

Näkövammaisten opastusjärjestelmät

Raportti VTT-AUT3-C2001-01, Versio 1.0
Ari Virtanen, Sami Koskinen, Marko Blom

Tampere, Helmikuu 2002



Dokumentin tiedot

A Luottamuksellinen työraportti

B Julkinen raportti x

C Luottamuksellinen raportti

Raportin nimi

Näkövammaisten opastusjärjestelmät

Toimeksiantaja/rahoittaja ja tilaus

Liikenne- ja viestintäministeriö

Arlainstituutti

Näkövammaisten keskusliitto

Projekti

Esinoppa

Laatija(t)

Ari Virtanen

Avainsanat

Näkövammaisen, opastus, navigointi

Tiivistelmä

Näkövammaisille tarkoitettuja elektronisia liikkumisen apuvälineitä ja järjestelmiä on kehitetty jo pitkän aikaa. Jostain syystä niiden yleistymisen on ollut verokaista. Tähän on löydettävissä monia syitä, sekä taloudellisia että teknisiä. Apuvälineiden kehityksessä on yleensä lähdetty yhden ongelman ratkaisusta yksinkertaisella toteutuksella, jolloin apuvälineen käyttö edellyttää harjaantumista, tai ehdotettu ratkaisu on kallis, epäkäytännöllinen ja huonosti toimiva. Näkövammaisten osuus koko väestöstä on suhteellisen pieni, joten mittavien infrastruktuuriin tehtävien muutosten ja ylläpidon kustannukset nousevat suhteettoman korkeiksi. Sosiaalisen oikeudenmukaisuuden periaatteen mukaisesti kaikilla on kuitenkin oltava mahdollisuus liikkua ja saavuttaa peruspalvelut sekä niihin liittyvä informaatio. Näkövammaisille tämä onnistuu yleensä vain heille suunniteltujen apuvälineiden avulla. *Design for all* -periaatteen mukaisesti suunnitelluissa laitteissa ja palveluissa myös toimintaesteisten henkilöiden tarpeet otetaan huomioon ja ongelmat voidaan ratkaista kohtuukustannuksin. Opastusjärjestelmän ensisijainen tavoite on toteuttaa näkövammaisille katkeamaton matkaketju. Tämä edellyttää joukkoliikenneinformaation saamisen lisäksi tukea koko matkaketjun ajan

Allekirjoitukset **Tampere 28.2.2002**

Pertti Peussa
Tutkimuspäällikkö

Ari Virtanen
Tutkija

Tarkastanut

Jakelu:



Versionhallinta

| Versio | Pvm | Kirjoittaja(t) | Kuvaus |
|---------------|------------|---|--|
| 0.1 | 22.11.2001 | Ari Virtanen | Ensimmäinen versio |
| 0.2 | 22.1.2002 | Ari Virtanen | Pieniä korjauksia |
| 0.3 | 4.2.2002 | Ari Virtanen | Osallistujien kommentit lisätty |
| 0.5 | 26.2.2002 | Sami Koskinen, Ari Virtanen, Marko Blom | Viimeistely, Mobic ja Sendero osuudet lisätty. |
| 1.0 | 28.2.2002 | Ari Virtanen, Sami Koskinen | Oikoluku ja taitto |



Alkusanat

Tässä raportissa käsitellään näkövammaisten liikkumisen ongelmia ja tarkastellaan niiden ratkaisuja. Raportin tarkoituksena on antaa tietoa ongelmien ratkaisuun tarjottujen erilaisten teknisten ratkaisujen hyvistä ja huonoista puolista. Raportin tiedot on kerätty ESINOPPA-hankkeessa (Esiselvitys näkövammaisten opastusjärjestelmän pilot-hankkeesta), jonka rahoittajina toimi Liikenne- ja viestintäministeriö, Arlainstituutti (Näkövammaisten ammatillinen koulutus- ja kehittämiskeskus, Espoo), Näkövammaisten keskusliitto ry ja VTT.

Esiselvityksen tavoitteena oli suunnitella ja käynnistää pilot-hanke, jossa parannettaisiin näkövammaisten itsenäistä suoriutumista päivittäisessä liikkumisessa, joukkoliikenteen käyttömahdollisuuksia ja matkustajainformaation yleistä saatavuutta. Pääpaino järjestelmän arkkitehtuurin suunnittelussa oli käyttää jo olemassa olevia ja yleiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita ja palveluita. Menettelyllä saadaan ratkaistua joukko järjestelmän perustamiskustannuksiin ja ylläpitoon liittyviä ongelmia.



Sisällysluettelo

| | |
|--|-----------|
| Alkusanat | 7 |
| Sisällysluettelo | 9 |
| 1 Johdanto | 10 |
| 2 Näköaisti | 13 |
| 2.1 Näön korjaaminen..... | 13 |
| 3 Liikkumisen apuvälineet | 15 |
| 3.1 Liikkumisen ongelmat..... | 15 |
| 3.1.1 Orientaatio globaalissa ympäristössä..... | 16 |
| 3.1.2 Orientaatio lokaalissa ympäristössä..... | 19 |
| 3.1.3 Turvallisuushkien havainnointi..... | 21 |
| 3.2 Navigointijärjestelmiä | 22 |
| 3.2.1 Sendero Group..... | 22 |
| 3.2.2 MoBIC-projekti..... | 25 |
| 4 Opastusjärjestelmän arkkitehtuuri | 27 |
| 5 Yhteenveto | 31 |
| Referenssit | 35 |
| Termilista | 37 |

Liitteet

Liite: Näkövammaisten opastukseen liittyviä patenteja

1 Johdanto

Maailman terveysjärjestö WHO arvioi, että koko maailmassa on noin 180 miljoonaa näkövammaista. Heistä 40-45 miljoonaa on sokeita ja loput eriasteisesti heikkonäköisiä. 90 % sokeista ja 80 % heikkonäköisistä asuu kehitysmaissa. Yleisimpiä sokeuden syitä ovat harmaakaihi, trakooma, jokisoikeus ja silmänpainetauti. Heikkonäköisyyttä aiheuttavat mm. A-vitamiinin puute ja aliravitsemus. Kehittyneissä maissa diabetes ja perinnölliset silmätaudit on merkittäviä sokeuden aiheuttajia.

Näkövammaisuus on lisääntymässä voimakkaasti, koska väestö maapallolla ikääntyy. Arvioidaan, että vuonna 2020 maailmassa olisi jopa 75 miljoonaa sokeaa. Jopa 80 % sokeutumisista voitaisiin välttää asianmukaisella ja riittävän ajoissa aloitetulla hoidolla. WHO on aloittanut kampanjan, jolla pyritään poistamaan ehkäistävissä oleva sokeus maailmasta vuoteen 2020 mennessä. Jäljelle jää kuitenkin miljoonittain ihmisiä, jotka tarvitsevat apuvälineitä jokapäiväisessä elämässään.

Näkövammarekisterin mukaan Suomessa oli arviolta 80 000 näkövammaista henkilöä vuonna 1997 (lähde Näkövammaisten keskusliitto). Heistä alle 10 000 on sokeita ja loput ovat heikkonäköisiä. Sokeistakin suurimmalla osalla on näönjäännettä. Täysin sokeita on Suomen näkövammaisista noin 3 %. Näkövammaisista on suurin osa yli 65-vuotiaita. Työikäisiä on runsaat 10 000, lapsia ja nuoria korkeintaan 1500.

Yhdistyneiden kansakuntien vammaisten henkilöiden mahdollisuuksien yhdenvertaistamista koskevat ohjeet 1993. Niiden perusteella Suomi laati vammaispoliittisen ohjelman vuonna 1995. Tavoitteena on edistää vammaisten itsenäistä elämää, tasavertaisia mahdollisuuksia ja osallistumista yhteiskuntaan. Tavoitteet saavutetaan lisäämällä vammaisten henkilöiden omatoimisuutta ja päätäntävaltaa sekä poistamalla osallistumisen fyysisiä, asenteellisia ja kommunikointiin liittyviä esteitä. Perusoikeusuudistuksen yhteydessä hallitusmuotoon lisättiin vuonna 1995 vammaisten yhdenvertaista kohtelua koskeva säännös, jonka mukaan ketään ei aseta eri asemaan terveydentilan tai vammaisuuden perusteella. Perustuslaki edellyttää paitsi syrjivien käytäntöjen poistamista myös aktiivista toimintaa yhdenvertaisuuden edistämiseksi sekä valtiolta että kunnilta.

Vammais- ja vanhuuspolitiikan periaatteiden mukaisesti toimintakyvyn alentumisesta aiheutuvat palvelutarpeet kohdataan eri hallinnonaloilla. Kunkin yhteiskuntasektorin tulee kehittää omia toimintojaan kaikille kansalaisille soveltuviksi.

Liikenne- ja viestintäministeriö julkaisi vuonna 2000 pitkän tähtäimen liikennepoliittiset linjauksensa *"Kohti älykästä ja kestävää liikennettä 2025"*. Siinä liikennepolitiikan tavoitteeksi asetetaan älykäs ja kestävä liikkuminen ja kuljettaminen, jossa otetaan huomioon taloudelliset, ekologiset, sosiaaliset ja kulttuuriin liittyvät näkökohdat. Valittu linjaus tarkoittaa muun muassa sitä, että liikennesektorin tulee edesauttaa ihmisen terveyden, elinolojen ja viihtyvyyden parantamista mahdollisimman oikeudenmukaisesti sekä alueellisesti että väestöryhmittäin.

Esteetön liikennejärjestelmä on kestävä liikumisen sosiaalisen dimension keskeinen osa. Sosiaalista oikeudenmukaisuutta koskeva toimintalinja painottaa kaikkien oikeutta ja mahdollisuutta saavuttaa peruspalvelut ja niihin liittyvä informaatio. Liikennejärjestelmä toteutetaan siten, että myös lapset, iäkkäät ja toimintaesteiset henkilöt suoriutuvat turvallisesti päivittäisistä liikkumistarpeistaan ja julkisen liikenteen esteettömyyttä parannetaan.

Liikenne ja viestintäministeriö on julkaissut joukkoliikenteen kehittämistä koskevan strategian *"Joukkoliikenne — houkutteleva vaihtoehto"*, jossa esteettömyyden edistämistä on käsitelty tärkeänä laatutekijänä. Siinä ehdotetaan laadittavaksi erillinen esteettömyyden edistämisstrategia muun muassa kesäkuussa 2001 valmistuneen työryhmämietinnön (Somerpalo, 2001) *"Esteittä eteenpäin - joukkoliikenteen esteettömyyttä ja helppokäyttöisyyttä käsitelleen työryhmän ehdotukset"* pohjalta.

Käytännössä joukkoliikenteen esteettömyyttä ja helppokäyttöisyyttä lisää muun muassa se, että kehitetään informaatiopalveluja kaikille paremmin soveltuviksi. Matkustajien tulisi voida suunnitella matkansa entistä helpommin etukäteen ja tietoa matkasta pitäisi saada myös matkan aikana. Erityisen tärkeää tiedon saanti oikeaan aikaan oikeassa paikassa on henkilölle jolle liikkuminen on hankalaa esimerkiksi näkövammaisen takia. Tietoa pitäisi saada koko matkaketjusta, joka muodostuu matkan eri osista ovelta ovelle. Tiedon sisällön ja muodon tulee vastata käyttäjän tarpeita.

Joukkoliikenteen käyttöä pyritään edistämään myös palveluita parantamalla. Tavoitteena on mm. saada aikataulutiedot tietokantaan, tarjota pysäkeillä reaaliaikaista tietoa bussien todellisesta tuloajasta, ja kehittää maksukortteja. On alettu käyttää termiä katkeamaton matkaketju, jolloin matka käsitetään ovelta ovelle jatkuvana yhtenäisenä tapahtumana. Tämä koskee siis myös näkövammaisia henkilöitä kuten myös muita erityisryhmiä. Matka koetaan joukkoliikenteen pysäkillä ja sieltä kulkuvälineeseen pitää pystyä tekemään turvallisesti. Myös matkustajainformaatio pitää tuottaa sellaisessa muodossa, että se on myös erityisryhmien tavoitettavissa.

