Tilannetietoisuus ja kannettavat tietoliikennelaitteet

Jani Mäntyjärvi

Helsinki 16. huhtikuuta 2002

Seminaariraportti

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

1. Johdanto 3
2. Tilannetietoinen laskenta 4
2.1 Tilannedatalähteitä 5
2.1.1 Paikkainformaatio 5
2.1.2 Aika 6
2.1.3 Lähellä olevat laitteet 6
2.1.4 Sensorointi 6
3. Tilanteiden tunnistaminen 7
3.1 Esikäsittely 8
3.2 Tilanneinformaation fuusio 8
3.3 Tilanteiden mallittaminen ja esittäminen 10
3.4 Tilanteiden muutosten havainnointi 11
4. Systeemi infrastruktuuri 11
4.1 Arkkitehtuuri 11
4.2 Tietoturva ja yksityisyyden suoja 12
5. Yhteenveto 12
6. Lähteet 12

1. JOHDANTO

Nykyiset kannettavat tietoliikennelaitteet eivät pelkästään palvele käyttäjän kommunikaatiotarpeita, vaan niillä on voimakas vaikutus ihmisten jokapäiväisessä elämässä. Laitteissa säilytetään henkilökohtaista informaatiota liittyen työhön, vapaa-aikaan ja sosiaaliseen kanssakäymiseen. Lähitulevaisuudessa toteutuvat teknologiset innovaatiot, kuten paikkatietoisuus ja jatkuva yhteys palvelujen ja terminaalien välillä mahdollistavat uudentyyppisten sovelluksien liittämisen näihin laitteisiin. Laitteissa olevien sovellusten ja langattomien palvelujen määrän kasvaessa kannettavien tietoliikennelaitteiden käyttöliittymien ja käytettävyyden suunnittelu kohtaavat uusia haasteita. Esimerkiksi, laitteiden pienet näytöt rajoittavat esitettävän informaation määrää.

Kannettavien tietoliikennelaitteiden tilannetietoisuus tarkoittaa tietoisuutta kannettavan laitteen ja erityisesti käyttäjän tilanteesta, esim. työmatkalla bussissa, lounaalla ravintolassa, jne. Kyseistä tutkimussuuntaa kutsutaan tilannetietoiseksi laskennaksi (context aware computing).

Tässä raportissa esitellään kirjallisuuden määritelmiä tilannetietoisuudelle, tilanneinformaation lähteitä, menetelmiä tilannetietoisuuden luomiseen mm. erityyppisten tilanteiden tunnistamiseen, sekä lähestymistapoja sovellusten ja palvelujen tilannetietoiseen ohjaukseen.

Raportti perustuu seuraavaan materiaan:

Schilit, W. N, Adams, N., Want, R., Context-Aware Computing Applications, In the Proceedings of the workshop on mobile computing systems and applications.1994.

Van Laerhoven, K.; Cakmakci, O., What shall we teach our pants? Wearable Computers, The Fourth International Symposium on, 2000, pp. 77 –83.

Schmidt, A., Van Laerhoven, K., How to Build Smart Appliances? IEEE Personal Communications 8(4), August 2001.pp. 66-71.

Chen, G., Kotz, D., A Survey of Context Aware Computing Research, Dartmouth Computer Science Technical report TR 2000-381.

Special Issue on Context aware computing, Personal and Ubiquitous Computing, Vol.5, no.1, 2001.

2. TILANNETIETOINEN LASKENTA

Laitteiden tilannetietoisuus tarkoittaa tietoisuutta käyttäjän tilanteesta koostuen mm. sijainnista, fyysisestä ympäristöstä (valaistus, melu, jne.), liiketilasta, ja erityisesti, kuinka sovelluksia ja palveluita näissä tilanteissa käytetään. Kirjallisuudesta löytyy kaksi yleisesti viitattua kontekstin määritelmää.

