

Ratkaisuja liikerajoitteisten käyttäjien hiiri- ja näppäimistöongelmiin

Aki Mäkinen

Tampereen yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Tietojenkäsittelyoppi
Pro gradu -tutkielma
Ohjaaja: Roope Raisamo
Kesäkuu 2008

Tampereen yliopisto

Tietojenkäsittelytieteiden laitos

Tietojenkäsittelyoppi

Aki Mäkinen: Ratkaisuja liikerajoitteisten ihmisten hiiri- ja näppäimistöongelmiin

Pro gradu -tutkielma, 54 sivua

Kesäkuu 2008

Tietokoneet on suunniteltu usein normaaleihin liikkeisiin kykenevien käyttäjien tarpeita vastaavaksi. Hiiri ja näppäimistö ovat keskeisiä ohjauslaitteita, mutta nämä eivät sovellu perusominaisuuksiltaan erityisen hyvin liikerajoitteisille käyttäjille, joiden lukumäärä on koko ajan kasvussa. Liikerajoitteisille on perinteisesti kehitetty erikoistuneita apulaitteita, jotka ovat yleensä hyvin rajoittuneita vain tiettyyn käyttöön. Parempi vaihtoehto olisi käyttöliittymä, joka olisi kaikkien ulottuvilla. Tutkielman aiheena on etsiä sellaisia ominaisuuksia, jotka muokkaisivat käyttöliittymiä helpommin saavutettavaksi. Käsittelen erityisesti nykyisiä syöttölaitteita ja niihin liittyviä parannusehdotuksia. Tuntoaistiin perustuvat palautemuodot yhdistettynä havainnoivaan käyttöliittymään pystyvät luomaan järjestelmän, joka tulkitsee ja korjaa käyttäjän antamia virheitä. Esittelen nykyisiä ja uusia ominaisuuksia, jotka korjaavat virheitä. Nämä ominaisuudet auttavat etenkin liikerajoitteisia ihmisiä, mutta myös muitakin helpottamalla tietokoneen käyttöä.

Avainsanat ja -sanonnat: näppäimistö, hiiri, tuntopalaute, liikerajoitteiset käyttäjät

Sisällys

1. Johdanto.....	1
2. Liikerajoitteisuus.....	4
3. Ongelmia tietokoneen käytössä.....	7
3.1. Ongelmat näppäimistön käytössä.....	7
3.2. Ongelmat hiiren käytössä.....	8
3.3. Vanhusten ongelmat.....	9
4. Käyttöliittymäsuunnittelu liikerajoitteisille.....	12
4.1. Multimodaaliset käyttöliittymät.....	15
4.2. Havainnoivat käyttöliittymät.....	16
4.3. Design for All.....	19
4.4. Agentit.....	21
5. Liikerajoitteisia auttavia ratkaisuja.....	23
5.1. Perinteisten ohjauslaitteiden korvikkeita.....	25
5.2. Ratkaisuja näppäimistöongelmiin.....	26
5.3. Ratkaisuja hiiriongelmiin.....	35
5.4. Valikkorakenteet.....	43
5.5. Ergonomia.....	44
5.6. Yleisiä ratkaisuja.....	45
6. Pohdinta ja johtopäätökset.....	48
 Viiteluettelo.....	 51

1. Johdanto

Liikerajoitteisille ihmisille tietokoneen käyttäminen tuottaa välillä suuria hankaluuksia. Normaaleihin liikkeisiin kykenevät ihmiset kohtaavat monia vaikeuksia tietokoneiden kanssa. Hiiren käyttö edellyttää tarkkaa koordinaatiokykyä eikä näppäimistöäkään anna anteeksi virheliikkeitä. Liikerajoitteiset ihmiset eivät pysty tekemään tarkkoja liikkeitä, jolloin navigointi graafisissa käyttöliittymissä saattaa olla ylitsepääsemättömän hankalaa, sillä työpöytäkohteet ja valikot ovat yleensä melko pienikokoisia. Hienomotoristen liikkeiden vaikeus rajoittaa selvästi liikerajoitteisten ihmisten toimintaa tietokoneilla.

Tietotekniikka pitäisi saada myös liikerajoitteisten ihmisten käyttöön. Liikerajoitteiset ihmiset ovat kuitenkin pääsääntöisesti edelleen työelämässä ja monet heistäkin joutuvat jopa päivittäin tekemisiin tietokoneiden kanssa. Lisäksi tietotekniikka mahdollistaa apuvälineiden paremman käytön. Fyysikko Stephen Hawking on ainakin yksi tunnettu henkilö, jolle tietokone on erittäin tärkeä apuväline jo pelkästään kommunikointinsa kannalta. Liikerajoitteisia ihmisiä ei pitäisi jättää nykyisen kehityksen ja maailman ulkopuolelle, vaikka heillä onkin vaikeuksia käyttää normaaleja laitteita, jotka on suunniteltu vammattomien ihmisten käyttöön.

Liikerajoitteisuudessa on erilaisia muotoja ja tasoja. Joillakin henkilöillä voi olla pelkästään pieniä hankaluuksia käsiensä kontrolloinnissa. Äärimmäinen tapaus on neliraajahalvaantuneet, jotka pystyvät liikuttamaan ainoastaan päätään ja samalla tietenkin silmiään. Tämän takia käyttöliittymien suunnittelu liikerajoitteisille on melko vaikeaa, sillä perussyöttötavat eivät toimi. Näppäimistö, hiiri ja muut kädellä käytettävät ohjaimet ovat yleensä joko erittäin vaikeasti hallittavissa tai todella hitaita. Siksi liikerajoitteisille on kehitetty omia tapoja ohjata käyttöliittymää. Perinteinen tapa on neliraajahalvaantuneilla esimerkiksi ollut ohjaustikku, jota hallitaan suulla, mikä ei ole kuitenkaan yksinkertainen tai nopea tapa ohjata konetta.

Silmien avulla kontrollointi tulee muista vaihtoehdoista ensimmäisenä mieleen, sillä silmät toimivat yleensä, vaikka raajat eivät olisi hallinnassa. Muita vaihtoehtoja ovat käsien eleisiin, pään liikkeisiin tai näiden yhdistelmiin perustuvat käyttöliittymät. Näihin kaikkiin liittyy ongelmia. Jo pelkästään silmien avulla käytettävät koneet ovat melko hankalia, sillä pelkän katseen avulla navigointi tuottaa vaikeuksia. Multimodaalisuudella voidaan saada parempia tuloksia kuin pelkästään yhtä tiettyä systeemiä käyttämällä. Katseiden ja eleiden pohjalta voidaan myös saada lisää tarkkuutta toimintoihin.

Ongelmia löytyy kaikista käyttötavoista. Osalla liikerajoitteisista on myös hankaluuksia kontrolloida silmiensä liikkeitä. Katse saattaa harhailla henkilön omasta tahdosta huolimatta melko paljon ja sen kohdistaminen haluttuun paikkaan voi olla lähes mahdotonta. Tämä tuo lisävaatimuksia katseenseurantalaitteiden tarkkuudelle. Eleiden perusteella toimiva käyttöliittymää eivät voi kaikki käyttää, sillä neliraajahalvaantuneilla kädet eivät toimi. Näin heillä ei ole keinoja hyödyntää elekieltä käyttöliittymässä. Heillä vaihtoehtoinen kontrollointitapa liittyykin pään liikkeisiin ja esimerkiksi silmien räpytykseen. Lisäksi äänenkäyttö on yksi mahdollinen keino tietokoneiden hallintaan.

Palautemuotoja pitää myös miettiä tässä yhteydessä. Vaikka normaali monitoripalautekin toimii useimmiten, niin multimodaalisista käyttöliittymistä saatetaan saada parempia, jos käytetään jotain muuta palautetapaa. Tästä syystä esimerkiksi tuntopalautteen käyttöä kannattaa tutkia.

Näppäimistö ja hiiri ovat tällä hetkellä keskeisessä asemassa jokapäiväisessä tietokoneen käytössä, että näiden käytettävyyden parantaminen on merkittävää. Vaikka liikerajoitteisille ihmisille on kehitetty monia eri apuvälineitä, niin nämä ovat yleensä niin erikoistuneita, että ratkaisu toimii mahdollisesti vain rajoitetulla käyttäjäkunnalla. Lisäksi erikoisratkaisujen saatavuus on heikko. Tästä syystä perinteisten syöttölaitteiden kehityksestä saataisiin suurin mahdollinen hyöty. Tämän tutkielman keskeisin teema onkin näppäimistön ja hiiren käytön helpottaminen.

Yksittäinen tietokone ei todennäköisesti ole liikerajoitteisille ihmisille kovinkaan saavutettava, sillä siitä puuttuu tarvittavat apukeinot. Tästä syystä olisi hyvä kehittää käyttöliittymiä kaikille avoimeen suuntaan. Näin ei tarvitsisi tehdä jokaiseen vammaan omaa ratkaisua, vaan yksi ja sama käyttöliittymä olisi sopiva suurelle joukolle ihmisiä. Kaikkea ei voi kuitenkaan saada yhteen ratkaisuun, mutta mahdollisimman laajasti saavutettava käyttöliittymä hyödyntäisi monia ihmisryhmiä.

Tämän aiheen tutkimus on tulevaisuuden kannalta todella hyödyllistä, sillä esimerkiksi länsimaissa ihmisten ikärakenne ei ole enää pyramidimuotoinen vaan enemmän pallomainen. Iäkkäiden ihmisten määrä kasvaa jatkuvasti. Fyysiset kyvyt heikkenevät iän karttuessa. Nykyiset ihmiset ovat tottuneet jo tietotekniikkaan. Parinkymmenen vuoden päästä nykyään päivittäin tietokoneita käyttävät ihmiset saattavat olla tilanteessa, jossa heidän fyysiset taitonsa ovat selvästi heikentyneet. Normaalit tiedonsyöttötavat ovat liian vaikeita niiden tarkkuuden takia. Siksi olisi hyvä kehittää tulevaisuuttakin varten uusia ja edelleen parempia tapoja käyttää tietokoneita.

Tämä tutkielma on jaettu kuuteen lukuun. Johdannon jälkeen käsittelen toisessa luvussa yleisesti liikerajoitteisuutta. Tuon esille muutamia sairauksia ja vammoja, jotka aiheuttavat motoriikan heikkenemistä ja käsittelen liikerajoitteisuutta aiheuttavien tilojen yleisyyttä. Kolmannessa luvussa esittelen ongelmia, joita liikerajoitteiset ihmiset kohtaavat tietokoneen käytössä. Erityisesti paneudun ongelmiin syöttölaitteiden kanssa ja esittelen vielä erikseen vanhusten ongelmat. Neljäs luku käsittelee käyttöliittymäsuunnittelua hieman yleisemmin. Luvussa puhutaan lyhyesti siitä, mihin suuntaan käyttöliittymiä tulisi kehittää, jotta liikerajoitteiset ihmiset saisivat parhaan hyödyn irti tietokoneista. Suuntana onkin mahdollisimman monelle ihmiselle suunnattu käyttöliittymä. Viidennessä luvussa käsittelen parannusehdotuksia, joita annan etenkin näppäimistön ja hiiren käytettävyyttä ajatellen. Sivuan kuitenkin myös yleisiä mahdollisuuksia käyttöliittymän parantamiseksi liikerajoitteisia ihmisiä varten. Lopuksi on pohdinta- ja yhteenveto-osuus.

2. Liikerajoitteisuus

Liikerajoitteiset eivät ole yhtenäinen ryhmä, jolla olisi samat piirteet, joten erityisen tarkasti eri oireita ei voi lähteä lyhyesti erittelemään. Tietty tila ei edes ole pysyvä, vaan joidenkin tautien takia liikerajoitteisten taidot rappeutuvat ajan myötä taudin edetessä. Molemmat tekijät asettavat käyttöliittymäsuunnittelulle omat hankaluutensa. Yksi ratkaisu ei välttämättä toimikaan toisella henkilöllä, eikä edes välttämättä yhdellä ja samalla henkilöllä muutaman vuoden päästä. Näistä syistä käyttöliittymäsuunnittelu on todella haastavaa. Jokaiselle liikerajoitteiselle henkilölle ei voi tehdä omaa ratkaisuaan.

Liikerajoitteisuus ei edes rajoitu pelkästään ihmisiin, joilla on joku tietty vamma. Liikekyvyltään normaalit ihmiset voivat menettää tilapäisesti kykynsä hallita raajojaan kunnolla. Väsymys tai stressi vaikuttaa myös lihasten voimaan ja esimerkiksi fyysisesti tai henkisesti väsynyt henkilö saattaa kärsiä normaalia enemmän lihasvapinasta, joka vaikeuttaa tietokoneen käyttöä. Näppäimistön ja hiiren ergonomia ei myöskään ole aina paras mahdollinen, joten huono työskentelyasento saattaa aiheuttaa kiputiloja sormiin tai ranteisiin. Lisäksi voi olla esimerkiksi käyttäjistä riippumattomia syitä, jotka vaikeuttavat tietokoneen käyttöä. Esimerkiksi toisella kädellä saattaa joutua tekemään joskus jotain muuta ja oikeakätisille hiiren käyttö vasemmalla kädellä on huomattavan hankalaa.

Liikekyvyn heikkeneminen voi johtua muutamastakin eri asiasta. Osalla on jokin sairaus ja osalla on vamma. Vamma voi olla synnynnäinen tai se voi olla tullut myöhemmällä iällä onnettomuuden seurauksena. Jos onnettomuudessa vaurioituu ylin niskanikama, niin seurauksena on vakava vamma, josta voi aiheutua nelirajahalvaus tai tietenkin jopa kuolema. Myös aivohalvaus voi aiheuttaa motoristen kykyjen huononemista. Lisäksi vanhuus tuo mukanaan lihaksiston ja sorminäppäryyden heikentymistä.

COGAINin (Communication by Gaze Interaction, Euroopan Komission tukema hanke katsekäyttöliittymien hyödyntämisestä vammaisille) [COGAIN, 2005] raportissa esitellään muutama tekijä, joka aiheuttaa liikekyvyn alenemista. Seuraavassa luetellaan joitakin tekijöitä:

- **Motoneuronitauteihin** (MND) luetaan sairauksia, jotka vaikuttavat aivojen motoneuroneihin ja selkäyttimeen. MND-taudin seurauksena käsien käyttäminen voi olla todella vaikeata ja väsyttävää.
- **MS-tauti** vaikuttaa keskushermostoon tuhoamalla myeleenituppeja, jotka suojaavat ja edistävät hermosolujen toimintaa. Tämä aiheuttaa mm.

lihasjäykkyyttä ja -kouristuksia. Lihasten väsyminen on kuitenkin keskeisin toimintaa haittaava tekijä.

- **CP-vamma** on aivovaurio, joka haittaa lihasten hallintaa ja koordinaatiokykyä.
- **Selkärankavamma** aiheutuu esimerkiksi voimakkaasta iskusta rangan alueella. Yleensä selkäyttimeen vaurion alapuolelta liittyvät hermot ovat aivojen käskyjen ulottumattomissa. Tästä johtuvat sekä neli- että kaksiraajahalvaus.
- **Aivohalvaus** johtuu joko verenhukasta tai -vuodosta aivoissa. Tällainen vaurio saattaa aiheuttaa henkilön liikekyvyn heikkenemisen, jos halvaus tapahtuu kyseisestä toiminnasta vastaavalla aivojen alueella.

Listassa ei tietenkään ole kaikkia mahdollisia sairauksia, vaan siihen on otettu joitakin yleisimpiä esittelemään muutamia tekijöitä. Lisäksi on useita muita neurologisia sairauksia, kuten Parkinsonin tauti, jotka aiheuttavat eriasteisia liikevaikeuksia. Yllä olevan listan sairauksista MND on ainoa tasaisesti kehittyvä vaiva muiden ollessa pysyviä tiloja [COGAIN, 2005].

Liikerajoitteisia ihmisiä erityisesti tietokoneen käytössä vaikeuttavia tekijöitä ovat vapina ja kouristukset. Vapinaa on monenlaista ja sitä esiintyy myös terveillä ihmisillä. Vapina voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: lepo- ja liikevapinaan. Essentiaalinen vapina on yksi liikevapinan alalajeista ja se on yksi yleisimmistä neurologisista vaivoista. Sitä esiintyy yleensä tiettyjen päämäärätietoisten liikkeiden yhteydessä. Lepovapina puolestaan liittyy Parkinsonin tautiin ja sitä esiintyy vaikka lihakset olisivat lepotilassa. [Frett and Barner, 2005]

Kouristus on puolestaan tahdostariippumaton lihaksen voimakas kouristus, joka kestää yleensä lyhyen aikaa. Nämä aiheuttavat melko suuria liikkeitä esimerkiksi käsissä. Tämän seurauksena myös hiiren käyttö vaikeutuu huomattavasti, kun käsi liikahtaa haluamattaan ja todella nopeasti.

Ikääntymisen myötä ihmiskehossa tapahtuu fysiologisia muutoksia, jotka vaikuttavat koko kehon toimintaan. Muutoksia tapahtuu käsityskyvyn ja muistin heikkenemisenä, aistien toiminnan huonontumisena ja psykomotoristen taitojen rapistumisena. Nämä kaikki vaikuttavat tietokoneen hallintataitoihin. [Emery et al., 2002]

Liikerajoitteisia ihmisiä on miljoonia ympäri maailmaa. COGAINin [2005] raportissa annetaan mielenkiintoisia arvioita liikerajoitteisten ihmisten lukumäärästä. Euroopan väestöstä 10–15 prosentilla on vaikeuksia liikkeidensä hallinnassa tai niiden suorituksessa, joten pelkästään Euroopassa voidaan arvioida olevan jopa yli 55 miljoonaa liikerajoitteista ihmistä. Näistä kuitenkin

melko harvalla on joku vamma, sillä 70 prosenttia liikerajoitteisista ihmisistä on vanhuksia.

Tulevaisuudessa liikerajoitteisten ihmisten määrä tulee varmasti kasvamaan reilusti, sillä vanhojen ihmisten määrä kasvaa jatkuvasti. On arvioitu, että vuoteen 2020 mennessä Yhdistyneen kuningaskunnan aikuisasukkaista melkein puolet on yli 50-vuotiaita, ja yli 80-vuotiaat on nopeimmin kasvava ihmisryhmä [Hwang et al., 2001]. Tästäkin syystä vaihtoehtoisten käyttöliittymien suunnittelu on tärkeää.

3. Ongelmia tietokoneen käytössä

Liikerajoitteisten ongelmia tietokoneen hallinnassa ei voi niputtaa yhteen, sillä heidän vaivansa ovat usein moninaisia. Neliraajahalvaantuneilla ovat suurimmat ongelmat, sillä käsien käyttäminen ei ole mahdollista. Kädet ovat todella keskeisessä asemassa tietokoneen käytössä. Näppäimistö ja hiiri vaativat molemmat melko tarkkaa motoriikkaa, mikä tuottaa useille liikerajoitteiselle ongelmia joko syöttövälineiden hallinnassa tai niiden käytössä. Toisaalta näppäimistö ja hiiri eivät ole muutenkaan erityisen ergonomisia, minkä seurauksena normaalikäyttökin saattaa aiheuttaa väliaikaisia tai jopa kroonisia vammoja. Onneksi tässä suhteessa on menty viime aikoina eteenpäin ja saatu markkinoille myös ergonomisempia ratkaisuja, jotta säästytään monilta käsivammoilta, jotka aiheutuvat huonosti suunnitelluista laitteista. Seuraavaksi tässä luvussa käsitellään liikerajoitteisten ongelmia sekä verrataan vanhusten tilannetta sairaisiin tai vammaisiin ihmisiin.

Tietokoneet eivät ole erityisen käytettäviä edes ihmisille, joilla ei ole ongelmia liikkeidensä hallinnassa. Kokeneet tietokoneen käyttäjät kokevat peräti 45 prosenttia tietokoneajastaan turhautumista epäselviin valikkoihin, käsittämättömiin dialogeihin ja moniin muihin vaikeasti ilmaistuihin asioihin [Shneiderman, 2003]. Tämä kertoo ikävästi sen, että käytettävyys tietokoneissa ei ole mitenkään erityisen hyvällä tasolla edes ihmisille, joilla on normaali liikekyky. Liikerajoitteiset ihmiset kokevat paljon suurimpia ongelmia. Syöttö- ja ohjauslaitteet saattavat olla todella vaikeita käyttää, vaikka normaaliin liikekykyyn pystyville ihmisille esimerkiksi perinteinen näppäimistön käyttö ei tuota erityisen suuria ongelmia.