Seuraavassa on lueteltu toimenpiteitä näkövammaisen henkilön käyttäessä joukkoliikennevälinettä:

- aseman löytäminen
- aseman sisäänkäynnin löytäminen
- suunnistaminen aseman sisällä
- matkustajainformaation saanti asemalla
- oikean laiturin löytäminen
- oikean odotuspaikan löytäminen laiturilla
- viesti oikean ajoneuvon tulosta laituriiin
- ajoneuvon oven löytäminen ja nouseminen ajoneuvoon
- matkan maksaminen
- istumapaikan löytäminen
- matkustajainformaation saanti matkalla
- poistuminen oikealla asemalla/pysäkillä
- suunnistaminen aseman sisällä
- uloskäynnin löytäminen
- määränpään löytäminen

On selvästi nähtävissä tarve opastusjärjestelmälle, joka täyttää matkaketjun valkoiset alueet; matkan joukkoliikennepysäkillä ja toiselta pysäkiltä matkakohteeseen. Paikannus- ja opastusjärjestelmiä on kehitelty aiemminkin, mutta niissä ei juuri ole huomioitu joukkoliikenteen käyttöä.

Matkapuhelimien yleistyttyä on alettu puhua henkilökohtaisen navigoinnin palveluista ja paikannetuista palveluista. Niiden toteuttamiseen vaaditaan sähköisiä karttapalveluita, reitityspalveluita, palvelutietokantoja yms. Niiden toteutuminen palvelee suoraan apuvälinekehitystä, koska nyt erityisryhmien apuvälineet voidaan rakentaa näiden suurelle massalle tarkoitettujen palvelujen varaan. Samoin mobiilipäätelaitteiden tiedonsiirto on kehittynyt siihen suuntaan, että opastuksen vaatima jatkuva langaton tiedonsiirto on mahdollista kohtuukustannuksin.

Tässä raportissa käsitellään näkövammaisten liikkumiseen liittyviä ongelmia ja tarkastellaan myös niihin esitettyjä ratkaisuja. Selvitys koskee elektronisia liikkumisen apuvälineitä (ELA), ympäristön esteettömään suunnitteluun liittyvät keinot on jätetty tämän selvityksen ulkopuolelle. Raportin liitteenä on lista näkövammaisten apuvälineisiin liittyvistä patenteista.

2 Näköaisti

Näkövammainen on henkilö, jonka näkökyky on huonontunut niin paljon, että siitä aiheutuu huomattavaa haittaa jokapäiväisessä elämässä. Näkövammaiset jaetaan jäljellä olevan näkökyvyn määrästä riippuen joko heikkonäköisiin tai sokeisiin. Sokeat jaotellaan vielä syvästi heikkonäköisiin, lähes sokeisiin ja täysin sokeisiin.

Näkökyvyn eri osa-alueita ovat näöntarkkuus, näkökentän laajuus, kontrastien erotuskyky, värinäkö, silmälihasten toimintakyky ja silmän kyky sopeutua etäisyyksien ja valaistusolosuhteiden muutoksiin. Näkökentästä voi myös puuttua alueita.

Ihmisen näköaistinsa kautta saama informaatiomäärä on huikea ja on varsin ihmeellistä, miten nopeasti ja vaivattoman tuntuisesti saatu tietomäärä käsitellään kuvaksi ympäristöstä. Vaikka visuaalisen informaation käsittely on helpon tuntuista ja jokapäiväistä, on huomattava ettei se prosessina suinkaan ole yksinkertainen. Suurin osa informaation käsittelystä tapahtuu tietoisuuden ulkopuolella ja saamme tietoiseen käyttöön vain prosessin tulokset. Prosessissa käytettyjen "algoritmien ja laitteiston" kehitys on kestänyt miljardeja vuosia ja on todennäköistä ettei vastaavan suorituskyvyn omaavaa konenäköjärjestelmää saada kehitettyä kovinkaan nopeasti, jos koskaan.

Muut aistit eivät kykene käsittelemään niin suuria tietomääriä kuin näköaisti, ja yritykset korvata näköaisti syöttämällä "kuvaa ympäristöstä" muiden aistien kautta ovat epäonnistuneet aistikanavien ylikuormittuessa. Esimerkiksi kuuloaistin tiedon prosessointi on erikoistunut äänen käsittelyyn ja luokitteluun, eikä voida olettaa sen selviytyvän näkökeskukselle kuuluvista tehtävistä. Konenäköä käytettäessä tiedon prosessointi on tehtävä itse laitteessa valmiiksi asti. Tällöin joudutaan tekoälyn ongelmien piiriin.

2.1 Näön korjaaminen

Näköaisti korjataan tavallisimmin silmälaseilla. Näkövammaisilla lasikorjaus ei enää riitä, joten tarvitaan tehokkaampia ratkaisuja. Näköaistin palauttamiseen tarkoitetut järjestelmät voidaan jakaa kolmeen luokkaan

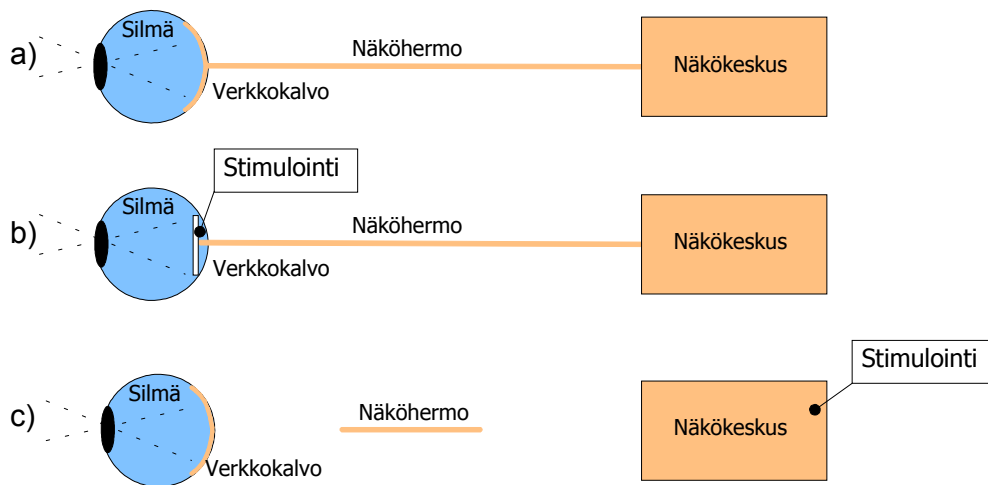
- Paranneltu näkö (Enhanced vision)
- Näköproteesit (Protheses vision)
- Keinonäkö (Artificial vision)

Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat järjestelmät, joilla muokataan kuvaa parhaan näkyvyyden varmistamiseksi ja paranneltu kuva saatetaan silmän

vielä toimivien osien käyttöön. Laitteet toimivat kuten silmälasit, mutta omaavat enemmän toimintoja ja ominaisuuksia. Menetelmä toimii heikkonäköisillä.

Toiseen luokkaan kuuluvat verkkokalvon korvaavat proteesit (Kuva 1 b). Jos näköhermo on edelleen toimintakuntoinen, voidaan tuhoutuneen verkkokalvon sijalla käyttää kameraa. Kameran antama signaali johdetaan näköhermoon (Anon 2001) Proteesi asennetaan joko silmänpohjaan tai silmän ulkopuolelle, jolloin kuvan siirto tapahtuu langattomasti. Verkkokalvon toiminta on helpommin selvitettävissä kuin näkökeskuksen, joten mahdollisuudet menetelmän saamiseksi yleiseen käyttöön on suuremmat kuin edellisessä menetelmässä. Ongelma on löytää biologisesti yhteensopivat materiaalit hylkimisreaktion estämiseksi.

Kolmas tapa on keino näön käyttö. Kone näön antama informaatio syötetään suoraan aivojen näkökeskukseen (Kuva 1 c), jolloin alkuperäinen prosessointiyksikkö hoitaa tiedon käsittelyn. Dobelle (Dobelle, 2000) tutkimusryhmiin on käyttänyt tätä lähestymistapaa ja saanut jonkin asteista näköaistimusta syntymäänkin. Tässä menetelmässä pitäisi aivojen toiminta tuntea tarkkaan, ennen kuin menetelmästä tulisi käyttökelpoinen laajassa mittakaavassa.



Kuva 1. Näön palauttaminen keinotekoisesti. Informaation tuontipiste riippuu vamman laadusta ja sijainnista (Anon 2001). a) Normaali näköjärjestelmä. b) verkkokalvo on tuhoutunut c) näköhermo on tuhoutunut

Paras ratkaisu on kuitenkin aidon varaosan käyttö. Lääketieteessä tehdään tutkimusta ihmisen kantasolujen parissa. Kantasoluja on löydetty mm. ihmisen rasvakudoksesta ja tulevaisuudessa voi olla mahdollista tuottaa varaosia kasvattamalla kantasolusta esimerkiksi uusi näköhermo tai vaikkapa kokonainen silmä. Läpimurtojen ennustaminen on kuitenkin mahdotonta, joten tarve perinteisiltä apuvälineiltä ei poistune vähään aikaan.

3 Liikkumisen apuvälineet

Näkövammaisten tärkein liikkumisen apuväline on valkoinen keppi. Se on erinomainen esimerkki hyvästä apuvälineestä. Se on monikäyttöinen, halpa ja toimintavarma. Lisäksi se kertoo muille, että kyseinen henkilö on näkövammainen. Hyvän kuulon omaavat näkövammaiset pystyvät suuntaamaan kulkuaan äänen perusteella kuuntelemalla kepin ja askelten kaikuja ympäristöstä. Huonokuuloiset voivat vastaavasti käyttää keppiä suunnan säilyttämiseen pitämällä kontaktin esimerkiksi jalkakäytävän reunaan tai vetämällä keppiä pitkin suunnan antavaa reunusta.

Toinen hyvä apuväline on opaskoira. Opaskoiran tehtävä on helpottaa sokean liikkumista paikasta toiseen. Sen tulee pitää opastettava kulkureitillä, kiertää esteet, pysähtyä ennen teiden ja katujen ylityksiä ja ilmaista hidastamalla tai pysähtymällä sellaiset maassa olevat esteet ja pinnan epätasaisuudet, joita ei voi kiertää. Opaskoira osaa hakea myös käskystä kohteita, kuten portaan, suojatien ja bussipysäkin. Opaskoira on niin hyvä opastamaan käyttäjiänsä, että käyttäjät eivät juuri tarvitse informaatiota ympäristöstään.

Opaskoirien käyttöä rajoittaa lähinnä koulutukseen sopivien koirien saataavuus ja koulutusresurssien puute. Koiran koulutus aloitetaan 1,5 vuoden iässä ja se kestää noin 6 kk. Koulutetun opaskoiran kustannukset ovat 5000 € vuodessa ja työvuosia on odotettavissa 9 – 10 vuotta. Koiran hinnaksi saadaan n. 34 000 €, loppu on ylläpitokuluja. Näkövammaiselle ei itselleen tule koirasta kuluja. Kaikki näkövammaiset eivät suinkaan ole oikeutettuja saamaan opaskoiraa, lisäksi on koira-allergisia näkövammaisia. Suomessa opaskoiria on koulutettu 60 vuoden aikana kaikkiaan 1285 kappaletta. (lähde Opaskoirakoulu)

3.1 Liikkumisen ongelmat

Psykologi Alfred Leonard Birminghamin yliopiston Sokeiden liikkumisen tutkimusyksiköstä on tehnyt kokeita (Hayes, 2000), joissa hän kulki sokean perässä ja kuiskaili ohjeita. Näissä testeissä havaittiin, että jo pienikin lisäinformaatio antoi merkittävän parannuksen suoritukseen. Tästä hän päätteli, että tarvitaan pieniä määriä merkityksellistä informaatiota tuottava apuväline, jonka antama informaatio ei häiritse muun ympäristöstä saadun informaation käyttöä.

Sen sijaan, että yritettäisiin kehittää liikkumiseen apuvälineitä, jotka korvaavat kaikki muut apuvälineet, pitää kehittää nykyisiä apuvälineitä *täy-*

dentäviä järjestelmiä. Edelleen apuvälineen tehokkuutta pitää arvioida sen tuottaman *hyödyn*, eikä sen antaman informaation runsauden mukaan. Käyttäjän pitää pystyä hallitsemaan apuvälinettä eikä päinvastoin. Jos kaikki energia kuluu apuvälineen antaman informaation tulkitsemiseen, ei sitä jää käytettäväksi muun ympäristöstä saatavan informaation havainnointiin.

Näkövammaisen liikkumisessa on kolme pääongelmaa:

1. Orientaatio suhteessa globaaliin ympäristöön
2. Orientaatio suhteessa lokaaliin ympäristöön
3. Turvallisuushat, joita ei pysty havaitsemaan ensisijaisella apuvälineellä

Tarkastellaan hieman näitä ongelmia ja niiden ratkaisuja tarkemmin.