Dey et. al. [Dey unders] (vapaasti suomennettuna): *tilannetietoisuudessa konteksti määritellään informaationa, joka on luonteenomaista tilanteelle. Tilanne voi olla henkilö, paikka, sovellus, tms. kohde, joka on relevantti käyttäjän ja sovelluksen vuorovaikutuksen kannalta.*

Määritelmä antureiden (paikannus, äänet, ym) kautta havainnoidulle kontekstille Schmidt et. al.[personal comp] (vapaasti suomennettuna): *Konteksti on abstrakti käsite ja siksi vaikeasti kiteytettävissä. Konteksti kuvaa ympäristöä, tilannetta, tilaa, tehtävää, jne. Erityisesti: Tietyistä tilanteista eriaikoina mitattu data on samankaltaista.*

Tilannetietoinen laskenta liittyy M. Weiserin visioon kaikkialla läsnäolevasta laskennasta (Ubiquitous computing) kun tietokoneet sulautuvat ympäristöihin. Tilannetietoisuuden tutkimuksessa fokus on laajennettu versio mobiiliilista laskennasta, tarkoittaen että käyttäjät käsittelevät useita mobiileja, paikallisia ja sulautettuja tietokoneita erilaisissa tilanteissa ja sijainneissa. Eräs merkittävä näkökohta tilannetietoisessa laskennassa on jatkuvasti vaihtuva sovellusten käyttöympäristö; käytettävissä oleva laskentakapasiteetti, kommunikaatioverkon kapasiteetti, erilaiset kommunikaatiomoodit ja tietenkin käytöstä aiheutuvat kustannukset. Laitteiden konfiguraatio vaatimukset voivat muuttua jatkuvasti

käyttötilanteiden mukaan. Laitteen käyttäjä voi liikkua tilanteesta toiseen samalla kun käyttää laitetta, esim. liittyen ja poistuen erilaisista sosiaalisista ryhmistä.

Tilannetietoisuuden odotetaan tarjoavan joitakin ratkaisuja edellä mainittuihin seikkoihin liittyviin ongelmiin.

2.1 Tilannedatalähteitä

Jotta kannettavien tietoliikennelaitteiden sovellukset voisivat käyttää tilannetietoa, niissä täytyy olla mekanismit tilanteiden tunnistamiseen, tilanneinformaation välittämiseen tunnistussysteemille ja informaation välittämiseen sovelluksille. Tilanteiden tunnistaminen vaatii informaatiofuusiota erityyppisistä informaation lähteistä. Lähteitä ovat mm. paikka, aika, toiminnassa olevat sovellukset ja anturien kautta saatava informaatio käyttäjän aktiviteetista sekä ympäristön olosuhteista.

2.1.1 Paikkainformaatio

Koska paikkainformaatio on tärkeä, käyttäjän liikkuessa muuttuva konteksti, paikannusjärjestelmän luotettavuus on olennainnaista. Yksinkertaisimmissa systeemeissä paikkainformaatiota on helppo käyttää mikäli käyttäjä on valmis syöttämään informaation systeemiin. Tällainen tapa on mobiilien sovellusten kannalta huono, koska se vaatii käyttäjän jatkuvan huomion ja tarjoaa ainoastaan karkean tarkkuuden. Nykyisin tarjolla on useita paikannupalveluja tarjoavia palveluja.

Ulkona käytettävä paikannusjärjestelmä on luonnollisesti satelliittipaikannusjärjestelmä (GPS), joka tarjoaa paikannustarkkuudeksi 10-20m. Tosin GPS on altis häiriöille erityisesti kaupunkiympäristöissä. Tukiasemapohjainen paikannus on myös mahdollinen, mutta menetelmän tarkkuus on vaihteleva tukiasemien .

GPS paikannuksen toisena huonona puolena on, että se ei toimi sisätiloissa. Sisätilat vaativat paikannusmenetelmän, joka tarjoaa hyvin tarkan (1-3m) paikannuksen nopealla päivitystahdilla. Eräs mahdollinen paikannusmenetelmä on käyttää langattomia lyhyen kantaman RF-majakoita (esim. BT).