3.1. Ongelmat näppäimistön käytössä

Liikerajoitteisten ongelmia näppäimistön käytössä ei ole tutkittu läheskään yhtä tarkasti kuin hiiriongelmaa. Tämä johtune siitä, että näppäimistön käyttö ei vaadi aivan yhtä tarkkaa käsien motoriikkaa kuin hiiren hallinta. Tietenkin kirjoitusnopeus ja -mukavuus kärsivät, jos on suuria vaikeuksia käsien kontrolloinnissa.

Tutkimuksissa havaitut näppäimistövirheet voidaan jakaa seitsemään eri kategoriaan [Pain and Trewin, 1999]:

- tuplamerkkejä aiheuttavat liian pitkät painallukset,
- sormen tai jonkun muun ruumiinosan aiheuttamat ylimääräiset merkit halutun näppäimen vieressä,

- halutun merkin epäonnistunut painaminen (liian kevyt painaminen tai väärä näppäin),
- epäonnistuminen kahden tai useamman näppäimen samanaikaisessa painamisessa,
- tahattomat tuplapainallukset,
- tahattomasti sormella tai jollain muulla ruumiinosalla painetut ylimääräiset merkit kauempana tarkoitusta näppäimestä ja
- näppäinten painaminen väärässä järjestyksessä.

Nämä mainitut ongelmakohdat esiintyvät jossain määrin myös henkilöillä, joilla ei ole vaikeuksia liikkeidensä kanssa, tosin ei läheskään samassa mittakaavassa kuin liikerajoitteisilla. Normaaleihin liikkeisiin pystyvät ihmiset käyttävät ajastaan noin 1,7 % virheiden korjaamiseen, kun liikerajoitteisilla siihen meni peräti noin 7,3 % [Pain and Trewin, 1999]. Ero on merkittävä ja se hidastaa sekä vaikeuttaa selvästi vammaisten ihmisten tietokoneen käyttöä. Esimerkiksi tunnin kirjoitusurakan aikana terveet ihmiset käyttäisivät noin minuutin ja liikerajoitteiset lähes neljä ja puoli minuuttia virheidensä korjaamiseen. Kun muistetaan, että liikekyvyltään rajoittuneiden ihmisten kirjoitusnopeus on muutenkin hitaampi, tällainen ero ei voi olla vaikuttamatta yleiseen kirjoitusnopeuteen.

3.2. Ongelmat hiiren käytössä

Hiiri vaatii tarkkaa käden hallintaa. Usein käyttöliittymien elementit ovat suhteellisen pieniä, joten pienikin lipsahdus valintahetkellä saattaa saada aikaan väärän valinnan. Tämä on jopa ongelma ihmisillä, joilla ei ole vaikeuksia motoristen kykyjensä kanssa. Ikonit ja muut vastaavat valintapainikkeet sekä valikkorakenteet ovat pienikokoisia. Kaksoisnapautuksessa on vaikeata pitää hiiri paikoillaan.

Hiiren käyttämisessä helpointa on siirtää kursori lähtöpaikasta lähelle kohdetta. Tätä osoittaa myös Hwangin [2002] tutkimus, jossa käy ilmi, että etenkin vaikeasti sairailta henkilöillä on erityisen paljon ylimääräistä liikettä lähellä kohdetta. Yli 100 pikselin päässä kohteesta erot normaalikäyttäjiin ovat huomattavasti pienemmät. Myös Pain ja Trewin [1999] ovat tehneet saman huomion.

Hiiren käyttöä tutkittaessa voidaan käyttää useita mitattavia arvoja. Cambridgen yliopiston tutkijaryhmä on tehnyt kaksi tutkimusta, joissa on tutkittu hiiren kursorin liikettä. Niissä on havaittu, että liikerajoitteiset ihmiset pysähtyvät useammin ja pidempikestoisesti liikkeen aikana, heidän painallusaikansa on huomattavasti suurempi, kursorin liike muodostuu

useammasta osasta ja liikenopeus sekä -tarkkuus ovat selvästi heikommalla kuin normaaleilla käyttäjillä [Clarkson et al., 2004]. Toisessa heidän tutkimuksessaan havaittiin, että liikerajoitteisilla mm. kursorinrata seuraa harvoin suoraa linjaa, kouristukset aiheuttivat erittäin nopeaa liikettä ja kursori saattoi liikkua pitkäänkin vastakkaiseen suuntaan [Clarkson et al., 2002].

Hiiriongelmatkin voidaan jakaa eri kategorioihin samoin kuin ongelmat näppäimistöä käytettäessä. Viisi osa-alueita on löydetty painallusvirheistä, joita käyttäjät tekevät [Trewin et al., 2006]:

- lähivirheet, jotka tapahtuivat alle 50 % kohteen säteen matkan päästä kohteesta,
- kaukovirheet, jotka tapahtuivat 50–100 % kohteen säteen matkan päästä kohteesta,
- lipeämiset, joissa kursori oli painettaessa kohteessa, mutta nostettaessa sormi näppäimeltä kursori oli livennyt kohteen ulkopuolelle,
- vahinkopainallukset, joita tapahtui yli 200 % kohteen säteen matkan verran kohteesta ja painaessa myös toista näppäintä, kun toinen on pohjassa ja
- keskinäppäimen painallukset, eli väärän näppäimen painaminen.

Vaikka Parkinsonin tautia sairastavat henkilöt tekivät suurin piirtein yhtä monta virhepainallusta kuin terveet aikuiset, niin silti heillä oli muuten huomattavasti enemmän ongelmia hiiren käytössä. Parkinsonin tautia sairastavat aikuiset ja ikäihmiset käyttivät selvästi erilaista strategiaa hiiren kanssa. Heillä oli pienempi huippunopeus, enemmän osaliikkeitä ja useampia pysähdyksiä. [Trewin et al., 2006]

Tutkimustiedot ovat tietenkin hyödyllisiä, mutta käyttäjäkeskeinen lähestyminen on myös tärkeää. Tästä syystä mielenkiintoinen huomio on se, että liikerajoitteisten käyttäjien mielestä hiiren käyttäminen on vaikeata ja he yrittävät välttää toimintoja, jotka tarvitsevat hiirtä [Pain and Trewin, 1999, s. 32]. Tämä tieto antaa hyvää johdatusta käyttöliittymäsuunnitteluun. Liikerajoitteiset ihmiset kokevat normaalin hiiren käyttämisen hankalaksi, joten tähän on pakko saada parannusta.

3.3. Vanhusten ongelmat

Kun puhutaan liikerajoitteisista ihmisistä, ajatellaan yleensä henkilöitä, joilla on jokin sairaus tai vamma. Paljon suurempi ryhmä, jolla on heikentynyt lihasvoima ja -tarkkuus, on vanhukset.

Ikäihmisten liikkeet hidastuvat ja reaktionopeus kasvaa. Ketcham ja Stelmach [2004] ovat kirjoittaneet näistä muutoksista. Heidän mukaansa

iäkkäillä aikuisilla reaktio-, suoritus-, ja liikkeen hidastusaika kasvaa, liikkeen huippunopeus pienenee, liike koostuu useammasta osaliikkeestä, tarkkuus heikkenee ja monen asian samanaikainen hallitseminen vaikeutuu. Näihin vaikeuksiin on useita fysiologisia syitä: mm. lihasten hallinta on heikentynyt lihasten ja nivelten reseptoreiden suorituskyvyn huonontumisen takia ja lihasmassa on pienentynyt. Nämä ongelmat ovat samanlaisia kuin ihmisillä, joilla on liikkeidensä kanssa ongelmia sairauden tai vamman takia. Hiiren käyttö vaikeutuu ja hidastuu kaikkien yllämainittujen syiden takia.

Keates ja Trewin [2005] tutkivat yli 70-vuotiaiden hiiren käyttöä ja keräsivät näistä tilastoja. Lisäksi he vertasivat tietoja kolmeen verrokkiryhmään (nuoret aikuiset, aikuiset ja Parkinsonin tautia sairastavat). Tilastot osoittavat, että vanhat aikuiset käyttivät tehtävän suorittamiseen enemmän aikaa, pitivät taukoja useammin sekä kesken liikkeen että varmistaakseen, että kursori on kohteessa, ja heidän korkein nopeutensa oli selvästi matalampi kuin nuoremmilla, mutta korkeampi kuin Parkinsonin tautia sairastavilla.

Tutkimus ei kerro kuitenkaan aivan todellista kokonaiskuvaava vanhusten ongelmista, sillä vanhukset olivat selvästi kokemattomimpia tietokoneen käyttäjiä kuin henkilöt, joilla oli Parkinsonin tauti. Keates ja Trewin [2005] epäilevätkin, että vanhusten heikko menestys johtuu osittain kokemattomuudesta ja heikosta näöstä. Vanhusten joukossa kuitenkin on henkilöitä, joilla on kokemusta tietokoneiden käytöstä, minkä ansiosta heidän ongelmat todennäköisesti pienentyvät. Tutkimus osoitti kuitenkin selvästi, että vanhuksilla on samantapaisia ongelmia kuin sairailta tai vammaisilla ihmisillä tietokoneen käytössä, tosin osa vaikeuksista saattaa johtua myös esimerkiksi heikentyneestä näöstä, mikä ei yleensä ole ongelmana muilla liikerajoitteisilla ihmisillä. Toisaalta nykyiset ikäihmiset ovat melko kokemattomia tietokoneen käyttäjiä, mikä aiheuttaa jo osan ongelmista, joita he joutuvat kohtaamaan tietotekniikan kanssa. Tämä kuitenkin muuttuu tulevaisuudessa, kun nykyiset aikuiset, jotka ovat olleet kosketuksissa tietotekniikkaan pitkään, ikääntyvät.

Melko yleisesti oletetaan, ettei vanhuksilla ole kiinnostusta käyttää uutta teknologiaa. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa. Vanhusten vähäinen uuden teknologian käyttäminen johtuu yleensä siitä, että he eivät usko kykyihinsä käyttää tällaisia laitteita. Lisäksi vanhukset tarvitsevat enemmän harjoitusta ja apua, kun he opettelevat esimerkiksi tietokoneiden käyttöä. [Czaja and Lee, 2007]

Vanhukset käyttäisivät nykyäänkin tietokoneita enemmän, jos niiden käyttäminen olisi helpompaa. Heillä ei ole pelkoa tietokoneita kohtaan. He eivät kuitenkaan usko hallitsevansa niiden käyttöä, mikä johtuu osaltaan siitä, että

käyttämisestä on tehty liian vaikeata. Toisaalta tulevaisuudessa vanhemmatkin ihmiset ovat tottuneempia jo tietokoneisiin, jolloin todennäköisemmin he ovat kiinnostuneita edelleen niiden käyttömahdollisuuksista vanhemmalla iällä. Käyttöliittymien parempi suunnittelu saisi vanhemmat ihmiset jo nyt paremmin mukaan uuden teknologian pariin ja toisaalta auttaisi myös tulevia vanhuksia, joilla on jo käyttötaito hallussaan nuoruudestaan.

4. Käyttöliittymäsuunnittelu liikerajoitteisille

Liikerajoitteisia ihmisiä on melko paljon, mutta he ovat kuitenkin selvästi vähemmistönä. Tästä syystä usein saatetaan jättää taloudellisesti kannattamattomana liikerajoitteiset ihmiset huomioimatta suunniteltaessa käyttöliittymiä.

Vanderheiden [1993] antaa syitä, miksi käyttöliittymien pitäisi olla helpompia myös niille ihmisille, joilla on joitain tietokoneen käyttöä haittaavia ongelmia. Noin joka kymmenennellä henkilöllä on tällaisia ongelmia, ja lähes jokaisella merkittävällä yhtiöllä on palkkalistoillaan tällaisia ihmisiä. Merkittävä etu helpommista käyttöliittymistä on myös se, että ne auttavat yleensä kaikkia käyttäjiä, sillä avut ovat helpotukseksi myös muille ihmisille. Esimerkiksi jalkakäytävien reunakiveystä madallettiin suojateiden kohdalla pyörätuolilla liikkuvia ihmisiä helpottamaan, mutta tästä on ollut apua myös esimerkiksi polkupyöräilijöille ja lastenvaunuja työntäville ihmisille. Samat asiat sopivat käyttöliittymiin. Liikerajoitteisia ihmisiä helpottamaan kehitetyt keinot voivat auttaa muitakin ihmisiä. Ohjelmat, joista tehdään yhteensopivia myös helppokäyttötoimintojen kanssa, ovat todennäköisemmin myös helpommin laajennettavia olemaan yhteensopivia muiden lisälaitteiden kanssa. Laitkin vaativat usein apuja liikerajoitteisille ihmisille, eikä heitä pitäisi vammojensa takia syrjiä. Taloudellinen panostus ohjelmistoon, johon on lisätty helppokäyttötoimintoja vammaisille ihmisille, ei ole kovinkaan suuri, jos se tapahtuu jo suunnitteluvaiheessa. Lisäksi se on vain oikea tapa toimia. Liikerajoitteisia ihmisiä ei pitäisi syrjiä tai laittaa epäedulliseen asemaan vaikeiden laitteiden takia.

Tietokoneen käyttämisen helpottamiseen tarvitaan kuitenkin kaikkien yhteistyötä. Laitteisto- ja käyttöliittymävalmistajat voivat jo pienillä muutoksilla tai lisäyksillä vaikuttaa vähäisempiä ongelmia kohtaavien ihmisten käyttömukavuuteen tietokoneiden kanssa. Tällaisia muutoksia on jo olemassa, sillä esimerkiksi Windows-käyttöjärjestelmässä on helppokäyttötoimintoja auttamassa liikerajoitteisia ihmisiä. Lisäksi niiden tulisi tukea myös sellaisia perinteisistä malleista poikkeavia syöttö- ja tulostuslaitteita, joita tietyt käyttäjät tarvitsevat. Joskus kuitenkin käyttäjien ongelmat ovat niin suuria, että tarvitaan erityisiä apulaitteita, joten apulaitteita valmistavien yritysten tulisi saada aikaan mahdollisimman hyvin eri tietokoneisiin sopivia lisälaitteita. Lisäksi tarvitaan ohjelmistovalmistajilta tiettyjä toimia. Niiden pitäisi suunnitella ohjelmia, jotka tekevät yhteistyötä käyttöliittymän helppokäyttötoimintojen kanssa, parantaa

käyttöliittymän ominaisuuksia sekä toimia sopusoinnussa kolmannen osapuolen valmistamien apulaitteiden kanssa. [Vanderheiden, 1993]

Jokaiselle toimivien käyttöliittymien suunnittelu ei siis ole mikään helppo ja yksinkertainen prosessi. Siinä pitää ottaa huomioon monia tekijöitä ja lisäksi eri osapuolten välillä tulee tehdä yhteistyötä. Pelkästään käyttöjärjestelmään tehtävät muutokset jäävät todennäköisesti hyödyttömiksi, jos ohjelmistovalmistajat eivät hyödynnä näitä ominaisuuksia. Lisäksi käyttöjärjestelmien ja laitteiston pitäisi tukea eri mahdollisuuksia liikerajoitteisten ihmisten huomioonottamiseksi.

Perinteisesti ihmisille, joilla on ongelmia liikkeidensä kanssa, on kehitetty vaihtoehtoisia syöttölaitteita tietokoneen käyttämiseksi, kuten kytkimiä, katseenseurantaan perustuvia ja äänellä ohjattavia laitteita sekä vaihtoehtoisia näppäimistöjä. Nämä saattavat olla kalliita, hitaita tai epäyhteensopivia yleisimpien käyttöliittymien kanssa [Pain and Trewin, 1999]. Siksi olisi myös hyvä suunnitella keinoja, joilla liikerajoitteiset ihmiset voisivat käyttää tietokoneita ilman ylimääräisiä ja kalliita lisälaitteita, jotka rajoittavat näiden ihmisten tietokoneen käyttämisen vain niihin koneisiin, joihin on mahdollisuus kytkeä nämä ylimääräiset apuvälineet.

Yleisesti erikoisryhmien, kuten liikerajoitteisten ja vanhusten, tarpeisiin on tehty ratkaisuja tiettyihin ongelmiin. Yleinen tapa on ollut etsiä ratkaisuja nimenomaan yhteen ongelmaan tai sitten yritetty esimerkiksi ymmärtää vanhuuden merkitystä ja pyritty sitten tuottamaan noihin tarpeisiin oikeaa tuotetta. Näissä molemmissa tavoissa on se ongelma, että tietyille ihmisryhmille tehdyt ratkaisut eivät välttämättä toimi muilla. Hieman kehittyneempi malli on esimerkiksi ottaa tutkimukseen kaikenikäisiä ihmisiä ja välttää näin soveltuvuusongelmat myös nuoremmille ihmisille. Tässä tavassa on ongelmana edelleen se, että keskitytään liikaa ikään, eikä ihmisten taitoihin. Design for all on suunnittelumalli, jolla pyritään luomaan mahdollisimman yleiskäyttöisiä käyttöliittymiä. Toisaalta tässäkin pitää muistaa se, että ihmisten monimuotoisuus on laaja. Kaikille käyttäjille ei yksinkertaisesti pysty luomaan yhtä ja samaa ratkaisua. Jos käyttöliittymää yritetään saada käytännössä kaikilla toimiva, tämä ratkaisu ei välttämättä toimi kenelläkään. [Keates et al., 2000]

Lopes [2001] on antanut kuusi ratkaisua, joilla käyttöliittymät saadaan kaikkien saavutettavaksi. Käyttöliittymien pitäisi

- tukea käyttäjien monimuotoisuutta, eli niiden pitäisi tarjota mahdollisuus muokata monitorilla näkyvien kohteiden kokoa, väriä ja muita ominaisuuksia,
- tukea useita eri syöttölaitteita,

- tukea useita eri tulostusmuotoja,
- tarjota mahdollisimman minimalistisen mallin, mikä ei kuitenkaan saisi estää monimutkaisemmankin näkymän käyttämistä,
- tukea vuorovaikutusta ja pitää yllä mielenkiintoa sekä
- antaa selvät palautemuodot, jotka painottavat käyttöliittymän tuloksia ja muutoksia.

Myös Trewin et al. [2003] ovat esittäneet vaatimuksia, jotta käyttöliittymät olisivat mahdollisimman helposti saavutettavia. Osittain nämä sivuavat samoja asioita kuin Lopesin listassa. Trewin et al. nostavat esiin myös personoitavuuden, eli käyttöliittymän muokkaamisen omien halujensa mukaiseksi, joustavuuden, jonka avulla sekä kokemattomat että kokeneet käyttäjät pystyvät käyttämään tietokoneita mahdollisimman tehokkaasti, ja laajennettavuuden, jotta esimerkiksi liikerajoitteiset ihmiset pystyisivät liittämään apulaitteita helposti yhdellä käyttöliittymällä. Kaikkialla toimiva käyttöliittymä voidaan siirtää myös erinäisiin muihinkin kohteisiin kuin vain ja ainoastaan pöytäkoneisiin. Niitä voidaan käyttää informaatiokioskeissa ja muissa vastaavissa yleisöpäätteissä. Soveltuvuus käsittää sen, että käyttöliittymä on mahdollisimman monen ihmisen käytettävä. Tällä ei tarkoiteta pelkästään heikkonäköisiä tai liikerajoitteisia ihmisiä. Mukaan pitää laskea myös ihmisten monimuotoisuus, eli iän, sukupuolen, kielen ja kulttuuritaustan aiheuttamat psykologiset tekijät.

Clarkson et al. [2001] antaa vuorovaikutuksen parantamiseksi käyttäjän ja graafisen käyttöliittymän välille kolme eri mahdollisuutta. Ensimmäisenä tapana on multimodaalisuuden hyödyntäminen, eli uuden tai uusien kanavien lisääminen vuorovaikutukseen. Toinen mahdollisuus on nykyisten syöte- ja palautekeinojen parantaminen. Niitä voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä tuntopalautetta, mikä yhdistää samalla multimodaalisuudenkin hyödyntämisen. Kolmantena tapana on havainnoivan käyttöliittymän kehittäminen. Tämä käyttäisi hyväkseen kaikkea informaatiota, jota se saisi käyttäjän syötteistä. Tämä on vain yksi mahdollisuus vuorovaikutuksen parantamiseksi, sillä muitakin tapoja varmasti löytyy.

Paras vaihtoehto on näiden kaikkien kolmen tavan yhdistäminen design for all -mallin mukaisesti. Näin saataisiin todennäköisesti parhaiten mahdollisimman useaa ihmistä hyödyntävä käyttöliittymä tietokoneisiin. Ensinnäkin siis käyttöliittymän tulisi tukea monia eri vuorovaikutuskanavia, jolloin mahdollisimman monipuolisesti saataisiin käyttäjien halukkuutta käyttää eri syöttötapoja esille. Lisäksi nykyisiä syöte- ja palautetapoja tulisi

parantaa. Havainnoiva käyttöliittymä olisi sitten todella tärkeä, jotta pystyttäisiin etenemään kohti kaikille suunnattua käyttöliittymää.