3.1.1 Orientaatio globaalissa ympäristössä

Paikka ja suunta globaalissa ympäristössä ('karkealla yleiskartalla, suuressa mittakaavassa') voidaan selvittää käyttämällä eri majakkapaikannusjärjestelmiä. Henkilökohtaisen navigoinnin tärkeimmät majakkapaikannusjärjestelmät voidaan jakaa satelliittipohjaisiin, verkkopaikannukseen ja langattomiin lähiverkkoihin. Paikannustiedon saatavuus ja tarkkuus vaihtelee kaikissa nykyisin käytettävissä tekniikoissa merkittävästi, lähinnä paikannettavan kohteen ja majakan välillä olevien esteiden määrän mukaan. Muitakin paikannusmenetelmiä on olemassa, mutta niitä voidaan käyttää vain erikoissovelluksissa joko teknisistä tai taloudellisista syistä johtuen.

Verkkopaikannusmenetelmien kehitystä ohjaa lähinnä viranomais määräys matkapuhelimesta soitettujen hätäpuheluiden paikantamisesta. Matkapuhelimen paikannus tehdään operaattoriverkossa, joten menetelmä riippuu käytettävästä operaattorista. E-OTD (Enhanced Observed Time Difference) -menetelmä lienee todennäköisimmin käytettävä menetelmä. Verkkopaikannuksen tarkkuus riippuu lähinnä paikannukseen käytettävien tukiasemien etäisyyksistä toisiinsa nähden. Kaupunkien keskustoissa tukiasemia on tiheässä ja maaseudulla vastaavasti harvassa (pahimmillaan yhden tukiaseman alue on 70 km halkaisijaltaan oleva ympyrä). Verkkopaikannusmenetelmillä päästään tällä hetkellä parhaimmillaankin vain noin 100 metrin paikannustarkkuuteen. Matkapuhelimen verkkopaikannusmenetelmät antavat paikan pituus- ja leveysasteina, joka voidaan välittää tekstiviestissä kuluttajalle. Opastusjärjestelmiin verkkopaikannusmenetelmät ovat ainakin toistaiseksi liian epätarkkoja. Erilaisiin paikannettuihin palveluihin, kuten esimerkiksi sääennusteen kohdentamiseen, ne soveltuvat hyvin.

GPS (Global Positioning System) käyttää satelliitteja paikan määrittämiseen. Koska satelliitit sijaitsevat päiväntasaajan yläpuolella, ne näkyvät

Suomessa varsin matalalla eteläisen horisontin yläpuolella. Onnistunut paikannus edellyttää yhteyttä kolmeen satelliittiin. Satelliitin signaali on varsin heikko, joten erilaiset häiriöt ja vaimentavat esteet (sade, lehvästöt ja rakennukset), vaikuttavat herkästi yhteyden muodostumiseen. GPS-paikannuksen tarkkuus onkin paras aukeilla alueilla ja vastaavasti huonoin kaupungin keskustassa. Pahimmassa tapauksessa paikannusta ei saada ollenkaan. GPS-järjestelmällä päästään parhaimmillaan 3 m tarkkuuteen, yleensä tarkkuus on noin 20-30 m. GPS-paikannusta voidaan parantaa käyttämällä kiinteää mittausasemaa (tunnettu koordinaatti), josta saadaan korjaustieto paikannusvirheen kompensointiin (differentiaalinen GPS eli DGPS). Avustettu GPS (AGPS) toimii lähes vastaavasti, mutta siinä osa signaalista otetaan vastaan maa-aseamalla ja välitetään matkapuhelimen tai lähiverkon kautta GPS-vastaanottimelle. GPS-vastaanotin saadaan näin toimimaan paremmin heikoissa olosuhteissa ja jopa sisätiloissa.

GPS antaa paikkatiedon pituus- ja leveysasteina, sekä lisäksi korkeuden merenpinnasta. GPS antaa myös nopeustiedon ja suunnan. Paikan lisäksi saadaan arvio siitä, millä todennäköisyydellä paikka on laskettu oikein. Se ei välttämättä kerro absoluuttisesta tarkkuudesta mitään, ainoastaan järjestelmän omaa arviota laskennan onnistumisesta.

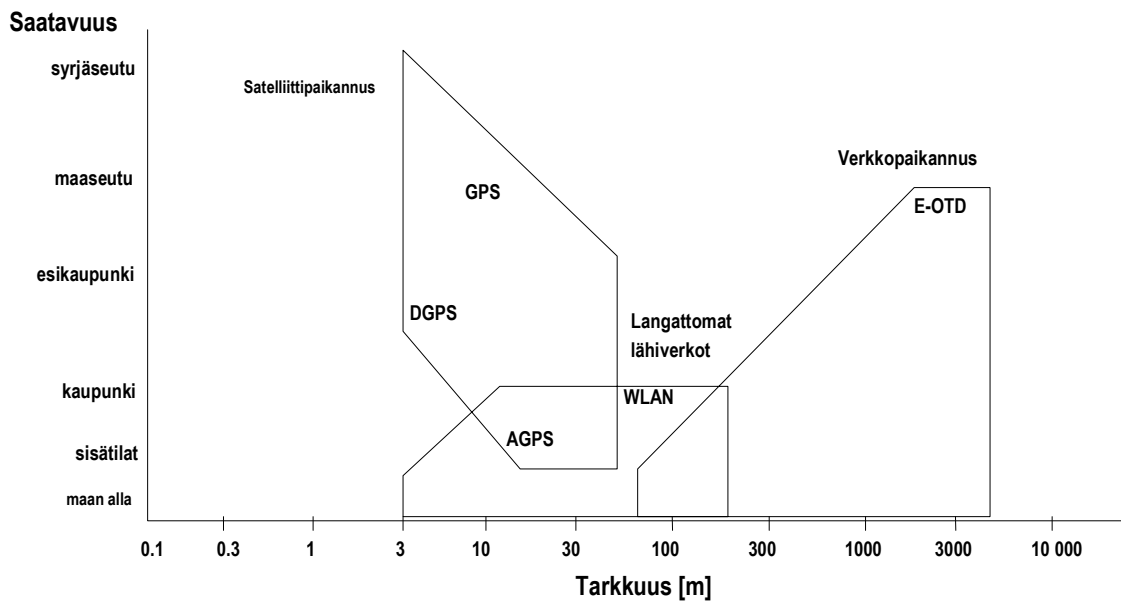
GPS:n käyttöä näkövammaisten opastusjärjestelmissä on tutkittu jo 80-luvun lopulta lähtien (Brusnighan, 1989) ja tutkitaan edelleen esimerkiksi (Long, 1992), (Strothotte, 1996), (Shinoda, 1996), (LaPierre, 1998), (Helal, 2001).

Langattomien lähiverkkojen käyttö paikannukseen rakennuksissa ja kaupunkien ydinkeskustoissa tulee yleistymään yhtä aikaa verkkojen yleistymisen kanssa. Käytettäviä tekniikoita tulevat todennäköisimmin olemaan Bluetooth ja WLAN. Pääkäyttö niillä on tiedonsiirto ja paikannus saadaan toteutettua siinä samalla. Pelkästään paikannukseen käytettävät menetelmät eivät todennäköisesti tule yleistymään sisätiloissa. Niihin tehtävät investoinnit ovat huonosti taloudellisesti perusteltavissa, vaikka teknisesti ne olisivatkin hyviä.

Bluetooth on matkapuhelimiin tulevaa tekniikkaa ja sen paikannussovellukset pohjautuvat toistaiseksi solupaikannukseen, jolloin paikannustarkkuus on solun koko (n. 10-100 m). WLANia käytetään vastaavasti kannettavissa tietokoneissa ja PDA-laitteissa. Tosin markkinoilla on jo PDA-laitteita joissa on GSM/GPRS puhelinominaisuudet. Paikannustarkkuus on noin 3 m luokkaa.

Kuva 2 esittää eri paikannusmenetelmien tarkkuutta ja sovellusaluetta. GPS-pohjaisilla menetelmillä (GPS, DGPS, AGPS) käyttöalue on laajin (sisätiloista syrjäseudulle) ja tarkkuus kohtalainen (3-30 m), matkapuhelimen paikannus (E-OTD) toimii vain siellä missä matkapuhelinkin toimii (maalaisista tiloista maaseudulle). Langattomien lähiverkkojen (WLAN) toimin-

ta-alue on maanalaisista tiloista kaupunkialueelle).



Kuva 2. Paikannusmenetelmien tarkkuuden vertailua (Syrjärinne, 2001).

Paikannustarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä toisiaan täydentäviä paikannusmenetelmiä. Osa virheistä voidaan havaita ja poistaa esimerkiksi arvioimalla nopeuden ja kulkusuunnan perusteella seuraava mahdollinen paikka ja vertaamalla sitä ja saatua paikannustietoa keskenään. Liiketilaa mittaavilla antureilla toteutettua merkintälaskua yhdessä kompassin kanssa voidaan käyttää täydentävänä menetelmänä.

Pelkät koordinaatit ja suuntatieto ei yksinään ratkaise orientaatio-ongelmaa. Lisäksi tarvitaan kartta, joka sitoo paikkatiedon ympäristöön. Kartan avulla paikalle voidaan antaa nimi, voidaan kertoa mikä seuraavan risteävän kadun nimi, mihin suuntaan katua ollaan kulkemassa, mitä on reitin varrella jne.

Paikannusvirheen lisäksi on otettava huomioon kartta-aineiston virheet. Ne ovat itse asiassa paikannusvirhettä pahempia, koska reittisuunnittelu käyttää karttaa. Jos alunperin reittipisteet ovat väärässä kohdassa, ei parhainkaan paikannus voi korjata syntynyttä virhettä.

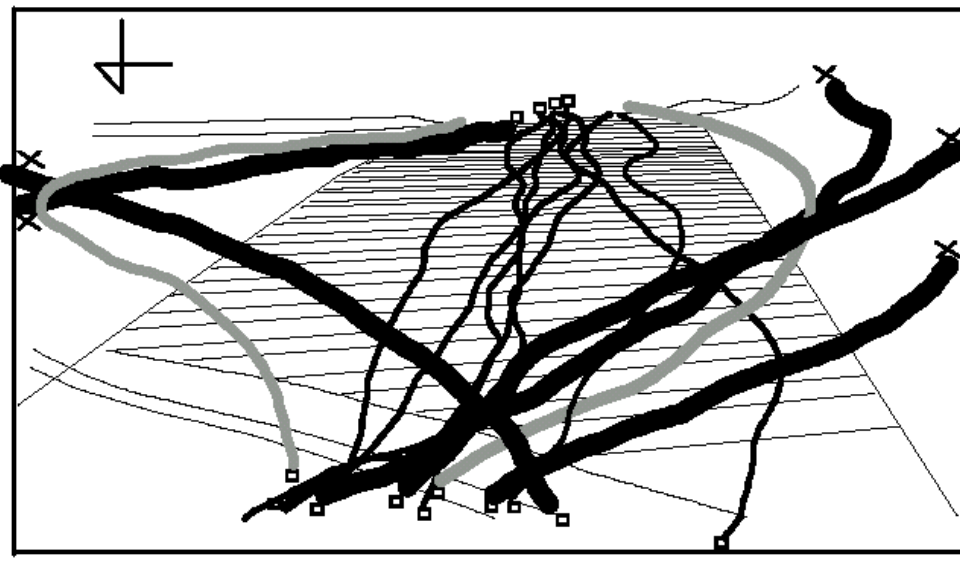
Vaadittavaa tarkkuutta voidaan arvioida jalkakäytävän leveydellä. Olisi toivottavaa, että reittisuunnittelusta saadut koordinaatit osuisivat jalkakäytävän alueelle, joten aineiston tarkkuuden pitäisi olla noin 2 metriä. Kartan tarkkuus on eri asia kuin sen mittakaava, joka kuvaa kartan yksityiskohtien määrää.

Aineistossa pitäisi olla esitettynä jalankulkureitit, portaat, suojatiet, julkisen liikenteen pysäkit, mahdollisesti pintamateriaalit, kaiteet, merkittävät korkeuserot ja valoristeykset. Tällä hetkellä saatavilla oleva aineisto on tarkoitettu autonavigointiin kaupunkialueella ja siinä on esitetty katujen koordi-

naatit, osoitetiedot ja katuluokka. Esimerkiksi pyörätiet yms. puuttuvat täysin, joten aineisto ei sellaisenaan sovellu jalankulkijoiden opastamiseen.