Kaikki paikannusjärjestelmät vaativat mobiilin laitteen toimivan aktiivisena/passiivisena solmuna sekä käyttäjän hyväksynnän, että hänen paikkainformaatiota voidaan välittää muille. Tilannetietoisuuden kannalta haastavaa on sovellukseen tarvittavan paikkainformaation tarkkuuden määrittäminen ilman explisiittisiä käyttäjän asetuksia.

2.1.2 Aika

Aikainformaatio on olennainen osa tilanneinformaatiota, koska monet käyttäjän toimet ovat aikasidonnaisia (paikkainformaation ohella). Ajan käyttäminen tilanneinformaationa ei ole vaikeaa, kellon ja päivyrien ollessa melkein kaikkien kannettavien tietoliikennelaitteiden perussovelluksia. Aikainformaatiota voidaan käyttää erilaisissa muodoissa, esim. päivänaika (aamu, päivä, ilta), viikonaika (työaika, vapaaaika), aikavyöhyke, jne.

2.1.3 Lähellä olevat laitteet

Useimmat kannettavat tietoliikenne- ja kulutuselektroniikan laitteet tulevat olemaan varustettuna langattomalla lyhyen kantaman RF-kommunikaatiolla. Tämä mahdollistaa sovellukset, jotka hyödyntävät toisten laitteiden resursseja. Tilannetietoisuuden kannalta kiinnostavaan on läheisten laitteiden käytön säännönmukaisuuksien havainnointi ja hyödyntäminen.

2.1.4 Sensorointi

Erityisesti mobiileihin laitteisiin suunnitellut miniatyrisoidut anturit voivat antaa hyödyllistä tietoa laitteiden käyttötilanteista ja –ympäristöistä. Anturit voivat antaa informaatiota esim. käyttäjän aktiviteetista, ympäristön valaistuksen tasosta ja –tyypistä, sekä erilaisista ympäristön äänien piirteistä (Taulukko 1.).

Taulukko 1. Tilanneluokkia, piirteitä ja lähteitä

Tyyppi	Piirre	Lähde
Laite/käyttä jä interaktio	-Stabiilisuus -Käyttäjän kädessä -Laitteen asento	-Kiihtyvyysanturi -Kosketusanturi - Kiihtyvyysanturi
Ympäristö	-Valaistustaso -Valaistuksen tyyppi -Audiopiirteet -Lämpötilantaso -Kosteudentaso	-Valaistusanturi -Mikrofoni -Lämpötila-anturi -Kosteusanturi
Käyttäjä	-käyttäjän aktiviteetti -Inertianavigaatio	- Kiihtyvyysanturi, - inertia-anturit

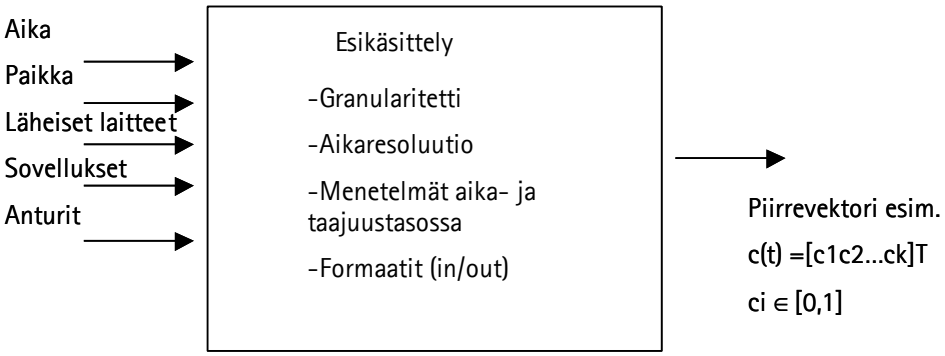
Kannettavat laitteet asettavat antureille erityisiä vaatimuksia, niiden tulee olla pieniä, halpoja toimintavarmoja, sekä vähän virtaa kuluttavia. Ympäristön tilaa kuvaavaa informaatiota voidaan myös saada ympäristössä olevista antureista. Signaalienkäsittelymenetelmillä anturisignaaleista voidaan erottaa monenlaisia piirteitä, jotka kuvaavat osia tilanteista, esim. valaistusanturisignaalista voidaan tunnistaa keinotekoinen/luonnollinen valolähde taajuusanalyysillä.