4.1. Multimodaaliset käyttöliittymät

Multimodaaliset käyttöliittymät ovat yksi tapa pyrkiä helpottamaan liikerajoitteisten ihmisten tietokoneen käyttöä. Tällaiset käyttöliittymät ovat joustavia, muokattavia ja eleet ovat luonnollinen ohjaustapa [Keates and Robinson, 1999].

Multimodaalisista käyttöliittymistä on tutkittu etenkin pään, eleiden ja joystickin yhdistelmää. Kahta erilaista syöttötapaa käytettäessä tietokoneen käyttäminen oli hitaampaa kuin pelkästään yhtä syöttötapaa käytettäessä. Suurin syy tähän on huomattavasti suurempi kognitiivinen kuorma, jonka ylimääräinen hallintakeino aiheutti [Clarkson et al., 2001]. Tästä syystä tällaiset järjestelmät pitäisi suunnitella huomattavan tarkasti ja mahdollisesti myös räätälöidä yksilön tarpeiden mukaan [Keates and Robinson, 1999]. Huonosti suunniteltu multimodaalinen käyttöliittymä vain vaikeuttaa tietokoneen käyttöä. Se hidastaa käytön oppimista ja kuormittaa kognitiota. Toisaalta hyvään käytettävyyteen päästään normaalissakin tilanteessa tarkalla suunnittelulla, joten multimodaalinen käyttöliittymä ei tässä suhteessa ole missään erikoisasemassa.

Pään käyttäminen syöttömenetelmänä on muutenkin ongelmallista, sillä liikerajoitteisilla ihmisillä saattaa myös olla vaikeuksia pään liikkeiden kontrolloinnissa tai rajoittunut liikerata. Tämän vahvistaa myös tutkimus, jossa testihenkilöt käyttivät tietokonetta pään liikkeillä [Angelo et al., 2000].

Tällainen eleitten ja käsiohjauksen yhdistelmä on vain yksi tapa hyödyntää multimodaalisuutta, mutta tutkimustuloksia liikerajoitteisista ihmisistä ja muista multimodaalisista käyttöliittymistä liikerajoitteisten ihmisten kohdalla ei löydy. Näissä olisi huikeasti eri vaihtoehtoja, joita voisi hyödyntää.

Yksi ratkaisu helpottamaan liikerajoitteisten ihmisten tietokoneen hallintaa on parantaa hiiren käyttömukavuutta tai lisätä siihen ominaisuuksia, jotka avustavat sen toimintaa. Tuntopalautteen antaminen force feedbackin avulla on yksi tapa antaa hiirelle uusi ominaisuus, joka saattaa helpottaa liikekyvyltään rajoittuneiden ihmisten tietokoneen käyttömukavuutta. Tämä hyödyntää lisäksi multimodaalisuuden periaatetta, mutta yhdellä syöttötavalla. Tuntopalautteen antaminen on toimiessaan melko yksinkertainen ja halpa tapa helpottaa liikerajoitteisten ihmisten hiiren käyttöä. Markkinoilla on jo useita hiirimalleja, joissa on force feedback -efektit. Lisäksi pitäisi ohjelmoida käyttöliittymät hyödyntämään tätä ominaisuutta.

Tutkimuksissa on käytetty etenkin tekniikkaa, jossa kohteen ympärillä on ns. painovoimakaivo (*gravity well*), joka vetää automaattisesti kursorin kohteen keskusta. Tutkimukset ovat osoittaneet, että liikerajoitteisilla ihmisillä painovoimakaivo pienensi aikaa, joka meni kohteeseen saapumiseen [Clarkson et al., 2001], ja vähensi virheellisten painallusten ja ylimääräisen liikkeen määrää lähellä kohdetta [Clarkson et al., 2002]. Langdon et al. [2002] tutkivat samalla periaatteella toimivia puoleensavetäviä altaita (*attractive basin*), jotka toimivat myös tilanteessa, jossa työpöydällä oli useita kohteita. Molemmat tekniikat hyödyttivät liikerajoitteisia käyttäjiä.

Kouristukset ja vapina ovat ongelma myös kauempana kohteista, sillä ne aiheuttavat hiirelle ylimääräistä liikettä. Etenkin kouristukset saattavat aiheuttaa pitkien matkojen turhia siirtymiä. Tätä varten on kehitetty ns. vaimennus-efekti (*damping*), joka on viskoosi voima nopeille tai nopeasti kiihtyville liikkeille. Clarkson et al. [2001] ovat tutkineet tämän hyötyjä ja huomanneet, että vaimennus-efekti auttaa ihmisiä, jotka kärsivät kouristuksista, mutta eivät hyödytä käytännössä muita liikerajoitteisia henkilöitä. Normaalisti hiiren käyttämisessä helpoin prosessi on siirtää kursori lähtöpisteestä lähelle haluttua kursoria. Tämäkin voi kuitenkin osoittautua hankalaksi urakaksi, jos kärsii jatkuvista kouristuksista.

4.2. Havainnoivat käyttöliittymät

Käyttöliittymälle asetetaan suuria vaatimuksia liikerajoitteisten ihmisten kohdalla. Sitä voitaisiin viedä vielä askeleen eteenpäin kehittämällä siihen havainnoivia ominaisuuksia. Nykyiset käyttöjärjestelmät ovat jo muokattavia, sillä käyttäjä voi muuttaa monia esimerkiksi ulkoasuun liittyviä ominaisuuksia. Lisäksi on monia ominaisuuksia, joilla voidaan helpottaa liikerajoitteisten ihmisten toimintaa. Windows Vistassa on esimerkiksi *sticky keys* -ominaisuus, jonka avulla käyttäjä voi painaa näppäimiä yksi kerrallaan, kun tarvittaisiin kahden näppäimen samanaikaista painamista, ja *filter keys* -ominaisuus, joka hylkää liian nopeat tai liian pitkät näppäimen painallukset [Vista]. Tällaiset ominaisuudet ovat hyödyllisiä, mutta ne edistävät vain hieman saavutettavuutta.

Ominaisuudet pitää säätää joka kerta jokaiselle käyttäjälle. Lisäksi kaikki käyttäjät eivät välttämättä ole tietoisia mahdollisista helppokäyttötoiminnoista. Toiset käyttäjät tarvitsevat säätöjen muokkausta lyhyen tai pitkän ajan jälkeen. Väsymys ja taustahäly saattavat nopeastikin ja pitkäaikaisessa käytössä myös onnettomuus, parantuminen, taudin eteneminen tai normaali ikääntyminen aiheuttaa muutoksia liikekyvyssä [Trewin, 2000]. Nykyisissä

käyttöjärjestelmissä asetukset ovat kaikki käyttäjän hallinnassa, mutta näitä ei aina käytetä hyödyksi. Havainnoivat käyttöliittymät voisivat ratkaista tämän ongelman, sillä ne osaisi asettaa asetukset ilman käyttäjän tietoja mahdollisimman sopiviksi.

Trewin [2000] on havainnut viisi syytä, miksei mahdollisia helpottavia asetuksia käytetä tai muutenkaan hyödynnetä käyttöjärjestelmien kokoonpanoasetuksia.

- Käyttäjällä ei ole itseluottamusta muuttaa asetuksia.
- Käyttäjä ei tiedä, mistä asetuksia muutetaan.
- Käyttäjä ei ole tietoinen mahdollisista asetusvaihtoehdoista.
- Oikeaa asetusvaihtoehtoa on vaikea tunnistaa. Käyttäjä ei välttämättä tiedä, minkä asetuksen muuttaminen auttaa hänen ongelmaansa.
- Perusasetuksilla olevaa käyttöliittymää voi olla vaikea hallita. Käyttäjä ei osaa hallita järjestelmää, jonka asetuksia ei ole muutettu. Tästä syystä hän ei osaa esimerkiksi vaihtaa kieltä, jos käytetty kieli on hänelle vieras.

Nämä asiat hankaloittavat selvästi liikerajoitteisten ihmisten tietokoneen käyttöä. Merkittävä osa liikerajoitteisista ei ole tietokoneasiantuntijoita, joten varmasti itseluottamuksen puute sekä tietämättömyys kaikista ominaisuuksista estävät apuasetusten käyttöönottoa. Joillain liikerajoitteisilla ihmisillä on auttajia, jotka voivat helpottaa myös asetusten kanssa, mutta kaikille ei pysty tällaista mahdollisuutta antamaan. Vanhusten kohdalla, etenkin vielä nykyään, monet ongelmat kertaantuvat. Monillakaan vanhemmilla ihmisillä ei ole erityisen laajaa kokemusta tietokoneista ja uudesta teknologiasta, tosin tämä muuttuu tulevaisuudessa, kun tietotekniikkaan tottuneet ihmiset vanhenevat. Tietotekniikkaan tottumattomille käyttäjille oikeiden asetusten löytäminen ja käyttöliittymän kokonaishallinta on vaikeaa.

Monia asetuksia on siis vaikea asettaa, mutta havainnoivat käyttöliittymät pystyisivät suorittamaan muutokset automaattisesti. Tällaiset käyttöliittymät tekisivät havaintoja käyttäjän toiminnasta ja näiden tulosten perusteella käyttöliittymä osaisi mukautua tarvittavalla tavalla helpottaakseen käyttäjää tämän ongelmissa. Havainnoivat käyttöliittymät olisivat ratkaisu ongelmaan, joka syntyy siitä, että liikerajoitteiset ihmiset ovat laaja ryhmä [Clarkson et al., 2001]. Näin vältettäisiin tilanne, jossa jokaiselle yksilölle pitäisi suunnitella oma käyttöliittymänsä. Havainnoiva käyttöliittymä osaisi korjata useita virheitä tuntemalla käyttäjänsä, kuten liian pitkistä näppäimen painalluksesta johtuvat ylimääräiset kirjaimet. Lisäksi se osaisi olla huomioimatta kursorin nopeuden, jos se ylittäisi tutkimuksissa saadun huippunopeuden kaksi pikseliä millisekunnissa, mikä johtuu yleensä lihaskouristuksesta [Clarkson et al., 2001].

Clarkson et al. [2001] tulivat siihen tulokseen, että tuntopalautteen ja havainnoivan käyttöliittymän yhdistelmä olisi yksi todella varteenotettava vaihtoehto tulevaisuuden käyttöliittymäksi liikuntarajoitteisille ihmisille. Näiden kahden teknologian hyödyntäminen onkin mielenkiintoinen vaihtoehto, jotta tietokoneisiin saataisiin käyttöliittymät, jotka voisivat olla kaikkien saavutettavissa ilman ylimääräisiä apuvälineitä.

Havainnoivan käyttöliittymän suunnittelun keskeisin kysymys on etsiä sopiva käyttäjämalli, joka osaisi tulkita oikein käyttäjän ja systeemin välistä vuorovaikutusta. Käyttäjämallit on suunniteltu vammattomille ihmisille, mutta tutkimusten mukaan jo yksinkertainen *Model Human Processor* (MHP) -malli, joka perustuu kolmeen yksinkertaiseen aikamääreeseen (tapahtuman havainnoiminen, tapahtumaan reagoimisen päättäminen, vastauksen suorittaminen), antoi jo hyödyllistä tietoa liikerajoitteisten ihmisten toiminnasta [Clarkson et al., 2000].

Toimiva malli hyödyttäisi useita eri liikerajoitteisia. Käyttäjien ei tarvitsisi käytännössä itse säätää monia eri ominaisuuksia, jotta he saisivat mahdollisimman toimivan tietokoneen heidän tarpeeseensa. Lisäksi toisilla sairauden tila etenee, jolloin motoriset ominaisuudet heikkenevät ajan myötä. Hyvä malli osaa tunnistaa nämä muutokset ja toimia sen mukaan. Kunnon heiketessä käyttäjän ei tarvitsisi hankkia koko ajan uusia apuvälineitä, vaan kaikki tarvittava olisi jo valmiina käyttöliittymässä.

Havainnoivilla käyttöliittymillä olisi suhteellisen helppo auttaa liikuntarajoitteisten ihmisten näppäimistön käyttöä. Windows Vistan ominaisuudet ovat jo hyödyllisiä. Niillä saadaan vaikutettua muutamaiin ongelmiin, joita liikerajoitteiset ihmiset kohtaavat tietokoneiden kanssa. Edelleen kuitenkin ongelmana on ominaisuuksien löytäminen ja asettaminen, mistä päästäisiin havainnoivien käyttöliittymien kanssa.

Toisaalta osa kirjoitusongelmista on myös äärimmäisen hankala ratkaista. Jos käyttäjä epäonnistuu täysin näppäimen painamisessa, järjestelmä ei tietenkään pysty huomaamaan tätä. Samoin väärässä järjestyksessä tehdyt painallukset ovat ongelmallisia. Tällaisissa tilanteissa pitää käytännössä hyödyntää informaatiota kirjoituskielen kieliopista.

Hiiriongelmistakin osa olisi hyvin ratkaistavissa havainnoivan käyttöliittymän avulla. Toisaalta pysähtymisiä ja väärään suuntaan lähtemistä on liian hankala ymmärtää. Kouristukset aiheuttavat todella nopeata ja tahtomatonta liikettä ja näitä pystyy havaitsemaan. Normaalisti kursori liikkuu noin 2 pikseliä millisekunnissa, mutta kourituksen aikana nopeus nousee jopa 8 pikseliin millisekunnissa [Hwang et al., 2001].

Suurimmat tarpeet liikerajoitteisilla käyttäjillä apuun on lähellä haluttua kohdetta. Liikerajoitteisilla ihmisillä ei ole erityisen paljoa ongelmia kaukana kohteesta. Yli 100 pikselin päässä kohteesta kursorin liikerata on suurin piirtein sama kuin normaaleihin liikkeisiin kykenevillä käyttäjillä. Kursorin liikeradasta voi tehdä monia hyödyllisiä päätelmiä. Kohdealueen päällä rataa kuvaavat monet tiukat käännökset ja pienemmät liikkeet [Hwang et al., 2001].

Haluttu kohde voidaan määrittää seuraamalla kursorin liikerataa. Yksi mahdollinen ratkaisu helpottamaan ongelmia lähellä kohdetta on suurennuslasi. Windows Vistassakin on ominaisuus, jonka avulla kursorin alue voidaan suurentaa [Vista]. Käyttöliittymän ei tällaisessa tilanteessa tarvitsisi suurentaa kaikkia alueita, joilla kursori käy. Apuakin tarvitaan vain kohteen läheisyydessä, ja kohde voidaan tunnistaa kursorin liikerataa seuraamalla. Normaalisti käyttöliittymän kohteet ovat melko pieniä ja liikerajoitteisten ihmisten hienomotoriikka ei ole tarkkaa. Alueen suurentaminen auttaisi tällöin. Havainnoiva käyttöliittymä pystyy havaitsemaan, koska kursori alkaa liikkua pienempiä liikkeitä ja tekemään tiukkoja mutkia. Näin haluttu kohde identifioidaan ja tämän jälkeen suurennetaan.

Havainnoivissa käyttöliittymissä on kuitenkin mahdollisesti monia ongelmia, joita tulee ratkaista ennen kuin niistä voi tulla yleinen tuote. Käyttäjien kannalta suurimmat ongelmat tulevat käytettävyyasperiaatteista. Havainnoivat käyttöliittymät rikkoisivat monia hyvän käyttöliittymän periaatteita. Käyttäjällä ei olisi läheskään samanlaista kontrollia käyttöliittymästä kuin normaalisti, jos se osaisi sopeutua omien havaintojensa mukaan. Lisäksi havainnoiva käyttöliittymä aiheuttaisi ongelmia ennustettavuuden ja läpinäkyvyyden kanssa. Systemi, joka muokkasi itseään käyttäjän mukaan, aiheuttaa vähintään ennustettavuuden menettämisen. Lisäksi läpinäkyvyyden menettäminen aiheuttaisi kontrollin katoamisen. Käyttäjä ei pystyisi kontrolloimaan käyttöliittymän ominaisuuksia. [Höök, 2000]

4.3. Design for All

Design for All tai Universal Design, kuten sitä Yhdysvalloissa kutsutaan [Darzentas and Miesenberger, 2005], on suunnittelutapa, jolla pyritään saamaan tietokoneet kaikkien ulottuville. Design for All ei kuitenkaan tarkoita sitä, että tehdään vähemmistössä olevalle rajoittuneiden käyttäjien ryhmälle suunnattuja ohjelmia. Sillä yritetään paremminkin vaikuttaa kaikkien käyttäjien mahdollisuuteen käyttää tietokoneita. Kaikilla ihmisillä pitäisi olla samantapaiset mahdollisuudet tietokoneiden käyttämiseen. Tietenkin

suurimpia apuja tarvitsevat rajoitteiset ihmiset tulevat hyötymään eniten tällaisesta suunnittelumallista, mutta se hyödyttää myös muita käyttäjiä.

Design for All -suunnittelumallin keskeinen ajatus ei ole se, että kaikki toiminnallisuus saadaan sisällytettyä yhteen tuotteeseen. Sen tavoitteen on tuotteet, jotka ovat käytettävissä mahdollisimman monelle potentiaaliselle käyttäjälle ilman modifikaatioita, sekä tuotteet, jotka ovat helposti muokattavissa monille käyttäjille, ja tuotteet, joiden käyttöliittymä voidaan tavoittaa erikoislaitteilla. [Darzentas and Miesenberger, 2005]

Vuorovaikutteiset järjestelmät voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Ensimmäiseen kuuluvat ne, joissa on monia säädettäviä ominaisuuksia. Graafisissa käyttöliittymissä käyttäjä pystyy muuttamaan monia ominaisuuksia, kuten kuvakkeiden kokoa ja sijaintia. Näiden avulla käyttöliittymästä voidaan saada käytettävämpi, sillä esimerkiksi isommat kuvakkeet auttavat jo hieman. Kuitenkin tällaisen lähestymistavan suurin ongelma on se, että käyttäjän pitää olla jo valmiiksi perehtynyt järjestelmään. Lisäksi yleensä muutettavien ominaisuuksien valikoima ei ole erityisen suuri. Mielenkiintoisimpia systeemejä ovat kuitenkin ne, jotka osaavat sopeutua käyttäjän mukaan. Vaikka käyttöliittymät, jonka ominaisuuksia pystyy itse muokkaamaan, tuovatkin jo mahdollisuuden kaikille sopivista käyttöliittymistä, niin todellisesti tähän päästään käyttämällä mukautuvia systeemejä. Mukautuvia käyttöliittymän avulla voi järjestelmä automaattisesti muokata itseään käyttäjän tarpeita mukaillen. Järjestelmä käyttää seurantatietoja ja tekee näistä jatkuvasti päätelmiä, joiden avulla se pystyy tarkistamaan, hiomaan, käsittelemään uudelleen ja poistamaan oletuksia käyttäjän tarpeista. Näiden päätelmien avulla käyttöliittymän asetukset saadaan sille tasolle, joka auttaa parhaiten käyttäjää. [Stephanidis, 2001]

Ensimmäiset tavat, joilla yritettiin saada kaikille sopivia käyttöliittymiä, olivat kömpelöitä. Ohjelmistoihin kehitettiin uusia ominaisuuksia ja markkinoille tuotiin uusia apulaitteita. Uudet tuotteet olivat yleensä yksittäisiä ja toimivat vain yhdessä tietyssä tilanteessa. Nämä eivät erityisesti antaneet todellista mahdollisuutta monille sopivalle käyttöliittymälle. Uudet ohjelmistot olivat vuorovaikutteisia ja niissä käyttäjä saattoi valita jotain ominaisuuksia, jotka mahdollisesti helpottivat tämän toimintaa koneen kanssa. Suurimpana ongelmana näissä toteutuksissa oli se, että uudet ominaisuudet oli kuitenkin luotu normaalisti toimiville ihmisille. Kaikki muutokset ohjelmistossa olivat joka tapauksessa vain matalalla tasolla. Verrattuna sopeutuviin käyttöliittymiin vuorovaikutuksen laatu jäi huomattavasti alhaisemmaksi. [Stephanidis, 2001]

Tulevat systeemit joutuvat luottamaan näistä syistä enemmän mukautuvuuteen. Pelkät tuote- ja ympäristötasolla tehdyt muutokset eivät auta liikerajoitteisiakaan muuta kuin vähän. Ilman mukautuvia käyttöliittymiä ei voi saavuttaa edes lähellekään tasavertaisia mahdollisuuksia kaikille. Jokaiseen eri ongelmaan tai käyttörajoitukseen pitää periaatteessa tehdä oma ratkaisunsa, jos ei voida käyttää tuttuja syöttötapoja sekä perinteisiä käyttöliittymiä, joita myös normaaliin liikkeisiin kykenevät henkilöt käyttävät.