3.1.2 Orientaatio lokaalissa ympäristössä

Toinen ongelma on orientaatio suhteessa lähiympäristöön. Esimerkiksi suojatien ylittäminen vaatii suunnan pitämistä suojatien mukaisena. Kuva 3 esittää Japanissa tehtyä tutkimusta liikennevalojen äänisignaalin vaikutuksesta suunnan säilyttämisessä. 14 koehenkilöä ylitti risteyksen, joista viisi päätyi ajoradalle (Kuva 3, paksut mustat viivat) (Tauchi, 2001).



Kuva 3. Näkövammaisilla tehty koe suojatien ylittämisestä. Paksut viivat ovat epäonnistuneita ylityksiä. Poikkiviivat suojatie. (Tauchi, 2001).

Liikuttaessa suuntatiedon saaminen on tärkeää ylitettäessä aukeita paikkoja, joissa suuntareferenssin saaminen reunoista ja seinistä ei ole mahdollista. Kompassisuunta ja sen säilyttäminen ei ratkaise täysin ongelmaa, koska ihmisen liikesuunta ei välttämättä ole sama kuin rintamasuunta. Tämän voi jokainen todeta kokeilemalla kävelyä sivuttain. Kompassi on herkkä ulkoisille häiriöille, joita aiheuttavat suuret teräsrakenteet ja voimakkaapelit. Kompassin tukena voidaan käyttää gyroskooppia, mutta esteeksi muodostuu lähinnä syntyvät kustannukset ja laitteiston kokorajoitukset.

Ympäristössä olevien asioiden löytäminen ja ympäristön hahmottaminen on myös vaikeaa. Jo niinkin jokapäiväinen asia, kuin oven löytäminen on hankalaa. Ongelmaa on pyritty ratkaisemaan erilaisilla ympäristöä mittaavilla antureilla ja kameratekniikoilla. Vaikka tutkimusta ja kehitystyötä on tälle alueelle tehty jo vuosikymmeniä, ei yleisesti hyväksyttyä ratkaisua ole saatu syntymään.

Tyypillisesti ympäristön havainnointiin on käytetty ultraääneen, infrapuna-

valoon tai laseriin perustuvia etäisyydenmittauslaitteita (MOWAT, LASER-CANE, SONAR VISION), jotka on sijoitettu silmälaseihin tai otsapantaan. Etäisyys on ilmaistu joko äänen korkeuden tai tärinän amplitudin vaihteluna ja lopputuloksena saadaan "2D-viivakuva" ympäristön muodosta. Äänisignaali voidaan tuottaa myös stereona. Laitteiden huonous on niiden tavoitteessa tuottaa pelkkä etäisyyskuva ympäristöstä, jolloin käyttö vaatii harjaantumista ja vaarana on myös aistien ylikuormitus. Etäisyysmittari on helppo ja halpa toteuttaa teknisesti, käyttäjälle relevantin informaation erottelu etäisyyskuvasta on huomattavasti vaativampi suoritus.

Kamera antaa paremman kuvan ympäristöstä, mutta etäisyyksien erottelukyky on heikko. Etäisyyksien laskentaan vaaditaan stereokamera tai laser-skanneri, joka synkronoidaan kamerakuvan kanssa. Varsinaisen ongelman muodostaa kuva-analyysi, jossa kuvan sisältö tulkitaan. Miten analyysin tulokset saadaan järkevästi tuotua käyttäjän ulottuville? Kuvitellaan esimerkiksi normaalia kaupunkinäköä, mikä on täynnä kylttejä. Järjestelmän pitäisi pystyä löytämään satunnaiset kyltit kuvasta (erittäin vaikea tehtävä), tulkitsemaan niiden tekstit ja päättämään mikä niistä on käyttäjälle relevantti juuri sillä hetkellä.

Mahdollisuuksien rajoissa voisi olla kysymyksiin vastaava järjestelmä, esimerkiksi "*Missä on postilaatikko?*" tai "*Missä on ovi?*". Kuva-analyysillä haetaan kuvasta tunnetut piirteet omaava kohde ja vastauksena annetaan opastus kohteen luo (Rahhal, 1997) (Bourbakis, 2000). Kuva-analyysi vaatii tehokkaan tietokonelaitteiston (virrankulutus, paino ja hinta korkeita) ja laitteen antama hyöty on ainakin suhteessa kustannuksiin toistaiseksi vähäinen.

Talking Signs -järjestelmä (Marston 2000) perustuu ympäristöön kiinnitettävii infrapunalähettämiin ja sokealla olevaan vastaanottimeen. Osoitettaessa lähettäjä vastaanottimella, kuuluu vastaanottimesta lähettimen viesti puheena. Infrapunasäde on kapea, jolloin saadaan myös kohteen suunta selville. Laitteistoa voidaan käyttää tienristeyksissä, oviaukoissa, kylteissä ja paikannukseen maamerkinä.

Varsinainen ongelma tämän tyyppisillä järjestelmillä on taloudellinen. Järjestelmän asentamisen kustannukset muodostuvat korkeiksi jo pienissä kohteissa, lisäksi tulee järjestelmän ylläpito. Koska näkövammaisen ei välttämättä tiedä missä lähettämiä on, pitää vastaanotinta käyttää jatkuvasti.

Radiotekniikalla toteutettuna tätä ongelmaa ei ole, mutta suuntatieto vastaavasti puuttuu. Menetelmää voisi soveltaa matkustajainformaation välittämiseen esim. Bluetooth-tekniikalla reaaliaikaisen matkustajainformaation näyttötauluista, joihin tulee muutenkin tietotekniikkaa itse taulua varten.

Sisätiloissa tapahtuvaan paikannukseen ei ole vielä yleistä ratkaisua tarjolla, koska GPS ei toimi kunnolla sisätiloissa. Paikannukseen on tarjolla useampia ratkaisuja, kuten WLAN, RFID, infrapuna, Ultra Wide Band

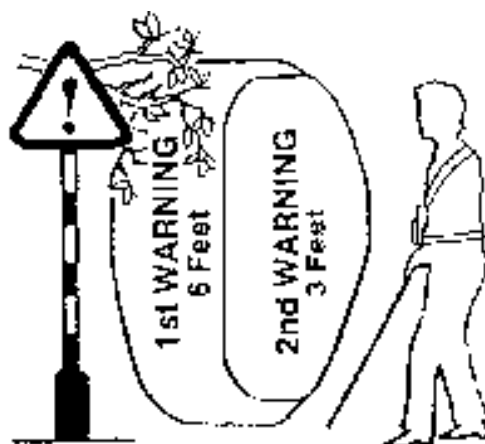
(UWB), Bluetooth sekä kannettavat anturit. Pelkästään paikannukseen kehitetyt menetelmät eivät todennäköisesti yleisty muissa kuin erityissovelluksissa. Paikannustekniikan yleistymiseen vaikuttaa myös käytetyt päätelaitteet, joten yleismenetelmää voitaneen odottaa joko WLAN- tai Bluetooth-perustaisena. GPS-vastaanottimien kehitys ja suunnitelmat nostaa satelliittien lähetystehoja parantavat GPS:n kuuluvuutta sisätiloissa, mutta sisätila-GPS vaatinee silti tuekseen tietoverkkoyhteyden.

Sisätilapaikannukseen vaaditaan myös karttainformaatio, jota sitäkään ei ole ratkaistu standardilla. Rakennusten ja vastaavien mallinnuksesta vastanne rakennuksen omistaja. Ainoa järkevä jakelumalli on Internetin kautta hajautetusti ilman massiivisia tietokantoja. Tässäkin pätee se tosiasia, että pelkkä paikannus ei riittäne motivoimaan investointiin. Rakennuksen omistajan pitää saada siitä joko tuloja tai saada aikaan säästöjä. Rakennus-aikaiset tuotemallit ja rakennuksen elektroninen huoltokirja (mahdolliset viranomais määräykset) antaisivat yhden mahdollisuuden karttainformaation tuottamiseen. Palo- ja pelastustoimi olisi ainakin yksi hyötyjä.

3.1.3 Turvallisuusuhkien havainnointi

Liikkumiseen liittyvät turvallisuusuhat ovat lähinnä törmäminen, kompastuminen ja putoaminen. Valkoisen kepin avulla havaitaan esteet vyötärölinjasta alaspäin kohtuullisen hyvin. Ongelman muodostaa siitä ylöspäin oleva alue. Koska sokeat liikkuvat yleensä opetellulla reitillä, kaikki muutokset, kuten katutyöt, kauppojen ulkomainostelineet, kuorma-autojen lavat yms. jalankulkualueella ovat odottamattomina erityisen vaarallisia.

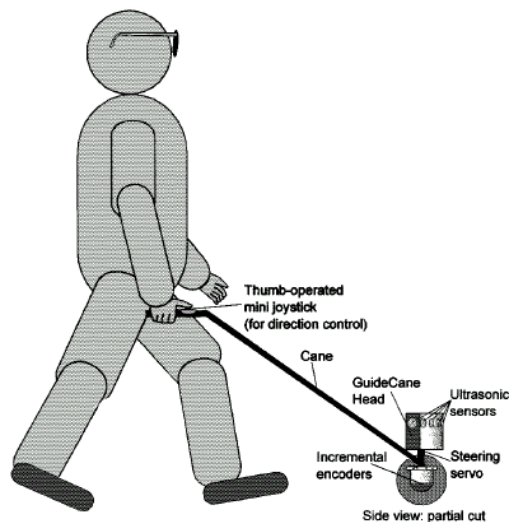
Törmäyksien estoon tarjotut laitteet ovat yleensä rinnalle asetettuja yksinkertaisia etäisyysmittareita, jotka antavat varoituksen liian lähelle tulevasta esteestä (Kuva 4). Näitä on ollut markkinoilla jo 60-luvulta lähtien.



Kuva 4. Tyypillinen törmäyksen havainnointi ja varoitustekniikka (Walkmate).

Mobilerobotiikan tutkimuksessa kehitettyjä törmäyksenestolaitteita ja algo-

ritmeja on tarjottu myös näkövammaisten käyttöön. Borensteinin tutkimusryhmän ensimmäinen yritys oli NavBelt (Shoval 1998), joka osoittautui suudeksi. Ryhmän seuraava yritys on nimeltään GuideCane (Ulrich, 2001). GuideCane on valkoisen kepin ja opaskoiran korvaava laite, jota sokea työntää edellään (Kuva 5). Laite etsii esteettömän reitin ja ohjaa kulkua sen mukaan. Periaatteeltaan vastaava toinen laite on Robotic Cane (Aigner, 1999). Kummassakin laitteessa on mukana myös matkan mittaus ja periaatteessa ne osaavat palata takaisin kulkureitille väistöliikkeen jälkeen. Putoaminen havaitaan laitteen pudotessa reunan yli. Laitteet toimivat varmaankin kohtuullisesti sisätiloissa ja asfaltilla. Koska ne pyrkivät korvaamaan valkoisen kepin, niiden tulisi toimia myös epätasaisella alustalla ja muissa ei-optimaalisissa olosuhteissa (lumi). Kuten jo aiemmin todettiin, pyrkimys korvata ensisijaiset apuvälineet periaate on väärä lähestymistapa.



Kuva 5. GuideCane ja Robotic Cane laitteissa käytetty periaate. (Ulrich, 2001)

3.2 Navigointijärjestelmiä

3.2.1 Sendero Group

Ainoa markkinoilla ollut valmistaja on Sendero Group. Sen tuotevalikoimaan on kuulunut Atlas Speaks karttaohjelmisto ja GPS-Talk opastusjärjestelmä. Sendero Group on lopettanut GPS-Talk tuotteen syyskuussa 2001. Atlas Speaks on vielä saatavissa Yhdysvaltoihin, Kanadaan ja Puerto Ricoon ja Guamiin. Sendero on ilmoittanut liittoutuneensa HumanWare Inc. kanssa kehittääkseen paikannuksen BrailleNote ja VoiceNote tuotteisiin. Ne kykenevät nauhoittamaan kuljetut reitit ja opastamaan käyttäjän takaisin lähtöpaikkaan.

3.2.1.1 Atlas Speaks

Atlas Speaks on puhekäyttöliittymällä varustettu digitaalinen karttaohjelmisto, joka kattaa n. 99 % Yhdysvaltojen katuosoitteista ja paikoista. Käytettävän aineiston tuottaa TeleAtlas.



Kuva 6. Reitin opettelu AtlasSpeaks ohjelmistolla (Sendero 2002).

