

Tuntopalaute työpöytäympäristössä

Elina Tähkäpää

Tampereen yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Pro gradu -tutkielma
Tammikuu 2003

Tampereen yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Elina Tähkäpää: Tuntopalaute työpöytäympäristössä
Pro gradu -tutkielma, 54 sivua, 4 liitesivua
Tammikuu 2003

Tuntoaisti on yksi ihmisen tärkeimmistä aisteista, mutta tuntoaistia ei ole juuri hyödynnetty tietokoneen käytössä. Hiiri on yksi yleisimmin käytetyistä osoitinlaitteista työpöytätyöskentelyssä ja nykyään on saatavilla kohtuuhintaisia osoitinlaitteita, joihin on lisätty tuntopalaute. Tässä tutkimuksessa käsitellään sitä, miten tuntopalautetta voitaisiin hyödyntää työpöytätyöskentelyssä.

Tutkimuksessa käydään aluksi läpi yleisimmät vuorovaikutustekniikat työpöytätyöskentelyssä sekä käydään läpi, miten ihmisen aisteja on hyödynnetty ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa. Lisäksi selvitetään mitä ongelmia graafisien käyttöliittymien yleisimpien komponenttien käytössä on havaittu ja miten ongelmia on pyritty ratkaisemaan äänen avulla. Lopulta tutkimuksessa selvitetään miten näitä ongelmia voitaisiin ratkaista käyttämällä tuntopalautehiirtä äänen ohella.

Tutkimustani varten tein prototyypin liukusäätimestä mihin on lisätty tuntopalaute. Tätä prototyyppiä saivat kokeilla tuntopalautehiirtä jo aikaisemminkin kokeilleet henkilöt. Heiltä kyseltiin myös kokemuksia tuntopalautehiiren käytöstä. Lisäksi toteutin kaksivaiheisen testauksen jossa testattiin tuntopalautetta osoittamisen apuna. Testauksesta ei saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia, jotka olisivat osoittaneet tuntopalautteen nopeuttavan osoittamista. Testiin osallistuneet henkilöt kuitenkin arvioivat tuntopalautteesta olleen hyötyä.

Avainsanat ja -sanonnat: työpöytäympäristö, tuntopalaute, osoitinlaite, hiiri, osoittaminen.

Sisällys

1. Johdanto	1
2. Vuorovaikutus työpöytäympäristössä	4
2.1. Osoitinlaitteet työpöytäympäristössä.....	4
2.1.1. Hiiri.....	4
2.1.2. Ohjauspallo ja ohjaussauva.....	6
2.1.3. Kosketusnäyttö ja kosketuslevy	6
2.1.4. Valokynä	7
2.2. Osoitinlaitteiden avulla yleisesti käytettyjä vuorovaikutustekniikoita.....	7
2.3. Osoitinlaitteiden keskinäinen paremmuus yleisimmissä vuorovaikutustilanteissa.....	9
3. Aistit ja niiden hyödyntäminen tietokoneen käytössä	10
3.1. Näköaisti.....	10
3.1.1. Värien ja kirkkauden havaitseminen.....	10
3.1.2. Kohteen etäisyyden arviointi.....	11
3.2. Kuuloaisti.....	12
3.3. Tuntoaisti	13
4. Ääni apuna graafisten käyttöliittymien komponenttien hallinnassa.....	15
4.1. Viestiruutu ja ikkuna	15
4.2. Painike.....	16
4.3. Välineruutu	17
4.4. Valikot	17
4.5. Liukusäädin.....	18
5. Tuntopalautteen käyttö työpöytäympäristössä	21
5.1. Tuntopalautehiiri.....	21
5.2. Aikaisempia tutkimustuloksia	22
5.2.1. Tuntopalaute osoittamisen apuna.....	22
5.2.2. Voimapalaute liukusäätimen käytössä.....	23
5.3. Tuntopalaute apuna graafisten käyttöliittymien komponenttien hallinnassa.....	24
5.3.1. Viestiruutu ja ikkuna.....	24
5.3.2. Painike	24
5.3.3. Välineruutu.....	25
5.3.4. Valikot	25
5.3.5. Liukusäädin.....	26
6. Testijärjestelyt.....	28
6.1. Tuntopalautteen testaus liukusäätimen yhteydessä	28

6.1.1. Prototyyppi liikusäätimestä.....	28
6.1.2. Testausjärjestelyt.....	28
6.2. Tuntopalaute apuna osoittamisessa	29
6.2.1. Ensimmäinen vaihe	29
6.2.2. Toinen vaihe	31
7. Tulokset ja arviointi.....	32
7.1. Tuntopalautehiirtä käyttäneiden henkilöiden mielipiteitä tuntopalautteesta	32
7.2. Tuntopalaute liikusäätimessä.....	33
7.3. Tuntopalaute osoittamisen apuna	36
7.3.1. Ensimmäisen vaiheen testaustuloksia	36
7.3.2. Käyttäjien mielipiteitä eri tavoista käyttää tuntopalautetta.....	37
7.3.3. Toisen vaiheen testaustuloksia	39
7.3.4. Tuntopalautetta ensimmäistä kertaa kokeilleiden henkilöiden mielipiteitä tuntopalautteesta.....	41
8. Johtopäätökset	46
Viiteluettelo	48
Litteet	

1. Johdanto

Ihmisen tärkeimmät aistit ovat näkö-, kuulo-, tunto-, haju- ja makuaisti. Työpöytäympäristössä tietokonetta käyttäessään ihmiset, lukuun ottamatta joitakin poikkeuksia kuten esimerkiksi näkövammaisia, käyttävät pääasiassa näköaistiaan ja jonkin verran kuuloaistiaan. Tuntoaistia on tietokonemaailmassa hyödynnetty palautekanavana lähinnä tietokonepeleissä ja virtuaalimaailmoissa. Kuitenkin tuntoaistin hyödyntäminen voisi joissakin tilanteissa olla parempi tapa kuin äänen käyttäminen. Esimerkiksi, jos samassa huoneessa työskentelee useita henkilöitä, voi ääni häiritä muita, kun taas tuntopalaute on henkilökohtaista palautetta.

Hiiri on yksi tavallisimmista syöttölaitteista graafisissa käyttöliittymissä. Tavallista hiirtä käytetään pääasiassa syötteen antamiseen ihmiseltä tietokoneelle, vaikka tavallistakin hiirtä käytettäessä käyttäjä saa palautetta myös toiseen suuntaan, tietokoneelta ihmiselle. Tämä palaute tapahtuu näköaistin kautta, ihminen näkee missä hiiren osoitin milloinkin on. Ihminen myöskin tuntee kädellä, missä hiirtä liikuttaa ja tuntee hiiren painikkeen painuvan alas hiiren painiketta painaessaan. Kuitenkaan tavallinen hiiri ei tuota aktiivisesti tuntopalautetta, vaan ihminen saa tuntopalautetta liikuttaessaan hiirtä ja painaessaan hiiren painikkeita.

Logitech Inc. on tuonut markkinoille kaksi Immersion Corporationin kehittämää uutta hiirityyppiä, tuntopalautehiiren (tactile feedback mouse) ja voimapalautehiiren (force feedback mouse) [Logitech, 2002]. Nämä hiiret antavat käyttäjälle palautetta ihmisen tuntoaistin kautta.

Tuntopalautehiiret, esimerkiksi Logitech'in iFeel Mouse ja iFeel MouseMan, värähtelevät muun muassa silloin, kun hiiri osuu jonkin kohteen, esimerkiksi linkin tai painikkeen päälle, tai kun käyttäjä vierittää liukusäädintä. Hiirellä voi myös tunnustella erilaisia pintoja, jolloin hiiren värähtely tuntuu erilaiselta, esimerkiksi metalliselta, sienimäiseltä tai kumiselta. Sen lisäksi että hiiret värähtelevät, ne voivat äännellä tietyissä tilanteissa. Hiiret käyttävät TouchSense-nimistä teknologiaa, jonka on lisensoinut Immersion Corporation [Immersion, 2002].

Voimapalautehiiret (WingMan Force Feedback Mouse) antavat hieman enemmän palautetta. Sen lisäksi että ne värähtelevät, ne voivat myös jonkin verran vastustaa hiiren liikuttamista ja voivat muun muassa antaa tunteen painosta. Esimerkiksi kansiota siirreltäessä hiiren avulla voi tuntea, kuinka iso kansio on.

Nykyään Immersionin työpöytäohjelmistoa käytettäessä hiiri värähtelee lähes koko ajan. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä hyödyllisin tapa käyttää tuntopalautetta, koska kun hiiri värähtelee lähes koko ajan kaikissa tilanteissa, käyttäjä turtuu hiiren tärähtelyyn eikä kiinnitä siihen huomiota. Lisäksi, kun hiiri tärähtelee hyvin monissa tilanteissa samalla tavalla, ei värähtelystä senkään takia ole informatiivista hyötyä. Lähes jatkuva hiiren tärinä saattaa myös ärsyttää hiiren käyttäjää.

Stephen Brewster [Brewster, 1994] on tutkinut, mikä olisi hyödyllisin tapa käyttää ääntä apuna ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa. Äänen käyttö ei kuitenkaan aina ole mahdollista tai suotavaa, eivätkä käyttäjät välttämättä halua käyttää ääntä kaikissa tilanteissa. Tämän takia tässä tutkimuksessa on tarkoitus tutkia, miten tuntopalautetta voisi käyttää äänen rinnalla apuna ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa.

Tässä tutkimuksessa pyrin selvittämään miten tuntopalautehiirtä pitäisi käyttää niin, että siitä olisi käyttäjälle enemmän hyötyä. Kysymyksiä, joihin etsin vastauksia tutkimuksen aikana, olivat seuraavat: Minkälaisissa tilanteissa tuntopalautteesta olisi eniten hyötyä? Missä tilanteissa ja miten hiiren ominaisuuksia tulisi käyttää? Minkälaisesta tuntopalautteesta käyttäjät pitävät eniten? Onko tuntopalautteesta käyttäjälle hyötyä?

Tutkielman luvussa kaksi selvitän aluksi minkälaisia vuorovaikutustekniikoita graafisissa käyttöliittymissä on yleisesti käytössä, sekä esittelen erilaisia osoitinlaitteita ja käyn läpi tavallisimpia vuorovaikutustekniikoita.

Luvussa kolme esittelen ihmisen tärkeimpiä aisteja tietokoneen käytön kannalta sekä selvitän läpi miten niitä on hyödynnetty ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa.

Luvussa neljä selvitän, miten ääntä on käytetty työpöytäympäristössä ja mitä äänenkäytöstä työpöytäympäristössä on tutkittu. Luvussa selvitän, mitä käytettävyysongelmia graafisten käyttöliittymien komponenttien käyttämisessä voi olla ja miten äänen lisääminen voisi ratkaista ongelmia aikaisempien tutkimusten mukaan.

Luvussa viisi selvitän tuntopalautteen käyttöä työpöytäympäristössä. Luvun alakohdassa 5.1 kerron tarkemmin tuntopalautehiirestä. Alakohdassa 5.2 käyn läpi aikaisempia tutkimustuloksia tuntopalautteen käytöstä ja kohdassa 5.3 pyrin selvittämään miten tuntopalautetta voisi käyttää apuna graafisten käyttöliittymien komponenttien hallinnassa.

Luvussa kuusi kerron testijärjestelyistä, joissa testaan tuntopalautehiiren käyttöä. Alakohdassa 6.1 kuvaan testijärjestelyjä, joissa testaan liukusäädintä johon on lisätty tuntopalaute. Alakohdassa 6.2 kuvaan testijärjestelyjä, joissa

testaan tuntopalautetta osoittamisen apuna. Testien tuloksista kerron luvussa kuusi.

2. Vuorovaikutus työpöytäympäristössä

Tässä luvussa käsitellään graafisissa käyttöliittymissä yleisesti käytettyjä vuorovaikutustekniikoita sekä esitellään erilaisia osoitinlaitteita. Graafisten käyttöliittymien yleistymisen alkoi 1984 Apple Macintoshin myötä. Graafisten käyttöliittymien tärkein ominaisuus "osoita-ja-napsauta" -tyyppinen vuorovaikutus (point-and-tap) sekä osoitinlaite, jolla osoittaminen voidaan suorittaa. Nykyään yleisimmin käytössä oleva osoitinlaite on hiiri. Osoitinlaitteet ovat nykyään miljoonien ihmisten käytössä [MacKenzie *et al.*, 2001].

Nykyään pöytäkoneiden käyttöliittymien palaute perustuu lähes kokonaan näköaistiin ja visuaaliseen palautteeseen. Käyttäjä saa lähes kaiken informaation näyttöä katsomalla tekstin, kuvien ja värien muodossa. Myös kuuloaistia hyödynnetään käyttöliittymissä jonkin verran. Pääasiassa ääntä käytetään erilaisina piippauksina, jotka ilmoittavat esimerkiksi sähköpostin saapumisesta. Jonkin verran käytetään myös puheääntä.

Tuntopalautetta ei ole juurikaan käytetty työpöytäympäristössä. Toki käyttäjä saa tuntopalautetta esimerkiksi näppäimistön näppäintä tai hiiren painiketta painaessaan. Käyttäjä tuntee painikkeen painuvan alas. Tätä palautetta kutsutaan irrotusvastukseksi [Schomaker *et al.*, 1995]. Lisäksi hiirtä käyttäessään käyttäjä tuntee kinestisen aistin avulla missä kohtaa hiiri milloinkin on. Markkinoille on kuitenkin muutaman vuoden sisällä tullut useita tavallisenkin käyttäjän saatavilla olevia laitteita, jotka mahdollistavat kolmannen palautekanavan eli tuntopalautteen.

Tuntopalautetta tuottavat laitteet, jotka ovat hinnaltaan tavallisenkin tietokoneen käyttäjän saatavilla, on suunniteltu lähinnä pelikäyttöön. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi hiiri, ohjaussauva ja ratti. Kuitenkin hiiri on hyvin tavallinen ohjauslaite muussakin työpöytätyöskentelyssä kuin peleissä, joten miksi tuntopalautetta ei hyödynnettäisi jokapäiväisessä työskentelyssä hiiren avulla?

2.1. Osoitinlaitteet työpöytäympäristössä

Tässä kohdassa esittelen työpöytäympäristössä tavallisimmin käytössä olevia osoitinlaitteita.

2.1.1. Hiiri

Hiiri on ylivoimaisesti käytetyin syöttölaite työpöytäympäristössä. Hiiri kehitettiin Stanford Research Laboratoryssa (nykyään Stanford Research Institute)

vuonna 1965. Ensimmäiset kaupalliset versiot tulivat käyttöön 1980 luvun alussa [Myers, 1998].

Hiirtä käytettäessä käyttäjä siirtää kädellään pöydällä olevaa hiirtä jolloin näytölle piirretty osoitin liikkuu vastaavasti. Hiiressä on lisäksi painikkeita joita painamalla voidaan suorittaa esimerkiksi valitse-toiminto.

Schomaker tutkimusryhmineen [Schomaker *et al.*, 1995] on nimennyt hiirelle vain kolme tapaa toimia. Näitä ovat:

1. *Valinta (action)*. Näytöllä voi olla toimintapainikkeita kuten OK ja PERUUTA. Liikuttamalla osoitin painikkeen päälle ja napsauttamalla hiiren painiketta toiminta käynnistyy.
2. *Tilan vaihto (mode change)*. Tämä voidaan suorittaa napsauttamalla valintanappia (radio-button) tai tarkistusruutua (check-box). Myös ikkunan (window) napsauttamista, eli aktivointia, voidaan pitää tilan vaihtona.
3. *Ohjaus (navigation)*. Tavallisin hiiren toiminto.

Ohjelmistojen avulla hiirellä voidaan tehdä muutakin, kuten raahata ja syöttää numeerisia arvoja. Raahaus tapahtuu valitsemalla kohde, pitämällä hiiren painike alhaalla, liikuttamalla hiirtä uuteen paikkaan ja vapauttamalla hiiren painike. Numeeristen arvojen syöttö tapahtuu taas esimerkiksi valitsemalla liukusäädin ja raahaamalla sitä.