Suunnittelussa on otettava huomioon monta eri asiaa, jotta sopeutuvia järjestelmiä voitaisiin hyödyntää tehokkaasti. Ensinnäkin mukautumisominaisuus tulee suunnitella heti järjestelmään, eikä vasta jälkikäteen. Toiseksi pitää olla ymmärrystä maailmanlaajuisesti eri tehtävien mahdollisista suoritustavoista ja -syistä. Kolmanneksi on muutettava normaalia käsitystä siitä, että yhden tietokoneen kanssa on yksi käyttäjä. Suunnittelussa pitäisi suunnata paremminkin tavoitteeseen, jossa tietokoneet olisivat käytettävissä koska tahansa, missä tahansa ja kenelle tahansa. [Stephanidis, 2001]

Käyttöliittymien kehittämisessäkin tarvitaan kaksi uutta lähtökohtaa. Ensinnäkin nykyiset vallitsevat työkalut eivät tue laajaa valikoimaa mahdollisia vuorovaikutteisia teknologioita, joita kaikille sopivat käyttöliittymät tarvitsevat. Lisäksi perinteisiä käyttöliittymämalleja tulee muokata ja laajentaa, jotta suunnittelumalleja voidaan kehittää edellä mainittuun suuntaan. Toiseksi pitää kehittää niitä työkaluja, jotka mahdollistavat Design for All -mallin mukaisen käyttöliittymän toteuttamisen. [Stephanidis, 2001]

4.4. Agentit

Havainnoivat käyttöliittymät ja Design for All tarvitsevat molemmat pikkuohjelmia, joita kutsutaan agenteiksi. Ilman agenteja tai vastaavaa teknologiaa havainnoivaa käyttöliittymää ei voisi tehdä. Nämä pystyvät tekemään itsenäisiä päätöksiä käyttäjän toimista riippuen. Liikerajoitteisten ihmisten ongelmat ovat kirjavia ja samat säädöt eivät toimi jokaisella käyttäjällä. Lisäksi vanheneminen, loukkaantuminen tai sairauden eteneminen aiheuttavat samalla käyttäjällä liikuntakyvyn heikkenemistä ja toisaalta paraneminen liikuntakyvyn kehittymistä. Näiden syiden takia yksi käyttäjä joutuu mahdollisesti muokkaamaan omia asetuksiaan myöhemmin.

Nykyisissä systeemeissä asetusten muokkaaminen on täysin omissa käsissä. Ei ole olemassa kovinkaan laajalti ohjelmia, jotka tekevät itse asetusehdotuksia tai muokkaavat asetuksia itsenäisesti.

Käyttöliittymän asetuksia määriteltäessä ideaalitalanteessa liikerajoitteisten ihmisten apuna olisi asiantuntija, joka voisi laittaa asetukset tietyn sairauden vaatimiin säätöihin, mutta tällöinkin prosessi on hidas ja haastava [Koester et al., 2005]. Agentit tekisivät kaikki tarvittavat säädöt tarkkailemalla käyttäjää. Jokainen yksilö saisi omat asetuksensa ja ne myös päivittyisivät tarpeen mukaan. Tällainen tarkkuus tuo ongelmia. Agenttiohjelma voi olla epäluotettava tai käytetty malli väärä, jolloin asetuksista ei todennäköisesti tulekaan toimivia ja käyttäjän vaikeudet lisääntyvät. Lisäksi kaikki eivät pidä ajatuksesta, että agentti tutkii koko ajan heidän toimintaansa. Heidän mielestään yksityisyydensuoja menee jatkuvan tarkkailun alla. Tästä syystä agenttien pitää olla helposti sammutettavissa.

Trewin [2004] tutki Dynamic Keyboard -ohjelmaa, joka monitoroi käyttäjää ja hallitsi osaa Windows XP -käyttöjärjestelmän helppokäyttötoiminnoista. Tutkimus paljasti, että Dynamic Keyboard -agentti osasi tulkita oikein käyttäjän liian pitkät painallukset. Toisaalta algoritmi, joka käsitteli toistuvien painallusten ongelmaa, vaatii lisää työtä toimiakseen kunnolla.

Malli antoi mielenkiintoisia tuloksia, sillä agenttiohjelma pystyi hallitsemaan ainakin osaa Windowsin ominaisuuksista ja auttamaan käyttäjiä. Dynamic Keyboard osasi myös huomata muutokset käyttäjässä [Trewin, 2004]. Jos se huomaa nopeita muutoksia käyttäjän ominaisuuksissa, se osaa sopeuttaa itsensä uusiin ominaisuuksiin.

5. Liikerajoitteisia auttavia ratkaisuja

Tässä osiossa pyrin esittämään mahdollisia ratkaisukeinoja, joilla liikuntarajoitteiset ihmiset saisivat paremman mahdollisuuden käyttää tietokoneita. Keskityn etenkin tutkimaan näppäimistön ja hiiren käyttöön liittyviä ominaisuuksia, jotka helpottaisivat näiden keskeisten ohjauslaitteiden toimivuutta. Tämä ei kuitenkaan jää pelkästään liikuntarajoitteisten ihmisten iloksi, sillä todennäköisesti heille helppokäyttöisempi tietokone on myös helpompi muillekin tietokoneiden käyttäjille. Tämä kannattaa muistaa, kun suunnittelee uusia ratkaisuja erikoisryhmille. Lisäksi taloudellisesti uudet lähestymistavat eivät välttämättä ole niin kalliita kuin voisi olettaa, jos suunnittelu aloitetaan ihan alkuvaiheista. Jos uusien ominaisuuksien suunnittelu toteutetaan vasta myöhemmässä vaiheessa, niin kustannukset kasvavat, sillä paljon joudutaan tekemään uusiksi, jos kehitysideat toteutetaan.

Tähän mennessä olen esittänyt liikerajoitteisten ihmisten ongelmia tietokoneen käytössä ja etenkin näppäimistön ja hiiren hallinnassa. Lisäksi olen kertonut jotain mahdollisista suunnitteluvaihtoehdoista ja yleisesti käyttöliittymäsuunnittelusta. Olen maininnut monia asioita, joita tulee ottaa huomioon mahdollisimman yleiskäyttöisen käyttöliittymän luomisessa. Näitä peruseriaatteita olisi hyvä noudattaa yleiskäyttöisen tietokoneen luomiseksi. Lisäksi olen esittänyt jo valmiita tutkimustuloksia. Näitä tuloksia voin myöskin käyttää nähdäkseni, mitä pitäisi tehdä ja mitä on vielä tekemättä. Havainnoivat käyttöliittymät ja agentit sekä design for all -malli ovat suurimmat mahdollisuudet parantamaan nykyisiä käyttöliittymiä, jotka ovat melko rajattuja. Ne eivät vielä tässä vaiheessa pysty erityisesti oppimaan käyttäjää tarkkailemalla. Jotain on jo kuitenkin tehty esimerkiksi valikoissa, sillä Windows-käyttöjärjestelmä osaa tarvittaessa piilottaa harvoin käytetyt kohteet. Samoin Word-tekstinkäsittelyohjelma tekee samoin vähän käytetyille valikkokohteille. Tästä on vielä kuitenkin pitkä matka todellisesti havainnoiviin käyttöliittymiin, mutta se on päämääränä. Se helpottaisi huomattavasti liikerajoitteisten ihmisten toimintaa tietokoneiden kanssa.

Todennäköisesti kaikki suunnitelmat eivät ole täysin toteuttamiskelpoisia vielä tässä vaiheessa, eivätkä ne välttämättä edes toimisi vielä. Toisaalta ne on kaikki annettu sillä oletuksella, että ne ovat jossain määrin hyödyksi liikerajoitteisille ihmisille. Muutoksia pitääkin tehdä askeleissa, sillä kaikkea ei varmastikaan pystytä saamaan aikaan heti. Ensimmäiseksi pitäisi pystyä kehittämään yleisimpien käyttöjärjestelmien kanssa toimivia ohjelmia, joista on hyötyä liikerajoitteisille ihmisille. Näitä voivat suunnitella tietenkin sekä

käyttöjärjestelmiä että apuohjelmistoja valmistavat tahot. Tarkoituksena olisi jo tässä vaiheessa mahdollisimman laaja yhteensopivuus.

Uusimmassa Windows-käyttöjärjestelmässä Vistassa on jo monia helppokäyttötoimintoja, joita voi asettaa tarvittaessa päälle. Useat toiminnot ovat hyödyllisiä myös liikerajoitteisten kannalta. Puheentunnistuksen avulla voi antaa Windows-komentoja tai sanella sähköpostiviestejä sekä tekstidokumentteja. Tämän avulla voidaan helpottaa jonkun verran liikerajoitteisten ihmisten tietokoneen käyttöä, kun kaikkea ei välttämättä pidä tehdä näppäimistön tai hiiren avulla. Ongelmana on kuitenkin monet puheeseen liittyvät asiat. Julkisilla paikoilla esimerkiksi puhekomennot tulevat kaikkien tietoisuuteen, mikä ei varmastikaan miellytä kaikkia ihmisiä. Suurennuslasi on työkalu, jonka avulla voi suurentaa esimerkiksi kursorin alueen. Tällä pystytään helpottamaan sitä ongelmaa, joka syntyy työpöydän kohteiden pienuudesta.

Näyttönäppäimistö on näppäimistön vastine ruudulla. Sitä voidaan painella hiirellä tai jollain muulla ohjauslaitteella. Näyttönäppäimistö ei kuitenkaan ratkaise täysin niitä ongelmia, joita aiheutuu liikerajoitteisille näppäimistön kanssa, sillä edelleen kirjoittaminen tapahtuu toisella ohjauslaitteella, mikä ei välttämättä ole edes nopeuttava asia. Lisäksi se syö näytöltä melko suuren osan tilasta.

Hiirinäppäimet ovat näppäimistön käyttämistä hiiren korvikkeena. Nuolinäppäimillä ohjataan hiiren kursoria normaalisti. Toinen hiirtä korvaava tapa on käyttää näppäinoikoteitä. Näitä on ollut jo pitkään graafisten käyttöliittymien valikoissa. Toimintoja pystyy käynnistämään painamalla control- tai alt-näppäintä sekä jotain muuta näppäintä. Tämä ei myöskään auta kaikkia liikerajoitteisia, sillä monen näppäimen yhtäaikainen painaminen voi tuottaa ongelmia. Tällaisia vaikeuksia varten on kuitenkin "sticky keys"-ominaisuus, jolla pääsee samanaikaisesti painalluksista eroon. Kun sticky keys on päällä, niin näppäinyhdistelmät voidaan painaa erikseen. Esimerkiksi ctrl-näppäin voidaan ensin painaa "pohjaan" ja sitten tarvittava toinen näppäin erikseen. "Filter Keys" osaa puolestaan korjata kirjoittaessa tulleita näppäinvirheitä. Kun tämä ominaisuus on päällä, käyttöliittymä osaa tunnistaa joitain tahattomia näppäinpainalluksia. Se suodattaa painallukset, jotka ovat tapahtuneet liian nopeasti ja painallukset, joissa näppäin on pohjassa liian kauan. Tämä auttaa liikerajoitteisia ihmisiä kuitenkin jo jonkun verran, sillä näppäimistön kanssa ongelmallista ovat juuri ylimääräiset painallukset.

Vistan ongelma on edelleen se, että kaikki käyttäjät eivät tiedä näistä ominaisuuksista ja ne saattavat olla jollekin vaikeasti löydettävissä. Asetuksien

säätämistä varten Windowsissa on Ease of Access Center, johon on koottu kaikki helpokäyttötoiminnot rajoittuneille ihmisille. Sieltä löytyvät nämä kaikki edellä luetellut työkalut. Tällä yritetään helpottaa käyttäjiä, sillä kaikki mahdolliset helpottavat ominaisuudet ovat yhdessä paikassa. Lisäksi Ease of Access Centerissä on myös yksinkertaisilla kysymyksillä ohjattu toiminto, jolla käyttäjä voi määrittää asetukset helposti mieleisikseen. Tämän tarkoitus on helpottaa käyttäjiä, jotka eivät tiedä, mitkä asetukset ovat parhaat heidän tarpeisiinsa. Ease of Access Center on hyvä askel eteenpäin. Liikerajoitteiset ihmiset pystyvät sen avulla säätämään asetuksia hieman helpommin. Havainnoiva nykyinen Windows ei kuitenkaan ole, minkä takia käyttäjät joutuvat muokkaamaan asetuksia parantumisen, loukkaantumisen ja sairauden etenemisen takia. Lisäksi asetukset ovat liian yleisellä tasolla. Monet ovat pelkästään päällä tai pois päältä, jolloin hienosäätö puuttuu.

5.1. Perinteisten ohjauslaitteiden korvikkeita

Tutkielmassani keskityn pääasiassa nykyisenkaltaisen käyttöliittymän kehittämiseen ja toteuttamiseen liikerajoitteisia ihmisiä hyödyntävällä tavalla. Tähän mennessä on kehitetty jo monia erilaisia erikoislaitteita ja -tekniikoita, joita liikerajoitteiset voivat hyödyntää. Tällaiset laitteet ovat yleensä täysin erikoistuneita helpottamaan vain tiettyjen liikerajoitteisten käyttäjien tietokoneen käyttöä. Käsien ollessa toimintakyvyttömät hiiren ja näppäimistön käyttö tulee mahdottomaksi, jolloin uusia apukeinoja on pakko suunnitella. Kuitenkin melko harvoin erityisesti tiettyyn vaivaan kehitettyjä laitteita tuetaan suoraan käyttöjärjestelmissä.

Monet uusista tekniikoista hyödyntävät erikoislaitteita ja käyttävät muita vuorovaikutuskanavia kuin perinteinen tapa. Liikerajoitteisille sekä muille vastaaville ryhmille on kehitetty esimerkiksi vaihtoehtoisia syöttötapoja. Käyttäjät voivat hyödyntää eleitä tai vaikkapa silmiensä liikkeitä ja katsetta tietokoneen hallintamuotona.

Katse on lähes jokaiselle käyttäjälle mahdollinen tietokoneen hallintamuoto. Silmät toimivat myös useimmilla liikerajoitteisilla ihmisillä, vaikka muuten koko ruumis olisi liikuntakyvytön. Tämä antaa mahdollisuuden käyttää katseeseen perustuvaa käyttöjärjestelmää. Silmän fiksaatiolla tarkoitetaan hetkeä, jolloin silmä on paikallaan. Sakkaadit puolestaan ovat silmän nopeaita liikkeitä, kun se hakee haluttua kohdetta. Tähän pohjautuvat silmän liikkeeseen perustuvat käyttöliittymät. Fiksaatiota tulkittaessa yritetään löytää haluttu kohde. Ongelmana on se, että fiksaatioiden aikanakaan silmä ei ole täysin paikallaan. Lisäksi pitäisi pystyä tulkitsemaan, koska silmä pysähtyy

kohteeseen, jonka käyttäjä haluaa aktivoida. Silmän pitää kuitenkin pysähtyä hetkeksi myös niihin kohteisiin, joita käyttäjä ei halua aktivoida. Joskus myös esimerkiksi ajatuksen harhaillessa silmä saattaa pysähtyä hetkelliseksi johonkin pisteeseen, vaikka sen kohdan merkityksellä ei ole mitään väliä. Katseohjattava käyttöjärjestelmä tarvitsee myös lisälaitteita.

Multimodaalisuus antaa muitakin mahdollisia vaihtoehtoja, joilla lisätä vuorovaikutustapoja. Eleet on toinen mahdollinen tapa, jolla voi hallinnoida tietokoneita. Eleillä on kohtalaisen helppo antaa yksinkertaisia komentoja, mutta käsien hallinta on tässä edelleen keskeisessä asemassa. Lisäksi esimerkiksi äänipalaute on yksi mahdollisuus auttaa normaalissa kanssakäynnissä. Multimodaalisissa käyttöliittymissä on se ongelma, että ne lisäävät huomattavasti kognitiivista kuormaa.

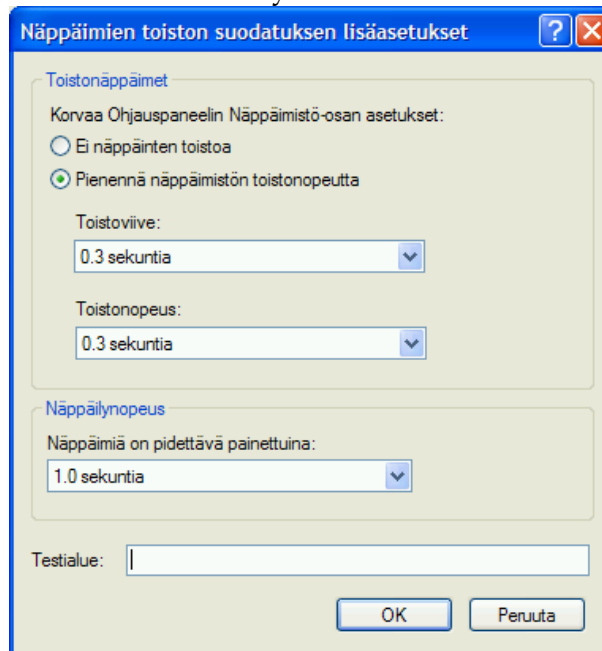
On myös olemassa hieman erikoistuneempia ja omalaatuisempia ratkaisuja. On esimerkiksi suunniteltu kielellä ohjattavia käyttöliittymiä, sillä kielen somatosensorinen ja motorinen aivokuori vastaa kooltaan sormia ohjaavan aivokuoren suuruutta. Kieliohjauksessa on käytetty muutamaa eri menetelmää. Toisissa suuhun tarvitsee asettaa magneettisia sensoreita, joita ohjataan kielellä. Yhdessä menetelmässä kielen päähän asetetaan metallinen klipsi, joka on päällystetty muovilla. Tätä klipsiä liikuttamalla tietynlaista seinää vasten saadaan aikaan cursorin liike. [Kencana and Heng, 2007]

Todella pitkälle viety ratkaisu liikerajoitteisten auttamiseksi on suoraan aivoilla ohjattavat tietokoneet. Tällaisia suunnitelmia on tehty etenkin neliraajahalvaantuneiden varalta. Aivoilla ohjattavia käyttöliittymiä toteutetaan lukemalla suoraan aivosähkökäyrää päänahkaan asetettavilla sensoreilla, tai aivokuoreen leikkauksella asetettujen elektrodien avulla. Signaalit muutetaan reaaliaikaisesti käskyiksi, joilla voidaan ohjata esimerkiksi tietokonetta. Tällainen ratkaisu vaatii tietenkin monimutkaisia laitteita ja mahdollisesti jopa leikkauksia. Vaihtoehto on todella kallis ja toisaalta aikaa vievä, sillä käyttäjän ja tietokoneen pitää sopeutua toisiinsa. [Wolpaw, 2007]

5.2. Ratkaisuja näppäimistöongelmiin

Näppäimistöongelmia on helpompi käsitellä kuin vaikeuksia hiiren kanssa. Näppäimistö ei vaadi yhtä tarkkaa sormien hallintaa kuin hiiri. Vaikka nopeus yleensä kärsii liikerajoitteisilla verrattuna ihmisiin, joilla on normaali liikekyky, niin yhden näppäimen painaminen ei ole yhtä hankalaa kuin hiiren liikuttaminen tarkasti. Käyttöliittymissä on jo nyt hyviä ominaisuuksia, jotka auttavat liikerajoitteisia ihmisiä tietokoneen käytössä. Näppäimistöongelmista Windowsin ominaisuuksilla voidaan estää vaikeudet, jotka johtuvat

kyvyttömyydestä painaa kahta tai useampaa näppäintä samanaikaisesti sekä ne, jotka aiheutuvat liian pitkistä painalluksista tai tahattomista tuplapainalluksista. Tällaiset tuplamerkit johtuvat yleensä samoista ongelmista käsien hallinnassa. Lyhyt painaminen voi tuottaa joskus vaikeuksia ja toisaalta sormien herkkyys voi olla kadonnut, minkä takia sormi saattaa yhden painalluksen sijaan tehdä kaksi painallusta. Kumpikin vahinko aiheuttaa ylimääräisen merkin tulostumisen näytölle.



Kuva 1: Windows XP:n näppäimien suodatuksen asetukset

Liian pitkistä painalluksista pääsee eroon jo suhteellisen helposti, sillä käyttöliittymissä on usein jo olemassa ominaisuus, jolla pystyy vaikuttamaan toistoviiveen ja toistonopeuden pituuteen, kuten kuvassa 1 esitetään. Toistoviiveellä voidaan pidentää aikaa, jonka jälkeen järjestelmä alkaa tulostaa ensimmäisen merkin jälkeen uusia merkkejä, ja toistonopeudella kaikkien merkkien tulostusnopeutta. Näiden asetusten muuttaminen riittää melko pitkälle kumoamaan liian pitkien painallusten aiheuttamat ongelmat. Toisaalta joskus saatetaan tarvita pitkiä painalluksia, sillä esimerkiksi välilyöntiä, askelpalautinta ja nuolinäppäimiä käytetään myös pitkillä painalluksilla. Esimerkiksi Windows XP -järjestelmässä toistoviiveen ja toistonopeuden muokkaaminen vaikuttaa myös näiden näppäinten käyttöön.