3. TILANTEIDEN TUNNISTAMINEN

Edellä mainitun raa'an tilanneinformaation lisäksi tilannetietoiset sovellukset voivat olla kiinnostuneita korkeamman abstraktiotason tilanneinformaatiosta, kuten käyttäjän aktiviteetti esim.sosiaalisessa tilanteessa kuten lounas, tapaaminen tms. Tällaisten tilanteiden tunnistamiseen voidaan hyödyntää sovelluksia, kuten kalenteri, josta saadaan infoa käyttäjän oletetusta aktiviteetistä. Ongelmana on, että käyttäjä ei aina merkitse menoja kalenteriin.

3.1 Esikäsittely

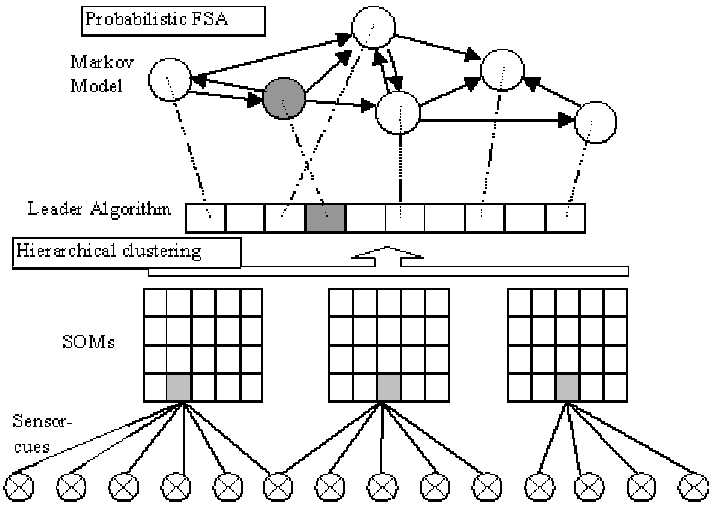
Tilanteiden tunnistamiseksi tarvitaan menetelmiä informaation fuusion toteuttamiseksi. Ennen fuusiota eri lähteistä tuleva informaatio täytyy esikäsitellä ja muokata yhtenäiseen formaattiin (Kuva 1).



Kuva 1. Tilanneinformaation lähteiden esikäsittely

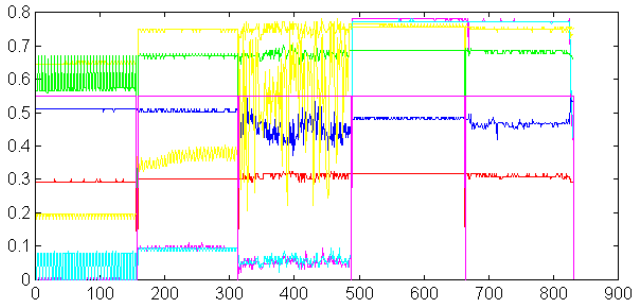
3.2 Tilanneinformaation fuusio

Tilanneinformaation fuusion toteuttamiseksi voidaan käyttää monia menetelmiä esim. erilaisia sääntöpohjaisia toteutuksia (rule bases), neuroverkkoarkkitehtuureja (FFNN, SOM,), stokastisia tilamalleja (HMM), jne. Fuusiomenetelmän tulee pystyä käsittelemään tilanneinformaation aikasarjoja ja dynaamista tilanteiden hallintaa, uusien tilanteiden löytymisiä. Esimerkki SOM:iin ja Markovin ketjuihin perustuvasta tilanteiden tunnistusperiaatteesta on esitetty kuvassa 2.