Shumin Zhai ja Scott MacKenzie [Zhai and MacKenzie, 1998] ovat listanneet hiiren hyviä ominaisuuksia. Hiiri on helppokäyttöinen, vapaasti liikkuva laite, jonka suhteellinen liike näkyy osoittimena näytöllä. Hiiri on intuitiivinen ja se käyttää hyväkseen ihmisen jokapäiväisiä motorisia taitoja. Hiiren napin painaminen tai napsauttaminen vaikuttaa triviaalilta. Napin painamisessa kuitenkin käytetään eri lihasryhmiä kuin hiiren liikuttamisessa, joten napin painaminen ja hiiren liikuttaminen eivät häiritse toisiaan. Tämän takia esimerkiksi kohteiden raahaus hiiren avulla on helppoa. Hiirtä käytettäessä sekä isot että pienet lihasryhmät osallistuvat yhtäaikaan hiiren liikuttamiseen, jolloin pienet sormien lihakset voivat ohjata osoitinta tarkasti samanaikaisesti, kun isot käden ja ranteen lihakset liikuttavat hiirtä isompia matkoja. Tavallisesti työpöytätyöskentelyssä hiirtä käyttäessä kättä joutuu siirtämään näppäimistön ja hiiren välillä. Hiiri löytyy kuitenkin helposti ilman, että katsetta joutuisi siirtämään pois näytöltä, koska hiiri löytyy aina samasta kohtaa mihin sen on viimeksi jättänyt.

Hiiren ohjausmallin heikkona puolena Zhai ja MacKenzie pitävät sitä, kun pitkiä matkoja hiirtä liikuttaessa käyttäjä joutuu välillä nostamaan hiiren pois alustalta ja laskemaan sen taas takaisin alustalle. Tätä ongelmaa on pyritty ratkaisemaan kiihdyttämällä osoittimen nopeutta silloin, kun hiirtä liikutetaan

pitkän matkaa. Ratkaisun heikkona puolena kuitenkin on hiiren tarkkuuden kärsiminen.

2.1.2. Ohjauspallo ja ohjaussauva

Ohjauspallon (trackball) toiminnallisuus on samankaltainen hiiren kanssa. Ohjauspalloa käytettäessä käyttäjä pitää kättään paikoillaan ja pyörittää sormillaan laitteessa olevaa palloa, joka siirtää näytölle piirrettyä kohdistinta. Ohjauspalloa käytetään lähinnä kannettavien tietokoneiden kanssa tilan sääntämisen vuoksi, koska ohjauspallo ei tarvitse sitä tilaa mitä hiiri tarvitsee liikuttamiseen [Schomaker et al., 1995].

Ohjauspallon huonona puolena pidetään erityisesti raahaamisen vaikeutta. Kun ohjauspallon käyttöä vertaa esimerkiksi hiiren käyttöön on ohjauspallon avulla raahaaminen huomattavasti vaikeampaa [MacKenzie *et al.*, 1991]. Ohjauspalloa käytettäessä palloa tulee pyörittää sormilla jotta saadaan osoitin liikkumaan ja samalla tulee painaa raahauksen osoittavaa painiketta kun taas hiirtä käytettäessä osoittimen liikuttamiseen tarvittava liike tapahtuu siirtämällä koko hiirtä kädellä jolloin sormet ovat vapaina muuhun toimintaan [MacKenzie and Oniszczak, 1998].

Ohjaussauvoja (joystick) käytetään pääasiassa viihdeteollisuudessa [Schomaker *et al.*, 1995]. Ohjaussauvoissa on yleensä sauva jota liikuttamalla käyttäjä pystyy liikuttamaan osoitinta haluamaansa suuntaan. Sauvan lisäksi ohjaussauvoissa on yksi tai useampi painike.

2.1.3. Kosketusnäyttö ja kosketuslevy

Kosketusnäyttö ja -levy toimivat kynällä tai sormenpäillä koskettamalla. Kosketusnäyttöä käytettäessä käyttäjä koskettaa suoraan näyttöä. Molempia käytetään pääasiassa yksinkertaisissa osoittamis- ja valitsemistehtävissä. Kosketuslevyjä käytetään lähinnä kämmenmikroissa, mutta kosketuslevyjä on myös saatavilla pöytäkoneisiin. Kuitenkin useimmat ihmiset käyttävät mieluummin hiirtä [MacKenzie and Oniszczak, 1997].

Kosketuslevyissä on kaksi yleisesti käyttöön otettua tapaa valitsemiseen. Näitä tapoja ovat toiminto *nosta ja koputa* (lift-and-tap) tai fyysisen napin painaminen [MacKenzie and Oniszczak, 1997].

Useimmat kosketuslevyt sisältävät nappeja, joita tyypillisesti käytetään joko etusormella tai peukalolla. Jos nappia käytetään etusormella, joutuu käyttäjä siirtämään sormea kosketuslevyn ja napin välillä mikä vaikeuttaa työskentelyä. Peukaloa käytettäessä käytetään samoja lihaksia ja ruumiinjäseniä sekä kohdistamiseen että valitsemiseen, jolloin kohdistaminen ja valinta sekoittavat

toisiaan. Useimmat kosketuslevyt kuitenkin tukevat toimintoa nosta ja koputa napin painamisen vaihtoehtona [MacKenzie and Oniszczak, 1997].

2.1.4. Valokynä

Valokynä (light-pen) on ollut käytössä ainakin vuodesta 1954. Vuonna 1965 kehitetty hiiri on kuitenkin syrjäyttänyt valokynän hyvin pitkälle [Myers, 1998].

Valokynässä on kuitenkin joitakin piirteitä, minkä takia valokynä voisi olla parempi kuin hiiri. Hiiren ongelmana on se, että liikuteltava hiiri sijaitsee eri paikassa kuin palautteen antava kohdistin. Valokynän avulla ihminen voi osoittaa suoraan näyttöpinnalla esitettyä objektia. Valokynä vaatii kynän muotoisen kohdistimen asettamisen kuvaruudun pinnalle. Sen parhaimpana puolena voidaan pitää sitä, että sillä voidaan osoittaa samaa kohtaa, josta saadaan palaute; esimerkiksi piirrettäessä viivaa näyttöruudulle, viiva sijaitsee juuri valokynän kärjen alapuolella. Siten piirtäminen valokynällä muistuttaa hyvin paljon piirtämistä tavallisella kynällä paperille [Inkwell systems, 2002; Buxton, 1995].

Valokynä (light pen) sisältää valovastaanottimen. Kun kynän kärki asetetaan tietokoneen näyttöruudulle, vastaanotin aistii hetken, jolloin näytönohjaimen muodostama pyyhkäisysignaali kulkee sen ohi. Kun valokynän vastaanotin ilmoittaa pyyhkäisysignaalin olevan sen kohdalla, kynän ohjain tarkastaa näytönohjaimelta, missä kohtaa pyyhkäisysignaali on juuri sillä hetkellä. Tästä valokynän ohjain saa selville kynän kärjen koordinaatit, jotka se tallentaa ohjaimen rekistereihin [Inkwell systems, 2002].

Toimintaperiaatteensa vuoksi valokynä toimii vain näytöissä, joiden toiminta perustuu pyyhkäisyyn, eli lähinnä yleisesti käytettävissä katodisädeputkinäytöissä. Sitä ei sen sijaan voi käyttää esimerkiksi nestekidenäyttöjen kanssa [Inkwell systems, 2002].

Koska kuvasignaali pyyhkäistään hyvin nopeasti ruudun yli, aiheuttaa pienikin valokynän ja näytönohjaimen välinen viive poikkeaman kynän todellisen ja havaitun sijainnin välille. Tämän vuoksi valokynän vaakatarkkuus on yleensä huomattavasti pystysuuntaista tarkkuutta pienempi [Inkwell systems, 2002].

Valokynä ja kosketusnäyttö ovat käyttäjän kannalta hyvin samanlaisia. Molempia käyttäessä käyttäjä koskettaa joko kynällä tai sormenpäällä suoraan näytöllä näkyvää kohdetta. Ero on lähinnä tekniikassa, valokynässä tekniikka on itse kynässä, kun taas kosketusnäytössä tarvittava tekniikka on näyttöruudun edessä olevassa kosketuspinnassa.

2.2. Osoitinlaitteiden avulla yleisesti käytettyjä vuorovaikutustekniikoita

Osoitinlaitteiden tärkein tehtävä on luonnollisesti osoittaminen. Toiminto *osoita ja napsauta* on graafisten käyttöliittymien vuorovaikutustekniikoista yleisin

[MacKenzie et al., 2001]. Toinen hyvin usein graafisiin käyttöliittymiin yhdistetty vuorovaikutustapa on *raahaa ja pudota* -toiminto. Tässä kohdassa esittelen tarkemmin näitä vuorovaikutustekniikoita.

Osoittaminen graafisissa käyttöliittymissä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että käyttäjä osoittaa jollakin osoitinlaitteella jotakin näyttöruudulla olevaa kohdetta. Osoittaminen voi tapahtua osoittamalla suoraan näyttöruudulla olevaa kohdetta esimerkiksi valokynän avulla tai käyttäjä voi siirtää näytölle piirrettyä kohdistinta osoittamaan näyttöruudulla olevaa kohdetta esimerkiksi hiiren avulla.

Osoita ja napsauta -toiminnossa napsauttaminen tarkoittaa yleensä kohteen valitsemista. Esimerkiksi hiirtä käytettäessä tämä tapahtuu osoittamalla haluttua kohdetta ja tämän jälkeen valitsemalla kohde napsauttamalla hiiressä olevaa painiketta.

Raahaa ja pudota -toiminnolla tarkoitetaan sitä, että käyttäjä siirtää osoitinlaitteen avulla näyttöruudulla näkyvän kohteen toiseen paikkaan näyttöruutua. Siirtäminen tapahtuu esimerkiksi hiirtä käytettäessä siten, että käyttäjä siirtää näyttöruudulla näkyvän osoittimen siirrettävän kohteen päälle ja valitsee kohteen painamalla hiiren painikkeen alas. Tämän jälkeen käyttäjä siirtää hiiren osoittimen siihen paikkaan, mihin haluaa siirrettävän kohteen siirtää, pitäen hiiren painiketta koko ajan alhaalla. Kun hiiren osoitin on halutussa paikassa, käyttäjä vapauttaa hiiren painikkeen, ja siirrettävä kohde siirtyy haluttuun paikkaan. Kohde ikään kuin 'raahataan' haluttuun paikkaan ja 'pudotetaan' sinne. Yleensä siirrettävä kohde näyttää raahatessa siirtyvän osoittimen mukana paikasta toiseen.

Osoita ja napsauta -toiminnosta puhuttaessa käytetään yleisesti vain termiä *osoitus* ja raahaa ja pudota -toiminnosta puhuttaessa käytetään yleisesti termiä *raahaus*. Jatkossa käytänkin näitä termejä. Vaikka osoitus ja raahaus ovatkin vain kaksi eri vuorovaikutustapaa voidaan mielestäni eri vuorovaikutustapojen tarkempi kuvaaminen jättää näihin kahteen. On kuitenkin huomatta, että vaikka olenkin esitellyt osoittamista ja raahaus kahtena erilaisena toimintona, ovat osoittaminen ja raahaus kuitenkin hyvin samankaltaisia toimintoja keskenään [MacKenzie et al., 1991]. Toki osoitinlaitteilla voidaan esimerkiksi piirtää, mutta kyseessä on kuitenkin toiminto mitä käytetään lähinnä erityisissä piirtosovelluksissa, kun taas tässä tutkimuksessa pyrin keskittymään yleisempään työpöytätyöskentelyyn.

2.3. Osoitinlaitteiden keskinäinen paremmuus yleisimmissä vuorovaikutustilanteissa

Scott MacKenzie tutkimusryhmineen [MacKenzie *et al.*, 1991] on tutkinut kolmen eri osoitinlaitteen, hiiren, ohjauspallon ja piirtotabletin paremmuutta osoittamis- ja raahaustehtävissä. Osoittamista ja raahausta testattiin ohjelmalla jossa näytölle oli piirretty kaksi korkeaa ja kapeaa suorakaidetta. Osoittamistehtävässä koehenkilöiden tuli osoittaa suorakaiteita niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista ja raahaustehtävässä koehenkilöiden tuli raahata toisen suorakaiteen sisällä oleva kohde toisen suorakaiteen sisälle. Testiin osallistui kaksitoista henkilöä.

Raahaustehtävässä virheiden määrä oli suuri, kun käytettiin ohjauspalloa. Tämän arvioitiin johtuvan siitä, että ohjauspalloa käytettäessä käyttäjä joutuu sekä pyörittämään ohjauspalloa että painamaan raahausta osoittavaa painiketta peukalollaan, jolloin napin alhaalla pitäminen tuottaa vaikeuksia. Ohjauspallo ei myöskään pärjännyt nopeudessa. Ohjauspallo oli hitain sekä osoittamis- että raahaustehtävässä. Nopeimmaksi laitteeksi sekä osoittamis- että raahaustehtävässä osoittautui piirtotabletti. Tarkimmaksi laitteeksi raahaustehtävässä osoittautui hiiri. Kaikki laitteet olivat lähes yhtä tarkkoja osoittamistehtävässä. Erot laitteiden välillä tulivatkin esiin raahaustehtävässä. Vaikka raahaus osoit-tautuikin erityisen hankalaksi ohjauspalloa käytettäessä, raahaaminen oli muillakin osoitinlaitteilla hankalaa.

MacKenzien tutkimuksesta ei käynyt ilmi, olivatko koehenkilöt käyttäneet jotakin kokeessa käytettyä osoitinlaitetta aikaisemmin. Tämä saattaa jonkin verran vaikuttaa tuloksiin. Jos koehenkilöt olivat kokeneita hiiren käyttäjiä, mutta eivät olleet käyttäneet ohjauspalloa aikaisemmin, on luonnollista, että hiirtä osattiin käyttää paremmin.

Vaikka MacKenzien tutkimusryhmineen tekemässä tutkimuksessa tarkoituksena oli tutkia eri osoitinlaitteiden paremmuutta, voidaan tutkimustuloksista myös päätellä, että juuri raahaus on toiminto, mikä tuottaa hankaluuksia, ei niinkään osoittaminen. Tulos ei ole mikään yllätys, sillä onhan osoitinlaitteet suunniteltu nimenomaan osoittamiseen.

3. Aistit ja niiden hyödyntäminen tietokoneen käytössä

Aistien tehtävänä on välittää elimistölle tietoa ympäristön ärsykkeistä. Elimistö kerää tietoa tiettyjen aistinelinten avulla. Aistinelinten vastaanottajasoluissa, eli reseptoreissa, tapahtuu ärsykkeiden vaikutuksesta sähköisiä muutoksia, jotka yleensä muuttavat paikallisesti solukalvon jännitettä. Jännitemuutokset etenevät aistinsolun vievään haarakkeeseen. Mikäli jännitemuutokset ovat tarpeeksi suuria, eli niin sanottu kynnyсарvo ylittyy, muodostuu heikkoja sähköimpulsseja, jotka siirtyvät keskushermostoon ja syntyy aistimus. Ärsykkeiden voimakkuutta kuvataan intensiteetillä ja laatua modaliteetilla [Schomaker *et al.*, 1995].

Ihmisen tärkeimpinä aisteina pidetään tunto-, näkö-, kuulo-, maku- ja hajuaisteja. Työpöytätyöskentelyn kannalta mielenkiintoisimpia aisteja ovat näkö-, kuulo- ja tuntoaistit, joten tässä kohdassa esittelen tarkemmin näiden aistien toimintaa. Aistien toiminnan lisäksi käsittelen myös sitä, miten niitä on hyödynnetty työpöytäympäristössä. Maku- ja hajuaistit jätän käsittelemättä, koska makuaisti ei ole kovin käytännöllinen ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa ja hajuaistin käytössä on käytännön ongelmia.