Trewin ja Pain [1998] tutkivat näppäimistön asetuksia säätävää mallia, joka osaisi vaihtaa asetuksia tarpeen vaatiessa. Tämä malli yrittää etsiä parasta mahdollista aika-asetusta, joka estäisi ylimääräisten merkkien tulostumisen, mutta sallisi kuitenkin mahdollisimman nopean tekstintuottamisen. Malli antoi suosituksen oikeasta asetuksesta, mutta vaikeutena oli se, että käytetyssä

Macintosh-järjestelmässä oli vain neljä mahdollista asetusvaihtoehtoa. Joillain testihenkilöillä oli huomattavia kirjoittamisvaikeuksia järjestelmän perusasetuksilla. Tutkimuksessa käytetty malli osasi kuitenkin suosittaa melko tarkasti parempaa aikarajoitusta. Koska asetusvaihtoehtoja oli vain neljä, niin piti päättää, pyöristääkö lähimpään vai seuraavaan mahdolliseen vaihtoehtoon. Pidempi aika osoittautui paremmaksi. Malli oli myös suhteellisen vakaa, sillä se osasi valita sopivan asetuksen enemmistölle testihenkilöistä 20 painalluksen aikana. Kahden vaihtoehdon rajalla olleet käyttäjät eivät kuitenkaan saaneet vakaata päätöstä mallilta. Myös testihenkilöiden, joiden kirjoitustyyli muuttui testien aikana, mallilta saamat suositukset vaihtelivat. Mallin tekemien asetusmuutosten jälkeen käyttäjien virheet kuitenkin pienenevät selvästi.

Käyttöliittymien asetusten tarkkuutta pitäisi pystyä muuttamaan. Nykyinen tarkkuus esimerkiksi toistoviiveessä on aivan liian suuripiirteinen. Havainnoivassa käyttöliittymässä asetuksen tarkkuus pitäisi olla paljon suurempi. Näin ei jouduttaisi tilanteeseen, jossa käyttäjä on raja-alueella, mistä johtuen malli ei osaisi antaa kovinkaan varmaa ratkaisua. Tällaisessa tilanteessa käyttöjärjestelmän pitäisi pystyä mukauttamaan asetusten muokkausnopeutta, jolloin ei jouduttaisi tilanteeseen, jossa asetukset muuttuisivat jatkuvasti. Yksinkertainen näppäimistömalli on onnistunut antamaan käyttäjille helpottavia asetusmuutoksia ja samalla mukautumaan, kun käyttäjän oma kirjoitustyyli muuttuu. Liian pitkien painallusten aiheuttama haitta pystytään näin suhteellisen helposti korjaamaan. Tarvitaan oikea aikamääre, jolla käyttäjän kirjoitusnopeus kuitenkin ei kärsi, mutta ylimääräiset merkit pystytään karsimaan.

Järjestelmän pitäisi käyttää välilyönnille, askelpalauttimelle ja nuolinäppäimille eri systeemiä, sillä näitä näppäimiä käytetään usein pitkillä yhtenäisillä painalluksilla. Näitä näppäimiä tuleekin käsitellä erikseen. Niiden toistoviiveen säätäminen voisi olla jopa kokonaan estetty, jolloin niitä voidaan käyttää edelleen pitkillä painalluksilla helposti. Tämä kuitenkin aiheuttaisi sen, että näitä näppäimiä voi painaa vahingossa liian pitkään, jolloin aiheutuu epätoivottuja muokkauksia. Näille näppäimille olisi hyvä tehdä oma käsittely siten, että niitä voi edelleen käyttää pitkillä painalluksilla, mutta kuitenkin järjestelmä osaisi kumota käyttäjän tekemät turhat pitkät painallukset. Tämä tietenkin on aika vaikea toteuttaa. Muiden näppäinten, etenkin alfanumeeristen, kohdalla käsittely on helpompaa, sillä niitä käytetään todella harvoin painamalla niitä pitkään pohjassa. Tässä kohtaa on järkevää yhdistää toistoviive- ja toistonopeusominaisuudet. Toistoviive voisi erikoisnäppäimille olla samaa tasoa kuin muillekin näppäimille, jolloin ensimmäinen toistava

tuloste ei tapahtuisi helposti. Tämän jälkeen kuitenkin toistonopeus alkaisi vähitellen pienentyä, jolloin pidempiaikainen painaminen tekisi sen, mitä sen pitäisikin, eli tulostaisi esimerkiksi useita välilyöntejä peräkkäin. Toisaalta tällaisessa tilanteessa todennäköisesti menetettäisiin pitkän painalluksen hyöty, sillä toistoviive saattaisi muodostua liian suureksi. Pitkä painallus tuottaisi toisen syötteen vasta turhan pitkän ajan päästä, mistä seuraisi, että tuplapainallus olisi todennäköisesti nopeampi. Toisena vaihtoehtona on antaa käyttäjälle mahdollisuus asettaa toistoviive- ja toistonopeusominaisuudet tilapäisesti pois päältä. Näin käyttäjä pystyisi painamaan välilyöntiä, askelpalautinta ja nuolinäppäimiä myös pitkään, jos on ensin asettanut ominaisuudet hetkellisesti pois toiminnasta.

Tahattomat tuplapainallukset ovat hieman liian pitkiä painalluksia vastaava virhe, joita liikerajoitteisilla ihmisillä esiintyy. Kummastakin ongelmasta seuraa tietyn merkin ylimääräinen tulostaminen. Tuplapainalluksessa näppäin ei ole koko aikaa pohjassa, vaan sormi ehtii nousta hetkellisesti pois näppäimeltä. Käsien huonon hallinnan takia sormi saattaa joskus painaa näppäintä kahdesti perättäin, jolloin järjestelmä siis tulostaa kaksi merkkiä halutun yhden sijaan.

Tahattomat tuplapainallukset voidaan tunnistaa, kun tutkitaan kaikkia kaksoispainalluksia. Lasketaan painallusten välissä oleva aika sekä vahinkopainalluksille että tarkoituksenmukaisille tuplapainalluksille ja verrataan näitä keskenään. Tahattomien painallusten välillä oleva aika on yleensä huomattavasti lyhempi kuin normaalien tuplapainallusten. Windows-järjestelmissä on mahdollisuus valita asetus, joka suodattaa näppäinten toiston, eli se hylkää jokaisen kaksoispainalluksen. Tämä ei tietenkään ole optimaalinen vaihtoehto, sillä aikamäärettä ei pysty muokkaamaan. Kaksoismerkkien käyttäminen hidastuu huomattavasti.

Trewinin ja Painin [1998] tutkimuksissa yksinkertainen malli osasi tunnistaa ongelmat, joita tuli liian pitkistä painalluksista, ja suositella asetusten muokkaamista. Se tarkkaili tuplapainalluksia sekä englanninkielen avulla mahdollisten tuplakirjainten yleisyyttä. Tahattomat tuplapainallukset eivät tutkimuksissa ole olleet aivan yhtä yleisiä kuin liian pitkät painallukset, mutta näppäimistön käyttöä tutkiva malli osasi suositella myös tällaisesta ongelmasta kärsiville korjausvaihtoehtoja. Mallin tarkkuus ja vakaus olivat hyvät, sillä se osasi suositella asetusten muokkausta henkilöille, jotka kärsivät eniten näistä ongelmista, eikä lähtenyt turhaan muokkaamaan asetuksia jälkikäteen. Ongelmana näiden virheiden korjauksessa oli se, että niitä tuli suhteellisen harvoin. Mallin suosittamat aika-asetukset tuplapainallusten korjaamiseen vaikuttivat myös tarkoituksellisten tuplapainallusten tunnistamiseen. Toisaalta

aikaa ei oikein pystynyt lyhentämäänkään, sillä silloin korjattujen virheiden määrä pieneni selvästi. Mallin antama suositusasetus oli kuitenkin tehokas, sillä se löysi melko tasapainoisen arvon, jolla pystyi vähentämään virheitä, vaikkakin se vaikutti myös hieman kirjoitusnopeuteen.

Nykyisellään Windows-järjestelmään ei pysty asettamaan aikamäärettä, jotta kaksoisnäppäytysten nopeutta voisi säätää. Epätarkat asetusvaihtoehdot tuovat tähänkin ongelmaan vaikeammat ratkaisumahdollisuudet, sillä tahattomien ja tarkoituksellisten kaksoisnäppäytysten ero ei ole erityisen suuri. Tämä vertautuu melko tarkasti myös tuplamerkkejä aiheuttaviin liian pitkiin painalluksiin. Tekstiä kirjoittaessa kannattaa myös tarkastella kirjoituskieltä, kuten Trewinin ja Painin tutkimuksessa oli tehty. Tämä lisää mallin monimutkaisuutta, sillä kielten erot ovat tässäkin suhteessa suuret, mutta myös tarkkuutta.

Joissakin näppäimistöillä suoritettavissa tehtävissä tarvitaan kahden tai useamman näppäimen samanaikaista painamista. Isot kirjaimet ja esimerkiksi numeronäppäimien takana olevat erikoismerkit saadaan aikaan, kun painetaan myös vaihtonäppäin pohjaan. Liikerajoitteisilla ihmisillä saattaa käsien ja sormien hallinta olla niin heikkoa, että tällainen yhtäaikainen kahden tai useamman näppäinen painaminen ei ole mahdollista tai se on hyvin vaikeaa.

Isojen kirjaimien tulostamiseen on jo kehitetty melko yksinkertainen ratkaisu. Caps lock -näppäintä painamalla tila muuttuu normaalista päinvastaiseksi. Painamalla yhtä kirjainnäppäintä tulostuu vain iso kirjain, kun shiftin kanssa saadaan pieniä kirjaimia. Tämä on suhteellisen toimiva tapa, jos ei tarvita erikoismerkkejä, joita varten on pakko käyttää myös shift-näppäintä. Windows-käyttöjärjestelmissä on ominaisuus nimeltä "Alas jäävät näppäimet" (englanniksi Sticky Keys), jonka avulla voi käyttää näppäinyhdistelmiä ilman, että tarvitsisi painaa useaa näppäintä yhtä aikaa. Tämän avulla pystyy painamaan ensin esimerkiksi vaihtonäppäintä, joka "jää pohjaan", eli järjestelmä muistaa painalluksen. Seuraavaksi painetaan toista näppäintä, jolloin esimerkiksi painamalla kirjainnäppäintä saadaan aikaan iso kirjain.

Trewinin ja Painin [1998] käyttämässä mallissa järjestelmä tutki seuraavia tekijöitä:

- caps lock -näppäimen käyttö yhden ison kirjaimen kanssa,
- vaihtonäppäimen painaminen ja vapauttaminen sekä sitä seurannut askelpalauttimen käyttö,
- lauseen aloittaminen pienellä kirjaimella,

- vaihtonäppäimen painaminen ja vapauttaminen ilman toisen näppäimen käyttöä,
- jonkin muun muuntonäppäimen painaminen ja vapauttaminen ilman toisen näppäimen käyttöä ja
- vaihtonäppäimen painaminen uudestaan välittömästi sen vapauttamisen jälkeen.

Näitä tapahtumia seuraava malli pystyi hahmottamaan, koska käyttäjälle tuli vaikeuksia muuntonäppäimien kanssa. Malli osasi suositella melko hyvin korvaavia asetuksia käyttäjille, sillä kaikille yhtä kättä kirjoittamiseen käyttäneille testihenkilöille malli suositteli sticky keys -ominaisuuden käyttöä. Toisaalta molempia käsiä kirjoittamiseen käyttäville malli ei löytänyt varmoja suosituksia, vaikka osa heistä koki sen hyödylliseksi. Tämä johtuu siitä, että näillä henkilöillä ei ollut mallin mukaisia vaikeuksia muuntonäppäinten käytössä. He pitivät silti sticky keys -ominaisuutta työskentelyä helpottavana tapana, vaikkeivät saaneetkaan siitä helpotusta erityisille ongelmatilanteilleen.

Muuntonäppäinongelmat on jo nykyteknologialla suhteellisen helppo ratkaista, sillä jo caps lock -näppäin antaa siihen pienen avun, vaikka se onkin vajavainen ratkaisu. Tästä syystä sticky keys -ominaisuus, eli alas jäävät näppäimet, on hyödyllinen lisä. Tämän avulla voidaan käyttää myös erikoismerkkejä, jotka ovat esimerkiksi numeronäppäinten takana tai oikopoluiksi tarkoitettuja kirjainyhdistelmiä. Suurin vaikeus tulevaisuuden varalta onkin havainnoivan käyttöliittymän kehittäminen. Muuntonäppäinongelmiin on suhteellisen yksinkertaista vaikuttaa myös nykyisellä järjestelmällä, sillä ei tarvita mitään aikamääreitä tai vastaavia rajoituksia. Tarvitaan pelkästään tietty malli, joka tarvittaessa osaa suositella sticky keys -ominaisuuden käyttöönottoa. Tällainen toimiva malli oli jo Trewinin ja Painin tutkimuksissa, vaikka sen käyttämä systeemi ei havainnut kaikki mahdollisia henkilöitä, jotka hyötyisivät sticky keys -ominaisuudesta. Havainnoivan käyttöliittymän avulla liikerajoitteiset henkilöt saisivat käyttöönsä haluavansa ominaisuudet helposti, vaikka eivät välttämättä tietäisi tällaisesta mahdollisuudesta.

Liikerajoitteisille käyttäjille ongelmia näppäimistön käytössä aiheuttavat myös vahingossa painetut väärät merkit. Näitä tulee sekä lähellä että kaukana haluttua kohdetta. Tällaisia ylimääräisiä merkkejä aiheuttavat sormet tai muut ruumiinosat. Nämä menevät yleensä päällekkäin toisen näppäimen painalluksen kanssa.

Trewinin ja Painin [1998] malli tulkitse ylimääräisiä merkkejä tutkimalla päällekkäisiä painalluksia käyttäen hyväkseen tietoja näppäimistön asettelusta,

englanninkielen kirjainyhdistelmien yleisyydestä ja käyttäjän kirjoitustyylistä. Tämä malli ei pysty havaitsemaan kaikkia virheitä, sillä se tutkii vain päällekkäisiä painalluksia. Lisäksi on mahdollista, että käyttäjä epäonnistuu kokonaan halutun merkin painamisessa, mutta painaa kahta muuta merkkiä, tai painallukset eivät osu päällekkäin. Malli havaitsi testihenkilöiltä, jotka tekivät yli kaksi virhettä, keskimäärin 55 % virheistä. Toisaalta malli myös tulkitse joitakin kirjainpareja virheellisiksi. Muutamista epävarmuustekijöistä huolimatta malli tulkitse käyttäjien kirjoitusta sen verran tehokkaasti, että siitä olisi normaalikäytössäkin hyötyä.

Ylimääräisten merkkien käsittely on hankalaa, sillä tällöin pitää pystyä tulkitsemaan, mitkä merkeistä ovat todella ylimääräisiä. Slow keys -ominaisuus voi olla hyödyllinen, sillä se lukee painetut merkit vasta tietyn aikarajan kuluessa. Tämä vähentää virheiden määrää, mutta toisaalta myös kirjoitusnopeus pienenee. Ominaisuuden avulla kaikkien merkkien tuottaminen vaatii pidemmän painallusajan, joten yhden merkin kirjoittaminen hidastuu. Se kuitenkin pystyy vähentämään virheitä selvästi, sillä suurin osa ylimääräisistä painalluksista on lyhempiä kuin halutun näppäimen painallus. [Trewin, 2002]

Ylimääräisistä merkeistä 95,5 % on päällekkäisiä painalluksia halutun kohteen kanssa, joten päällekkäisiä painalluksia hylkäämällä saadaan myös virheiden määrää pienennettyä. Lisäksi haluttu näppäin painettiin alas ensimmäisenä kaksi kertaa useammin ja vapautettiin aikaisemmin viisi kertaa niin yleisesti kuin vahingossa painettu ylimääräinen merkki. Näiden tilastojen avulla voidaan päätellä, että päällekkäiset painallukset poistamalla saadaan myös ylimääräisten merkkien määrää vähennettyä. Täysin tämä ei kuitenkaan onnistu, sillä monet käyttäjät saattavat tietämättään painaa näppäimiä päällekkäin, vaikka eivät olisikaan ammattimaisia konekirjoittajia. Kuitenkin yleensä ylimääräinen merkki painetaan lyhyemmän ajan sisällä tarkoituksellisesti painetusta merkistä kuin seuraavan halutun merkin painaminen. Lisäksi yleensä vahingossa painettu merkki on halutun merkin vieressä ja normaali käyttäjä todella harvoin painaa vierekkäistä näppäintä tarkoituksellisesti päällekkäin, sillä silloin käytetään yleensä samaa sormea molempien merkkien painamiseen. Tämä mahdollistaisi jälleen aikamääreen käytön, mikä puolestaan vähentäisi mallin virheoletuksia. Tutkimuksissa kävikin ilmi, että tällainen malli toimisi tehokkaasti jopa sellaisilla henkilöillä, joilla virheitä ei tule erityisen paljoa. [Trewin, 2002]

Paras tulos tulisi todennäköisesti, jos yhdistettäisiin aikarajoitukset tietoihin kielen rakenteista, merkkien sijoittelusta näppäimistölle ja käyttäjän toiminnasta. Havainnoiva käyttöliittymä osaisi jälleen tässäkin tapauksessa

suositella käytettäväksi sellaista ominaisuutta, joka pystyisi olemaan huomioimatta ylimääräisiä painalluksia. Tähän systeemi käyttäisi ensinnäkin tiettyä aikarajoitusta, jonka ansiosta voitaisiin erotella tarkoitukselliset painamiset vahingoista. Kannattaa myös huomioda se, että peruskäyttäjä ei paina vierekkäisiä näppäimiä yhtä aikaa kuin vahingossa. Jokaisessa kielessä on lisäksi erilaiset säännöt peräkkäisille merkeille. Niitä voidaan hyödyntää näissäkin virhetilanteissa.

Asetuksissa on oltava ominaisuus, jonka avulla ne voidaan laittaa manuaalisesti päälle ja pois päältä. Normaalisissa kirjoituksessa todennäköisesti harvat käyttäjät painavat useita näppäimiä samanaikaisesti. Tietokonetta käytetään kuitenkin moniin muihinkin tarkoituksiin. Esimerkiksi pelitilanteessa useita näppäimiä saattaa olla samanaikaisesti pohjassa, kun ensinnäkin pitää ohjata pelihahmoaan ja sitten vielä käyttää mahdollisesti joitain muita näppäimiä pelitoimintoihin. Tällaisia tilanteita varten on pakollista sekä asetusten manuaalinen säätäminen että mahdollisen havainnoivan agentin ottaminen pois käytöstä.

Mitkään erityiset asetukset eivät oikein pysty auttamaan vielä kahdessa käsittelemättömässä näppäimistöongelmassa. Näppäinten painamista väärässä järjestyksessä tai halutun merkin epäonnistunutta painamista on todella vaikea havaita. Ainoa keino tähän lienee tekstinsyöttämisen tulkitseminen, mikä antaisi virheellisissä sanoissa paremmat vaihtoehdot. Esimerkiksi merkin epäonnistunutta painamista on muuten äärimmäisen vaikea tulkita. Siitä ei löydy mitään tekijää, jota voitaisiin tarkastella. Jos painaa näppäintä liian kevyesti, jolloin järjestelmä ei edes huomaa sitä, miten voisi pystyä tulkitsemaankaan sitä? Tällaisissa tilanteissa ennakoiva tekstinsyöttö tai vastaava toiminnallisuus helpottaisi jo hieman. Ennakoiva tekstinsyöttö pystyy tulkitsemaan kirjoitusta ja täten korjaamaan joitakin virheitä.

Näppäimistöongelmien suhteen ollaan melko hyvässä tilanteessa, sillä lähes kaikkiin ongelmiin on jo jonkunlainen ratkaisu olemassa. Windows-käyttöjärjestelmissä on ominaisuuksia, jotka osaavat jättää huomioimatta tiettyjä painalluksia. Lukuviiveillä pystytään jo kumoamaan monet vaikeudet, joita liikerajoitteiset ihmiset kohtaavat näppäimistöjen kanssa, suhteellisen hyvin. Hienosäätöä ominaisuudet tarvitsevat kuitenkin vielä, sillä aikarajoitusten suhteen tarvittaisiin parempia asetuksia, jotta mahdollisimman moni saisi parhaan mahdollisen hyödyn näistä ominaisuuksista. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi ne, jotka korjaavat liian pitkiä painalluksia ja tuplapainalluksia.