Ohjelmiston käyttötarkoituksia ovat:

□ **Ympäristöön tutustuminen**

Tarkoitettu näkövammaisille turvallisena vaihtoehtona tutustua ympäristöön omin neuvoin. Käyttäjä antaa alkusijaintinsa kartalla ja navigointi tapahtuu nuolinäppäimiä käyttäen ohjelman kertoessa yksityiskohtia ympäristöstä. Käyttäjä saa valita miten laajasti yksityiskohtia luetellaan.

□ **Reitin opettelu kohteeseen**

Käyttäjä antaa tavoitekohteen ja ohjelma neuvoo lyhyimmän reitin nykyisestä sijainnista kohteeseen käyttäen

- vasen-oikea, eteen-taakse ohjeita
- ilmansuuntien mukaan
- kellon viisarinäytön mukaan ("kohde kello yhdessä")
- kulkusuuntaa.

tai käyttäjä voi navigoida itse ohjelman kertoessa onko suunta oikea (kylmenee/ kuumenee- metodi). Käyttäjä voi myös poimia ohjelman tarjoamalta listalta kohteen joka sijaitsee lähellä nykyistä sijaintia ja opetella reitin sinne em. tavoilla.

Karttatietokanta Yhdysvalloissa sisältää 277 karttaa 4 CD:llä (kaikki 50 osavaltiota, yli 3,100 piirikuntaa, 23,000 kaupunkia). Kartassa kuvatut yksi-

tyiskohdat ja sen tarkkuus riippuvat siitä kuinka isosta kaupungista on kysymys: tieverkostoluokittelu, postinumerot, päivitetty moottoritie- ja katu-tiedot, ympäristöpiirteet. Kanada on yhdellä CD levyllä. Myös muita maita on lisätty karttaan (mm. Puerto Rico).

3.2.1.2 GPS-Talk

Tämä ohjelmisto on AtlasSpeaks karttaohjelmisto laajennettuna GPS paikannuksella.



Kuva 7. Sendero Groupin GPS-Talk olkalaukkuversio (Sendero 2002).

GPS-Talk tarjoaa mm. seuraavia lisätoimintoja:

- kulkusuunta
- suunta ja etäisyys kohteeseen
- suunta ja etäisyys käännökseen
- läheisyydessä olevat kiinnostavat kohteet
- matkanopeus

GPS-Talk on tarkoitettu käytettäväksi pääasiassa autossa yms. jolloin myös näkövammainen matkustaja saa tietoa ympäristöstä, kulkusuunnasta, kuljetusta matkasta, etäisyydestä tai kulkuohjeet tavoitekohteeseen. Jos ohjelmisto on asennettu kannettavaan tietokoneeseen, sitä voi hyödyntää myös jalan liikkussa.

Kaupan on erityisiä selkäreppuun integroituja laitteistoja, joissa on kannettava PC, erikoisnäppäimistö, kuulokkeet ja GPS-vastaanotin (+antenni). Ohjelmistolla on mahdollista nauhoittaa kuljettu reitti ja antaa sen opastaa takaisin.

Viitteessä (LaPierre,1998) on järjestelmään kehitetty parannuksia lisäämällä siihen merkintälasku käyttämällä kompassia ja pedometria tilanteissa, joissa

GPS-signaali ei ole käytettävissä.

Kompassin tarkkuus oli noin 10°, mikä tarkoittaa noin 17 metrin heittoa sivusuunnassa sadan metrin matkalle. Vaikeuksia oli myös siltojen läheisyydessä. LaPierre vertaa merkintälaskun tarkkuutta GPS:n ± 100 m tarkkuuteen ja päättelee sillä voitavan liikkua 500 metriä ennen kuin tarkkuus on huonompi kuin GPS:n tarkkuus. Pedometri oli yksinkertainen jousimekanismi, joka antaa mekaanisen kytkennän joka askeleella.

3.2.2 MoBIC-projekti

MoBIC (Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers) EU-projekti toteutettiin vuosina 1994-1996. Mukana oli useita yliopistoja: mm. Upsala, Birmingham ja Hertfordshire. Projektin tavoitteena oli parantaa vanhojen ja näkövammaisten ihmisten itsenäistä liikkumista kaupunkiympäristössä. Tarkempi kuvaus projektista löytyy viitteestä (Gill, 1997).

Projektissa selvitettiin aluksi soveltuvaa jo markkinoilla olevaa teknologiaa:

- Ylläpidettävät (wearable) pienet tietokoneet, pieni näppäimistö (3 näppäintä), ladattavat ja luotettavat akut ovat standardikomponentteja
- GPS-tekniikka kehittynyttä mutta suurimmat ongelmat liittyivät juuri sen epäluotettavuuteen: katveet, katkot n. 85 sekunnin välein, tarkkuus
- Muut paikannusta tukevat välineet vielä liian kalliita: esim. gyroChip
- Toiveita myös GSM-paikannuksen hyödyntämiseen
- Geographic Data Files (GDF) -standardi ja sen ylläpito: tiekarttatietokannat eivät vielä kata koko Eurooppaa

Haastatteleamalla MoBIC:n potentiaalisilla käyttäjiä (näkövammaisia) ja heidän ohjaajiaan ja kouluttajiaan, kartoitettiin niitä tarpeita ja toimintoja jotka he kokivat tärkeiksi järjestelmälle.

MoBIC-järjestelmä koostuu kahdesta komponentista:

- *The MoBIC Pre-Journey System (MoPS)*, jonka avulla sokea voi tutkia karttaa ja suunnitella ja valmistella reitti etukäteen ennen ulos menoa
- *The MoBIC Outdoor System (MoODS)*, joka auttaa sokeaa ihmistä ulkona reitillä hyödyntäen GPS-tekniikkaa.

MOPS

Tutustumalla ympäristöön käyttäjä saa varmuuden siitä, että hän selviää siinä itse. Ympäristöön ja reittiin tutustuminen tapahtuu kotona PC:n äärellä. Käyttäjä navigoi 'agenttia' virtuaalimaailmassa joka kuvaa ympäristöään puheella tai tekstuaalisesti. Agentin voi pysäyttää ja tiedustella siltä lisää yksityiskohtia, esim. kaupan aukioloajan, mikäli se on saatavilla.

MoODS

Kun haluttu kuljettava reitti on tallennettu, se siirretään kannettavaan yksikköön, joka GPS-paikannustiedon perusteella opastaa pysymään reitillä ja antaa tietoa paikasta korvakuulokkeiden välityksellä. Lisätietoa (orientaatio) saa ranteeseen sijoitetulla pikanäppäimistöllä. Suuntatieto saadaan elektroniselta kompassilta. Turvallisuussyistä järjestelmä varoittaa opastettavaa, jos hän eksyy liiaksi reitiltä. Lisäksi ohjeiden sanelun saa pysäytettyä esim. ympäristöstä tulevan tärkeän informaation vuoksi.



Kuva 8. MoODS kokoonpano(Cullen, 1998).

Tutkimuksessa tuli ilmi, että asiakkaiden kyky omaksua uusia asioita vaihtelee suuresti ja että käyttöönottoa edeltävä koulutus on tärkeää.

Ehdotuksena on kahden tyyppistä koulutusta riippuen vammaisuusasteesta ja oppimiskyvystä:

- nopea intensiivikurssi oppimiskykyisille ja oma-aloitteisille käyttäjille
- pitkän aikavälin koulutus esim. sokeainoppilaitoksessa.

Testien tuloksena käyttäjät olivat keskimäärin tyytyväisiä laitteistoon. Ulkonavigointilaitteiston painoa tai ulkonäköä ei koettu rajoitteeksi. Suuria eroja sen sijaan havaittiin ihmisten kyvyssä hyödyntää laitteistoa.

Elektronisesta kartasta saatu hyöty ympäristöön tutustumisessa oli suurempi kuin ulkonavigointiyksiköltä saatu tuki liikkuesssa. Reitien suunnittelu vaatii aina tarkan osoitetiedon, jonka etsiminen voi olla työlästä. Lisäksi GPS-paikannustiedon saatavuus kaupunki-olosuhteissa osoittautui epäluotettavaksi.

4 Opastusjärjestelmän arkkitehtuuri

Suunniteltaessa opastusjärjestelmän arkkitehtuuria on hetkeksi pysähdyttävä pohtimaan syitä siihen miksei tällaista järjestelmää ole saatu aikaiseksi jo aiemmin. Aiemmissa tutkimuksissa ja pilot-toteutuksissa on selvästi osoitettu tarve tämäntyyppiselle järjestelmälle eikä ratkaisemattomia teknisiä esteitä ole ilmaantunut. Järjestelmät ovat toimineet kohtalaisesti pienessä mitakaavassa, mutta kaupallistaminen ei ole onnistunut. Ongelma onkin lähinnä taloudellinen. Jos infrastruktuurin tuki puuttuu, toimivan järjestelmän toteutus tulee erittäin työlääksi ja kalliiksi. Toteutuksen lisäksi tulee myös järjestelmän ylläpidon järjestäminen. Jos käyttäjäkunta on lisäksi pieni, tätä yhtälöä on jokseenkin mahdoton ratkaista.

Viime vuosina on tapahtunut merkittäviä teknisiä edistysaskeleita, jotka ovat helpottaneet yhtälön ratkaisua merkittävästi:

Internet: Aineistojen jakelu ja ylläpito on huomattavasti helpompaa kuin ennen, koska aineisto on sisällöntuottajan hallussa. Käyttöön saadaan aina tuorein mahdollinen aineisto. Samoin on auennut mahdollisuus käyttää myös reaaliaikaista aineistoa. Nyt on myös mahdollista ylittää kriittinen massa palveluiden käyttäjissä, jolloin niiden tuottaminen on taloudellisesti mielekästä ja houkuttelevaa.

Kännykkä: Matkapuhelinvalmistajien ja -operaattorien tarve pitää myyntiluvut jatkuvasti korkeina on tuonut markkinoille uusia lisäarvopalveluita ja tekniikkaa. Internetin tuominen liikkuvalla käyttäjälle (mobiili internet) on tuonut mm. nopean langattoman pakettikytkentäisen tiedonsiirron (GPRS) kännyköihin ja langattomat lähiverkot (WLAN) kannettaville tietokoneille. GPRS mahdollistaa jatkuvan yhteyden pitämisen edullisesti opastuspalvelimeen. Myös paikkariippuvat palvelut ja henkilökohtaisen navigoinnin konsepti tuottaa opastusjärjestelmään soveltuvia komponentteja.

Paikannus: Autonavigointi ja paikannuslaitteiden tuonti vapaa-ajan harrastusten tueksi on nostanut mobiilikarttojen kysyntää ja GPS-vastaanottimien tuotantoa sekä laskenut hintoja. Vastaanotinpiirejä ollaan tuomassa myös kännyköihin. Paikannuslaitteita otetaan käyttöön myös rakentamisessa, mikä tukee karttainformaation tuottamista.

Näkövammaisten käyttöön soveltuvan opastusjärjestelmän arkkitehtuurin tulisi hyödyntää uudet henkilökohtaisen navigoinnin tarjoamat palvelut ja tekniikat. Osa palveluista käyttää luonnollista kieltä käyttöliittymänä, mikä soveltuu erityisen hyvin näkövammaisen tarpeisiin. Modulaarisuus ja selkeät rajapinnat eri palveluiden välillä mahdollistavat niiden jatkuvan kehittymisen ja komponenttien korvaamisen uusilla ja paremmilla komponenteilla

tarvittaessa.

Opastusjärjestelmä tarvitsee:

- Digitaalisia kartta-aineistoja
- Palvelutietokantoja
- Päätelaitteen
- Paikannusjärjestelmän
- Palvelinyhteyden.

Digitaalisten karttojen pitää olla nykyisiä käytössä olevia karttoja tarkempia. Tämä vaatimus koskee kaikkia jalankulkijoille tarjottuja opastuspalveluja. Aineistossa pitää olla ainakin jalankulkureitit, tarvetta olisi merkitä myös portaat yms. kulkuesteet käyttäjäryhmäkohtaisten (polkupyörät, lastenvaunut, pyörätuolit ja vastaavat) reitityksien toteuttamiseksi. Aineistoa katualueilta keräävät kunnat ja kaupungit. Kartoille löytyisi hyötysovelluksia myös kunnalliselta sektorilta (esim. teiden auraus). Aineiston käyttöoikeuksia voisi myös kaupata yksityiselle sektorille.