3.1. Näköaisti

Tietokonetta käytettäessä näköaistilla on suurin rooli tiedon keruussa. Näköaistin monimutkaisuutta ja kehittyneisyyttä ei ymmärretä vielä läheskään täydellisesti, mutta näköaistin ominaisuuksista on kerätty suuret määrät kokeellista tietoa [Schomaker *et al.*, 1995]. Kirkkauden, värin, liikkeen ja etäisyyden havaitseminen ovat tietokoneen käytön kannalta näköaistin tärkeimmät ominaisuudet.

Tietokoneen näyttö on hallitseva tiedon ulostulokanava tietokonetta käytettäessä. Nykyaikaiset tietokoneen näytöt mahdollistavat monenlaisia käytännöllisiä muuttuvia ulottuvuuksia, kuten väri tai vaihtuva resoluutio.

3.1.1. Värien ja kirkkauden havaitseminen

Kirkkauden havaitsemisessa kyse on pinnalta heijastuvan valon voimakkuuden havaitsemisesta. Pinnalta heijastuvan valon määrään vaikuttavat pintaan osuvan valon määrä ja pinnan heijastuskyky. Näköjärjestelmä reagoi hyvin muuttuvaan ärsykkeeseen, mutta huonosti tai ei ollenkaan muuttumattomana pysyvään. Teräväreunaiset alueet pysyvät hyvin näkyvissä, mutta pehmeäreunaiset häviävät helposti [Laarni, 1998].

Värinäössä kyse on valon aallonpituuden havaitsemisessa. Koska silmiin tulevat valonsäteet ovat värittömiä, värinäkö on kokonaan hermotoiminnan

tulosta. Emme siis tiedä, havaitsevatko muut ihmiset värit samalla tavalla kuin me. Värin havaitsemista varten voidaan muuttaa värin kolmea eri ominaisuutta: värisävyä, värikylläisyyttä ja värin kirkkautta [Laarni, 1998].

Reseptoritasolla retinaliset reseptorit ovat herkkiä valon kirkkaudelle ja värille. Kuitenkin näillä raaka-aistimuksilla on vähän yhteistä havaitun valon ja värin kanssa. Reseptoreista saatu informaatio joutuu käymään lukuisten muutosten läpi. Näköjärjestelmä on herkempi valon voimakkuuden vaihteluille ja yrittää säilyttää värin muuttumattomana vaihtuvassa valaistuksessa. Tämän toteuttaminen on monimutkaista ja vaatii visuaalisen havaintokyvyn korkeamman tason piirteitä ja muistia [Schomaker *et al.*, 1995].

Valopiste saadaan näyttämään liikkuvalla monin eri tavoin, joista tärkeimmät tavat ovat varsinainen liike ja näennäinen liike. Varsinaisessa liikkeessä valo liikkuu fysikaalisesti paikasta toiseen. Näennäisliikkeessä valo välähtää peräkkäin kahdessa eri paikassa siten että peräkkäisten välähdysten aika on 40-400ms. Liikkeen havaitsemiseen vaikuttaa kohteen tausta, mihin havaitsija kohdistaa katseensa ja minkälainen liikkuva kohde ja tausta ovat kooltansa. Esimerkiksi ison kohteen on liikuttava nopeammin kuin pienen jotta se näyttäisi liikkuvan samaa vauhtia pienen kohteen kanssa [Laarni, 1998].

3.1.2. Kohteen etäisyyden arviointi

Kohteen etäisyyden arviointi perustuu lukuisten erilaisten vihjeiden käyttöön. Näitä vihjeitä ovat okulomotoriset vihjeet, kuvavihjeet, liikkeen tuottamat vihjeet ja stereonäkö [Laarni, 1998].

Okulomotoriset vihjeet eli konvergenssi-divergenssi ja akkommodaatio liittyvät silmiä kääntävien ja linssin kuperuutta säätelevien lihasten jännitystiloihin. Konvergenssi ja divergenssi liittyvät siihen, että kaukana olevia kohteita katsottaessa silmät kiertyvät ulospäin, kun taas lähellä olevia kohteita katsottaessa silmät kiertyvät nenää kohti eli sisäänpäin. Akkommodaatio perustuu silmälinssien kuperuuden muutokseen sen mukaan, kuinka lähellä tai kaukana katseltava kohde on. Okulomotoriset vihjeet toimivat vain hyvin lyhyillä etäisyyksillä [Laarni, 1998].

Kuvavihjeiden perusteella valokuvan eri kohteiden havaitaan sijaitsevan eri etäisyydellä. Näitä vihjeitä ovat peittäminen, esineen koko näkökentässä, ilma-kehän epäpuhtauksien ja väliin jäävän ilman vaikutus, korkeus jolla esineet ovat näkökentässä, koon tuttuus, viivaperspektiivi ja varjostus [Laarni, 1998].

Liikkeen tuottamia vihjeitä ovat ilmestyminen ja peittyminen sekä liikeparallaksi. Liikeparallaksilla tarkoitetaan eroja eri etäisyyksillä olevien liikenopeuksien välillä [Laarni, 1998]. Lähellä olevat kohteet näyttävät liikkuvan

nopeammin kuin kaukana olevat. Kaukana olevat kohteet myös peittyvät lähempänä olevien kohteiden taakse ja toisaalta taas ilmestyvät näkyviin niiden takaa.

Stereonäkö perustuu siihen, että eri etäisyyksillä olevista kohteista muodostuvat kuvat sijaitsevat hieman eri kohdissa vasemman ja oikean silmän verkkokalvoilla. Näitä kohtia joihin kuvat muodostuvat kutsutaan vastinpisteiksi. Sitä, kuinka paljon niiden vastinpisteiden paikat eroavat toisistaan kutsutaan eriävyydeksi. Näköaivokuoresta löytyy soluja, jotka reagoivat eri tavoin erisuuruisiin eriävyyksiin [Laarni, 1998].

Tietokonetta työpöytäympäristössä käytettäessä käyttökelpoisia ominaisuuksia kohteen etäisyyden määrittämiseen ovat kuvavihjeet ja liikkeen tuottamat vihjeet.

3.2. Kuuloaisti

Ihmisen aisteista kuuloa hyödynnetään toiseksi eniten ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa. Äänen avulla käyttäjälle voidaan välittää yksinkertaisia merkkiääniä, monimuotoisia ääniä, musiikkia ja puheääntä [Norman, 1998]. Tärkeimmät ominaisuudet kuulemisen kuvaamisessa ovat äänenkorkeus, äänenvoimakkuus, äänenväri ja äänen paikallistaminen [Schomaker *et al.*, 1995].

Äänenkorkeuden havaitsemisessa kyse on äänitaajuuden havaitsemisesta. Äänenkorkeuden ja äänentaajuuden välinen yhteys ei kuitenkaan ole suoraan verrannollinen, vaan suhde on logaritminen. Matalilla taajuuksilla voimakkaampi taajuus kuullaan yleensä matalampana kuin heikompi, korkeilla taajuuksilla asia on päin vastoin. Myös äänen voimakkuus vaikuttaa siihen, minkä korkuisena äänialto kuullaan [Laarni, 1998; Schomaker *et al.*, 1995].

Äänenvoimakkuuden havaitsemisessa kyse on ääniaallon amplitudin havaitsemisesta. Ihmisen kuuleman äänen voimakkuus riippuu sekä taajuudesta että kuulijasta, vaikka äänen intensiteetti pysyisikin vakiona. Ihminen pystyy tarkimmillaan havaitsemaan 0 desibelin voimakuisen äänen. 0 dB:tä kutsutaankin kuulokynnykseksi. Kuulon kipuraja tulee vastaan 120-130dB:n kohdalla [Laarni, 1998; Schomaker *et al.*, 1995].

Eri soittimilla soitetut saman korkuiset sävelet kuulostavat erilaisilta. Tämä johtuu äänenvärieroista. Äänenväriä avulla ihminen pystyy erottamaan äänet, joiden korkeus, voimakkuus ja kestoaika ovat samat [Laarni, 1998; Schomaker *et al.*, 1995].

Äänen paikallistaminen voidaan jakaa etäisyyden paikallistamiseen ja äänen tulosuuntaan. Äänen suunnan paikallistaminen perustuu äänisignaalien eroihin eri korvissa sekä äänen taajuuden muutoksiin yhdessä korvassa. Äänisignaalien

erot korvissa aiheutuvat siitä, että ääni saapuu hieman eri aikaan eri korviin ja eri korviin saapuvien äänten voimakkuudet eivät ole täysin samat. Äänen taa-juuden muutokset johtuvat siitä, miten ääni heijastuu korvialehden eri osissa. Äänen suunnan paikallistamisessa otetaan huomioon myös pään liikkeet. Äänen etäisyyden havaitseminen perustuu äänen suunnan ja äänenväriin muutokseen [Laarni, 1998; Schomaker *et al.*, 1995].

3.3. Tuntoaisti

Tuntoaisti on ihmisen aisteista moninainen. Tuntoaisti eroaa näkö, kuulo, haju ja makuaisteista siinä, että tuntoaistivien reseptoreja on muista aisteista poiketen joka puolella kehoa. Ihon, sisäelinten, lihasten ja nivelten tuntoreseptorit viestivät kivusta, kosketuksesta, lämpötilasta, paineesta ja asennosta.

Iho on hyvin monipuolinen elin. Yksi ihon ominaisuuksista on tuntoaisti. Ihon tuntoherkkyys vaihtelee huomattavasti eri ruumiinosissa. Tuntoaisti on herkin siellä, missä sitä tarvitaan eniten, eli kasvoissa, kielessä ja käsissä. Esimerkiksi sormenpäät ovat kymmenen kertaa herkempiä aistimaan ärsykkeen sijaintia kuin selkä [Zimbardo *et al.*, 1995]. Tuntoaistista voidaan erottaa ainakin viisi eri iho- ja tuntoaistimusta, joita ovat paine-, tunto-, värinä-, kylmä- ja lämpöaisti [Schomaker *et al.*, 1995]. Tuntoaistia sivuavat myös lihas- ja liikeaistit, jotka perustuvat lihasten supistumisesta ja tukirangan osien suhteellisesta sijainnista saatuaan tietoon [Laarni, 1998].

Ihossa on neljä erilaista reseptorirakennetta jotka ovat herkkiä erityyppisille ärsytyksille, sekä neljä erilaista mekaanisesti reagoivaa säiettä jotka liittyvät näihin reseptoreihin. Ihossa ei ole kohtaa, joka sisältäisi vain yhden tyyppisiä reseptoreja. Tuntoaistimuksen välittämistä varten ihmisellä on neljä hermo-kanavaa, joista jokainen vastaa yhtä psykofyysistä kanavaa, joista jokainen on herkistynyt erityyppiselle tuntoaistimukselle [Goldstein, 1999].

Työpöytäympäristössä ihmiset, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia, kuten esimerkiksi näkövammaisia, käyttävät pääasiassa näköaistiaan ja jonkin verran myös kuuloaistiaan. Tuntoaistia on hyödynnetty lähinnä tietokonepeleissä ja virtuaalimaailmoissa sekä passiivisesti osoitinlaitteiden kineettisen palautteen kautta. Ensimmäiset tuntoaistia hyödyntävät laitteet, jotka hintatasoltaan ovat tavallisen käyttäjän ulottuvilla, onkin kehitelty tietokonepelejä varten. Kuitenkin tuntoaistin hyödyntäminen voisi joissakin tilanteissa olla parempi kuin äänen käyttäminen. Jos samassa tilassa työskentelee useita ihmisiä, voi ääni häiritä muita huoneessa työskenteleviä. Tuntopalaute puolestaan on henkilökohtainen palaute, joten se ei muita häiritse.

Tietokonetta käyttäessään ihminen käyttää syöttölaitteena yleensä näppäimistöä ja hiirtä. Muita käytettyjä syöttölaitteita ovat erilaiset kynät ja piirtoalustat sekä lähinnä tietokonepeleissä käytetyt ratti, ohjaussauva ja levy. Myös äänen avulla voidaan ohjata tietokonetta, mutta lähes yleisesti tietokonetta käytettäessä käytetään jotakin syöttölaitetta joka tarvitsee fyysisen kosketuksen. Hiiri on näistä syöttölaitteista ylivoimaisesti yleisin graafisissa käyttöliittymiä käytettäessä. Koska hiiri ja lähes kaikki muutkin syöttötavat vaativat fyysisen kosketuksen, on tuntopalautteen käyttäminen helposti lisättävä toiminto ilman että tarvittaisiin erillisiä laitteita.

Tuntoaistin hyödyntäminen on melko tutkimaton alue ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa lukuun ottamatta joitakin erityisryhmien käytössä olevia kalliita erityissovelluksia. Tuntopalautetta antavia laitteita on kuitenkin viime vuosien aikana tullut myös tavallisten ihmisten ulottuville lähinnä tietokonepeleissä käytettävien ohjainten, kuten esimerkiksi tunto- ja voimapalauterattien ja hiirten muodossa. Ihminen kyllä tuntee hiiren kädessään ja sen, että hiiren tai näppäimistön näppäin menee pohjaan sitä painettaessa ja nousee vapauttaessa ylös. Ihminen saa tietoa hiiren liikkeistä myös lihas- ja liikeaistien perusteella. Tavallinen hiiri itsessään ei kuitenkaan tuota aktiivisesti tuntopalautetta.

Koska tuntoaisti on monipuolinen ja oikeassa maailmassa hyvin tärkeä aisti, sitä tulisi hyödyntää paremmin myös käyttöliittymissä.

4. Ääni apuna graafisten käyttöliittymien komponenttien hallinnassa

Ääntä käytetään hyväksi tietokoneen kanssa työskennellessä, vaikka ohjelmisto ei varsinaisesti tukisikaan ääntä. Esimerkiksi kovalevy ja kirjoitin pitävät ääntä. Jos esimerkiksi tallentaessa mitään ääntä ei kuuluisi, ihminen saattaa epäillä jostain olevan vialla. Ääntä kuitenkin käytetään tietokoneen yhteydessä muutenkin. Äänellä saatetaan ilmoittaa esimerkiksi sähköpostin saapumisesta tai virhetilanteesta virhedialogin ilmestyessä. Tässä luvussa selvitän miten ääntä on käytetty työpöytäympäristössä ja mitä äänen käytöstä työpöytäympäristössä on tutkittu. Tässä luvussa tarkoitan äänen käytöllä lähinnä ei-puheäänen (non-speech audio) käyttöä.

Tässä kohdassa esittelen mitä käytettävyyso ongelmia graafisten käyttöliittymien komponenttien käyttämisessä voi olla, ja miten äänen lisääminen voisi aikaisempien tutkimusten mukaan ratkaista ongelmia.

4.1. Viestiruutu ja ikkuna

Viestiruuduilla (dialog box) on kaksi päätarkoitusta. Järjestelmä voi käyttää viestiruutua ilmoittaakseen käyttäjälle esimerkiksi virheestä. Vaihtoehtoisesti viestiruutua voidaan käyttää ihmisen ja tietokoneen väliseen keskusteluun. Viestiruudussa käyttäjä voi esimerkiksi valita erilaisia asetuksia. Viestiruutuja on pääasiassa kahdenlaisia: modaalisia ja modaalittomia [Brewster, 1994; Apple 1996].

Modaaliset viestiruudut laittavat käyttäjän tilaan, missä on mahdollista työskennellä vain kyseisessä viestiruudussa. Modaalisia viestiruutuja käytetään pääasiassa esittämään tärkeää tietoa, mitä käyttäjän tulee huomata, ennen kuin tekee mitään muuta. Jos käyttäjä yrittää vaikka kirjoittaa tekstiä modaalisen dialogin ulkopuolella, näppäimen painallukset hukkuvat. Jos taas käyttäjä yrittää napsauttaa esimerkiksi hiirellä modaalisen ulkopuolelta, järjestelmä yleensä piippaa, mutta mitään muuta ei tapahdu [Brewster, 1994; Apple 1996].