Suurin tulevaisuuden mahdollisuus näppäimistöongelmille ovat havainnoivat käyttöliittymät. Trewinin ja Painin malli osasi tulkita melko hyvin ja tasapainoisesti käyttäjän suorituksia. Lisäksi se osasi mukautua käyttäjän kirjoitustyylin muututtua. Osa liikerajoitteisten ongelmista tuleekin siitä, että kaikki käyttäjät eivät osaa asettaa tai eivät tiedä ollenkaan helppokäyttötoiminnoista. Kaikilla liikerajoitteisilla ei myöskään ole henkilöitä, jotka voisivat auttaa näissä asetusten säätämisisä. Toimiva malli pystyisi antamaan käyttäjille oikeita asetusehdotuksia, jotka sitten tämä voisi hyväksyä tai hylätä. Mallin pitäisi tutkia jatkuvasti näppäilytapaa ja antaa uusia ehdotuksia, jos käyttäjän kirjoitustapa muuttuu esimerkiksi sairauden etenemisen vuoksi. Mallin ei kuitenkaan pitäisi jatkuvasti tehdä uusia ehdotuksia, sillä joskus voi muista olosuhteista riippuen kirjoitustyyli muuttua hetkellisesti. Pitkän ajan tulkinta antaisi paremman tuloksen, sillä silloin malli pystyisi tulkitsemaan selvän suunnan, jonka esimerkiksi kirjoitusnopeus antaa. Toisaalta mallin pitäisi myös pystyä tekemään nopeita muutoksia, kun esimerkiksi käyttäjä vaihtuu koneella.

Käyttäjän toimintaa tarkkailevan mallin pitää olla myös käyttäjän havainnoitavissa. Käyttäjän pitää nähdä, mitä malli tekee, jos näin haluaa. Malli kuitenkin muuttaa tapaa, jolla järjestelmä käsittelee syötteitä. Jos tämä tekee muutoksen yhtäkkiä, niin käyttäjä ei pysy mukana. Järjestelmä ei toimitakaan enää oletetulla tavalla. Käyttäjä saattaa yrittää mukautua jo muutenkin, vaikka tietäisi järjestelmän tekemät muutokset.



Kuva 2: Windows XP:n OnScreen-näppäimistö

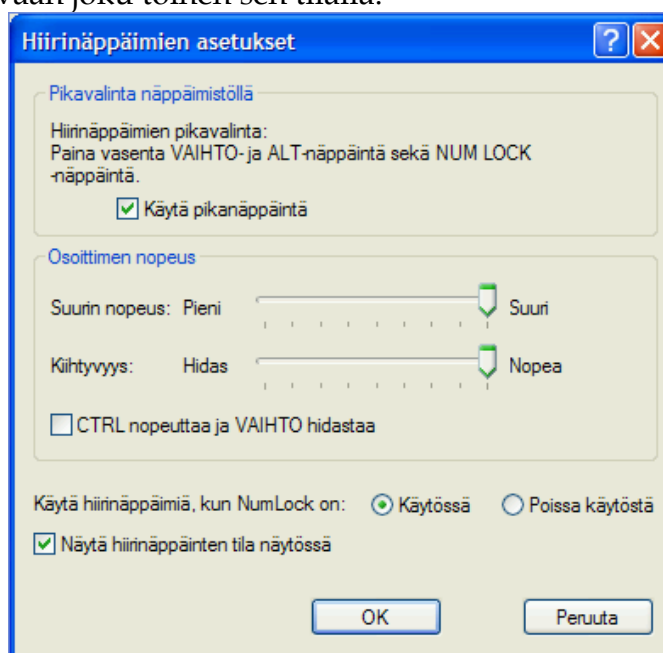
Näppäimistön korvaajaksi on myös mahdollista käyttää muita ratkaisuja. Käyttöjärjestelmät tarjoavat jo kirjoittamiseen näyttönäppäimistöä, joka näkyy kuvassa 2. Tämä on näppäimistön korvike näytöllä, tosin sitä ei ole tarkoitettukaan lopulliseksi ratkaisuksi liikerajoitteisille ihmisille. Hiirtä käytetään sen avulla kirjoittamiseen. Tämä ei kuitenkaan poista liikerajoitteisten ihmisten ongelmia, sillä hiiri on vieläkin vaikeampi käsitellä kuin näppäimistö. Lisäksi näyttönäppäimistö vie selvästi tilaa ruudulta, mikä ei myöskään ole

paras mahdollinen ratkaisu. Jos näppäimistön muuttaa pieneksi, niin hiiren kanssa tarvitaan tarkempaa toimintaa. Jos näppäimistöä puolestaan kasvatetaan, niin näyttötila loppuu kesken.

5.3. Ratkaisuja hiiriongelmiin

Hiiren käytössä liikerajoitteiset ihmiset kokevat huomattavasti suurempia ja vaikeammin ratkaistavissa olevia ongelmia kuin näppäimistön kanssa. Hiiren käyttö vaatii suhteellisen tarkkaa käsittelyä ja hyvää koordinaatiota. Kohteet työpöydällä ovat melko pieniä ja niitä on usein lähekkäin. Niihin navigointi ja jonkun kohteen valinta voi tuottaa suuria ongelmia. Kaksoisnäpätöksessä voi hiiri helposti livetä, jolloin valinta ei onnistu.

Hiiriongelmiä voi käsitellä tietyissä osa-alueissa. Hiiren käyttäminen voidaan jakaa osiin. Ensimmäisenä lähdetään liikkeelle ja kiihdytetään, kunnes tullaan lähelle haluttua kohdetta. Tässä vaiheessa nopeus hidastuu ja aloitetaan kohteeseen kohdistaminen. Kun kohteeseen on päästy, niin painetaan hiiren näppäintä. Painalluksia on yksi tai kaksi kohteeseen tarvittavan määrän mukaisesti. Painamisessa on oleellista myös hiiren pitäminen paikallaan. Jos hiiri liikahtaa toiseen kohteeseen painettaessa, niin haluttu kohde ei aktivoidukaan, vaan joku toinen sen tilalla.



Kuva 3: Windows XP:n hiirinäppäinten asetukset

Windows-käyttöjärjestelmässä on olemassa ominaisuus nimeltä hiirinäppäimet, jonka asetussvaihtoehdot näkyvät kuvassa 3. Tämän avulla voi liikuttaa kursoria numeronäppäinten avulla. Tämä on melko yksinkertainen tapa liikuttaa kursoria, sillä näppäimiä ei tarvita monta ja yhtä näppäintä voi

painaa pitkään pohjassa, jolloin kursori liikkuu koko ajan. Liike on kuitenkin todella hidasta verrattuna hiiren liikuttamiseen, vaikka käytettäisiin nopeimpia asetuksia. Liikerajoitteisilla ihmisillä kuitenkin hiirenkin huippunopeus ja suurin kiihtyvyys on heikompi kuin käyttäjillä, joilla ei ole ongelmia liikkeidensä hallinnassa, joten tämä ominaisuus hyödyttää liikerajoitteisia käyttäjiä jo jonkun verran.

Hiirinäppäimet onkin jonkunlainen apukeino, vaikkakaan ei erityisen käyttökelpoinen. Siinä siirretään ongelma toisesta laitteesta toiseen, kun liikutetaan hiirtä näppäimistöllä. Yhden ja tietyn näppäimen painaminen ei ole erityisen vaikeata. Tarkkuus on suurin etu hiirinäppäimissä. Se on liikerajoitteisilla ihmisillä iso ongelma hiiren käytössä. Pieniin kohteisiin ei pysty kohdistamaan erityisen tehokkaasti hiirellä, mutta hiirinäppäinten avulla pienillä painalluksilla kursori liikkuu vain vähän. Tällaisen ominaisuuden ansiosta tarkkuus paranee varmasti, mutta käyttönopeus todennäköisesti jopa pienenee.

Alkuvaiheessa liikerajoitteiset ihmiset eivät koe suuria vaikeuksia hiirenkäytössä. Yli 100 pikselin päässä erot normaaliin liikkeisiin kykeneviin ihmisiin ovat huomattavan pieniä. Yhtenä ongelmana tässä ovat kuitenkin vapina ja kouristukset, jotka aiheuttavat suuriakin muutoksia kursorin sijainnissa ja liikkeen huippunopeudessa. Nopeus kasvaa kouristuksissa hetkellisesti moninkertaiseksi. Kursorin sijainti muuttuukin tästä syystä huomattavasti hallitsemattomasti, joten uusi paikka voi olla pidemmän matkan päässä halutusta kohteesta. Tämän jälkeen käyttäjä joutuu uudestaan etsimään kohteensa ja vaihtamaan suuntaa, mikä vaikeuttaa ja hidastaa prosessia.

Kouristusten aiheuttamista ongelmista päästään suhteellisen helposti eroon, sillä silloin kursorin liikenopeus kasvaa huomattavasti normaalia nopeutta suuremmaksi kiihtyvyydellä, joka on myös normaalia hiiren kursorin liikuttamiskiihtyvyyttä suurempi. Yleensä hiiren kursoria liikutetaan korkeintaan 2 pikseliä millisekunnissa, kun kouristuksissa liike on 3-8 pikseliä millisekunnissa. Yksinkertaisimmillaan käyttöjärjestelmä voisi tutkia liikkeen nopeutta tai kiihtyvyyttä. Jos hiiren nopeus kasvaa yli 3 pikselin millisekunnissa, niin kursori voisi tuosta hetkestä alkaen jäädä paikalleen. Kursorin liikkeen voisi pysäyttää jo esimerkiksi 2 pikselissä millisekunnissa, jos kiihtyvyys kasvaisi äkillisesti todella suureksi. Tästä voisi jo päätellä, että kouristus on aiheuttamassa tätä ylimääräistä liikettä. Kouristuksen jälkeen käyttäjä voisi jälleen jatkaa normaalisti siitä, mihin jäi ennen kouristusta.

Toinen mahdollisuus on käyttää kouristusta vastustavaa voimaa. Tämä menetelmä tunnistaisi jälleen normaalia suuremman nopeuden tai

kiihtyvyyden. Tässä mallissa ei kuitenkaan estettäisi kokonaan kursorin liikettä, vaan käytettäisiin viskoosia voimaa, joka saataisiin aikaan force feedback -laitteella. Kouristuksen vaikutusta ei kuitenkaan estettäisi kokonaan, mutta vältettäisiin silti suurimmat seuraukset.

Molemmat näistä tavoista tarvitsevat kursorin nopeuden tunnistamisen käyttöjärjestelmässä. Ensin mainittu pysäyttäisi kursorin kokonaan ja jälkimmäinen vain estäisi osan sen liikkeestä. Kummatkin hyödyttäisivät henkilöitä, jotka kärsivät kouristuksista. Tekniikoista ei kuitenkaan ole erityisesti apua normaalisti käsiään käyttäville tai liikerajoitteisille henkilöille, jotka eivät kärsi kouristuksista. Kursorin liikenopeus ei normaalissa käytössä kasva niin suureksi, että sitä pitäisi säädellä. Tästä johtuen siitä ei myöskään ole haittatekijäksi tai hidasteeksi muille käyttäjille. Ominaisuus on myös siitä yksinkertainen, ettei se vaadi erityistä sopeutumista. Asetuksiin riittää, että kouristuksia estävä ominaisuus on joko päällä tai pois päältä. Käyttöjärjestelmän tarvitsee vain havainnoida hiiren kursorin liikenopeutta, joka sen kasvaessa yli rajan aiheuttaa tiettyjä toimenpiteitä.

Liikerajoitteiset ihmiset pärjäävät kuitenkin muuten hiirtä liikuttaessa lähelle kohdetta lähes yhtä hyvin kuin ihmiset, joilla ei ole liikkeidensä kanssa ongelmia. Erityisen suuria ongelmia he eivät tällä matkalla kohtaa, vaikkakin kursorin liikerata ei ole aivan yhtä suora kuin normaaliin liikekykyyn pystyvillä käyttäjillä. Kursorin ylimääräinen liike vaikuttaa kuitenkin selvästi sen liikerataan. Tämä ei kuitenkaan erityisesti vaikeuta liikerajoitteisten ihmisten pääsemistä kohteeseensa.

Liikeradan muutoksistakin voidaan päätellä monia asioita, mutta liikerataa on hyvin vaikea korjata suuremmaksi. Lyhyillä siirtymisillä tätä ei voida edes tehdä, sillä ei saada tarpeeksi selkeää informaatiota liikkeen suunnasta, jotta radan korjaamisesta olisi hyötyä. Pitkillä matkoilla liikeradan seuraamisesta on kuitenkin hyötyä. Tästä voidaan päätellä mahdolliset kohteet työpöydällä, minkä hyödyntämisestä kerron lisää vielä myöhemmin. Liikerataa pitää kuitenkin seurata tarpeeksi kauan, sillä liikkeen aloittava suunta saattaa olla jopa poispäin halutusta kohteesta, jolloin ennustettavat kohteet eivät varmastikaan ole haluttuja. Liikerajoitteisten käyttäjien kursori tekee enemmän ylimääräistä liikettä, jolloin rata lähtöpisteestä kohteeseen ei ole suora. Liikkeen suunnasta tehtyjen arvioiden perusteella on mahdollista löytää haluttu kohde, ja tätä tietoa voidaan jatkossa hyödyntää muilla tavoin.

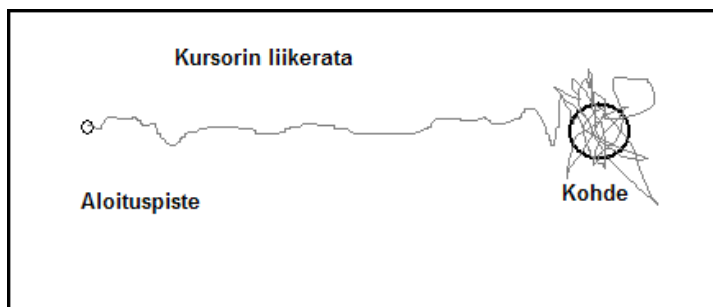
Liikeradan korjausta voitaneen suorittaa tarkkailemalla suuntaa. Kouristusten vaikutus saadaan pienennettyä tarkkailemalla kursorin nopeutta. Pienempää korjausta voidaan tehdä tarkkailemalla yleistä suuntaa. Vapina

aiheuttaa pienemmässä määrin liikesuunnan muutoksia ja tästä seuraavia korjausliikkeitä. Käyttöliittymä voisi tarkkailla liikkeen suuntaa ja tehdä korjauksia osaliikkeisiin, joita aiheutuu erilaisista syistä. Järjestelmä voisi yrittää pitää kursorin liikkeen mahdollisimman vakaana, vaikka käyttäjän käsi tärisisi huomattavasti. Tämä auttaisi liikkeen pysymistä suuntautuneena paremmin kohteeseen.

Käyttäjän toiminnan muokkaaminen aiheuttaa ongelmia etenkin kokeneilla käyttäjillä. Todennäköisesti liikerajoitteiset ihmiset, jotka ovat käyttäneet aktiivisesti tietokoneita, ovat sopeutuneet jo jollakin tavoilla vaivojensa aiheuttamiin ongelmiin. Heitä saattaisi tällainen sopeutuva käyttöliittymä ainakin alkuun haitata, sillä kursori ei liikkuisi enää tavalla, johon on tottunut. Tällaista ongelmaa esiintyy todennäköisesti muutenkin uusien asetusten kohdalla, mutta uusiin säätöihin varmasti tottuu ajallaan. Käyttöjärjestelmän pitäisi tässäkin tilanteessa tehdä selväksi tekemänsä muokkaukset, jotta käyttäjä ei hämmentyisi hiiren uudesta käytöksestä.

Suurimmat vaikeudet hiiren käytössä liikerajoitteiset ihmiset kohtaavat lähellä haluttua kohdetta. Siihen myös tarvitaan eniten apua helpottamaan liikerajoitteisten käyttäjien elämää. Halutun kohteen lähellä liikerajoitteisten käyttäjien kursorin liikkeen voi sanoa sisältävän suuren määrän tiukkoja suunnanmuutoksia [Clarkson et al., 2001]. Työpöydän kohteet ovat yleensä melko pieniä, joten ylimääräiset tiukat korjausliikkeet johtuvat kohteen pienuudesta. Käyttäjä ei onnistu sijoittamaan kursoria kohteeseen haluamallaan tavalla, jolloin tämä joutuu korjaamaan kursorin sijaintia. Toisena syynä on hiiren lipsahtaminen painallustilanteessa, mistä seuraa myös kursorin sijainnin uudelleen muuttaminen.

Kohteen pieni koko on monissa tilanteissa suurin häirtatekijä. Tämä pätee sekä liike- että näkörajoitteisilla. Käyttöjärjestelmissä pystyy onneksi asetuksista säätämään käytetyn koon suhteellisen helposti sopivammaksi. Isompi on tässä tilanteessa parempi. Selvästi erottuviin kohteisiin on helpompi navigoida ja niihin pystyy kursorinkin kohdistamaan ilman suurempia ongelmia. Ongelmia tulee etenkin valikoissa ja menuissa, joissa on runsaasti pieniä kohteita lähekkäin toisiaan. Painallustilanteessa lipsahtava hiiri asettaa väärän toiminnan päälle. Näitäkin olisi hyvä suurentaa hieman. Normaalilla työpöydällä kuvakkeiden sijoittaminen on myös ratkaisevaa. Liian lähekkäin ei kannata asettaa ikoneita, sillä tämä hankaloittaa navigointia samasta syystä kuin valikoiden kohdalla. Havainnoivat käyttöliittymät pystyvät myös selkeällä työpöydällä päättämään helpommin mahdollisen kohteen, johon käyttäjä on suuntaamassa, jos työpöydällä kaikki ikonit eivät ole aivan vierekkäin.



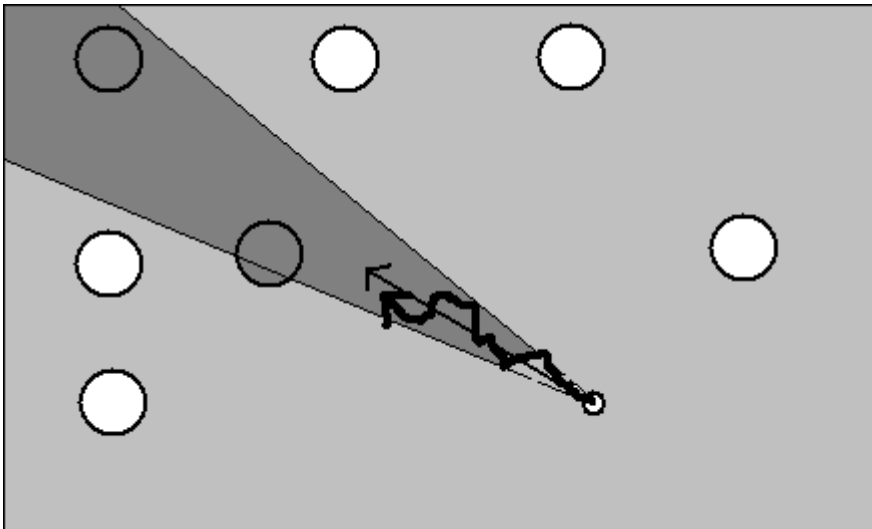
Kuva 4: Liikerajoitteisen käyttäjän kursorin mahdollinen liikerata

Windows-käyttöjärjestelmän helppokäyttötoiminnoista löytyy suurennuslasiominaisuus, joka suurentaa osan kursorin ja tekstinsyöttämisen ympäristöstä työpöydän yläreunaan. Liikerajoitteisten käyttäjien kohde pystytään havaitsemaan, sillä siinä kursorin liikerata muuttuu selvästi, kuten kuvasta 4 voi havaita. Kun havaitaan kohde, voidaan laittaa suurennuslasiominaisuus toimintaan. Järjestelmä käyttäisi kursoria suurennuslasina, joka suurentaisi kohteen alueen. Tämä helpottaisi kursorin viemistä haluttuun kohteeseen, kun tarkkuus ei olisi enää niin tärkeää.