Palvelutietokantojen osalta pitää huolehtia siitä, että niihin on rakennettu yhteysrajapinta, jonka kautta palvelua ja sen sisältämiä tietoja voidaan käyttää myös muuten kuin www-selaimella. Tieto tulee olla saatavissa yhteysrajapinnan avulla sellaisessa muodossa, että käyttöliittymä voidaan räätälöidä tarpeen mukaan.

Esimerkiksi puhekkäyttöliittymä sopii useille näkövammaisille, mutta kaikille vammaisille se ei ole oikea ratkaisu. Monien vammaisten puhe on epäselvää, lisäksi on puheen tuottamis- ja ymmärtämisvaikeuksia tai kommunikoinnissa käytetään jotain vaihtoehtoista menetelmää, kuten esimerkiksi Bliss-symboleita. Vammaisryhmien etujärjestöjen luonnollisena tehtävänä olisi tarjota omille jäsenilleen sopivaa palvelua ylläpitämällä jäsenilleen räätälöityjä käyttöliittymiä palvelutietokantoihin.

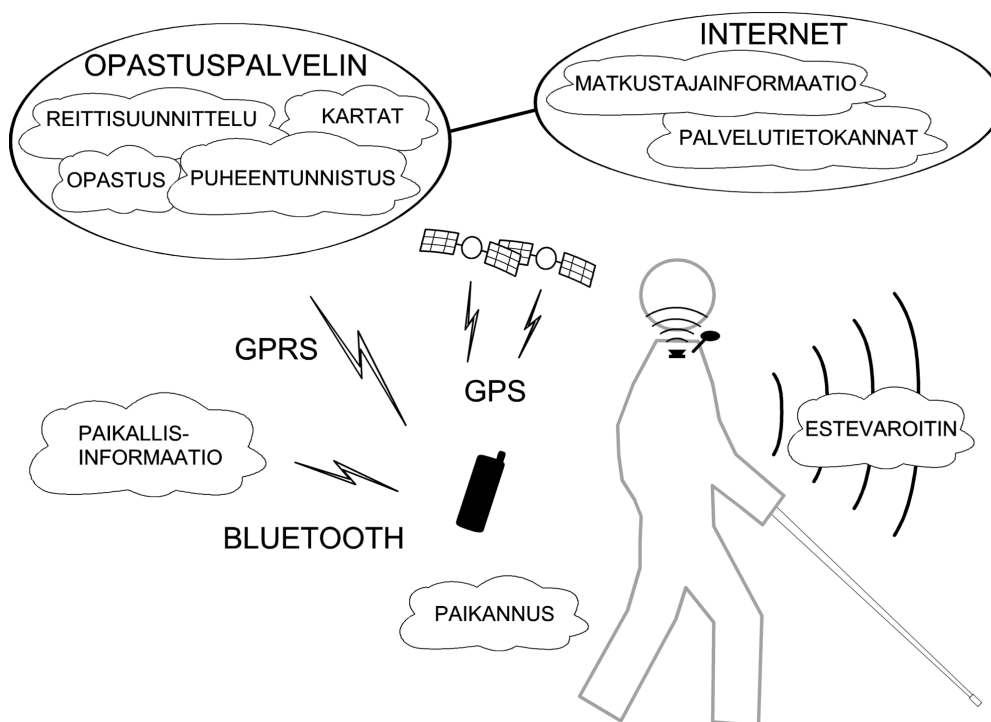
Päätelaitteen ominaisuuksiin pitää kuulua puhelinominaisuudet. Normaali matkapuhelin ei tehtävään sovellu, koska siihen ei voi lisätä ominaisuuksia. Kehitys on kohti avoimen järjestelmän puhelimia (esimerkiksi Symbian-käyttöjärjestelmää käyttävä Nokia 9210 kommunikaattori) ja puhelinominaisuuksilla varustettuja PDA-laitteita. Ohjelmoitavuus mahdollistaa erityissovellusten tuottamisen puhelimiin, eikä erillistä päätelaitetta tarvita opastussovelluksen käyttämiseen. Päätelaitteena voidaan käyttää standardilaitteita, jolloin kustannukset pysyvät kurissa.

Kuten jo aiemmin tuli esille, paikannuksen toteuttaminen vaatii useamman paikannusmenetelmän soveltamista. Selvä valinta on järjestelmän perustaksi on GPS, jota sitten täydennetään muilla menetelmillä. Täydentäviä mene-

telmiä ovat WLAN, Bluetooth, kompassi ja merkintälasku. Verkkopaikannus ei täytä tarkkuusvaatimuksia.

Päätelytehtävien muodostamiseen soveltuu tällä hetkellä parhaiten GPRS, jonka etu on jatkuvan yhteyden ylläpitäminen kohtuukustannuksin. Varajärjestelmänä voidaan käyttää GSM Data -yhteyttä. Koska päätelaitteelta vaaditaan myös puhelinominaisuuksia, on datayhteys automaattisesti käytettävissä. Tulevaisuudessa käyttöön tulee parempia menetelmiä. Opastuksen kannalta oleellisin tekijä on tiedonsiirron viiveettömyys, pitkät epäsuoralliset viiveet vaikeuttavat oleellisesti laitteiston käyttöä.

Näkövammaisten järjestelmissä on lähinnä erilainen käyttöliittymä, muu osuus on käytännössä sama kuin muissakin vastaavissa palveluissa. Kuva 9 esittää tämänhetkiseen teknologiaan pohjautuvan VTT:n opastusjärjestelmän arkkitehtuuria.



Kuva 9. Näkövammaisten opastusjärjestelmän arkkitehtuurin hahmotelma.

NOPPA-opastusjärjestelmäarkkitehtuurissa pääpaino on opastuspalvelimella, joka sisältää eniten laskentatyötä vaativat osiot, kuten reittisuunnittelun ja puheentunnistuksen. Opastuspalvelin on Internetin kautta yhteydessä muihin opastusta, matkustajainformaatiota, karttoja tai paikkariippuvia palveluita tarjoaviin palvelimiin.

Opastustieto välitetään kannettavaan päätelaitteeseen joko GPRS-yhteyttä käyttäen tai lähietäisyydeltä Bluetooth-yhteyden tai langattoman lähiverkon (WLAN) yli. Paikannus tapahtuu osin opastuspalvelimella, osin päätelaitteessa, käytettävien paikannustekniikoiden mukaan. Järjestelmään tulisi olisi liitettävissä myös lisävarusteita, joiden käyttö tapahtuu saman käyttö-

liittymän kautta. Esimerkkinä on käytetty estevaroitinta lähietäisyydellä olevien kohteiden havainnointiin. Varoitinta voidaan käyttää myös paikannukseen ja seinien seurantaan.

Matkustajainformaation välittämiseen on kaksi vaihtoehtoa. Bluetooth-yhteyden kautta voidaan informaatio välittää esimerkiksi reaaliaikanäyttöistä pysäkeillä ja ajoneuvossa. Toinen vaihtoehto on toteuttaa informaation välitys paikkariippuvana palveluna opastuspalvelimen kautta. Paikkatiedon perusteella voidaan matkustajainformaatiopalvelimelle tehdä kysely ko. taulun sisällöstä ja välittää se edelleen päätelaitteelle. Samalta palvelimelta saadaan tieto ajoneuvon saapumisesta pysäkille, jos se on reaaliaikaseurannassa.

Tiedon välitys pitäisi olla mahdollista myös toiseen suuntaan. Ajoneuvon kuljettajalle (erityisesti linja-auton) voitaisiin välittää tieto näkövammaisen henkilön kyytiin tulosta seuraavalta pysäkiltä, jolloin kuljettaja voisi ottaa tämän huomioon jo ennakolta.

5 Yhteenveto

Sosiaalista oikeudenmukaisuutta koskeva toimintalinja painottaa kaikkien oikeutta ja mahdollisuutta saavuttaa peruspalvelut ja niihin liittyvä informaatio. Esteetön liikennejärjestelmä toteutetaan siten, että myös lapset, iäkkäät ja toimintaesteiset henkilöt suoriutuvat turvallisesti päivittäisistä liikkumistarpeistaan ja julkisen liikenteen esteettömyyttä parannetaan.

Joukkoliikenteen esteettömyyttä ja helppokäyttöisyyttä lisää muun muassa se, että kehitetään informaatiopalveluja kaikille paremmin soveltuviksi. Matkustajien tulisi voida suunnitella matkansa entistä helpommin etukäteen ja tietoa matkasta pitäisi saada myös matkan aikana. Erityisen tärkeää tiedon saanti oikeaan aikaan oikeassa paikassa on henkilölle, jolle liikkuminen on hankalaa esimerkiksi näkövamman takia. Tietoa pitäisi saada koko matkaketjusta, joka muodostuu matkan eri osista ovelta ovelle. Tiedon sisällön ja muodon tulee vastata käyttäjän tarpeita.

Joukkoliikenteen käyttöä pyritään edistämään myös palveluita parantamalla. Tavoitteena on mm. saada aikataulutiedot tietokantaan, tarjota pysäkeillä reaaliaikaista tietoa bussien todellisesta tuloajasta, ja kehittää maksukortteja. On alettu käyttää termiä katkeamaton matkaketju, jolloin matka käsitetään ovelta ovelle jatkuvana yhtenäisenä tapahtumana. Tämä koskee siis myös näkövammaisia henkilöitä kuten myös muita erityisryhmiä. Matka kotona joukkoliikenteen pysäkille ja sieltä kulkuvälineeseen pitää pystyä tekemään turvallisesti. Myös matkustajainformaatio pitää tuottaa sellaisessa muodossa, että se on myös erityisryhmien tavoitettavissa.

On selvästi nähtävissä tarve näkövammaisten opastusjärjestelmälle, joka täyttää matkaketjun valkoiset alueet; matkan joukkoliikennepysäkeille ja toiselta pysäkiltä matkakohteeseen. Paikannus- ja opastusjärjestelmiä on kehitelty aiemminkin, mutta niissä ei juuri ole huomioitu joukkoliikenteen käyttöä.

Näkövammaisten tärkein liikkumisen apuväline on valkoinen keppi. Se on erinomainen esimerkki hyvästä apuvälineestä. Se on monikäyttöinen, halpa ja toimintavarma. Lisäksi se kertoo muille, että kyseinen henkilö on näkövammaisen. Toinen hyvä apuväline on opaskoira.

Sokeiden liikkumisesta tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että jo pienikin lisäinformaatio ympäristöstä antaa merkittävän parannuksen liikkumissuoritukseen. On todettu, että hyvän apuvälineen pitää tuottaa pieniä määriä merkityksellistä informaatiota eikä häiritä muun ympäristöstä saadun informaation käyttöä.

Sen sijaan, että yritettäisiin kehittää liikkumiseen apuvälineitä, jotka korvaavat kaikki muut apuvälineet, tulisi kehittää nykyisiä apuvälineitä *täydentäviä* järjestelmiä. Edelleen apuvälineen tehokkuutta tulisi arvioida sen tuottaman *hyödyn*, eikä sen antaman informaation runsauden mukaan. Käyttäjän pitää pystyä hallitsemaan apuvälinettä eikä päinvastoin. Jos kaikki energia kuluu apuvälineen antaman informaation tulkitsemiseen, ei sitä jää käytettäväksi muun ympäristöstä saatavan informaation havainnointiin.

Näkövammaisen liikkumisessa on kolme pääongelmaa: Orientaatio suhteessa globaaliin ympäristöön, orientaatio suhteessa lokaaliin ympäristöön ja turvallisuusuhat, joita ei pysty havaitsemaan ensisijaisella apuvälineellä

Paikka ja suunta (orientaatio) globaalissa ympäristössä ('karkealla yleiskartalla, suuressa mittakaavassa') voidaan selvittää käyttämällä eri majakka-paikannusjärjestelmiä. Henkilökohtaisen navigoinnin tärkeimmät majakka-paikannusjärjestelmät voidaan jakaa satelliittipohjaisiin, verkkopaikannukseen ja langattomiin lähiverkkoihin. Paikannustiedon saatavuus ja tarkkuus vaihtelee kaikissa nykyisin käytettävissä tekniikoissa merkittävästi, lähinnä paikannettavan kohteen ja majakan välillä olevien esteiden määrän mukaan. Muitakin paikannusmenetelmiä on olemassa, mutta niitä voidaan käyttää vain erikoissovelluksissa joko teknisistä tai taloudellisista syistä johtuen.