Brewster [1994] on kirjoittanut viestiruutujen ja ikkunoiden (windows) ongelmista. Ongelmana modaalisisissa viestiruuduissa on se, että osa käyttäjistä katsoo näppäimistöä kirjoittaessaan tekstiä, eikä näin ollen huomaa viestiruudun ilmaantumista. Näin ollen heidän näppäimen painalluksensa hukkuvat. Ongelmia syntyy helposti myös tutkimuksia kirjoittaessa, kun käyttäjä joutuu esimerkiksi katsomaan pöydällä olevaa paperia samalla kun kirjoittaa tekstiä. Paperia katsoessa ei viestiruudun ilmaantumista välttämättä huomaa. Käyttäjä voi myös unohtaa viestiruudun esimerkiksi käydessään hakemassa kupillisen

kahvia, jolloin palatessaan hän mahdollisesti jatkaa kirjoittamista ja jälleen näppäimen painallukset hukkuvat. Tämä ongelma ei ehkä ole kovin tavallinen, mutta mahdollinen se toki on.

Modaalittomissa viestiruuduissa käyttäjä voi jättää viestiruudun taustalle ja jatkaa työskentelyä. Ongelmia tulee, jos käyttäjä ei huomaa aktiivista viestiruutua ja jatkaa kirjoittamista. Käyttäjä ei myöskään välttämättä huomaa, ettei modaaliton viestiruutu ole aktiivinen silloin kun hän yrittää käyttää sitä.

Ikkunoissa esiintyvät suurimmat virheet ovat hyvin samankaltaisia kuin viestiruuduissa. Moni-ikkunaisissa järjestelmissä käyttäjällä saattaa olla eri ikkuna aktiivisena kuin hän luulee, jolloin näppäimistöllä kirjoittaminen saattaa aiheuttaa näppäinten painallusten hukkumisen tai käyttäjä voi huomaamattaan kirjoittaa väärään paikkaan.

Viestiruuduissa ja ikkunoissa esiintyviä ongelmia modaalisten dialogien yhteydessä on ratkaistu yleensä siten, että kun käyttäjä yrittää esimerkiksi hiiren avulla valita jonkin kohteen modaalisen ikkunan ulkopuolelta, kuuluu varoittava ääni. Ääni kuuluu myöskin silloin, kun käyttäjä yrittää kirjoittaa jotakin näppäimistön avulla, mutta kirjoittaminen ei ole mahdollista.

4.2. Painike

Painikkeet (button) ovat yksi perustavanlaatuisimmista komponenteista graafisissa käyttöliittymissä. Sekaannuksen välttämiseksi käytän termejä näyttöpainike kun kyseessä on painike näytöllä ja hiiripainike kun kyseessä on hiiressä oleva painike.

Alan Dix ja Stephen Brewster [Dix and Brewster, 1994] ovat tutkineet mitä ongelmia näyttöpainikkeista löytyy. Tärkein ongelma on, että käyttäjä luulee painaneensa painiketta silloin kun hän ei ole sitä tehnyt. Näin tapahtuu silloin, kun käyttäjä siirtää hiiren osoittimen pois näyttöpainikkeen päältä ennen kuin hiirenpainike on vapautettu. Tämä aiheuttaa ongelmia palautteen suhteen. Kun käyttäjä painaa näyttöpainiketta, käyttäjä saa visuaalista palautetta; näyttöpainike korostuu esimerkiksi siten että painike näyttää painuvan pohjaan. Kun käyttäjä vapauttaa hiirenpainikkeen osoittimen yhä ollessa näyttöpainikkeen päällä muuttuu näyttöpainike takaisin ei-korostuneeksi ja toiminta tapahtuu. Kun käyttäjä vapauttaa hiirenpainikkeen silloin kun osoitin ei ole näyttöpainikkeen päällä, muuttuu painike ei-korostuneeksi mutta toiminta ei tapahdu. Palaute näissä kahdessa eri toiminnassa on samanlainen.

Brewsterin [Brewster, 1994] mielestä äänipalaute voisi ratkaista ongelman. Esimerkiksi hetkellinen ääni voisi kuulua kun hiirenpainike painetaan alas ja vapautetaan näytön painikkeen päällä. Tällöin epäonnistuneesta painallusta ei

kuuluisi ääntä ja palaute onnistuneessa ja epäonnistuneessa painalluksessa eroaisi toisistaan. Myös visuaalista palautetta tilanteessa voisi parantaa, eli kahdessa eri tilanteessa tulisi olla erilaiset palautteet, mutta Brewsterin mielestä äänipalaute on parempi vaihtoehto, koska visuaalisen palautteen huomataksaan täytyy käyttäjän katsoa oikeaan paikkaan.

4.3. Välineruutu

Välineruudut (tool box) ovat lajitelma painikkeita joista vain yksi kerrallaan voi olla aktiivinen, kuten radionapissa (radio button). Välineruutua (tool box) käytetään usein esimerkiksi piirto-ohjelmissa, joissa käyttäjä voi valita välineruudusta erilaisia työkaluja esimerkiksi viivan tai ympyrän piirtämiseen. Valintaruudussa sen työkalun painike, mikä milloinkin on valittuna, näkyy korostettuna. Palaute on jatkuvaa, eli käyttäjä voi nähdä milloin mikäkin työkalu on valittuna.

Valintaruuduissa on myös ongelmansa. Brewster [1994] esittelee seuraavanlaisen ongelman esimerkkinä tyypillisestä ongelmasta: Käyttäjä piirtää ympyrän käyttäen ympyräpiirtoon tarkoitettua työkalua. Tämän jälkeen käyttäjä haluaa siirtää ympyrän paikkaa mutta unohtaa vaihtaa työkalua, joten ympyrän paikan siirto ei onnistu. Yksi syy tähän ongelmaan on se, että palaute on huonosti nähtävissä. Välineruutu on usein sijoitettu näytön laitaan pois työskentelyalueelta ja samalla pois siitä osasta näkökenttää mihin käyttäjä on tarkentanut katseensa. Palaute siitä tilasta, mikä kulloinkin on valittuna, on näkymättömissä silloin, kun käyttäjä sitä tarvitsee.

Yksi ratkaisu tähän ongelmaan on cursorin muuttuminen sen mukaan mikä työkalu on valittuna. Osa piirto-ohjelmista käyttääkin tätä mahdollisuutta ainakin osittain. Tästä kuitenkin saattaa seurata joitakin ongelmia, kuten osoitin voi peittää osoittimen alla olevaa työtä ollessaan liian iso. Osoittimesta voi olla myös hankala, tietää mikä kohta tarkalleen on osoittimen kärki, jos osoitin ei ole standardinmuotoinen.

Brewsterin [Brewster, 1994] mielestä ongelman voisi ratkaista äänen avulla. Äänipalaute voisi kertoa, mikä työkalu on milloinkin valittuna siten, että aktiivisena olevaan työkaluun kuuluva ääni kuuluisi silloin kun hiirenpainike alhaalle painettuna. Tällöin käyttäjä tietäisi heti työskentelyä aloittaessaan, onko oikea työkalu valittuna.

4.4. Valikot

Valikot (menu) ovat hyvin samankaltaisia painikkeiden kanssa. Valikosta valitaan toiminto liikuttamalla hiirtä valikkoa pitkin ylös tai alaspäin hiiren painikkeen ollessa pohjassa ja vapauttamalla hiiren painike halutun toiminnon

kohdalla. Käyttäjä voi myös päättää olla valitsematta mitään siirtämällä hiiren pois valikon päältä painikkeen yhä ollessa alhaalla ja vapauttamalla painikkeen vasta tämän jälkeen. Tämä kuitenkin voi aiheuttaa samankaltaisen virheen kuin näyttöpainiketta käytettäessä eli käyttäjä voi vahingossa siirtää osoittimen pois valikon päältä painikkeen ollessa yhä alhaalla [Brewster, 1994].

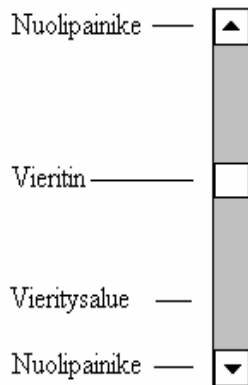
Nykyään valikoita voidaan käyttää usein myös siten, että valikko avataan napsauttamalla hiiren painiketta, jolloin hiiren painikkeen ei tarvitse olla alhaalla valittaessa toimintoa, vaan toiminnon voi valita napsauttamalla hiirenpainiketta halutun toiminnon kohdalla aivan kuten näyttöpainikkeita käytettäessä. Tällöin ongelma ei ole aivan samanlainen kuin Brewsterin edellisessä kappaleessa esittämä. Tässä tapauksessa ongelma tulee ilmi silloin, jos käyttäjä siirtää vahingossa osoittimen pois valikon päältä ennen kuin on valinnut toiminnon painamalla hiiren painiketta. Kuitenkin ongelman ratkaisu voisi olla samanlainen. Brewsterin mukaan ongelma voidaan ratkaista hyvin samankaltaisesti kuin painikkeiden kohdalla jolloin onnistunut valikosta valitseminen aiheuttaa äänen josta käyttäjä tietää valikosta valitsemisen onnistuneen.

Toinen valikoissa esiintyvä ongelma on Brewsterin mukaan sellainen, että käyttäjä siirtää vahingossa osoitinta ylös tai alaspäin, jolloin väärä valikon kohta tulee valituksi. Ratkaisuksi tähän ongelmaan Brewster ehdottaa ääntä, mikä kuuluisi koko ajan kun valikko on auki. Liikutettaessa osoitinta ylös tai alaspäin valikkoa pitkin, ääni muuttuisi jokaisen kohteen kohdalla hieman korkeammaksi tai matalammaksi.

Vaikka edellisessä kappaleessa esitetty ongelma toistuu niin Brewsterin kuvaamissa valikoissa kuin uudemmissakin, ratkaisu ei välttämättä sovi molempiin tapauksiin. Nykyaikaisissa ohjelmissa valikon voi yleensä jättää auki vaikka lähtisikin pois työpöydän äärestä tai vastaisi välillä puhelimeen. Tästä seuraa se, että ääni saattaisi jäädä päälle. Tämä olisi todennäköisesti raivostuttava esimerkiksi muitten samassa huoneessa työskentelevien mielestä.

4.5. Liukusäädin

Luettaessa tekstiä tietokoneen näytöltä usein törmää sellaisiin tilanteisiin, ettei teksti mahdu kerralla näytölle. Graafisissa käyttöliittymissä asia on usein ratkaistu siten että käyttäjä voi vierittää näyttöä jolloin yleensä näytön oikeassa reunassa on liukusäädin (kuva 1), englanniksi scroll bar.



Kuva 1: Liukusäädin

Liukusäädintä käytetään sivun vierittämiseen vaaka- tai pystysuunnassa. Kuvassa oleva liukusäädin on tarkemmin pystyliuku ja siinä olevat osat ovat liukusäätimen molemmissa päissä olevat nuolipainikkeet, harmaa vieritysalue ja vieritin, joka kuvassa on valkoinen neliö.

Liukusäädintä voidaan käyttää useilla eri tavoilla. Käyttäjä voi painaa tai napsauttaa liukusäätimen päissä nuolipainikkeita tai harmaata vieritysaluetta, tai käyttäjä voi raahata liukusäätimen vieritintä.

Liukusäätimen käytön tyypillisiä ongelmia ovat [Brewster, 1994]:

1. käyttäjä ei tiedä missä kohtaa ollaan vierittämässä,
2. käyttäjä yrittää vahingossa vierittää vieritintä pois vieritysalueelta,
3. vierittimen hyppiminen vieritysalueella aiheuttaa hämmennystä käyttäjälle

Brewster [1994] on pyrkinyt ratkaisemaan näitä ongelmia äänen avulla. Brewsterin mukaan sellaisia ongelmia liukusäätimen käytössä, joihin voisi löytää ratkaisu äänipalautteesta, ovat vierittimen raahaaminen ulos vieritysalueelta ja 'kenguruhyppely' (englanniksi 'Kangarooing'). Kenguruhyppely-ilmiö tarkoittaa sitä, kun käyttäjä napsauttaa vieritysaluetta, vieritin hyppää napsautuskohdan vastakkaiselle puolelle, jolloin hiiren napsauttaminen toisen kerran samassa kohdassa muuttaa vierityksen suuntaa.

Ongelman, jossa käyttäjä yrittää vahingossa vierittää vieritintä pois vieritysalueelta, voisi Brewsterin mukaan ratkaista siten, että äänipalautetta kuuluu silloin, kun käyttäjä on raahaamassa vieritintä vieritysalueella. Kun käyttäjä vetää hiiren pois vieritysalueelta, ääni muuttuu, jolloin käyttäjä huomaa tämän muutoksen. Tämä ääni jatkuisi niin kauan, kunnes käyttäjä siirtää hiiren takaisin vieritysalueelle tai vapauttaa hiiren painikkeen. Toinen vaihtoehto

Brewsterin mukaan olisi sellainen, että ääni loppuisi silloin, kun käyttäjä siirtää hiiren pois vieritysalueelta.

Toistettu hiiren napsauttaminen vieritysalueella saattaa aiheuttaa 'Kenguruhyppelyn'. Hiiren napsauttaminen vieritysalueella vierittimen ylä- tai alapuolella vierittää ikkunan sisältöä ja vieritintä ikkunan kokoisia askelmia. Vierittimen alapuolella napsauttaminen vierittää alaspäin ja yläpuolella napsauttaminen ylöspäin. Kun hiirtä napsautetaan esimerkiksi aivan vierittimen alapuolella, vieritin ja ikkunan sisältö siirtyvät alaspäin, jolloin vieritin onkin hiiren kohdistimen yläpuolella. Nyt kun hiirtä napsautetaan uudestaan siirtyy vieritin ja ikkunan sisältö takaisin ylöspäin. Kun hiiren napsauttamista jatketaan hyppii hiiren osoitin edestakaisin. Tämä jatkuu niin kauan, kunnes painikkeen napsauttelu lopetetaan. Käyttäjä ei välttämättä huomaa tätä edestakaisin hyppimistä, 'kenguruhyppelyä', koska vieritys tapahtuu niin nopeasti, ettei tekstiä ehdi lukea.

Brewsterin mukaan ääntä voidaan käyttää apuna ratkaisemaan 'kenguruhyppelyn' ongelma. Ongelma voisi ratkaista esimerkiksi siten että matala ääni kuuluu kun vieritetään alaspäin ja korkea kun vieritetään ylöspäin. Tällöin käyttäjä tietää, milloin vieritys vaihtaa suuntaa.

'Kenguruhyppelyä' ei nykyään juurikaan käyttöliittymissä esiinny, koska uusissa sovelluksissa käytetään yleensä liukusäädintä, jossa vierittimen koko muuntuu vieritettävän ikkunan mukaan.

5. Tuntopalautteen käyttö työpöytäympäristössä

Äänen käyttöä vastustetaan usein turhan melun takia. Äänen ajatellaan tuovan työympäristöön turhaa meteliä. Tuntopalautteen käyttö äänen sijaan poistaa turhaa ääntä ja joissakin tilanteissa tuntopalaute voisi olla parempi ratkaisu kuin ääni. Kuitenkin, kuten äänen käytössä, myös tuntopalautteen käytössä pitää välttää tuntopalautteen turhaa käyttöä. Liiallinen tuntopalautteen käyttö on yhtälailla häiritsevää ja ärsyttävää kuin liiallinen äänen käyttö. Pitääkin miettiä tarkkaan, missä tilanteissa tuntopalautteesta olisi eniten hyötyä ja missä tilanteissa tuntopalaute voisi korvata äänen. Äänipalautteen ollessa kyseessä käyttäjän ei tarvitse olla tietokoneen ääressä eikä katsoa näyttöä saadakseen informaation. Tuntopalautteen ollessa kyseessä käyttäjän pitää olla koneen ääressä ja olla kosketuksissa tuntopalautetta tuottavan laitteen kanssa, kuten esimerkiksi pitää kiinni hiirestä. Tässä luvussa pyrin selvittämään miten tuntopalautetta tulisi käyttää ja mitä tuntopalautteesta on aikaisemmin tutkittu.