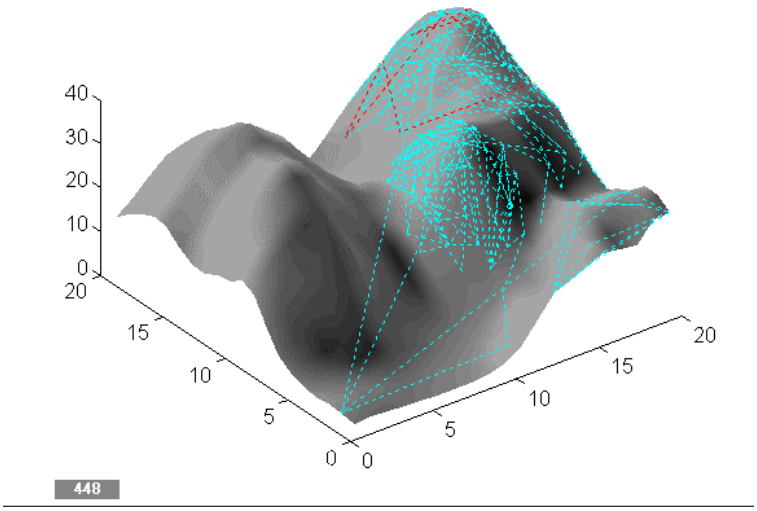


Kuva2. Tilanteen tunnistussysteemi.

Esimerkki tilanneinformaation fuusiosta anturidatalla on esitetty kuvassa 3. Kuva 3a esittää esimerkkejä anturisignaaleista, joita on käytetty opettamaan SOM (3b). Data on nauhoitettu tilanteista, joissa kannettavaa laitetta on käytetty ulkona ja sisällä, liikkeessä ja paikallaan. Kuvassa 3b näkyy vastaavat klusterit.



Kuva 3a anturisignaalit.



Kuva3b. tilanteiden klusterointi SOM:illa.

3.3 Tilanteiden mallittaminen ja esittäminen

Tilanneinformaatiota on siis monen tyyppistä, jokaisella informaatiotyypillä on ominainen tapa mallittaa ja esittää sitä. Toistaiseksi kaikki nykyiset systeemit käyttävät erilaisia tapoja tilanneinformaation mallittamiseen ja esittämiseen, joten infon välittäminen eri systeemien, sovelluksien tai kontekstilähteiden välillä on mahdotonta.

Esimerkki: Paikkainformaation mallittaminen. Hyvä paikkainformaation malli on tarpeen kohteen liikkuvuuden ja paikkapohjaisten kyselyjen, esim. ’anna käyttäjän tämänhetkinen sijainti’, käsittelemiseen. Vaikkakin jotkin yleiset maantieteelliset informaatiosysteemit (esim GIS) tallettavat, käsittelevät geometristä ja topologista dataa, ne ovat periaatteessa staattisia karttatietokantoja, eivätkä pysty käsittelemään reaaliaikaista kohteen seurantaa. Yleisesti käytetään kahdentyyppisiä paikkamalleja, symbolinen malli ja geometrinen malli. Skaalautuvuuden ja abstraktiotason käsittelemiseksi molemmissa malleissa paikkainformaatiota voidaan käsitellä hierarkisesti. Hybridimalleissa informaatiota voidaan käsitellä molemmissa formaateissa, muuntaminen formaattien välillä voidaan toteuttaa etukateen asetelluilla riippuvuussäännöillä. Mallin valinta riippuu sovelluksista, esim. GPS-systeemi käyttää geometrista mallia ja tilannetietoiset systeemit voivat käyttää hybridimalleja malleja.