Pelkät koordinaatit ja suuntatieto ei yksinään ratkaise orientaatio-ongelmaa. Lisäksi tarvitaan kartta, joka sitoo paikkatiedon ympäristöön. Kartan avulla paikalle voidaan antaa nimi, voidaan kertoa mikä on seuraavan risteävän kadun nimi, mihin suuntaan katua ollaan kulkemassa, mitä on reitin varrella jne. Aineistossa pitäisi olla esitettyinä jalankulkureitit, portaat, suoja-tiet, julkisen liikenteen pysäkit, mahdollisesti pintamateriaalit, kaiteet, merkittävät korkeuserot ja valoristeykset. Tällä hetkellä saatavilla oleva aineisto on tarkoitettu autonavigointiin kaupunkialueella ja siinä on esitetty katujen koordinaatit, osoitetiedot ja katuluokka. Esimerkiksi pyörätiet yms. puuttuvat täysin, joten aineisto ei sellaisenaan sovellu jalankulkijoiden opastamiseen.

Liikuttaessa suuntatiedon saaminen on tärkeää ylitettäessä aukeita paikkoja, joissa suuntareferenssin saaminen reunoista ja seinistä ei ole mahdollista. Kompassisuunta ja sen säilyttäminen ei ratkaise täysin ongelmaa, koska ihmisen liikesuunta ei välttämättä ole sama kuin rintamasuunta.

Lähiympäristön hahmottaminen on myös vaikeaa. Jo niinkin jokapäiväinen asia, kuin oven löytäminen on ongelma. Ympäristöömme on sijoitettu koko joukko erilaisia opasteita ja kylttejä, joiden olemassaoloa ei sokea havaitse, niiden sisällöstä puhumattakaan. Hahmotusongelmaa on pyritty ratkaisemaan erilaisilla ympäristöä mittaavilla antureilla ja kameratekniikoilla. Laitteet eivät ole vaikeakäyttöisyytensä vuoksi kovin yleisesti käytössä.

Liikkumiseen liittyvät turvallisuusuhat ovat lähinnä törmäminen, kompas-

tuminen ja putoaminen. Valkoisen kepin avulla havaitaan esteet vyötärölinjasta alaspäin kohtuullisen hyvin. Ongelman muodostaa siitä ylöspäin oleva alue. Koska sokeat liikkuvat yleensä opetellulla reitillä, kaikki muutokset, kuten katutyöt, kauppojen ulkomainostelineet, kuorma-autojen lavat yms. jalankulkualueella ovat odottamattomina erityisen vaarallisia.

Aiemmissa tutkimuksissa ja pilot-toteutuksissa on selvästi osoitettu tarve navigointi- ja opastusjärjestelmälle, eikä ratkaisemattomia teknisiä esteitä ole ilmaantunut. Järjestelmät ovat toimineet kohtalaisesti pienessä mittakaavassa, mutta kaupallistaminen ei ole onnistunut. Ongelma onkin lähinnä taloudellinen. Jos infrastruktuurin tuki puuttuu, toimivan järjestelmän toteutus tulee erittäin työlääksi ja kalliiksi. Toteutuksen lisäksi tulee myös järjestelmän ylläpidon järjestäminen. Jos käyttäjäkunta on lisäksi pieni, tätä yhtälöä on jokseenkin mahdoton ratkaista.

Matkapuhelimien yleistyttyä on alettu puhua henkilökohtaisen navigoinnin palveluista ja paikannetuista palveluista. Niiden toteuttamiseen vaaditaan sähköisiä karttapalveluita, reitityspalveluita, palvelutietokantoja yms. Niiden toteutuminen palvelee suoraan apuvälinekehitystä, koska nyt erityisryhmien apuvälineet voidaan rakentaa näiden suurelle massalle tarkoitettujen palvelujen varaan. Samoin mobiilipäätelaitteiden tiedonsiirto on kehittynyt siihen suuntaan, että opastuksen vaatima jatkuva langaton tiedonsiirto on mahdollista kohtuukustannuksin.

Opastusjärjestelmän ensisijainen tavoite on toteuttaa näkövammaisille katkeamaton matkaketju. Tämä edellyttää joukkoliikenneinformaation saamisen lisäksi tukea koko matkaketjun ajan: Pysäkit tulisi löytää ja osata nousta oikeaan ajoneuvoon. Matkan aikana tulee löytää oma istumapaikka ja saada hyvissä ajoin informaatiota seuraavista pysäkeistä. Ajoneuvosta poistuttua pitää osata kulkea määränpähän.

Joukkoliikenneinformaatiota tuotetaan matkan eri kohdissa. Se voidaan tuottaa joko sähköisesti (esim. aikataulut) tai suoraan äänenä (kuulutukset). Näyttötaulujen sisällön tuomiseen opastusjärjestelmään voidaan toteuttaa joko paikkariippuvana palveluna (paikkatiedon perusteella haetaan sisältö verkon kautta) tai radioteitse lyhyen kantaman Bluetooth-tekniikalla päätelaitteeseen.

Näkövammaisten tarvitsema informaatio samaa muillakin käyttäjäryhmillä. Informaatio- ja opastuspalvelujen suunnitteluvaiheessa on kuitenkin tärkeää huomioida erilaisten käyttäjäryhmien tarpeet *design for all* -periaatteen mukaisesti (lisäykset karttoihin, opastuspalvelinten käyttäjäryhmätietoihin, erityistilanteet reitinsuunnittelussa jne), koska järjestelmien ja standardien muuttaminen myöhemmässä vaiheessa on hidasta ja kallista.

Näkövammaisten osuus koko väestöstä on suhteellisen pieni, joten mittavien infrastruktuuriin tehtävien muutosten ja ylläpidon kustannukset nousevat suhteettoman korkeiksi. Sosiaalisen oikeudenmukaisuuden periaatteen mu-

kaisesti kaikilla on kuitenkin oltava mahdollisuus liikkua ja saavuttaa peruspalvelut sekä niihin liittyvä informaatio. Erityisryhmillä tämä onnistuu vain apuvälineiden avulla.

Vammaisjärjestöjen luonnollisena tehtävänä olisikin tarjota omille jäsenilleen sopivaa palvelua ylläpitämällä jäsenilleen räätälöityjä käyttöliittymiä palvelutietokantoihin. Järjestöillä on paras asiantuntemus siitä, millaisia palveluita heidän jäsenensä tarvitsevat ja miten he niitä pystyisivät käyttämään.

VTT:llä suunnitellun NOPPA-opastusjärjestelmän arkkitehtuurin ydin on raskaamman laskennan (kuten puheentunnistuksen ja reitinsuunnittelun) hoitava opastuspalvelin, joka pitää yhteyttä muihin palvelimiin, lähinnä kartta- ja matkustajainformaatiopalvelimiin. Päätelaitteeksi käy suorituskyvyltään vaatimattomampi laite.

Opastuspalvelimen tehtävänä on aktiivinen reitti- ja opastustiedon välittäminen päätelaitteelle. Se myös yksilöi käyttäjän, joten tarjottava palvelu on yksilöllistä ja sovitettu tarpeen mukaan (mm. kieli, käyttöliittymä, opastustarpeen aste). Opastuspalvelin voi palvella myös muita käyttäjiä, jolloin palvelua voi tarjota sopivan päätelaitteiston omaaville kuluttajille. Järjestelmän modulaarisuus mahdollistaa jatkuvan kehitystyön ja lisäpalveluiden tuomisen järjestelmään sitä mukaa kun niitä tulee saataville.

Referenssit

Aigner, P., McCarragher, B., 1999. Shared Control Framework Applied to a Robotic Aid for the Blind. IEEE Control Systems. April 1999. pp. 40-46.

Anon, 2001. Microsystems based Visual Prosthesis. <http://www.dice.ucl.ac.be/mivip>. 22.11.2001.

Bourbakis, N.G., Kavraki, D., 2001. An Intelligent Assistant For Navigation of Visually Impaired People. Proceedings of the IEEE 2nd International Symposium on Bioinformatics and Bioengineering. pp. 230-235.

Brusnighan, D.A., Strauss, M.G., Floyd, J.M., Wheeler, B.C., 1989. Orientation Aid Implementing the Global Positioning System. Proceedings of the IEEE 1989 Fifteenth Annual Northeast conference on Bioengineering. University of California. pp. 33-34.

Cullen, K., 1998. Good Practice in Using the Information Society for the Benefit of Older People and Disabled People. Jyväskylä, Suomi. Gummerus. 051-33-0550-3. <http://www.stakes.fi/promise/book/pr00main.htm>. Viitattu 26.2.2002.

Dobelle, Wm.H 2000. Artificial Vision for the Blind by Connecting a Television Camera to the Visual Cortex. ASAIO Journal 2000. 46. Lippincott Williams&Williams. 3-9.

Gill, J., 1997. Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers. <http://www.tiresias.org/reports/mobicf.htm>. Viitattu 26.2.2002.

Hayes, T., 2000. Electronic Travel Aids - why bother. <http://ariel.unimelb.edu.au/~heyas/quest.html>. 27.11.2000.

Helal, A., Moore, S.E., Ramachandran, B., 2001. Drishti: An Integrated Navigation System for Visually Impaired and Disabled. Proceedings of IEEE Fifth International Symposium on Wearable Computers, 2001. pp. 149-156.

LaPierre, C. M. 1998: Personal Navigation System for the Visually Impaired. Master of Engineering Thesis. Department of Electronics Faculty of Engineering. Carleton University. September 3. 1998. 133 p.

Long, R.G., Fazenbaker, S. 1992. Development of an Orientation Aid for Blind Individuals. IEEE Proceedings of the Johns Hopkins National Search for Computing Applications to Assist Persons with Disabilities. pp. 205-207.

Marston, J.R., Golledge, R.G., 2000. Toward an Accessible City: Removing Functional Barriers for the Blind and Vision Impaired: A Case of Auditory Signs. University of California: University of California Transportation Center. Grant#UCTC 65V430. 62 p.

Molton, N., Se, S., Lee, D., Probert, P., Brady, M.: 1997. . Robotic Sensing for the Guidance of the Visually Impaired . Proceedings of the Confence on The Field Robotics (FSR97). 236-243.

Näkövammaisten keskusliitto 2002. <http://www.nkl.fi>. Viitattu 15.1.2002.

Rahhal, J., Wang, Y., Atkin G.E., 1996. Template Matching for A Local Guidance System. Proceedings of the IEEE 39th Midwest symposium on Circuits and Systems. pp. 1268-1271 vol.3.

Sendero Group. <http://www.senderogroup.com/>. Viitattu 28.2.2002.

Shinoda, Y., Yakabe, Y., Magatani, K., Yanashima, K., Sato, R., 1997. Development of Navigation System for The Visually Impaired. Proceedings of the IEEE 18th Annual International Conference on Engineering in Medicine and Biology Society. pp. 399-400.

Shoval, S., Borenstein, J., Koren, Y.: 1998. Auditory Guidance with the NavBelt- A Computerized Travel Aid for th Blind. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics.No 3 Vol 28. p. 459-467.

Somerpalo, S., Soininen, M. & Kangas, E. 2001. . Esteittä eteenpäin. Joukkoliikenteen esteettömyyttä ja helppokäyttöisyyttä käsitelleen työryhmän ehdotukset.. Liikenne- ja viestintäministeriö. 144 s.. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 23/2001. 951-723-393-0 / 1457-7488.

Sonnenblick Y., 1998: An Indoor Navigation System For Blind Individuals. http://www.dinf.org/csun_98/csun_98008.htm

Strothotte, T., Petrie, H., Johnson, V., Reichert, L. 1996. MoBIC: User Needs and Preliminary Design for a Mobility Aid for Blind and Elderly Travellers. 2nd TIDE congress, Paris, La Villette, 26 - 28 April 1995. 4 p.

Syrjärinne, J. 2001 Satellite based Positioning Technologies. Mobile Location Workshop 2001. Espoo: 7.-8.6.2001.

Tauchi, M., Takami, R., Suzuki, S., Kai, T., Takahara, S., Tajima, T., 2001. Comparison of Disorientation and Walking Tendency of the Vision Impaired Redestrians under two Different Types of Alternate Audible traffic Signal. Proceedings of the 8th World Congress on Intelligent Transport Systems. 30.9-4.10.2001.

Ulrich, I., Borenstein, J., 2001. The GuideCane- Applying Mobile Robot Technologies to Assist the Visually Impaired. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics. No 2 March 2001. pp. 131-136.

