva POC

Sovelluksen ohjelmointi on toteutettu niin, että se on täysin skaalautuva. Paikkatietodata tuodaan projektiin ohjelman ajon aikana, joten sen tuonti sovellukseen integraation kautta on helposti toteutettavissa.

ARkit voidaan tarvittaessa vaihtaa ARcoreen joka on Android-yhteensopiva. Toistaiseksi ARcore:a ei kuitenkaan ole saatavilla Android-tabletteihin. Eli alustalle käännetty sovellus toimisi vain puhelimella.

Sovelluksen muokkaus Unityn kautta onnistuu helposti ja siihen voidaan tulevaisuudessa kehitysvaiheissa lisätä tarvittavia lisäosia.

Integraatiot ja rajapintojen toiminta

Projektissa päätettiin olla keskittymättä tietokantaintegraatioihin. Sen sijaan Elenia lähti projektin aikana työstämään AR:lle optimaalista esitystapaa NIS:iin.

Mikäli sovellus skaalattaisiin kattamaan koko Elenian sähköverkon alueen, DXF-muotoisen AutoCAD:ssä yhdistetyn aineiston käyttö ei olisi tehokasta. Tulevaisuudessa data tulisi tuoda sovellukseen rajapintojen kautta Elenian NIS:n käyttämästä tietokannasta. Sovellus voitaisiin integroida suoraan myös esimerkiksi Maanmittauslaitoksen tarjoamaan rajapintaan, jonka kautta saadaan ajantasainen tieto kiinteistörajoista.

Projektin lisähyödyt

Projektissa oli käytössä varsin kokeellista ja uutta tekniikkaa ja malliksi valittiin mahdollisimman ketterä tapa oppia paljon tekniikan ja laitteiden mahdollisuuksista. Tekniikan mahdollisuuksien testaaminen on jatkuva prosessi ja kertyviä kokemuksia voi hyödyntää ristiin muiden hankkeiden kanssa.

Tutkimus tukee oletusta siitä, että toimiessaan riittävällä tarkkuudella, sovelluksesta olisi hyötyä sähköverkon rakennus- ja ylläpitotöissä ja sen avulla voitaisiin säästää resursseja kaikissa sähköverkon elinkaaren vaiheissa.

Projektissa kehitettyä tekniikkaa voidaan tulevaisuudessa jalostaa myös erityistarkoituksiin, esim. kaivinkoneen laitteiston yhteydessä käytettäväksi.

Sovelluksen jatkokehitys

96

Jatkotoimenpiteet ja käyttöönotto

Sijaintitarkka sovellus

- Tehokkaampi suunnan kalibrointi ja uusi sovelluksen paikannustarkkuuden testaus.
- Differentiaalitiedon lisääminen GPS-sijaintiin (tosin vaatii datayhteyden, eli ei toimi kaikkein syrjäisimmillä seuduilla) tai mahdollisesti vastaava korjaus GPS-lukemaan manuaalisesta kalibroinnista saadun off-setin avulla.
- Kalibrointiprosessin laskentaan perustuvaksi, ohjeistus ja vaiheistus käyttöliittymässä.

97

Aineisto rajapinnasta

Sovelluksen aineisto automaattisesti rajapinnan kautta:

- Integraatio NIS-tietokantaan
- Integraatiot muihin tarvittaviin rajapintoihin
- Jatketaan AR-esitystavan muokkaamista NIS:ssä
- Käyttäjätestaukset eri lokaatioissa live-aineistolla

Jatkotoimenpiteet ja käyttöönotto

Interaktiivinen rajapinta

Tiedonsiirto applikaatiosta rajapintaan, käyttäjien oikeudet, riskien kartoitus

Käyttäjäkokemuksen optimointi

Kerätään käyttäjäkokemuksia sovelluksen käytöstä aidoissa vaihtelevissa työtilanteissa rajatulla käyttäjäjoukolla. Tehdään käyttöliittymään tarvittavat muutokset ja lisätään uusia toimintoja käyttäjien tarpeiden mukaan.

→ Valmis sovellus

Otetaan sovellus käyttöön Elenialla, alihankkijoilla ja yhteistyökumppaneilla (esim. kuituverkon rakentajat ja kunta)

98

Tulevaisuuden käyttökohteet

Sovellus (tai sitä vastaava) myös suoraan kaivuriin käyttöön

Laitteissa nykyään sellaiset automaatiot ja välineet, että puitteet sen puolesta kunnossa

Marker-pohjainen ominaisuus paikannukseen

Käyttäen jakokaappien/muuntamoiden merkintöjä voidaan sovellus paikantaa hetkessä tarkasti

AR-näkymä muuntamoiden kytkentöihin

Kytkentäkaavioiden tuonti näkyviin AR:ssä muuntamoihin ja jakokaappeihin toisi konkreettista tehostusta muuntamoilla tehtäviin töihin

EXOVE

—

markus@exovedesign.com
pekka@exovedesign.com

100