5.1. Tuntopalautehiiri

Logitech on ensimmäisenä tuonut markkinoille tuntopalautehiiren. Immersion ja Logitech ovat työskennelleet yhdessä vuodesta 1998. Heidän tarkoituksenaan on ollut kehittää hiiri, joka antaa käyttäjälle kosketuskokemuksen silloin, kun käyttäjä työskentelee tietokoneen kanssa. Immersionin TouchSense-teknologian ja Logitechin yhteistyön tuloksena julkaistiin vuoden 1999 lopussa WingMan Force Feedback hiiri. Hiiri, kuten nimestä jo voi päätellä, ei ole pelkästään tuntopalautehiiri, vaan siinä on mukana myös voimapalaute. Logitech on kuitenkin tuonut markkinoille myös useita pelkästään tuntopalautehiiriä, kuten tässä tutkimuksessa käytetyn iFeel hiiren [Immersion, 2002; Logitech, 2002].

Logitechin valmistamat tuntopalautehiiret antavat tavalliselle tietokoneen käyttäjälle mahdollisuuden käyttää tuntopalautetta hyödyksi. Hinnaltaan nämä ovat tavallisenkin tietokoneen käyttäjän saavutettavissa, toisin kuin esimerkiksi PHANToM [SensAble, 2002] jota on paljon käytetty tunto- ja voimapalautteen tutkimiseen. Esimerkiksi MBNet:in [MBNet, 2002] mukaan WingMan Force Feedback -hiiren keskihinta Suomessa on 100€ ja Logitech iFeel Optical -hiiren keskihinta 45 €.

Logitechin tuntopalautehiiri on periaatteessa aivan tavallinen hiiri. Hiiriä on monen mallisia aivan kuten muitakin hiiriä. Oikeastaan ainoa ero tavallisiin hiiriin nähden on pieni värinämoottori hiiren sisällä, mikä mahdollistaa tuntopalautteen tuottamisen. Logitechhin lisäksi myös Saitek, HP ja Belkin ovat tuoneet markkinoille oman versionsa tuntopalautehiirestä. Nämä hiiret käyttä-

vät myöskin Immersionin TouchSense teknologiaa, ja tuottavat tuntopalautea väriseväällä.

Jo ennen Logitechin markkinoille tuomaa tuntopalautehiirtä on tuntopalautehiirtä toki testattu. Esimerkiksi Motoyaki Akamatsu tutkimusryhmineen on rakentanut ja testannut tuntopalautehiirtä [Akamatsu *et al.*, 1995; Akamatsu and MacKenzie, 1996]. Näissä tutkimuksissa käytetyt hiiret olivat yksittäisiä prototyyppisiä. Niissä ei ollut värinämoottoria, vaan tuntopalaute oli tuotettu etusormen alle sijoittuvan pienen tapin (pin) avulla.

5.2. Aikaisempia tutkimustuloksia

Vaikka tuntopalaute onkin melko uusi tutkimuskohde, siitä on tehty jo useita tutkimuksia. Tässä kohdassa pyrin selvittämään mitä tuntopalauteesta on aikaisemmin tutkittu ja millaisia tuloksia on löytynyt.

5.2.1. Tuntopalaute osoittamisen apuna

Motoyaki Akamatsu tutkimusryhmineen [Akamatsu *et al.*, 1995] on tutkinut kohteiden valitsemista hiiren avulla käyttäen viittä erilaista palautetapaa; tavallista, äänipalautea, visuaalista palautetta, tuntopalautea sekä näiden yhdistelmää. Tavallisessa palautteessa ei ollut mitään lisäpalautetta, kun osoitin oli kohteen sisäpuolella. Äänipalauteessa kuului 2 kHz:n ääni, visuaalisessa palautteessa kohteen varjostus muuttui ja tuntopalauteessa sormenpäällä oleva tappi nousi ylöspäin, kun osoitin saavutti kohteen. Yhdistetyssä palautteessa oli yhdistelmä kaikkia edellä mainittuja. Palautteita testattiin kymmenellä hiiren käyttöön tottuneella henkilöllä. Tutkimuksessa kävi ilmi että kohteen valinta oli nopeinta kun käytettiin tuntopalautea ja hitainta kun käytettiin tavallista palautetta.

Motoyaki Akamatsu ja Scott MacKenzie [Akamatsu and MacKenzie, 1996] ovat tutkineet kohteiden valitsemista hiiren avulla käyttäen neljää erilaista palautetapaa; tavallista, tuntopalautea, voimapalautea ja tuntopalautea yhdessä voimapalauteen kanssa. Testeihin osallistui kaksitoista hiirenkäyttöön tottunutta henkilöä. Tutkimuksessa koehenkilöitä pyydettiin liikuttamaan hiirtä ja napsauttamaan kohdetta niin nopeasti ja tarkasti kuin pystyivät. Tutkimuksessa kävi ilmi että valitseminen oli nopeinta kun käytettiin pelkästään tuntopalautea ja hitainta, kun käytettiin tavallista palautetta. Valinta-ajoissa oli eniten eroa silloin, kun kohde oli pieni (11 pistettä).

Molemmissa tutkimuksissa kävi ilmi, että tuntopalaute oli tehokkain palaute mitattaessa kohteen valintanopeutta. Kuitenkin Akamatsun ja MacKenzien tutkimuksessa kävi ilmi, että kohteen ollessa pieni (11 pistettä) virheitä sattui eniten käytettäessä tuntopalautea kun taas vähiten virheitä sattui tavallisen

palautteen kanssa. Kohteen ollessa suuri (41 pistettä) virheiden määrässä ei ollut suurta eroa.

5.2.2. Voimapalaute liikusäätimen käytössä

Marilyn Rose McGee [McGee, 1999] on tutkinut PHANToM-laitteen [SensAble, 2002] käyttämistä osoitinlaitteena sekä voimapalautteen lisäämistä liikusäätimeen.

PHANToM on SensAble Technologies:in kehittämä laite, jota on käytetty ehkä eniten tuntoaistin tutkimisessa tietokoneen käytön yhteydessä. PHANToMissa on kuusi vapausastetta ja se tuottaa hyvin tarkkaa haptista palautetta. PHANToM on ohjelmoitava laite, jonka avulla käyttäjä voi tuntea virtuaalisen kohteen pintoja ja muotoja aivan kuin pitelisi niitä kädessään. PHANToM ei kuitenkaan ole hintansa vuoksi tavallisen tietokoneen käyttäjän laite [Brewster, 2001; SensAble, 2002].

McGeen [McGee, 1999] tutkimuksessa voimapalaute oli lisätty liikusäätimeen. Tutkimuksessa liikusäätimen nuolipainikkeisiin oli lisätty palaute siten, että osoitin napsahtaa painikkeen keskelle. Tämän tarkoitus oli olla merkinä siitä, että käyttäjä on oikeassa paikassa painaakseen painiketta onnistuneesti. Muuhun vieritysalueeseen oli lisätty efekti, jolla käyttäjä 'putoaa' vieritysalueelle. Efektien lisäämisessä tarkoituksena oli että käyttäjä voi keskittää katseensa muualle kuin liikusäätimeen.

Testiin osallistui 20 henkilöä. Testattavassa ohjelmassa oli 3 ikkunaa; esittelyikkuna, dataikkuna ja kohdeikkuna. Esittelyikkunassa näkyi neljännumeroinen koodi joka käyttäjien täytyi etsiä dataikkunasta. Dataikkunassa oli 2000 koodia kolmessa eri sarakkeessa. Koodit olivat numerojärjestyksessä riveittäin järjestettynä mutta lukujen välistä puuttui satunnaisesti yhdestä yhdeksään lukua. Käyttäjät joutuivat vierittämään dataikkunaa etsiäkseen esittelyikkunassa näkyvän koodin, maalaamaan sen, ja napsauttamaan painiketta siirtääkseen koodin kohdeikkunaan. Käyttäjien piti etsiä dataikkunasta 40 eri koodia.

Tutkimuksessa todettiin että tehtävän suoritus ei merkittävästi nopeutunut voimapalautteen avulla. Kuitenkin vieritysalueelle ja sieltä pois siirtymisten määrä väheni merkitsevästi kun tuntopalaute oli lisätty. Vaikka voimapalaute ei tämän tutkimuksen perusteella näyttäneenkään nopeuttavan suoritusta, koekseen osallistuneiden henkilöiden mielestä voimapalaute helpotti työskentelyä.

5.3. Tuntopalaute apuna graafisten käyttöliittymien komponenttien hallinnassa

Tässä kohdassa käsittelen sitä, miten tuntopalautetta voisi hyödyntää graafisten käyttöliittymien komponenttien hallinnassa. Tässä kohdassa olevat päättelyt ovat suurimmaksi osaksi omiani.

5.3.1. Viestiruutu ja ikkuna

Kohdassa 4.1 käsiteltiin viestiruutujen ja ikkunoiden ongelmia ja miten niitä voitaisiin ratkaista äänen avulla. Ongelmia olivat näppäimen painallusten hukkuminen tilanteissa, joissa käyttäjä ei joko huomaa dialogin ilmestymistä tai unohtaa sen. Näitä ongelmia voi olla hankala ratkaista ainakaan tuntopalautehiiren avulla, koska ongelmat syntyvät lähinnä näppäimistön käytön yhteydessä. Hiirtä käytettäessä käyttäjä kohdistaa katseensa yleensä näyttöön jolloin dialogin ilmestymisen yleensä huomaa helposti.

Hiirtä tai muuta vastaavaa osoitinlaitetta käyttäessään käyttäjä kohdistaa yleensä katseensa näyttöön. Tällöin käyttäjä saa visuaalista palautetta, eli näkee esimerkiksi viestiruudun ilmestymisen, tai modaalisten viestiruutujen yhteydessä huomaa, ettei viestiruudun ulkopuolella voikaan työskennellä. Kuitenkin modaalisten viestiruutujen huomaamista voisi mahdollisesti tukea tuntopalauteen avulla. Tuntopalautehiiri voisi esimerkiksi täristä kun hiiren siirtää modaalisen viestiruudun ulkopuolelle, jolloin käyttäjä huomaa tärinästä olevansa aktiivisen viestiruudun ulkopuolella.

Toisaalta aktiivisen viestiruudun tai ikkunan huomaamista voisi tukea tuntopalauteen avulla muuallakin kuin modaalisisissa viestiruuduissa. Hiiri voisi täristä aina, kun sitä liikuttaa ei-aktiivisen ikkunan päällä.

5.3.2. Painike

Kohdassa 4.2 kuvattiin, mitä ongelmia painikkeiden käytössä voi olla ja miten niitä voisi ratkaista tuntopalauteen avulla. Tärkeimpänä ongelmana pidettiin sitä, kun käyttäjä luulee painaneensa näyttöpainiketta silloin, kun sitä ei ole painettu. Brewsterin [Brewster, 1994] mielestä tämän voisi ratkaista siten, että onnistunut hiiren painallus aiheuttaisi äänen.

Äänen sijasta voitaisiin mielestäni käyttää myös tuntopalautea. Silloin, kun näyttöpainiketta on painettu onnistuneesti, voisi hiiri tärähtää. Toisaalta voisi myös olla mahdollista käyttää palautetta toisinpäin, eli epäonnistunut painikkeen painallus tuottaisi värinän. Mielestäni tämä voisi olla parempi ratkaisu, koska työskennellessä useimmat haluavat varmaan välttää turhaa häiriötä, oli se sitten turhia ääniä tai turhaa hiiren värinää.

Toisaalta tuntopalautetta voisi käyttää tukena myös kohteisiin, esimerkiksi painikkeisiin, osumiseen. Akamatsun tutkimusryhmineen [Akamatsu *et al.*, 1995; Akamatsu and MacKenzie, 1996] tekemät tutkimukset ovat osoittaneet, että kohteen valinta nopeutuu käyttäessä tuntopalautetta. Tästä kerrottiin enemmän kohdassa 5.2.1.

5.3.3. Välinaruutu

Kohdassa 4.3 käsiteltiin miten välinaruutuun liittyviä virheitä voitaisiin korjata äänipalautteen avulla. Valintaruudussa ongelma oli se, ettei käyttäjä aina muista mikä työkalu milläkin hetkellä on aktiivinen. Brewsterin [Brewster, 1994] mielestä tilannetta voisi korjata siten että hiirenpainikkeen ollessa alhaalla kuuluisi ääni sen mukaan mikä työkalu on käytössä.

Tätä ei kuitenkaan mielestäni ainakaan suoraan voi siirtää tuntopalautteen nykyisin käytössä olevia tuntopalautehiiriä käytettäessä. Nykyisin peruskäyttäjän saatavilla olevat laitteet tuottavat tuntopalautetta tärisemällä, jolloin tarkkuutta vaativa piirtäminen voisi kärsiä, tai ainakin alkaa ärsyttämään.

5.3.4. Valikot

Kohdassa 4.4 käsiteltiin valikoihin liittyviä ongelmia. Valikoissa esiintyy pääasiassa kahdenlaisia ongelmia, joista toinen on hyvin samankaltainen kuin näyttöpainikkeiden kanssa esiintyvä, eli käyttäjä siirtää osoittimen vahingossa pois valikon päältä. Toinen ongelma on, että käyttäjä voi siirtää vahingossa osoitinta valikkoa pitkin ylös- tai alaspäin jolloin väärä valikon kohta tulee valituksi.

Ensimmäiseen ongelmaan ratkaisukin voisi olla samanlainen kuin painikkeiden käytössä. Hiiri voisi tärähtää tietyllä tavalla onnistuneen valikosta valitsemisen yhteydessä tai sitten hiiri voisi tärähtää silloin, kun valikosta valitseminen on epäonnistunut.

Toisen ongelman ratkaisuna voisi myös käyttää tuntopalautetta. Brewster [1994] ehdottaa ääntä käytettäväksi niin, että ääni kuuluisi koko ajan valikon ollessa auki ja ääni muuttuisi aina hieman sen mukaan, minkä valikon kohdan päällä osoitin milloinkin on. Mielestäni tuntopalautetta käytettäessä tuntopalautteen ei kuitenkaan tarvitsisi olla jatkuvaa vaan valikkoa hiirellä kelatessa voisi hiiri tärähtää joka kerran kun aktiivisena oleva valikon kohta vaihtuu. Immersionin työpöytäympäristössä käytetäänkin tuntopalautetta valikoiden yhteydessä näin.

Jos tuntopalautetta valikon yhteydessä käytetään siten, että aina kun osoitin siirtyy toisen valikon kohteen päälle, hiiri tärähtää, olisi luontevaa käyttää ensimmäisen ongelman ratkaisussa tuntopalautetta siten, että hiiri värähtäisi

epäonnistuneen valinnan kohdalla. Jos hiiri tärähtäisi onnistuneen valinnan kohdalla, saattaisi käyttäjältä jäädä huomaamatta tärähdys joka aiheutuu silloin, kun osoitin siirtyy toisen valikon kohteen päälle.

5.3.5. Liukusäädin

Kohdassa 4.5 käsiteltiin liukusäätimen käytössä esiintyviä ongelmia ja sitä miten niitä voitaisiin ratkaista äänipalautteen avulla. Ongelmat joita äänipalautteella voisi ratkaista, oli Brewsterin [Brewster, 1994] mukaan vierittäminen ulos vieritysalueelta ja kenguruhyppely. Koska liukusäädintä käytetään yleensä hiiren avulla, voisi näitä ongelmia ratakaista myös tuntopalautehiiren avulla.

Brewsterin mukaan ongelma, jossa vieritin vedetään vahingossa pois vieritysalueelta, voitaisiin ratkaista siten, että äänipalautetta kuuluu silloin, kun käyttäjä on raahaamassa vieritintä vieritysalueella. Kun käyttäjä vetää hiiren pois vieritysalueelta, ääni muuttuu tai loppuu kokonaan, jolloin käyttäjä huomaa tämän muutoksen.