Tuntopalautehiiret ovat toinen vartenotettava vaihtoehto liikerajoitteisten käyttäjien helpottamiseksi ilman suurempia tai erikoistuneempia laitteita. Force feedback -ominaisuudella varustettuja hiiriä on nyt jo markkinoilla kohtuuhinnalla. Nämä myös toimivat varmasti eri käyttöliittymissä. Kaksi merkittävää tekniikkaa ovat painovoimakaivot ja puoleensavetävät altaat, joiden peruseriaate on sama. Kohde on tavallaan kuoppa. Kohteen keskusta on syvemmällä kuopassa, jolloin reunojen ylittämiseen vaaditaan enemmän energiaa kuin normaalisti saman matkan suorittamiseen. Liikerajoitteisilla käyttäjillä ongelmana on kohteeseen pääseminen tai siellä pysyminen, mutta tällainen ratkaisu auttaisi tässä ongelmassa. Pienet vahinkoliikkeet tai korjaukset eivät vielä johtaisi kursorin lipeämiseen kokonaan pois kohteesta. Samalla hiiren näppäimen painaminen oikeassa paikassa helpottuisi, kun pieni hiiren liikahtaminen ei vaikuttaisi asiaan.

Suurin ongelma tuntopalautteen kanssa on käyttöliittymien monimutkaisuus. Mahdollisia kohteita on usein niin paljon, että työpöydällä on useita tuntopalautetta antavia kohteita, jotka häiritsevät toisiaan. Nämä vetävät puoleensa, vaikka käyttäjä ei haluaisikaan tätä. Monissa Windows-ohjelmissa on monia painikkeita, jotka sijaitsevat aivan vierekkäin. Tässä tilanteessa on vaikea mennä kohteeseen ilman, että läpäisisi tai sivuuttaisi toista painiketta. Tutkimuksissa ei ole vielä menty näin pitkälle, mutta muutaman kohteen työpöydällä voimaominaisuuksia hyväksikäyttävistä ikoneista on vielä hyötyä.

Liikeradan tutkiminen tulisi tässä vaiheessa hyödylliseksi etenkin pitkillä siirtymillä. Järjestelmä tekisi havaintoja liikeradasta ja sen suunnasta yrittäen samalla suodattaa ylimääräisen vapinan tai kouristusten aiheuttaman liikkeen. Tärkeintä on havaita kursorin yleinen suunta. Lisäksi kursorin nopeus ja kiihtyvyys ovat hyödyllisiä tietoja. Niistä pystyy myös päättelemään jotain tulevan liikkeen pituudesta. Lyhyessä liikkeessä nopeus ei normaalisti kasva niin suureksi kuin pidemmässä liikkeessä. Kuitenkin kursorin nopeus ei välttämättä kasva pidemmänkään liikkeen aikana, jos käyttäjällä on suuria ongelmia hiiren liikuttamisessa. Näistä ominaisuuksista pystyy kuitenkin suhteellisen hyvin päättelemään käyttäjän haluaman kohteen, vaikka kaikissa tapauksissa ominaisuutta ei voida hyödyntää. Aivan tarkasti kursorin nopeudesta ei pystytä kohdetta päättelemään, sillä käyttäjä voi olla vaikka epähuomiossa menossa väärään suuntaan.



Kuva 5: Työpöytäikoneita ja hiirenliikettä sekä sen keskimääräistä suuntaa ilmaisevat nuolet

Järjestelmä pystyy havaittuaan suunnan ja nopeuden aktivoimaan tietyn alueen painovoimakäivot helpottamaan käyttäjän osumista kohteeseen. Ensinnäkin suunnan perusteella pystyy päättelemään suurin piirtein, miltä alueelta kohde on. Suuntavektorista voidaan laajentaa pieni sektori, jonka sisään jäävistä kohteista yksi on todennäköisesti se, johon ollaan matkalla. Tätä selvennetään kuvassa 5, johon on piirretty sekä työpöytäikoneita, että hiiren suuntaa kuvaavia nuolia. Paksumpi nuoli on kursorin liikerata ja ohuempi nuoli tarkoittaa kursorin keskimääräistä suuntaa. Tummanharmaalla on väritetty sektori, jonka alueella kursori todennäköisesti liikkuu. Sektorin alle jäävä ikonijoukko voi olla suuri tai pieni. Jos sektorille osuu vain yksi kohde, niin tilanne on helppo. Ainoastaan sen kohteen painovoimakäivo aktivoidaan.

Sektorin sisältäessä useita kohteita joutuu järjestelmä tutkimaan myös kursorin nopeutta ja sen muutosta. Kursorin nopeus kuitenkin alkaa hidastua hieman ennen haluttua kohdetta. Järjestelmä voisi aluksi aktivoida kaikki sektorin sisään osuvat työpöytäkohteet. Tämän jälkeen se tutkisi nopeuden muutosta. Jos kohdetta lähestyessä nopeudessa ei tapahdu erityistä hidastumista, niin sen painovoimakaivosta voitaisiin poistaa aktiivitila. Jos kohteita olisi sektorissa vain muutama, ehkä olisi kuitenkin parempi, jos säilytettäisiin jokaisen kohteen painovoimakaivon aktivointi.

Hiiren käytössä voi olla myös samoja vaikeuksia kuin näppäimistön käytössä, sillä hiiressäkin on näppäimiä. Tähän mennessä olen käsitellyt pelkästään hiiren liikuttamiseen liittyviä ongelmia. Hiiren näppäinongelmat liittyvät osittain myös liikkumiseen, sillä hiiren lipeämiset painamistilanteessa ovat melko yleisiä. Tämän johdosta haluttu tapahtuma ei aktivoidu, kun kursorin paikka tippuukin pois kohteen päältä. Joskus myös hiiren näppäintä painetaan vahingossa liikkeen aikana. Muita hiiriongelmia ovat hiiren näppäimen painaminen kohteen ulkopuolella tai väärän näppäimen painaminen.

Kaksoisnäppäytyksen perusasetus on suhteellisen nopea. Kaksoisnäppäytyksessä hiiren lipsahtamisen vaara kasvaa, jos sen joutuu tekemään nopeasti. Käyttöjärjestelmissä pystyy asettamaan hiiren kaksoisnäppäytykseen tarvittavan nopeuden huomattavasti pienemmäksi kuin perusasetuksissa. Tämä helpottaa liikerajoitteisia ihmisiä jo jonkin verran työpöydän ikonien kanssa. Kun kädet eivät toimi normaalilla tavalla, niin liiallinen hätäily tuottaa vain suurempia ongelmia.

Trewin et al. [2006] tutkivat *Steady Clicks* -ominaisuutta, jonka avulla pystyy jäädyttämään kursorin siihen kohtaan, jossa hiiren näppäintä painettiin. Hiirtä pitää kuitenkin liikuttaa joskus normaalissa vuorovaikutuksessa, kuten ikonin siirtämisessä, joten ominaisuudessa on myös muita toiminnallisuuksia. Kursorin jäädytys kestää niin kauan kuin näppäin vapautetaan tai kursori liikkuu määrätyn matkan päähän painamiskohdasta. Tällainen kynnyсарvo voidaan asettaa tapauksen mukaan. Jäädytettynä kursori värisee hieman ilmaistakseen tilansa. Kun kursori ylittää kynnyсарvon, se automaattisesti siirtyy siihen paikkaan, jossa sen kuuluisikin olla ilman jäädytystä. Ominaisuus tunnistaa kahdella eri tavalla vahinkopainallukset. Se hylkää jokaisen painalluksen, joka tapahtuu tiettyä rajanopeutta kovemmassa vauhdissa, ja joka tapahtuu toisen näppäimen ollessa pohjassa.

Steady Clicks -ominaisuus auttoi selvästi liikerajoitteisia ihmisiä hiiren käytössä. Tehtävien suoritus aika pieneni ja vahinkopainallusten määrä laski.

Tutkimuksen perusteella päällekkäisten painallusten ja liian suuressa vauhdissa tapahtuvien painallusten suodattaminen toimii hiiren käyttöä helpottavana ominaisuutena. Lisäksi käyttäjät pitivät tällaisesta ominaisuudesta ja kokivat hiiren käyttämisen helpommaksi kuin ilman apukeinoja. [Trewin et al., 2006]

Käyttöjärjestelmän kohteisiin tarkentamista ja niissä pysymistä auttoivat jo tuntopalautteeseen perustuvat hiiriominaisuudet. Näiden avulla näppäintenkin painaminen helpottui, sillä esimerkiksi painovoimakaivosta ei pääse ulos yhtä pienellä liikkeellä kuin normaalista kohteesta. Tähän ominaisuuteen voidaan yhdistää myös Steady Clicks, jonka avulla vielä painaminen helpottuu.

Force feedback -hiirien tai vastaavien puuttuminen aiheuttaa sen, että tuntoaistiin tulevan palautteen mahdollisuus häviää. Tämä estää painovoimakaivojen ja muiden samanlaisten ominaisuuksien käytön. Tällaisessa tilanteessa Steady Clicks -ominaisuus tulisi etenkin hyödylliseksi. Steady Clicks kuitenkin auttaisi merkittävästi tietyissä tärkeissä painallustilanteissa. Steady Clicks -ominaisuudestakin saisi parhaan mahdollisen hyödyn yhdistettynä force feedback -hiiren mahdollistamiin ominaisuuksiin. Painovoimakaivo ja Steady Clicks helpottaisivat todennäköisesti liikerajoitteisia käyttäjiä.

Vaikka tässä luvussa käsiteltiin pelkästään hiirtä, nämä sama kursoriin vaikuttavat tekijät auttavat myös muiden ohjauslaitteiden kanssa. Tällaisia laitteita on monia erilaisia, mutta yleisimpiä hiiren korvikkeita ovat joystick, osoitinpallo, ja kosketuslevy, josta on olemassa myös kahdella sormella ohjattava versio.

Hiiren käyttäminen ei ole helppoa liikerajoitteisille ihmisille, mutta se on silti selvästi paras vaihtoehto. Se on huomattavasti tehokkaampi kuin muut suositut osoitinlaitteet. Se oli nopeudeltaan ja suoritustasoltaan paras tehdyissä tutkimuksissa. Testihenkilöt tekivät myös vähiten virheitä hiirellä. Nopeudeltaan ja suoritusteholtaan seuraavia ovat kahden sormen kosketuslevy ja osoitinpallo joystickin jäädessä viimeiseksi. Virheiden määrässä osoitinpallo osoittautui toiseksi luotettavimmaksi ja tällä kertaa kosketuslevy oli selvästi herkin virheille. [Frett and Barner, 2005]

Vaikka hiiri on tutkimuksissa antanut parhaat tulokset, jotkut käyttäjät voivat pitää enemmän jonkin muun ohjauslaitteen käytöstä. Jos he pystyvät käyttämään joitain muita ohjauslaitteita, niin kursorin liikkeisiin vaikuttavat tekniikat hyödyttävät heitäkin. Kaikkia käyttäjiä ei voi pakottaa käyttämään hiirtä. Lisäksi jotkut liikerajoitteiset ihmiset, kuten neliraajahalvaantuneet, eivät pysty käyttämään hiirtä ollenkaan. Tällöin joudutaan turvautumaan muihin laitteisiin, jotka ovatkin selvästi erikoistuneita, mutta yleensä graafisissa

käyttöliittymissä tukeudutaan kursoriin. Ohjauslaitteen avulla liikutetaan kursoria ja tässä osiossa mainitut ominaisuudet auttavat laajalti jokaisen laitteen kanssa.

5.4. Valikkorakenteet

Menut ja valikot ovat erityisen vaikeita käyttää hiirellä, jos kädet eivät toimi hyvin. Ohjelmien valikoissa on pieniä kohteita ja ne ovat lähekkäin. Edellä esitellyt hiiren käyttöä helpottamaan tarkoitettut ominaisuudet eivät toimi yhtä hyvin valikoissa, sillä kohteiden vierekkäisyys vaikeuttaa esimerkiksi halutun kohteen tunnistamista. Lisäksi valikoissa on usein monia sisäkkäisiä rakenteita, joissa navigoinnissa pitää liikkua tarkasti sivulle pienessä tilassa. Sivusuunnassa tilaa valikoissa on kuitenkin hieman enemmän, mutta pystysuunnassa tilaa on huomattavan vähän. Virhepainallusten todennäköisyys kasvaa selvästi liikerajoitteisilla henkilöillä.

Nykyisissä ohjelmissa on jo yksi iso helpotus valikoille. Jos ohjelma on oikein suunniteltu, niin hiirtä ei tarvitse mihinkään, vaan kaikkien valikoista löytyvien kohteiden toiminnallisuus voidaan käynnistää näppäimistöllä. Alt-näppäimellä pääsee suoraan valikkorakenteeseen, minkä jälkeen valintakohdetta voidaan vaihtaa yksinkertaisesti nuolinäppäimillä. Lopullinen valinta tehdään palautusnäppäimellä, joka aktivoi valinnan. Valikossa on myös yleensä kohteiden nimien alla yksi viiva jonkin kirjaimen alla. Tämäkin on helpottamassa valintaa. Alt-näppäimen jälkeen voidaan valita valikosta seuraavaksi haluttu vaihtoehto painamalla alleviivauksen osoittamaa kirjainnäppäintä, jolloin jälleen valinta aktivoituu. Lisäksi on olemassa myös näppäinoikoteitä, kuten esimerkiksi valitun tekstin kopioiminen yhdistämällä ctrl- ja c-näppäimen painallus. Monet kokeneemmat käyttäjät osaavat hyödyntää näitä näppäinoikoteitä. Aloittelevat käyttäjät tuskin ovat tietoisia tällaisista mahdollisuuksista. Liikerajoitteisille ihmisille näppäinyhdistelmät aiheuttavat vaikeuksia, vaikkakin alas jäävien näppäimien avulla voi painaa näissä tilanteissa näppäimiä erikseen.

Valikoille on kehitetty aivan omia apukeinojaan, jotka perustuvat esimerkiksi voiman käyttämiseen tehosteena. Tällainen voimalla tehostettu valikko voi toimia esimerkiksi seuraavalla tavalla. Sellaisissa valikkokohteissa, joissa ei ole alivalikoita, voima tuo kursoria sekä vasemmalta että oikealta laidalta kohti valikon keskikohtaa. Toisaalta niissä kohteissa, joista avautuu alivalikoita, voima vie kursoria kohti alivalikkoa. Voiman avulla pystytään näin siirtämään kursoria valikon käyttämisen kannalta järkevämpään paikkaan. Toinen ehdotettu uusi valikkojen käsittelytapa on ns. "hyppivät valikot".

Tällaisessa valikossa kursori hyppää suoraan avautuvan alivalikon ensimmäisen kohteen keskikohtaan. Tämän ansiosta valikossa tarvitaan vain pystysuoraa liikettä, eikä pitkiä vaakasuoria liikkeitä ollenkaan. [Ahlström et al., 2006]

Sekä voimalla tehostettu valikko että ”hyppivä valikko” osoittautuivat testeissä hyödyllisiksi henkilöille, joilla ei ole ongelmia liikkeidensä hallinnassa. Kumpienkin uusien valikkorakenteiden toiminnallisuus oli helppo oppia. Molemmissa oli omat etunsa ja jotkut käyttäjät pitivät toisesta ja jotkut toisesta. Tärkeintä on kuitenkin, että molemmat uudet valikkorakenteet olivat tehokkaampia kuin perinteinen valikkosysteemi. Tätä tukivat sekä testitulokset että testattavien mielipiteet. [Ahlström et al., 2006]

Uusia valikkorakenteita ei ole testattu liikerajoitteisilla henkilöillä, mutta todennäköisesti niistä olisi apua myös heille. Valikoissa liikkuminen on kuitenkin haastavaa ja henkilöt, joilla ei ole ongelmia liikkeissään, saivat uusista valikoista helpotusta. Voimatehosteinen valikko pystyy pitämään kursorin kaukana vasemmasta ja oikeasta laidasta. Toisaalta suurin ongelma lienee kuitenkin pystysuuntainen liike valikkorakenteiden matalan korkeuden takia. Tällaiset apukeinot ovat joka tapauksessa mahdollisia hyödynnettäviä uusia elementtejä, joita voidaan lisätä tuleviin käyttöliittymiin liikerajoitteistenkin ihmisten toiminnan helpottamiseksi.

Uudet valikkorakenteet eivät todennäköisesti ole pelkästään riittävä ratkaisu. Aiemmin jo esittelemäni hiiren käyttöä helpottavat mekanismit hyödyttävät edelleen myös valikoissa. Tällaisena voidaan etenkin pitää kursorin jäädyttämisen aiheuttavaa ominaisuutta. Pienissä valikkorakenteissa hiiren lipsahdus aiheuttaa melko todennäköisesti väärän toiminnallisuuden tapahtumisen. Jos käyttöliittymä osaa jäädyttää kursorin painamistilanteessa, niin virhepainallusten määrä vähenee. Kun tähän yhdistetään vielä uusi valikkorakenne, niin valikoistakin tulee huomattavasti käytettävämpiä kuin aiemmin.

5.5. Ergonomia

Hiirtä ja näppäimistöä ei ole suunniteltu erityisen ergonomisesti. Käyttäjät saattavat saada hiiren käytöstä vammoja käden alueelle, kuten esimerkiksi jännetupentulehduksen, vaikka heillä ei normaalisti olisikaan raajojen liikkeitä haittaavia vammoja. Liikerajoitteisilla ihmisillä vammoja voi tulla helpommin, sillä lihakset saattavat olla heikentyneet ja ranteen liikkuvuus heikentynyt. Vaikka vammoilta säästyisikin, liikerajoitteiset ihmiset väsyvät yleensä helpommin ohjauslaitteiden kanssa.

Perinteiset ohjauslaitteet eivät ole kaikkien ergonomisimpia. Markkinoilla on kuitenkin paljon näppäimistöjä ja hiiriä, joissa tuotteita on suunniteltu paremmin juuri ergonomian näkökannalta.

Osa liikerajoitteisten ihmisten ongelmista johtuu väsymisestä, joka tapahtuu nopeammin ja helpommin kuin käyttäjillä, joilla ei ole ongelmia liikkeidensä hallinnassa. Tämä vaikeuttaa toimintaa, jos joutuu viettämään tietokoneella normaalia enemmän aikaa. Kursoria liikuttaessa liikerajoitteiset ihmiset kohtaavat suuria hankaluuksia lähellä kohdetta ja joskus hiiren liikuttamiseen tarvittava aika on suuri. Jos käyttäjä ei onnistu valitsemaan kohdetta, niin käden väsyminen lisää vaikeuksia. Vapina todennäköisesti kasvaa ja tarkkuus heikkenee tämän jälkeen entisestään.

Ergonomiset tuotteet ja paremmat työasennot ovat hyödyksi kaikille käyttäjille. Liikerajoitteisille näistä asioista on vielä suurempi hyöty. Ihmisten työasentoon tai laitteiden sijoittelulle työpöydälle ei oikein voi mitään. Lisäksi liikerajoitteiset ihmiset eivät välttämättä pysty normaaleihin työskentelyasentoihin. Ohjauslaitteiden ergonomiaan voisi kuitenkin panostaa enemmän. Jos käyttöliittymät kehittyvät jatkossa liikerajoitteisia ihmisiä helpottamaan suuntaan, kokonaisuus paranisi entisestään, kun tuottajat panostaisivat myös laitteisiin.

5.6. Yleisiä ratkaisuja

Pelkästään hiiren ja näppäimistön käytön helpottaminen ei ole ainoa askel, joita voidaan ottaa liikerajoitteisten käyttäjien hyväksi. Muita mahdollisuuksia on monia.

Käyttäjiä on monia erilaisia. Tämä pätee myös liikerajoitteisten kohdalla. Osa käyttäjistä on tottunut tietokoneisiin jo usean vuosikymmenen ajan, kun osa käyttäjistä on täydellisiä aloittelijoita. Joillakin on kokemusta tietokoneista ajalta, jolloin heillä ei ollut vammoja, ja osa käyttäjistä on aloittanut tietokoneen käytön vasta vammauduttuaan. Tästä syystä samat periaatteet sopivat todennäköisesti normaaleihin liikkeisiin kykeneviin käyttäjiin ja liikerajoitteisiin, jotta käyttöliittymästä saadaan mahdollisimman lähestyttävä.

Käyttöliittymän tulisi olla mahdollisimman muokattava. Edellä jo kuvasin näppäimistö- ja hiiriominaisuuksia, joita olisi hyvä muokata. Näitä käyttöliittymä voisi muokata itse havainnoiden käyttäjää. Käyttöjärjestelmässä on kuitenkin monia muitakin muokattavia ominaisuuksia, joiden avulla tietokoneen käyttöä saadaan mahdollisesti helpotettua. Käyttömukavuus on kuitenkin myös tärkeä asia, vaikka se ei suoranaisesti vaikuta käytettävyyteen. Monet pienet ominaisuudet saattavat kasvattaa käyttömukavuutta.

Mukavuuden kasvaessa kasvaa viihtyvyys, joka myös vaikuttaa tietyllä tavalla käytettävyyteen, sillä mukavampi laite varmasti vaikuttaa käytettävämältä, vaikka sitä se ei välttämättä olisikaan.