Termilista

| | | |
|-----------|---|---|
| AGPS | Assisted GPS | Avustettu GPS. GPS-signaali vastaanotetaan kiinteällä maa-asemalla. Tietyt osat signaalista välitetään langattomasti GPS-vastaanottimelle. Parantaa toimivuutta huonoissa olosuhteissa. |
| Bluetooth | | 2,4 GHz:n taajuudella toimiva lyhyen kantaman langaton tiedonsiirtomenetelmä. |
| DGPS | Differential GPS | GPS-signaalia tarkennetaan kiinteällä maa-asemalla vastaanotetulla signaalilla. Korjaussignaalia välittää mm. Yleisradio |
| E-OTD | Enhanced Observed Time Difference | Menetelmä matkapuhelimen paikantamiseen soluverkossa |
| ELA | Elektroninen liikkumisen apuväline | Vastaa englanninkielistä termiä ETA - Electronic Travel Aid |
| GDF | Geographic Data Files | Tiedonsiirtostandardi ja kuvauskieli digitaalisille tiekartoille. Käytetään lähinnä aineistojen siirtoon eri järjestelmien välillä. |
| GPRS | General Packet Radio System | Pakettikytkentäinen tiedonsiirtoprotokolla GSM-verkossa. |
| GPS | Global Positioning System | Yhdysvaltain puolustusministeriön hallinnoima satelliittipaikannusjärjestelmä. |
| GSM | Global System for Mobile Communication | Matkapuhelinstandardi |
| MoBIC | Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers | EU-projekti, jossa kehitettiin näkövammaisten opastusjärjestelmää |
| MoODS | The MoBIC Outdoor System | Mobic-hankkeessa kehitetty paikannus ja opastusjärjestelmä ulkotiloihin. |
| MoPS | The MoBIC Pre-Journey System | Mobic-hankkeessa kehitetty matkansuunnittelujärjestelmä |
| NOPPA | | Näkövammaisten opastusjärjestelmä |
| PDA | Personal Digital Assistant | Kämmentietokone. |
| RFID | Radio Frequency Identification Device | Passiivinen radiotaajuinen piiri, joka voidaan lukea lyhyiltä etäisyyksiltä lukulaitteella. |
| UWB | Ultra Wide Band | Pulssiradiotekniikka, jossa käytetään erittäin lyhyitä pulsseja (~1 ns) datan siirtoon. Pulssi leviää laajalle taajuuskaistalle, eikä varsinaista kantataajuutta käytetä. Saattaa häiritä muita radiolaitteita. |
| WHO | World Health Organisation | Maailman terveysjärjestö |
| WLAN | Wireless Local Area Network | Langaton lähiverkko. IEEE 802.11b -standardin mukaista tiedonsiirtoprotokollaa käyttävä radiotaajuinen tiedonsiirto. |

Liite: Näkövammaisten opastukseen liittyviä patenteja

Alonzi, L. W., Smith, D. C., Burlak, G. J., Mirowski, M. (1992). Radio frequency message apparatus for aiding ambulatory travel of visually impaired persons. U.S. Patent #[5,144,294](#) issued Sept. 1, 1992.

Balbuena, A. U., Cantabrana, A. L.(1995) System to assist the guiding of the non-sighted U.S. Patent# [5,409,380](#) issued April 25, 1995

Ban, I., & Mitsuta, Y. (1987). Blind Person Guide Device. U.S. Patent #[4,712,003](#) issued Dec. 8, 1987

Beck, S. C. (1987). Apparatus and method for generating phosphenes. U.S. Patent #[4,664,117](#) issued May 12, 1987

Benham, T. A., & Benjamin Jr., J. M. (1965). Photosensitive Obstacle and Curb Detection Device for the Blind. U.S. Patent #[3,198,952](#) issued Aug 3, 1965

Benjamin, Jr., J. Malvern (1972) Obstacle Detection System for Use by Blind Comprising Plural Ranging Channels Mounted on Spectacle Frames U.S. Patent# [3,654,477](#) issued April 4, 1972

Biber, C. H. (1985). Sonic Ranging/Detection System Employing Varied Beamwidth. U.S. Patent #[4,551,825](#) issued Nov. 5, 1985

Borenstein, J.(1997). User-driven active guidance system. U. S. Patent #[5,687,136](#) issued Nov. 11, 1997

Chi-Sheng, H. (1992). Electronic talking stick for the blind. U.S. Patent #[5,097,856](#) issued Mar. 24, 1992

Coles, D. K (1975) Binaural sight system U.S. Patent# [3,907,434](#) issued September 23, 1975

Collins, C. C., Bach-Y-Rita, P., Homlund, G. W.(1971). Visual substitution system with receptor scanning means. U. S. Patent #[3,594,823](#) issued Jul. 27, 1971

Crandall, William (1997). Accessible automatic teller machines for sight-impaired persons and print-disabled persons U.S. Patent# [5,616,901](#) issued April 1, 1997

Crandall, Jr. William F. (1998). Signal transmitter with automatic output control and systems utilizing the same U.S. Patent# [5,757,530](#) issued May 26, 1998

DeLeon, A. M. (1989). Oral readout rangefinder. U.S. Patent #[4,870,687](#) issued Sept. 26, 1989

Elchinger, G. M. (1981). Mobility Cane for the Blind Incorporating Ultrasonic Obstacle Sensing Apparatus. U.S. Patent #[4,280,204](#) issued July 21, 1981

Fish, R. M. (1974). Auditory Display for the Blind. U.S. Patent #[3,800,082](#) issued Mar. 26, 1974

Friedman, M. B. (1991). Computerized vocational task guidance system U.S. Patent# [5,032,083](#) issued July 16, 1991.

Fruchterman, J. R., Schwegler, W. C., Merritt, B. W., & LaPierre, C. (1995). System and method for tracking a pedestrian. U.S. Patent #[5,470,233](#) issued Nov. 28, 1995

Furubayashi, J. et.al. (1986) Multiple Obstacles Indicatable Walk Aid Apparatus for Blind Man Japanese Patent # [JP61091583](#) issued 9 May 1986

Gesink, J., Guth, D., Fehr, B. (1998) Learning and assessment aid for a severely visually impaired individual U. S. Patent# [5,803,740](#) issued September 8, 1998

Hancock; Michael B. (1998). Electronic autorouting navigation system for visually impaired persons [5,806,017](#) issued September 8, 1998

- Hashimoto, J. (1995). Identification Device for Visually Impaired Person. Japanese Patent # [JP7334076](#) issued 22 December 1995
- Iwata, H., Nara, H., & Makino, H. (1986). Ultrasonic Distance Measuring Apparatus. U.S. Patent # [4,578,783](#) issued Mar 25, 1986
- Johnson, C.S. (1977). Diver's pulse stretch sonar. U.S. Patent # [4,041,441](#) issued Aug. 9, 1977
- Jorgensen, A. A. (1990). Echo Location System for Vision-Impaired Persons. U.S. Patent # [4,907,136](#) issued Mar. 6, 1990
- Jorgensen, A. A., Jorgensen, O. A. (1992). Echo location system for vision-impaired persons. U.S. Patent # [5,107,467](#) issued Apr. 21, 1992
- Kay, L. (1965). Apparatus for Furnishing Information as to Positioning of Objects. U.S. Patent # [3,172,075](#) issued March 2, 1965
- Kay, L. (1968). Blind Aid. U.S. Patent # [3,366,922](#) issued Jan. 30, 1968
- Kay, L. (1977). Methods of and Apparatus for Ascertaining the Characteristics of Motion of Inaccessible Moving Elements. U.S. Patent # [4,052,977](#) issued Oct. 11, 1977
- Kay, L. (1981). Method of and Apparatus for Echolocation of Objects. U.S. Patent # [4,292,678](#) issued Sep. 29, 1981
- Kay, L. (1982). Method of and Apparatus for Providing Information as to the Existence or Position of Objects. U.S. Patent # [4,310,903](#) issued Jan. 12, 1982
- Kay, L. (1986). Method of and Apparatus for Providing Information as to the Existence or Position of Objects. U.S. Patent Reissue # [Re.32,252](#) of # [4,310,903](#)
- Kelk, G. F. (1996). Mobility Aid for Blind Persons. U.S. Patent # [5,487,669](#) issued Jan. 30, 1996
- Kim, W. (1988). Ultrasonic Binaural Sensory Aid for a Blind Person. U.S. Patent # [4,761,770](#) issued Aug. 2, 1988
- Krauth, E. A. (1950). Aid for the Blind. U.S. Patent # [2,500,638](#) issued Mar. 14, 1950
- Laakmann, P. (1966). Apparatus for Detecting Motion and Objects. U.S. Patent # [3,260,991](#) issued July 12, 1966
- Larsen, M. J. (1952). Echo Pulse System Utilizing the First Received Echo for Control Purposes. U.S. Patent # [2,580,560](#) issued Jan. 1, 1952
- Massimino, M. J. & Sheridan, T. B. (1995) Apparatus for providing sensory substitution of force feedback. U.S. Patent # [5,451,924](#) issued Sept. 19, 1995
- Madey, Julius M. J. (1997). Discriminating infrared signal detector and systems utilizing the same. U.S. Patent # [5,623,358](#) issued April 22, 1997
- McKiel, Jr., F. A. (1994) Method and system for enabling a blind computer user to locate icons in a graphical user interface U.S. Patent # [5,287,102](#) issued February 15, 1994
- Meijer, Peter B. L. (1992). Image-audio transformation system. U. S. Patent # [5,097,326](#) issued Mar. 17, 1992
- Mier, R. (1976) Obstacle detection device for use by the blind. U.S. Patent # [3,996,950](#) issued Dec. 14, 1976
- Montane, Ioan (1998). Method and device of navigating in a graphical computer interface for the blind. E.P. Patent # [EP874345](#) issued 28 October 1998.
- Moricca, L. S. , Stroer, R. H. (1976) Polysensory mobility aid U. S. Patent # [3993407](#) issued November 23, 1976
- Mowat, G. C. (1973). Guiding Devices. U.S. Patent # [3,718,896](#) issued Feb 27, 1973
- Ono..et al (1991) Guiding device for visually handicapped person. U. S. Patent # [5,032,836](#) issued July 16, 1991.

- Osaka, T. (1987). System for Guiding the Blind. U.S. Patent #[4,660,022](#) issued Apr. 21, 1987
- Reiter, L. (1991). Electronic-automatic orientation device for walkers and the blind. U.S. Patent #[4,991,126](#) issued Feb. 5, 1991
- Richardt, J. W. (1950). Aid for the Blind. U.S. Patent #2,496,639 issued Feb 7, 1950
- Rohen, J. E. (1993) Virtual graphics display capable of presenting icons and windows to the blind computer user and method U.S. Patent# [5,186,629](#) issued February 16, 1993
- Russell, L. (1967). Sonar-Type Sensory Aids. U.S. Patent #3,321,737 issued May 23, 1967
- Sciarra, M. (1985). Prosthetic vision system. U.S. Patent #[4,551,149](#) issued Nov. 5, 1985
- Silverman, H. S. (1996). Identifier/locator device for visually impaired. U.S. Patent #[5,508,699](#) issued Apr. 16, 1996
- Slaymaker, F. H. (1951). Ultrasonic Distance-Measuring System. U.S. Patent #2,574,596 issued Nov. 13, 1951
- Slaymaker, F. H., & Meeker, W. F. (1949). Ranging System. U.S. Patent #2,474,918 issued July 5, 1949
- Smith, R. P. (1976). Sensory Aids for the Blind. U.S. Patent #[3,987,403](#) issued Oct. 19, 1976
- Stanton, A. N. (1982) Virtual sound system for the visually handicapped U.S. Patent# [4,322,744](#) issued March 30, 1982
- Sunthakar, Y. S. (1977). Ultrasonic transmitter or receiver. U.S. Patent #[4,039,998](#) issued Aug. 2, 1977
- Takeyama, M. (1997) Man-machine interface in aerospace craft that produces a localized sound in response to the direction of a target relative to the facial direction of a crew U. S. Patent# [5,647,016](#) issued July 8, 1997
- Treptow, L. A. (1987). Audio aid for the blind. U.S. Patent #[4,680,740](#) issued July 14, 1987
- Vogel, Karl-Heinz (1997).Ultrasonic Spectacles for the Blind and Visually Disabled. E.P. Patent# [EP777455](#) issued 11 June 1997
- Washizuka, I., Tsugei, S., Inoue, T. (1989). Electronic cane with environmental and human body condition sensors and alarm for indicating existence of undesirable conditions. U.S. Patent #[4,858,125](#) issued Aug. 15, 1989
- Yamamoto Tsuneki (1998) Walking Aid for Blind Person Japanese Patent # [JP10043263](#) issued 17 February 1998