Tuntopalaute liukusäätimessä voisi mielestäni toimia hyvin samankaltaisesti. Hiiri värisee liukusäädintä käytettäessä eli vieritintä vedettäessä sekä nuolipainikkeita että vieritysaluetta napsauttaessa. Kun käyttäjä vetää vierittimen pois vieritysalueelta, värinä voisi loppua. Lisäksi värinän voimakkuus voisi muuttua sen mukaan, missä kohtaa vieritysaluetta ollaan vierittämässä, esimerkiksi siten, että värinä voimistuu alaspäin vieritettäessä ja heikentyy ylöspäin vieritettäessä. Tämä sama värinän voimakkuuden muuttuminen voisi olla mukana myös sekä nuolipainikkeita että vieritysaluetta painettaessa.

Tuntopalautteen lisäämisessä liukusäätimeen pitää kuitenkin ottaa huomioon, että liukusäätimen käyttö vierittimen avulla muistuttaa hyvin paljon tavallista raahaustoimintoa. Scott MacKenzie tutkimusryhmineen [MacKenzie *et al.*, 1991] on todennut, että käyttäjä helposti päästivät raahauksen osoittavan painikkeen vahingossa ylös kesken raahauksen. Tuntopalautteen lisäämisessä vierittimeen on siis otettava huomioon että tuntopalautteen lisääminen ei saa hankaloita painikkeen alhaalla pitämistä.

Immersion Corporationin [Immersion, 2002] työpöytäohjelmistossa liukusäätimeen on liitetty tuntopalaute. Liukusäädin värisee silloin kun hiiren osoitin on liukusäätimen päällä. Tuntopalautteen voimakkuus ei kuitenkaan Immersionin versiossa muutu. Lisäksi Immersion versiossa vieritettäessä värinä loppuu silloin, kun hiiren osoitin poistuu vieritysalueelta. Tämä voisi toimia paremmin niin että värinä loppuu vasta sitten, kun hiiren osoitin on vedetty niin kauaksi vieritysalueesta, että vierittäminen ei onnistu. Tämä siksi, että joissakin

tapauksissa vierittäminen onnistuu myös lähellä vieritysaluetta, ei ainoastaan sen päällä.

6. Testijärjestelyt

Tässä kappaleessa kuvaan mitä ominaisuuksia tuntopalautteen käytöstä olen testannut ja minkälaisia olivat testijärjestelyt.

6.1. Tuntopalautteen testaus liikusäätimen yhteydessä

Testasin tuntopalautteen käyttöä liikusäätimen yhteydessä tekemäni prototyypin avulla. Tässä kohdassa kuvaan testausta varten tekemäni prototyyppejä sekä muita testijärjestelyä.

6.1.1. Prototyyppi liikusäätimestä

Testaamista varten tein prototyypin liikusäätimestä. Prototyyppi on tehty Microsoftin Visual C++:lla tehdyn WordPad-ohjelman avulla ja tuntopalaute lisätty käyttämällä Immersion Corporationin kehittämää luokkakirjastoa Immersion Foundation Class (IFC).

Prototyypissäni liikusäädin värisee sitä käytettäessä, eli vieritintä vedettäessä sekä nuolipainikkeita tai vieritysalutta napsauttaessa. Vieritintä vedettäessä tuntopalaute tuntuu niin kauan, kuin vieritin liikkuu. Immersion Corporationin versiossa tuntopalaute loppuu silloin, kun hiiren vetää liikusäätimen päältä pois, vaikka vierittimen vetäminen olisi vielä mahdollista.

Toinen selkeä muutos Immersionin versioon verrattuna on tuntopalautteen voimakkuuden muuttuminen. Tekemässäni prototyypissä tuntopalaute voimistuu ylöspäin vedettäessä ja heikkenee alaspäin vedettäessä. Tämän tarkoituksena on helpottaa käyttäjää arvioimaan, missä kohtaa vierityspalkkia ollaan vierittämässä. Lisäksi värinän voimakkuuden muuttumisen voisi auttaa myös kenguruhyppelyn havaitsemisessa. Tekemässäni prototyypissä ei kenguruhyppelyä kuitenkaan voinut tapahtua, koska vierittimen koko vaihteli vieritettävän tekstin mukaan.

Testattavassa prototyypissä värinän minimi ja maksimi ovat aina samat riippumatta vierittimen pituudesta. Tämä aiheuttaa sen että pitkää tekstiä vieritettäessä värinän voimakkuuden muuttuminen on hitaampaa, jolloin sitä on mahdollisesti vaikeampi huomata.

6.1.2. Testausjärjestelyt

Testaaminen tapahtui Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen TAUCHI-yksikön tiloissa. Testeihin osallistui kymmenen TAUCHI-yksikön henkilökuntaan kuuluvaa henkilöä, jotka olivat saaneet käyttöönsä tuntopalautehiiren ja käyttäneet sitä päivittäisessä työskentelyssä muutaman kuukauden ajan.

Testeissä testaukseen osallistuneet henkilöt saivat kokeilla liukusäätimen käyttöä tekemässäni prototyypissä. Tämän jälkeen henkilöiltä kyseltiin mielipiteitä tekemästäni prototyypistä erillisen kyselylomakkeen avulla (liite 1). Samassa lomakkeessa kysyttiin myös yleisempiä mielipiteitä tuntopalautteen käytöstä.

6.2. Tuntopalaute apuna osoittamisessa

Toisessa tutkimuksessa testasin, minkälaisesta tuntopalautteesta olisi eniten hyötyä kohteen osoittamisen apuna. Testaus tapahtui kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa testattiin kolmea erilaista tapaa käyttää tuntopalautetta kohteisiin osumisen apuna. Vertailun vuoksi mukana oli myös tapa, jossa ei käytetty tuntopalautetta ollenkaan. Toisessa vaiheessa testattiin tarkemmin parhaaksi osoittanutta tapaa käyttää tuntopalautetta kohteen osoittamisen apuna. Tässä kohdassa kuvailen testaukseen liittyviä järjestelyjä. Testaamisen pyrin käyttämään samankaltaisia järjestelyjä, kuin esimerkiksi Akamatsu tutkimusryhmineen [Akamatsu *et al.*, 1995; Akamatsu and MacKenzie, 1996] on käyttänyt. Kaikki testit tehtiin Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen TAUCHI-yksikön tiloissa. Testeissä käytettiin Logitechin iFeel-hiirtä.

6.2.1. Ensimmäinen vaihe

Ensimmäisessä vaiheessa testattiin kolmea erilaista tapaa käyttää tuntopalautetta osoittamisen apuna ja vertailun vuoksi mukana oli myös tapa, jossa ei ollut minkäänlaista tuntopalautetta.

Tavat joissa tuntopalautetta käytettiin, olivat seuraavat:

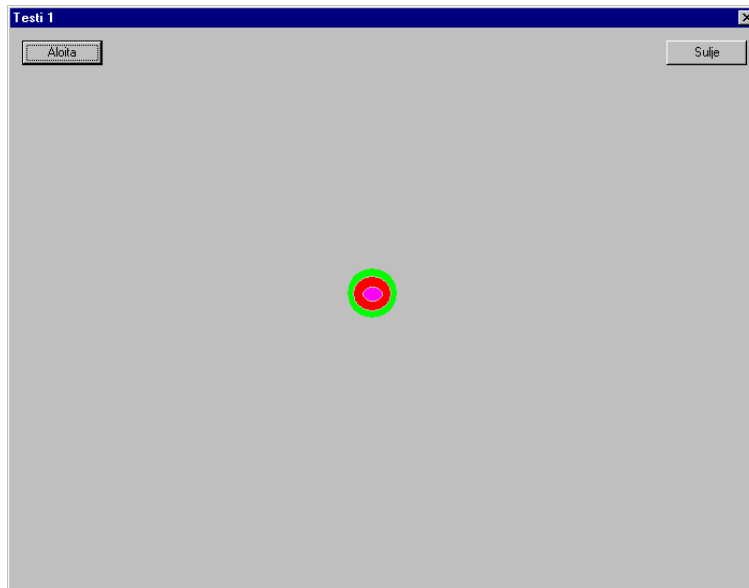
1. hiiri tärisee ollessaan halutun kohteen päällä,
2. hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten, että tärinä voimistuu mitä lähempänä kohdetta ollaan,
3. hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten, että tärinä voimistuu mitä kauempana kohdetta ollaan, ja
4. tuntopalautetta ei käytetty ollenkaan.

Ensimmäisen tavan, hiiri tärisee ollessaan halutun kohteen päällä, tarkoitus oli yksinkertaisesti vain ilmoittaa, milloin ollaan kohteen päällä. Toisen tavan, hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten, että tärinä voimistuu mitä lähempänä kohdetta ollaan, tarkoituksena oli johdattaa osoitin kohteen päälle. Jatkossa käytän usein sanoja 'lähellä kohdetta' tarkoittaessani tätä tapaa käyttää tuntopalautetta. Kolmannen tavan, hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten että tärinä voimistuu mitä kauempana kohdetta ollaan, tarkoituksena oli varoittaa käyttäjä kun ollaan kaukana kohteesta. Vähän saman-

tapaisesti kuin esimerkiksi autopeleissä, kun ajetaan pois tieltä, auton ratti tärisee. Jatkossa tarkoitan tätä tapaa käyttää tuntopalautetta kun käytän sanoja 'kaukana kohteesta'. Neljännen tavan, eli kun tuntopalautetta ei käytetty lainkaan, tarkoituksena oli olla vertailukohteena.

Testauksiin osallistui kaksitoista henkilöä, jotka käyttivät hiirtä päivittäisessä työskentelyssään. Kokeessa testeihin osallistuneita henkilöitä käskettiin valitsemaan värikäs ympyrä viestiruudulta niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista. Valitseminen tapahtui painamalla hiiren vasenta painiketta kohteen päällä. Koehenkilöiltä kysyttiin myös mitä tapaa käyttää tuntopalautetta he pitivät mieluisampana ja mitä vähiten mieluisana. Kyselyssä käytetty lomake on liitteenä (liite 2).

Kokeessa testeihin osallistuneita henkilöitä käskettiin valitsemaan värikäs ympyräkuvio viestiruudulta (kuva 2) niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista. Kohde testissä oli 46 pisteen kokoinen. Kohteen valitseminen tapahtui painamalla hiiren vasenta painiketta kohteen päällä. Testissä mitattiin millä eri tavoista valitseminen oli nopeinta. Ensimmäinen kohde ilmestyi viestiruudulle heti sen jälkeen kun käyttäjä oli painanut Aloita-painiketta viestiruudun vasemmasta yläreunasta ja ajanotto alkoi samalla hetkellä. Kun käyttäjä oli valinnut kohteen painamalla hiiren vasenta painiketta kohteen päällä kohde siirtyi eri kohtaan näyttöä. Yhdessä testissä kohde piti valita yhteensä kaksikymmentä kertaa.



Kuva 2. Testin aloitustilanne, Aloita-painike viestiruudun vasemmassa yläkulmassa, Sulje-painike oikeassa yläkulmassa. Valittava kohde on keskellä näyttöruutua oleva ympyräkuvio.

Koska kohde liikkui jokaisessa testissä samalla tavalla, jokainen testeihin osallistunut henkilö teki testit eri järjestyksessä. Näin pyrittiin minimoimaan

oppimisvaikutusta. Jokainen koehenkilö teki jokaisen testitapauksen neljä kertaa, mutta vain kolmesta viimeisestä testikerrasta kerättiin tulokset.

6.2.2. Toinen vaihe

Toisessa vaiheessa testattiin tarkemmin ensimmäisessä testissä parhaaksi osoitettanutta tapaa käyttää tuntopalautetta. Testaukseen osallistui kaksikymmentä henkilöä, joista yhdellätoista ei ollut paljoa kokemusta tietokoneen käytöstä ja yhdeksän oli tottuneita tietokoneen käyttäjiä ja hiiren käsittelijöitä. Kukaan testeihin osallistuneista ei ollut käyttänyt tuntopalautehiirtä aikaisemmin.

Kokeessa testeihin osallistuneita henkilöitä käskettiin valitsemaan värikäs ympyrä viestiruudulta niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista. Valitseminen tapahtui painamalla hiiren vasenta painiketta kohteen päällä. Viestiruutu oli samanlainen kuin ensimmäisessä testauksessa (ks. kappale 6.2.1) käytetty ja se toimi samalla tavalla. Ensimmäinen kohde ilmestyi viestiruudulle heti sen jälkeen, kun käyttäjä oli painanut Aloita-painiketta, ja ajanotto alkoi samalla hetkellä. Testissä testattiin vain tuntopalautetapaa, missä hiiri värisi osoittimen ollessa kohteen päällä. Vertailun vuoksi testattiin myös tapaa jossa tuntopalautetta ei käytetty lainkaan. Testaus tehtiin kolmelle erikokoiselle kohteelle. Isoin kohde oli 46 pistettä, keskikokoinen 21 pistettä ja pienin 11 pistettä.

Jokainen koehenkilö teki jokaisen testitapauksen kolme kertaa mutta vain aineisto toisesta ja kolmannelta kerrasta kerättiin. Oppimisvaikutuksen tasapainottamiseksi jokainen koehenkilö teki testit eri järjestyksessä. Koehenkilöiltä kysyttiin myös mitä mieltä he olivat tuntopalautteesta. Kyselyssä käytetty lomake on liitteenä (liite 3).

7. Tulokset ja arviointi

Tässä kappaleessa esittelen testaustuloksia edellisessä luvussa kuvatuista testeistä.

7.1. Tuntopalautehiirtä käyttäneiden henkilöiden mielipiteitä tuntopalauteesta

Testasin tekemääni prototyyppiä tuntopalautteen käytöstä liukusäätimessä henkilöillä, jotka olivat aikaisemminkin käyttäneet tuntopalautehiirtä. Testeihin osallistui kymmenen henkilöä Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitokselta TAUCHI-yksikön henkilökunnasta. Testeissä testihenkilöt saivat kokeilla liukusäätimen käyttöä tekemässäni prototyypissä, ja heiltä kysyttiin mielipiteitä tuntopalautteen käytöstä yleensä sekä tekemästani prototyypistä.

Testiin osallistuneita henkilöitä pyydettiin arvioimaan tuntopalautetta sen perusteella, mitä he olivat kokeneet käyttäessään tuntopalautehiirtä päivittäisessä työnteossa. Käyttäjiä pyydettiin arvioimaan tuntopalautehiiren käyttöominaisuuksia seuraavissa ominaisuuksissa: Hyödyllinen - Hyödytön, Hauska - Tylsä, Helpottaa työntekoa - Haittaa työntekoa, Mukava - Ärsyttävä ja Tuntopalautteen huomaa selvästi - Tuntopalautetta ei huomaa. Käyttäjien arvon mukaan tuntopalauteesta ei juurikaakaan ole hyötyä mutta ei myöskään haittaa. Käyttäjät eivät myöskään kokeneet tuntopalautteen helpottavan työntekoa, mutta eivät kuitenkaan kokeneet sen juurikaan haittaavaankaan. Hauskana tai melko hauskana tuntopalautetta piti suurin osa testihenkilöistä. Enemmistö vastaajista piti tuntopalautetta mukavana vaikka joidenkin mielestä tuntopalaute oli lähinnä jonkin verran ärsyttävää. Kaikkien vastaajien mielestä tuntopalautteen huomaa hyvin tai melko selvästi.

Hyötyä vastaajien mielestä tuntopalauteesta on lähinnä valintatilanteissa ja vierittämisessä. Valintatilanteissa käyttäjien mielestä tuntopalauteesta on hyötyä varsinkin silloin kun liikutaan esimerkiksi valikoissa joissa on paljon kohteita tai www-sivuilla joilla on paljon linkkejä. Näissä tilanteissa tuntopalaute helpottaa varsinkin pieniin kohteisiin osumista. Lisäksi vastaajien mielestä tuntopalauteesta on hyötyä peleissä ja opetusohjelmissä.