3.4 Tilanteiden muutosten havainnointi

Monet sovellukset ovat kiinnostuneita tilanteiden muutoksista. Tyypillisesti, tilanneinformaationlähteet tarkkailevat vallitsevaa tilannetta ja lähettävät muutoksista tietoa tilanne palvelimelle, joka on vastuussa tilanteiden muutosinformaation toimittamisesta sovelluksille. Eri tilanteilla on erilaisia ominaisuuksia. Esim. liikkuvan henkilön sijainti vaihtuu joka sekunti, kun taas printterin sijainti on staattinen. Tämän tyyppiset eroavuudet ominaisuuksissa johtavat erilaisiin tilanneinformaation lähteiden tarkkailunopeuksiin (polling rate). Nykyisissä systeemeissä tarkkailunopeudet on valittu hyvillä arvauksilla, mutta erityisiä optimointi-menetelmiä voidaan hyödyntää tehonkulutuksen pienentämiseksi.

4. SYSTEEMI INFRASTRUKTUURI

Tilannetietoisten systeemien vaikeutena on hyödynnettävien kontekstien ja erilaisten havainnointiteknologioiden suuri määrä. Systeemien toiminnan kannalta sovelluksien ja datan käsittelyn irtikytkeminen arkkitehtuurissa on perusteltua, koska havainnointiteknologioiden ja informaatiofuusiomenetelmät eivät ole ainoastaan yhden sovelluksen käytössä vaan niiden tulee palvella useiden sovelluksien tarpeita. Eri osien erottamiseksi arkkitehtuurissa tarvitaan keskitaso, joka kerää raakaa tilannedataa, antaa datalle tilanne tietoisen tulkinnan, ja jalostetun datan välittämisen oikeille sovelluksille. Tyypilliset arkkitehtuuriratkaisut ova hajautettu ja keskitetty.

4.1 Arkkitehtuuri

*Keskitetty.*Yksinkertaisin toteutustapa on keskitetty arkkitehtuuri, tilanneserveri. Se sisältää dynaamiset ympäristöserverit, jotka hallitsevat joukkoa muuttujista ja niiden nimeämisestä, sekä muuttujien toimittamisesta rekisteröityneille tilaajille.
*Hajautettu.*Tilanneinformaation hajauttu arkkitehtuuri sallii tilanneinformaation käsiteltävän eripaikoissa ja ehkäiseen mahdollisten pullonkaulojen ilmenemisen. Toisaalta hajautetun toteutuksen hankaluutena voi olla systeemin sisäisen kommunikaation ja laskennan tarpeen kasvu.

4.2 Tietoturva ja yksityisyyden suoja

Tilannetietoisen systeemin tietoturvassa on pari perusongelmaa: varmistaminen, että saatu tilannetieto on luotettavaa, sekä turvallisten kommunikaatiokanavien toteuttaminen. Täydellinen yksityisyyden suojan toteuttaminen on vaikeaa. Käyttäjällä pitäisi olla kontrolli omasta tilanneinformaatiosta sekä ketkä hänen tilanneinformaatiota voivat käyttää. Yksityisyyden suojan toetuttamisessa täytyy tehdä kompromisseja systeemin toiminnallisuuden ja tehokkuuden kanssa.

5. YHTEENVETO

Kaikkien tilanneinformaation havainnointimenetelmien tulisi olla toimintavarmoja. Kuitenkin, on tilanteita, jolloin laite ei ole käyttäjän mukana ja tilanninformaatio ei ole luotetavaa.

6. LÄHTEET

Chen, G., Kotz, D., A Survey of Context Aware Computing Research, Dartmouth Computer Science Technical report TR 2000-381.

Schilit, W. N, Adams, N., Want, R., Context-Aware Computing Applications, In the Proceedings of the workshop on mobile computing systems and applications.1994.

Schmidt, A., Van Laerhoven, K., How to Build Smart Appliances? IEEE Personal Communications 8(4), August 2001.pp. 66-71.

Special Issue on Context aware computing, Personal and Ubiquitous Computing, Vol.5, no.1, 2001.

Van Laerhoven, K.; Cakmakci, O., What shall we teach our pants?, Wearable Computers, The Fourth International Symposium on, 2000, pp. 77 –83.