Graafisten käyttöliittymien kohdalla vuorovaikutusta voidaan parantaa erityisesti kolmella eri tavalla. Multimodaalisuutta hyödyntämällä, nykyisten syötemuotoja kehittämällä ja havainnoivan käyttöliittymän kehittämisellä saadaan aikaan helpommin lähestyttäviä käyttöliittymiä. Nämä kaikki yhdistämällä saadaan mahdollisimman monelle sopiva käyttöliittymä design for all -periaatteen mukaan.

Vaikka havainnoivat ja mukautuvat käyttöjärjestelmät ovat askel kohti kaikille sopivia käyttöjärjestelmiä design for all -periaatteen mukaisesti, kaikki eivät voi kuitenkaan käyttää samoja käyttöliittymiä. Jokaiselle ei voida luoda täysin yhtenäistä järjestelmää, joka toimisi aina. Tästä syystä käyttöliittymien tulisi tukea myös mahdollisimman monimuotoisesti erilaisia syöte- ja tulostuslaitteita, joiden avulla vaikeimmassa tilanteessa olevat käyttäjät voisivat käyttää tietokoneita.

Tässä tutkielmassa keskityin erityisesti pohtimaan erilaisia mahdollisuuksia nykyisten syöttölaitteiden kehittämiseen ja viemään niitä havainnoivan käyttöliittymän suuntaan. Graafista käyttöliittymää voidaan kuitenkin kehittää myös multimodaalisuutta hyödyntäen. Multimodaalisten syöttö- ja palautemuotojen kohdalla kannattaa muistaa, ettei käytä liian monimutkaisia palautteita, eikä varaa monta aistia samanaikaisesti. Ihmisen kognitiivinen taso ei riitä käsittelemään monta kanavaa samanaikaisesti, minkä takia multimodaalisista käyttöliittymistä saattaa helposti tulla liian monimutkaisia.

Havainnoivissa käyttöliittymissä tulee erityisen tärkeäksi palautemuotojen selvyys. Erilaisissa näppäimistösyötteiden ja kursorinliikkeiden tulkintaa muokkaavissa ominaisuuksissa palautteen selkeys on tärkeä osa-alue käytettävyyden parantamiseksi. Normaalistikin palaute on merkittävä osa, sillä epäselvä palaute hämmentää käyttäjää. Vaikka tilanteessa ei periaatteessa olisikaan mitään ongelmaa, käyttäjä saattaa näin epäillä. Tilanteissa, joissa järjestelmä tekee käyttäjää helpottavia muokkauksia esimerkiksi näppäimistösyötteissä, palautteen pitää tulla selvästi ja ymmärrettävästi.

Mukautuvan käyttöjärjestelmän pitäisi pystyä antamaan mahdollisimman selkeät ohjeet käyttäjille siitä, mitä tapahtuu ja miksi. Käyttäjää havainnoidessaan käyttöjärjestelmä saattaa havaita jotain korjattavaa ominaisuuksissa. Näitä ei voi lähteä korjaamaan täysin automaattisesti, sillä käyttäjä ei ole tästä todennäköisesti tietoinen. Tiedottamisen lisäksi käyttäjän pitäisi pystyä kumoamaan mahdollinen uusi asetus välittömästi. Oikea palaute

on myös tilanteissa, joissa käyttöjärjestelmä muuttaa itse asetuksia, todella tarpeellinen.

Hiiri- ja näppäimistöominaisuuksia muutettaessa käyttöjärjestelmän pitäisi antaa kunnolliset ohjeet tapahtumasta. Käyttäjää pitää ohjeistaa tapahtuneesta. Järjestelmän pitäisi kertoa, mitä se on tehnyt ja mitä muokannut. Käyttäjä saisi tämän jälkeen päättää ottaako asetusuudistuksen käyttöönsä. Ongelmana on se, että kaikki liikerajoitteiset ihmiset eivät ole tietokoneasiantuntijoita, joten asetukset saattavat joka tapauksessa olla vaikeaselkoisia.

Tässä tutkielmassa ei otettu kantaa erikoistuneiden ohjauslaitteiden tai -tapojen kehitykseen ja niiden laatuun. Liikerajoitteisia käyttäjiä varten täytyy joka tapauksessa suunnitella myös erikoistuneita apulaitteita. Tällaisten suunnittelussa on otettava myös käytettävyyssasiat huomioon ja toisaalta kursorinliikkeitä helpottavat ominaisuudet ovat kaikkien laitteiden kohdalla käytettävissä. Mahdolliset ratkaisut voivat olla monenlaisia, sillä esimerkiksi neliraajahalvaantuneet tarvitsevat melko erikoistuneita ratkaisuja. Heidän kohdallaan voidaan ajatella käytännössä vain silmillä tai suulla ohjattavaa vaihtoehtoa. Lisäksi nykyään kehitetään aivotoiminnalla ohjattavia laitteita, joka olisi myös heille toimiva vaihtoehto.

6. Pohdinta ja johtopäätökset

Nykyiset käyttöliittymät mahdollistavat jo jossain määrin ohjauslaitteiden käytön helpottamista liikerajoitteisille käyttäjille. Esimerkiksi Windowsin helppokäyttöominaisuudet ovat kuitenkin melko alkeellisella tasolla verrattuna niihin mahdollisuuksiin, joita teknologia antaa liikerajoitteisille ihmisille.

Vielä on pitkä matka käytävänä, jotta liikerajoitteisten ihmisten tietokoneiden käyttömukavuus saataisiin kehitettyä hyväksi. Liikerajoitteisia käyttäjiä on kuitenkin jo nyt paljon ja määrä on selvässä nousussa. Ihmisten keskimääräinen elinikä kasvaa ja yhä useampi elää vanhuuspäiville asti. Tämä lisää myös liikerajoitteisten ihmisten määrää. Vanhuus tuo jo itsessään monia kehon hallintaa vaikeuttavia tekijöitä, mutta se myös altistaa monille vaivoille ja sairauksille, jotka aiheuttavat ongelmia liikkeen hallinnassa.

Tietokoneet ovat jo nyt suuressa osassa jokapäiväistä elämää monissa eri ikäryhmissä. Tästä syystä niiden käyttömukavuus on tärkeää. Vanhuksetkin käyttävät jatkuvasti enemmän ja enemmän tietokoneita. Lisäksi nykyiset tietokoneisiin tottuneet ihmiset käyttävät varmasti tulevaisuudessakin koneita, vaikka liikkeet ovat rajoittuneempia.

Käyttöliittymiä ei vielä kuitenkaan ole suunniteltu liikerajoitteisia ihmisiä silmällä pitäen. Tämän pitäisi kuitenkin muuttua, sillä tulevaisuudessa tällaisilla koneilla on suurempi kysyntä. Liikerajoitteisille ihmisille suunnitelluista käyttöliittymistä tulevat varmasti myös hyötymään tavalliset käyttäjät, sillä helpottavat toiminnat helpottavat yleensä kaikkia. Lisäksi on monia muita syitä, miksi suunnittelussa pitäisi mennä liikerajoitteistenkin suuntaan, kuten lainopilliset asiat. Monissa valtioissa kielletään liikerajoitteisten ihmisten syrjiminen ja heille pitäisi antaa samanlainen mahdollisuus elämään kuin muillekin ihmisille.

Nopeasti muutos oikeaan suuntaan ei tapahdu. Tähän tarvitaan monien teollisuudessa toimivien yritysten ja henkilöiden yhteistyötä. Käyttöjärjestelmäsuunnittelijoiden pitää ottaa huomioon myös muiden valmistajien tekemät apulaitteet ja -ohjelmat. Kaikille käyttäjille ei voi millään saada sopivaa ratkaisua yhdessä paketissa, vaikka design for all -periaate olisikin käytössä. Jotkut tarvitsevat varmasti erikoistuneita ratkaisuja. Kaikille sopivaa käyttöliittymää ei voida saada aikaan, vaikka mahdollisimman yhtenäinen ratkaisu onkin paras mahdollinen.

Käsittelin erityisesti ohjauslaitteiden ongelmia näppäimistön ja hiiren näkökulmasta. Tulevaisuutta on vaikea ennustaa ja on mahdollista, että nykyisenkaltaiset näppäimistö ja hiiri tulevat häviämään jossain vaiheessa.

Tällä hetkellä näköpiirissä ei kuitenkaan ole tässä suhteessa mitään erityisen nopeaa muutosta. Monissa haastavissa tekniikoissa on kuitenkin tiettyjä merkittäviä ongelmia. Esimerkiksi puheohjauksessa yksityisyydensuoja häviää huomattavasti. Yleisillä paikoilla on hieman epämiellyttävää ohjata tietokonetta puheen avulla. Tämä pätee moneen muuhunkin uuteen ohjaustapaan. Kuitenkin esimerkiksi hiiren käyttöä helpottavat tavat auttavat myös muiden ohjauslaitteiden kanssa. Useimmat ohjauslaitteet kuitenkin tekevät samoja asioita, kuten valitsevat objektia tai liikuttavat näytöllä näkyvää kursoria tai vastaavaa.

Merkittävä edistjä käytettävyydelle olisi havainnoiva käyttöliittymä, joka osaisi mukautua käyttäjien toimintojen mukaan. Havainnoivuutta on jo nyt jonkun verran käyttöjärjestelmissä, mutta nämä ominaisuudet ovat vielä yksinkertaisia. Käyttöjärjestelmät osaavat esimerkiksi piilottaa harvoin käytetyt valikkokohteet. Tulevaisuudessa näidenkin kohdalla tilanne muuttuu ja käyttöjärjestelmät osaavat tehdä monimutkaisempia johtopäätöksiä.

Olen esittänyt, miten havainnoivia ja muokkautuvia käyttöjärjestelmiä voisi hyödyntää näppäimistön ja hiiren käytössä. Tällaisia toiminnallisuuksia varten kuitenkin pitää tehdä vielä laajaa tutkimusta ja suunnittelutyötä. Pitää pystyä valitsemaan oikeat mallit kuvaamaan liikerajoitteisia ihmisiä. Lisäksi pitää saada agentit tekemään oikeita päätöksiä havaintojen perusteella. Monta eri asiaa täytyy ottaa huomioon ennen kuin voidaan saada oikeasti itseänsä muokkaavia käyttöjärjestelmiä liikerajoitteisille ihmisille

Kun käyttöliittymistä saadaan mahdollisimman helposti saavutettavia, tietokoneet saadaan yleisemmin liikerajoitteistenkin ihmisten käyttöön. Yleisellä paikalla olevat tietokoneet olisi tärkeä saada helposti saavutettavissa, sillä näissä ei yleensä ole mahdollisuuksia käyttää laitteita, joita liikerajoitteiset ihmiset saattavat tarvita. Näissä koneissa yleensä on ohjaustapana edelleen perinteisesti hiiri ja näppäimistö, joten design for all -mallin mukainen käyttöliittymä antaisi myös liikerajoitteisille ihmisille kunnan mahdollisuuden käyttää näitä koneita.

Liikerajoitteisten käyttäjien määrän kasvaessa monet uudet tekniikat tulevat entistä hyödyllisemmiksi. Jo nykyään käyttöjärjestelmissä on monia ominaisuuksia, joiden avulla näppäimistö- ja hiirivirheiden määrää voidaan helposti vähentää. Nämä ominaisuudet eivät ole kuitenkaan kaikkien tiedossa, eikä aloittelijalle ole helppoa tietää, mikä asetus olisi hänelle hyödyksi. Aloitteleville tietokoneen käyttäjille jokaisen käyttöä parantavan asetuksen löytäminen ja säätäminen on todella vaikeaa. Tästä syystä uusissa

käyttöliittymissä on erityinen helppokäyttökeskus, josta voi löytää kaikki tarpeelliset asetukset.

Saavutettavuuden kannalta jokaisen asetuksen uudelleen asettaminen jokaisen käyttäjän kohdalla ei kuitenkaan ole hyvä ratkaisu. Tästä syystä havainnoivat ja mukautuvat käyttöliittymät ovat tulevaisuuden ratkaisu. Hiiri- ja näppäimistöongelmien ratkaisut eivät ole periaatteiltaan kovinkaan monimutkaisia. Monille virhepainalluksille ja hiiren liikuttamisessa havaittaviin ongelmiin on olemassa ainakin teoreettinen ratkaisu. Hiiren ja näppäimistön käytön ongelmakohtia havainnoiva käyttöliittymä osaisi tulkita käyttäjämallien avulla oikein erilaiset virhetilanteet ja korjata nämä. Jos käyttäjän terveydentilassa tulisi muutos, käyttöliittymä havaitsisi tämän ja tekisi tarvittavan hienosäädön asetuksiin. Liikerajoitteiset käyttäjät saisivat huomattavan helpotuksen verrattuna nykyisiin käyttöliittymiin ja näin saataisiin tietotekniikka paremmin kaikkien ihmisten ulottuville. Liikerajoitteiset henkilöt kuitenkin ovat mahdollinen laaja käyttäjäryhmä, jotka haluavat samoja asioita tietokoneita kuin normaaleihin liikkeisiin kykenevät henkilöt ja saisivat lisäksi vielä todennäköisesti parempia mahdollisuuksia itsensä kuntouttamiselle.

Viiteluettelo

- [Ahlström et al., 2006] David Ahlström, Rainer Alexandrowicz, Martin Hitz, Improving menu interaction: a comparison of standard, force enhanced and jumping menus. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems* (2006), ACM, 1067-1076.
- [Angelo et al., 2000] Jennifer Angelo, David M. Brienza, Lars Gilbertson, Edmund LoPresti, and Jonathan Sakai, Neck range of motion and use of computer head controls. In: *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies* (2000), ACM Press, 121-128.
- [Clarkson et al., 2000] John Clarkson, Simeon Keates and Peter Robinson, Investigating the applicability of user models for motion-impaired users. In: *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies* (2000), ACM Press, 129-136.
- [Clarkson et al., 2001] P. John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, Patrick Langdon, and Peter Robinson, Perception and haptics: towards more accessible computers for motion-impaired users. In: *Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces* (2001), ACM Press, 1-9.
- [Clarkson et al., 2002] P. John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, Patrick Langdon, and Peter Robinson, Cursor measures for motion-impaired computer users. In: *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies* (2002), ACM Press, 135-142.
- [Clarkson et al., 2003] P. John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, and Patrick Langdon, Multiple haptic targets for motion-impaired computer users. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (2003), ACM Press, 41-48.
- [Clarkson et al., 2004] John Clarkson, Faustina Hwang, Simeon Keates, and Patrick Langdon, Mouse movements of motion-impaired users: a submovement analysis. In: *Proceedings of the 6th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (2004), ACM Press, 102-109.
- [COGAIN, 2005] Communication by Gaze Interaction (COGAIN), Report on a market study and demographics of user population. Available at: <http://www.cogain.org/results/reports/COGAIN-D7.2.pdf>.
- [Czaja and Lee, 2007] Sara J. Czaja and Chin Chin Lee, The impact of aging on access to technology. *Universal Access in the Information Society* **5**, 4 (Apr. 2007), 341-349.

- [Darzentas and Miesenberger, 2005] Jenny Darzentas and Klaus Miesenberger, Design for all in information technology: a universal concern. In: *Database and Expert Systems Applications* (2005), Springer Berlin, 406-420.
- [Davis et al., 2003] Adriane B. Davis, Melody M. Moore and Veda C. Storey, Context-aware communication for severely disabled users. In: *Proceedings of the 2003 conference on Universal usability* (2002), ACM Press, 106-111.
- [Emery et al., 2002] V. Kathlene Emery, Paula J. Edwards, Julie A. Jacko, Kevin P. Moloney, Leon Barnard, Thitima Kongnakorn, François Sainfort and Ingrid U. Scott, Toward achieving universal usability for older adults through multimodal feedback. In: *ACM SIGCAPH Computers and the Physically Handicapped* (2002), ACM Press, 46-53.
- [Frett and Barner, 2005] Eric J. Frett and Kenneth E. Barner, Accuracy and frequency analysis of MultiTouch interfaces for individuals with Parkinsonian and essential hand tremor. In: *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (2005), ACM, 60-67.
- [Hwang et al., 2001] Faustina Hwang, Simeon Keates, Patrick Langdon, P. John Clarkson, Peter Robinson, Towards more accessible computers for motion-impaired users. In: *Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces* (2001), ACM Press, 1-9.
- [Hwang, 2002] Faustina Hwang, A study of cursor trajectories of motion-impaired users. In: *Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems* (2002), ACM Press, 842-843.
- [Höök, 2000] K. Höök, Steps to take before intelligent user interfaces become real. *Interacting with Computers* **12**, (2000), 409-426.
- [Keates and Robinson, 1999] Simeon Keates and Peter Robinson, Gestures and multimodal input. *Behaviour & Information Technology* **18**, 1 (Jan. 1999), 36-44.
- [Keates and Trewin, 2005] Simeon Keates and Shari Trewin, Effect of age and Parkinson's disease on cursor positioning using a mouse. In: *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (2005), ACM Press, 68-75.
- [Keates et al., 2000] Simeon Keates, P. John Clarkson, Lee-Anne Harrison, Peter Robinson. Towards a practical inclusive design approach In: *Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability*. (2000), ACM Press, 45-52.
- [Kencana and Heng, 2007] Andy Prima Kencanan and John Heng, Experiment on a novel user input for computer interface utilizing tongue input for

- severely disabled. In: *Proceedings of the 1st international convention on Rehabilitation engineering & assistive technology: in conjunction with 1st Tan Tock Seng Hospital Neurorehabilitation Meeting (2007)*, ACM, 114-117.
- [Ketcham and Stelmach, 2004] Caroline J. Ketcham and George E. Stelmach, Movement control in the older adult. In: Richard W. Pew and Susan B. Van Hemel (eds.), *Technology for Adaptive Aging*. The National Academies Press, 2004, 64-92.
- [Koester et al., 2005] Heidi Horstmann Koester, Edmund LoPresti, Richard C. Simpson, Toward goldilocks' pointing device: determining a "just right" gain setting for users with physical impairments. In: *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (2005)*, ACM Press, 84-89.
- [Langdon, 2002] Patrick Langdon, Faustina Hwang, Simeon Keates, P. John Clarkson, Peter Robinson. Investigating haptic assistive interfaces for motion-impaired users: Force-channels and competitive attractive-basins. In: *Eurohaptics 2002 (2002)*, Edinburgh, UK, 122-127
- [Lopes, 2001] João Brisson Lopes, Designing user interfaces for severely handicapped persons. In: *Proceedings of the 2001 EC/NSF workshop on Universal accessibility of ubiquitous computing: providing for the elderly (2001)*, ACM Press, 100-106.
- [Pain and Trewin, 1999] Helen Pain and Shari Trewin, Keyboard and mouse errors due to motor disabilities. *International Journal of Human-Computer Studies* **50**, 2 (Feb. 1999), 109-144.
- [Shneiderman, 2003] Ben Shneiderman, Promoting universal usability with multi-layer interface design. In: *Proceedings of the 2003 conference on Universal usability (2003)*, ACM Press, 1-8.
- [Stephanidis, 2001] Constantine Stephanidis, Adaptive techniques for universal access. *User Modeling and User-Adapted Interaction* **11**, 1-2 (Jan, 2001), 155-179.
- [Trewin, 2000] Shari Trewin, Configuration agents, control and privacy. In: *Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability (2000)*, ACM Press, 9-16.
- [Trewin, 2002] Shari Trewin, An invisible keyguard. In: *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies (2002)*, ACM, 143-149.
- [Trewin, 2004] Shari Trewin, The dynamic keyboard. In: *Proceedings of the 6th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (2004)*, ACM Press, 71-78.

- [Trewin and Pain, 1998] Shari Trewin and Helen Pain, A model of keyboard configuration requirements. In: *Proceedings of the third international ACM conference on Assistive technologies* (1998), ACM, 173-181.
- [Trewin et al., 2003] Shari Trewin, Gottfried Zimmermann, Gregg Vanderheiden, Abstract user interfaces representations: how well do they support universal access? In: *Proceedings of the 2003 conference on Universal usability* (2003), ACM Press, 77-84
- [Trewin et al., 2006] Shari Trewin, Simeon Keates, Karyn Moffatt, Developing steady clicks: a method of cursor assistance for people with motor impairments. In: *Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (2006), ACM Press, 26-33.
- [Vanderheiden, 1993] Gregg C. Vanderheiden, Making software more accessible for people with disabilities. In: *ACM SIGCAPH Computers and the Physically Handicapped* (1993), ACM, 2-32.
- [Vista] Accessibility in Windows Vista.
<http://www.microsoft.com/enable/products/windowsvista/>.
- [Wolpaw, 2007] Jonathan R. Wolpaw, Brain-computer interfaces (BCIs) for communication and control, In: *Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (2007), ACM, 1-2.