Tuntopalautteen haittana vastaajat olivat kokeneet liian voimakkaan tuntopalautteen ja varsinkin hiiren moottorin aiheuttavan äänen. Hiiren aiheuttama ääni ja liiallinen tärinä (liian monessa paikassa tai liian voimakas) lähinnä ärsytti käyttäjiä. Hiiren aiheuttama ääni poistaakin jonkin verran tuntopalautteen hyötyä äänen korvaajana. Liiallinen hiiren tärinä taas voi aiheuttaa tarkkuuden heikentymistä. Lisäksi vastaajat olivat huomanneet että koneen tehojen ollessa

vähissä saattaa tuntopalautehiiren käyttö jumittaa koneen. Käyttäjät mainitsivat hiiren haittapuolina myös sen, että hiiren osoitin hyppää silloin tällöin muutama kuva-alkion sivuun aivan itsestään.

Testeihin osallistuneilta henkilöiltä kysyttiin myös sitä, miten tuntopalautetta voisi käyttää niin, että siitä olisi enemmän hyötyä. Lähes kaikkien vastaajien mielestä tuntopalautetta pitäisi käyttää entistä valikoidummin eikä kaikissa mahdollisissa tilanteissa. Vastaajien mielestä tuntopalautetta pitäisi myös voida säätää paremmin itselle sopivaksi. Tällä hetkellä Immersionin työpöytäohjelmiston tuntopalauteominaisuuksista voidaan säätää vain tuntopalautteen voimakkuutta ja teemaa (esimerkiksi kuminen tai metallinen). Lisäksi tuli ilmi, että tuntopalautetta voisi käyttää ja siitä voisi olla hyötyä vaativissa töissä, mahdollisesti jopa pisteen tarkkuudella työskenneltäessä.

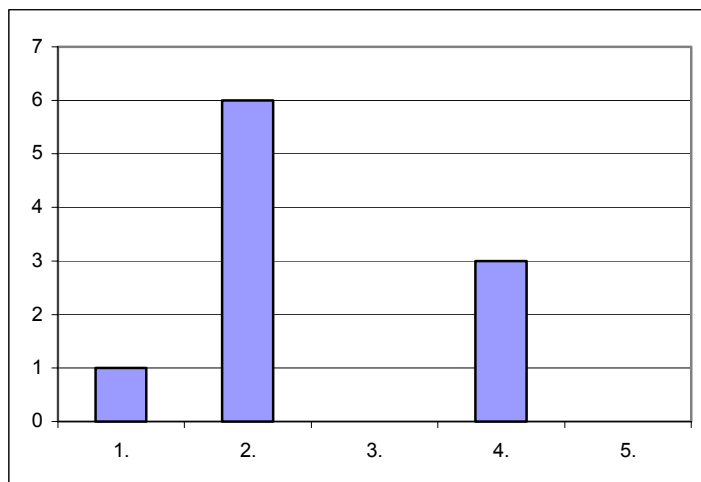
Testeihin osallistuneiden henkilöiden vastauksista voi vetää johtopäätöksen, että tuntopalautteesta on hyötyä, mutta ei niin kuin Immersionin työpöytäohjelmisto sitä käyttää.

7.2. Tuntopalaute liikusäätimessä

Testeissä käyttäjät saivat kokeilla tuntopalautetta tekemässäni prototyypissä, jossa tuntopalautetta oli käytetty liikusäätimessä. Käyttäjille esitettiin viisi eri väittämää, jotka olivat: En huomaa tuntopalautetta käyttäessäni liikusäädintä; Tuntopalaute häiritsee, kun käytän liikusäädintä; Tuntopalaute ärsyttää, kun käytän liikusäädintä; Tuntopalautteesta on hyötyä, kun käytän liikusäädintä ja Tuntopalaute on hauskaa, kun käytän liikusäädintä. Väittämiin vastattiin asteikolla 1 - 5, jossa 1 = täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = ei samaa eikä eri mieltä, 4 osittain samaa mieltä ja 5 = täysin samaa mieltä.

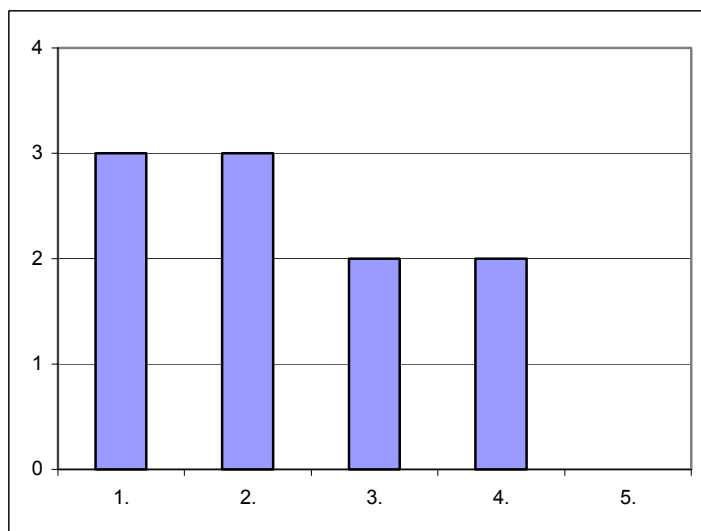
Ensimmäiseen väittämään, en huomaa tuntopalautetta käyttäessäni liikusäädintä, oli jokainen vastannut 1 eli kaikki olivat täysin eri mieltä.

Toisessa väittämässä, tuntopalaute häiritsee kun käytän liikusäädintä, tuli enemmän hajontaa; suurin osa oli sitä mieltä, ettei tuntopalaute juurikaan häiritse liikusäätimen käytössä, mutta kolmen vastaajan mielestä tuntopalaute häiritsee jonkin verran. Vastaajat kokivat liian voimakkaan tärinän ja varsinkin hiiren moottorin aiheuttaman äänen häiritseviksi. Kuva 3 näyttää miten vastaajat ovat vastanneet väittämään kaksi.



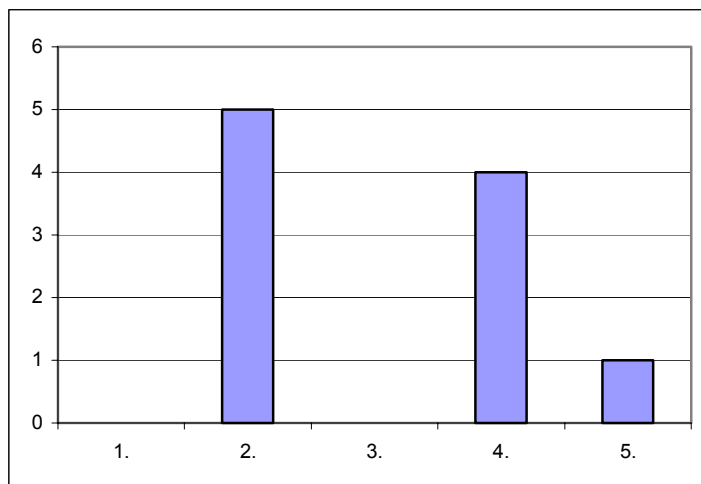
Kuva 3: Tuntopalaute häiritsee kun käytän liikusäädintä.

Kolmannessa väittämässä, tuntopalaute ärsyttää kun käytän liikusäädintä. Suurin osa vastaajista oli sitä mieltä että tuntopalaute ei ärsytä liikusäätimen käytössä (kuva 4).



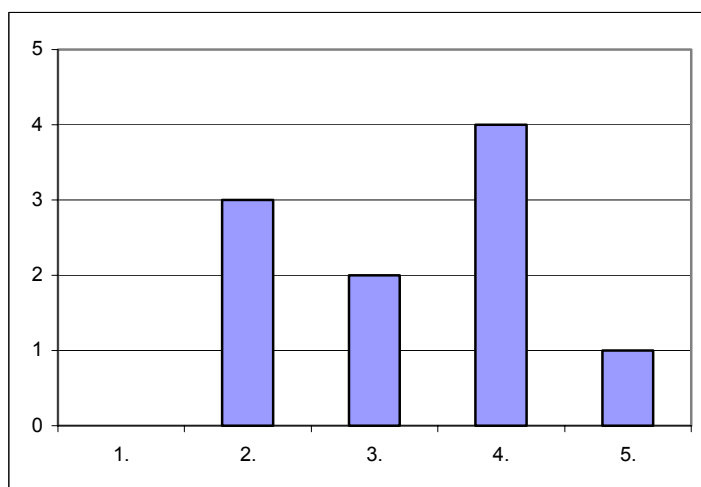
Kuva 4: Tuntopalaute ärsyttää kun käytän liikusäädintä.

Neljäs väittäjä, tuntopalautteesta on hyötyä kun käytän liikusäädintä, jakoi mielipiteet kahtia (kuva 5). Puolet vastaajista oli sitä mieltä ettei tuntopalautteesta ole juurikaan hyötyä liikusäätimen käytöstä, kun taas puolet oli sitä mieltä, että tuntopalautteen käytöstä on ainakin jonkin verran hyötyä.



Kuva 5: Tuntopalautteesta on hyötyä kun käytän liikusäädintä.

Viides väittämä, tuntopalaute on hauskaa kun käytän liikusäädintä, jakoi myöskin mielipiteitä (kuva 6). Kuitenkin puolet vastaajista piti tuntopalautteen käyttöä hauskana.



Kuva 6: Tuntopalaute on hauskaa kun käytän liikusäädintä.

Yhteenvedona voisi sanoa, että vastaajat olivat suhteellisen tyytyväisiä prototyypissä olevaan liikusäätimeen. Testiin osallistuneilta henkilöiltä kysyttiin myös avoimena kysymyksenä että onko liikusäätimen käytöstä hyötyä ja jos on niin mitä. Hyötyinä vastaajat pitivät sitä, että kun kursori lipsahtaa pois vieritysalueelta, sen huomaa. Myös siihen oltiin tyytyväisiä, että tuntopalautteen avulla saa jonkinlaisen kuvan siitä, missä kohtaa dokumenttia ollaan vierittämässä. Vastaajien mielestä nämä ominaisuudet auttavat siinä, ettei vierittämiseen tarvitse keskittyä niin tarkasti.

Testiin osallistuneilta henkilöiltä kysyttiin myös, onko liikusäätimen käytöstä haittaa ja jos on, niin mitä. Vastaajat kritisoivat hiiren aiheuttamaa ääntä turhan kovana. Osa myös ajatteli, ettei ole varma huomaako tuntopalautetta ko-

vin hyvin, kun ääni vie kaiken huomion. Myös liian kova tärinä sai hieman kritisoitua, mutta suurin osa vastaajista oli sitä mieltä että tuntopalautteesta liukusäätimessä ei ole haittaa.

Testeihin osallistuneilta henkilöiltä kysyttiin lisäksi, mitä he muuttaisivat tuntopalautteen käytössä liukusäätimessä ja missä muissa tilanteissa tuntopalautetta voisi käyttää. Ehdotuksina tuli että alku, loppu ja keskikohta pitäisi tuntea paremmin. Kun vieritin on liukusäätimen aivan alussa tai lopussa, eikä vieritin enää liiku, hiiren tärinä loppuu. Ehdotuksena tuli, että näissä tilanteissa voisi olla jokin voimakkaampi efekti. Lisäksi hiiri voisi esimerkiksi napsahtaa siinä kohdassa, missä kohtaa tekstiä kohdistin on. Ehdotuksena tuli myös että tärinä voisi hieman vaimentua, kun hiiren osoitin poistuu liukusäätimen päältä. Näin käyttäjä huomaisi ajoissa hiiren kursorin ajautumisen pois vieritysalueelta. Vastauksissa tuli myös ilmi, että hiiren tulisi tärähtää silloin, kun kursori siirtyy vierittimen päälle. Tämä ominaisuus on Immersionin ohjelmistossa, mutta tekemästani liukusäätimestä se puuttui.

Testaustapahtumassa ei mitattu mitään, vaan tulokset olivat ainoastaan käyttäjien mielipiteitä asiassa. Olisi kuitenkin ollut hyvä tehdä jonkinlaisia testejä, joissa mitataan muutakin kuin mielipidettä. Esimerkiksi McGee:n [McGee, 1999] on tutkinut voimapalautteen lisäämistä liukusäätimeen (ks. luku 5.2.2). Myöskin tässä tutkimuksessa olisi hyvin voinut käyttää samankaltaista testiohjelmaa mitä McGee oli käyttänyt omassa tutkimuksessaan.

7.3. Tuntopalaute osoittamisen apuna

Tuntopalautetta osoittamisen apuna testattiin kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa testattiin kolmea eri tapaa käyttää tuntopalautetta ja toisessa vaiheessa testattiin lisää ensimmäisessä vaiheessa parhaaksi osoittautunutta tapaa. Testijärjestelyistä kerrottiin enemmän kohdassa 6.2.

Tässä kohdassa kerron minkälaisia tuloksia testeissä tuli ja mitä mielipiteitä koekäyttäjillä oli tuntopalautteesta. Tämän testauksen tulokset on myös julkaistu EUROHAPTICS 2002 konferenssissa [Tähkäpää and Raisamo, 2002].

7.3.1. Ensimmäisen vaiheen testaustuloksia

Ensimmäisessä vaiheessa testattiin kolmea eri tapaa käyttää tuntopalautetta. Vertailun vuoksi käytettiin myös tapaa, jossa tuntopalautetta ei käytetty lainkaan. Testien tarkoituksena oli selvittää onko tuntopalautteesta hyötyä ja tätä hyötyä arvioitiin testissä valitsemisnopeuden perusteella.

Taulukossa 1 näkyy kaikkien testitapausten keskiarvoliiikuttamisaika. Testitapauksissa, joissa hiiri tärisee kohteen päällä, liikuttamisaika näyttää olevan

hieman pienempi kuin testitapauksissa, joissa hiiri tärisee kaukana kohteesta tai ei tärise ollenkaan.

Keskiarvo	Ei tuntopalautea	Hiiri tärisee kohteen päällä	Hiiri tärisee kursorin läheisyydessä kohdetta	Hiiri tärisee kursorin loitonuessa kohteesta
15028.1 (ms)	15195.4 (ms)	14867.6 (ms) (-2.2%)	14891 (ms) (-2.0%)	15158.5 (ms) (-0.2%)
Suluissa olevat luvut ovat muutokset prosentteina verrattuna tapaan jossa ei käytetty tuntopalautea.				

Taulukko 1. Testitapausten keskiarvoliiikuttamisajat millisekunteina.

Merkitseviä eroja liikuttamisajoissa ei kuitenkaan löytynyt, mikä osaltaan varmasti johtuu testien suunnittelusta ja kerätyn aineiston vähyydestä. Vaikka tulokset eivät olekaan tilastollisesti merkitseviä, tuloksia voidaan käyttää apuna sen selvittämiseen, miten tuntopalautea voitaisiin käyttää.

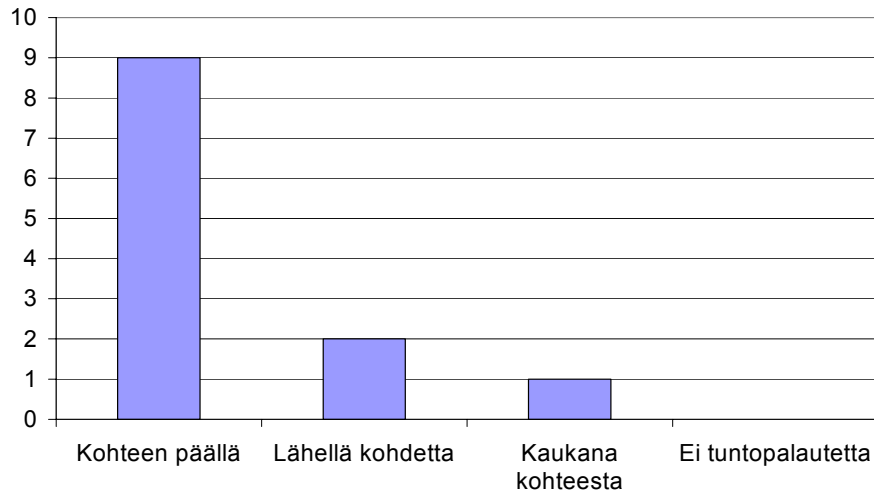
Koska kyseessä oli tavallinen osoittamis ja valitseminen tehtävä, olisi tuloksien löytämiseksi ollut perusteltua käyttää Fittsin lakia [ISO 9241-9:2000; MacKenzie, 1991], koska tämä on yleisesti käytössä eikä tutkimuksessa ollut perusteita olla käyttämättä tätä.

Olisi myöskin ollut hyödyllisempää kerätä jokaisesta valintatehtävästä erikseen liikuttamiseen menevä aika. Nyt kerätty aika oli koko tehtävän suorittamiseen, eli kahteenkymmeneen valintaan kuuluva aika. Kun jokaiseen valintaan kuuluva aika olisi kerätty erikseen, olisi voinut olla mahdollista paremmin löytää tilastollisesti merkitseviä tuloksia. Testeissä olisi myös ollut hyödyllistä kerätä pelkkää liikuttamisaikaa tarkempaa tietoa, kuten Akamatsun ja MacKenzien [Akamatsu and MacKenzie, 1996] testeissä (ks. luku 5.2.1) oli tehty. Varsinkin, kun kohde oli suuri, jopa 46 pistettä, hiiren kohdistimen liikuttaminen kohteen päälle oli turhankin helppoa. Ihmisen näköaisti on sen verran vahva, että kohdistimen liikuttaminen kohteen päälle on helppoa näköhavainnon avulla. Myös kohdistimen liikuttamiseen kohteen päälle kuuluva aika on sen verran suuri, että tehtävässä suurin osa ajasta meni tähän liikuttamisosuuteen, joten mahdolliset erot valintanopeuksissa eivät testissä tulleet esille. Jotta tuloksia olisi syntynyt, olisi ollut hyödyllistä testata vaikeampia asioita.

7.3.2. Käyttäjien mielipiteitä eri tavoista käyttää tuntopalautea

Ensimmäisen vaiheen testihenkilöiltä kysyttiin mikä tapa käyttää tuntopalautea oli heidän mielestään mukavin ja mikä epämukavin. Testihenkilöitä pyydettiin myös perustelemaan miksi kyseinen tapa oli mukavin tai epämuka-

vin. Kyselyssä käytetty kaavake on liitteessä 2. Kuvasta 7 näkyy, minkä tavoista testihenkilöt olivat kokeneet miellyttävimmäksi ja kuvasta 8 minkä epämiellyttävimmäksi.

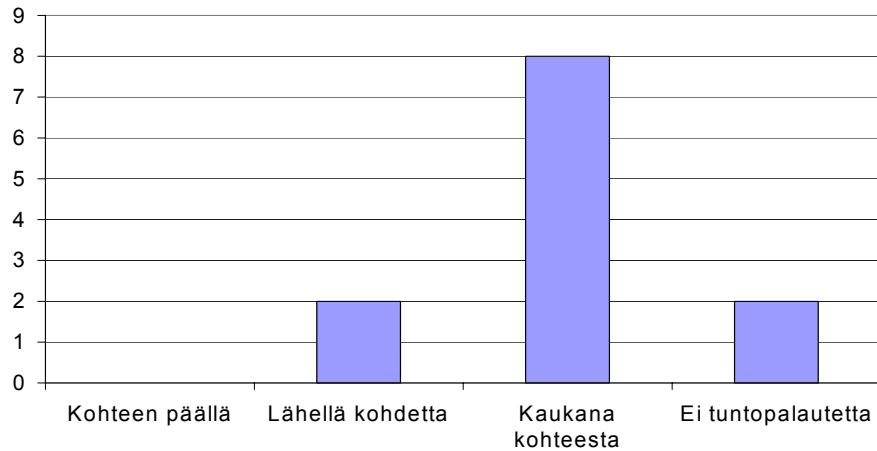


Kuva 7. Mukavin tapa käyttää tuntopalautetta

Suurin osa käyttäjistä (75 %) oli valinnut miellyttävimmäksi tavaksi käyttää tuntopalautetta tavan jossa hiiri tärisee kohteen päällä. Käyttäjiltä kysyttiin miksi kyseinen tapa heidän mielestään oli mieluisin. Monet kommentoivat tässä kohtaa, että kohteen päällä tärinä oli selkeämpää kuin lähellä kohdetta. Kun tärinä alkoi jo lähellä kohdetta, monen mielestä tärinää oli liikaa, kun taas sitä oli sopivasti silloin, kun hiiri tärisi ainoastaan kohteen päällä. Monet myös kommentoivat sitä, että kädellä oli vaikea havaita tärinän voimakkuuseroja, jolloin tärinästä ei voinut päätellä, milloin osoitin oli kohteen päällä.

Olen kuullut usean ihmisen sanoneen, että muutaman ensimmäisen kokeilun jälkeen heitä on tuntopalautehiiri, ainakin Logitechin iFeel-hiiri, lähinnä ärsyttänyt. Koekäyttäjät tässä testissä olivat aikaisemminkin käyttäneet tuntopalautehiirtä. Osa oli käyttänyt tuntopäivittäisessä työskentelyssä parin kuukauden ajan, osa oli lähinnä vain kokeillut aikaisemmin. Monet testeihin osallistuneet henkilöt kertoivat, että vaikka heillä olisi mahdollisuus käyttää tuntopalautehiirtä päivittäisessä työskentelyssään, he eivät tee näin, koska hiiren jatkuva tärinä ja tärinästä aiheutuva ääni lähinnä ärsyttää. Tästä huolimatta käyttäjät tuntuivat pitävän tuntopalautetta positiivisena ja monet sanoivat tuntopalautteen helpottavan testissä suoritettavan tehtävän suorittamista. Ja vaikka monet kommentoivatkin liiasta tärinästä silloin, kun hiiri tärisi myös kohteen ulkopuolella, on huomattavaa, että kukaan ei valinnut miellyttävimmäksi vaihtoehdoksi sitä, ettei tuntopalautetta käytetty lainkaan.

Kuvassa 8 on esitetty minkä tavan käyttäjät olivat valinneet epämukavimmaksi.



Kuva 8. Epämukavin tapa käyttää tuntopalautetta.

Kahdeksan käyttäjää kahdestatoista oli valinnut huonoimmaksi tai epämukavimmaksi tavaksi käyttää tuntopalautetta tavan, jossa hiiri tärisee kaukana kohteesta. Huomattavaa on, että kukaan ei valinnut epämukavimmaksi tapaa, jossa hiiri tärisee pelkästään kohteen päällä. Useimmat kommentoivat valintaansa sillä, että tavassa, jossa hiiri tärisee kaukana kohteesta tärinä tuntuu sellaisessa paikassa, jossa siitä ei ole mitään hyötyä.

7.3.3. Toisen vaiheen testaustuloksia

Toisessa vaiheessa testattiin ensimmäisessä vaiheessa parhaaksi osoittautunutta tapaa käyttää tuntopalautetta, eli tapaa jossa hiiri tärisee kohteen päällä. Tapa oli sekä hienoisesti nopein, että käyttäjien mielestä mukavin. Vertailun vuoksi käytettiin myös tapaa, jossa tuntopalautetta ei ollut käytetty lainkaan. Testaus tehtiin kolmelle erikokoiselle kohteelle. Isoin kohde oli 46 pistettä, eli saman kokoinen kuin ensimmäisessä testissä käytetty kohde, keskikokoinen 21 pistettä ja pienin 11 pistettä.

Taulukosta 2 näkyvät kaikkien testien keskiarvoliiikuttamisajat ja virhemäärät prosentteina erikseen aloittelijoilta ja kokeneilta käyttäjiltä sekä yhteenlaskettuna, kun tuntopalautetta ei käytetty.

	46 pistettä	21 pistettä	11 pistettä
Aloittelija	19907(ms) 0,8%	24033(ms) 1,9%	28580(ms) 6,0%
Kokenut	16715(ms) 0,5%	19650(ms) 0,8%	23097(ms) 5,6%
Yhteensä	18311(ms) 0,7%	21841(ms) 1,4%	25838(ms) 5,8%

Taulukko 2. Liikuttamisajat ja virhemäärät kun tuntopalautetta ei ollut käytetty. Solujen ylempi luku kertoo liikuttamisajan millisekunteina, alempi virhemäärän prosentteina.

Taulukosta 3 näkyy kaikkien testien keskiarvoliiikuttamisajat ja virhemäärät prosentteina erikseen aloittelijoilta ja kokeneilta käyttäjiltä sekä yhteenlaskettuna kun tuntopalautetta käytettiin.

	46 pistettä	21 pistettä	11 pistettä
Aloittelija	19450(ms) 0,8%	24308(ms) 2,5%	29032(ms) 7,7%
Kokenut	16561(ms) 0,0%	19121(ms) 1,3%	22427(ms) 4,8%
Yhteensä	18005(ms) 0,4%	21714(ms) 1,9%	25729(ms) 6,2%

Taulukko 3. Liikuttamisajat ja virhemäärät kun tuntopalautetta käytettiin. Solujen ylempi luku kertoo liikuttamisajan millisekunteina, alempi virhemäärän prosentteina.

Taulukosta 4 näkyy kaikkien testien keskiarvoliiikuttamisajat ja virhemäärät prosentteina yhteenlaskettuina. Taulukoista näkyy että tuntopalaute näyttää olevan hieman nopeampi olevan hyvin vähän nopeampi mutta mitään merkittävää eroa ei liikuttamisajoissa ole havaittavissa. Virhemäärä sen sijaan kasvaa tuntopalautetta käytettäessä jopa 10,9%.

	Keskiarvo	Ei tuntopalautetta	Tuntopalautetta
Liikuttamisaika (ms)	21958	22036 -	21877 (-0.7%)
Virhemäärä (%)	2.8	2.6 -	2.9 (+10.9%)

Taulukko 4. Kaikkien testien yhteenlaskettu keskiarvo liikuttamisajoissa ja virhemäärissä. Suluissa oleva luku kertoo muutoksen prosentteina verrattuna testitapaukseen jossa ei käytetty tuntopalautetta.

Testit oli suunniteltu siten että, jokaiseen kohteeseen tuli osua. Käyttäjän tuli yrittää osua kohteeseen niin kauan, kunnes kohteen valitseminen onnistuu. Tä-

mä tietenkin vaikutti myös valitsemisaikoihin. Koska virhemäärä näyttää selvästi kasvavan tuntopalautetta käytettäessä, joutuu käyttäjä useammin yrittämään saman kohteen valitsemista, mikä tietenkin myös heijastuu liikuttamisaikoihin. On myöskin huomattavaa, että vaikka liikuttamisajat eivät näytä merkittävästi nopeutuvan tuntopalautetta käytettäessä, monet testeihin osallistuneet henkilöt arvelivat tuntopalautteen nopeuttavan ja helpottavan tehtävän suorittamista.

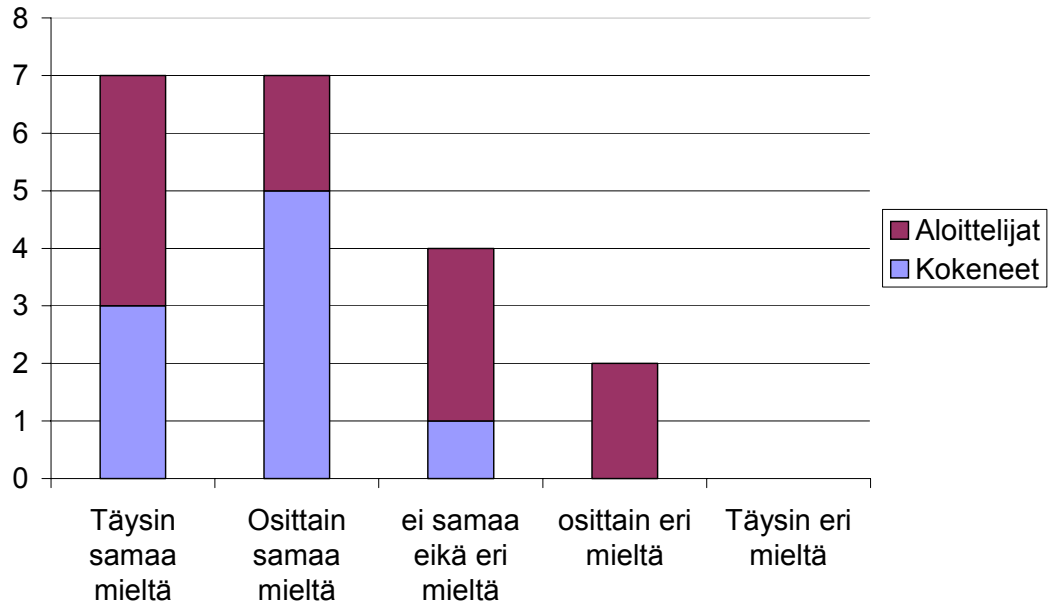
Myöskään tässä testissä ei mitattu yksittäisiä valitsemisaikoja eikä tarkemmin sitä, mihin aika kului, mikä olisi ollut tarpeen, jotta tuloksia olisi voitu paremmin analysoida. Jos ensimmäistä testiä voidaankin sanoa pilottitestiksi, olisi nämä lisäykset pitänyt viimeistään toiseen vaiheeseen lisätä. Koska Fittsin laki (Fitts' law) [ISO 9241-9:2000] on yleisesti käytössä tämän tyyppisissä tutkimuksissa, testi olisi ollut järkevää toteuttaa siten, että Fittsin lakia olisi voitu käyttää. Tällöinkin yksittäisten valitsemisaikojen kerääminen olisi ollut tärkeää.

7.3.4. Tuntopalautetta ensimmäistä kertaa kokeilleiden henkilöiden mielipiteitä tuntopalautteesta

Toisessa vaiheessa testeihin osallistui käyttäjiä, jotka eivät ennen olleet kokeilleet tuntopalauttehiirtä. Heiltä kysyttiin testin jälkeen myös mielipiteitä tuntopalauttehiirestä (ks. liite 2).

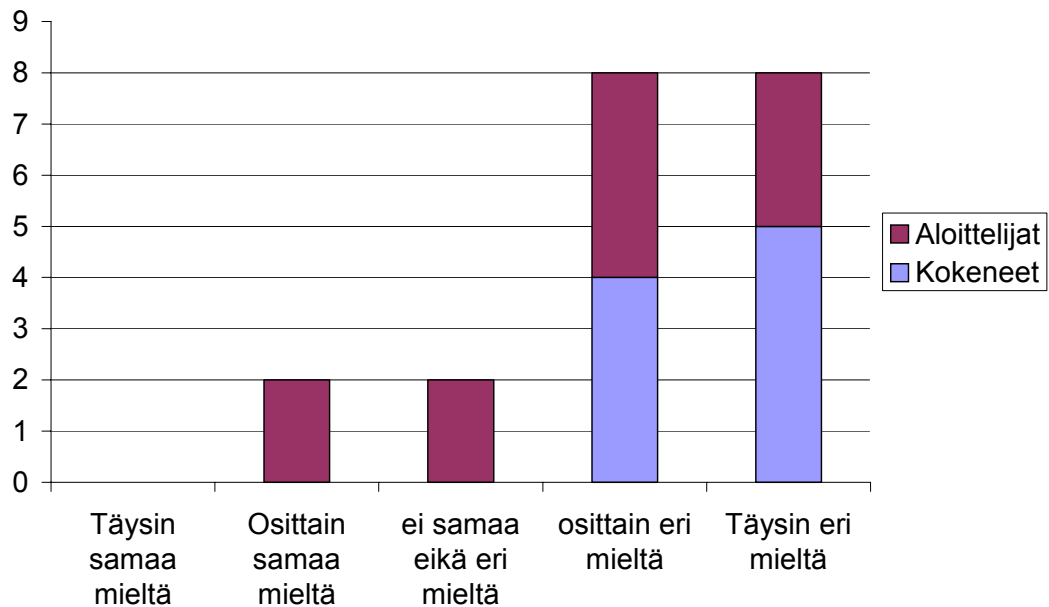
Kyselykaavakkeessa testihenkilöille esitettiin neljä eri väittämää, jotka olivat seuraavat: Tuntopalautteesta on hyötyä, tuntopalautteesta on haittaa, tuntopalaute ärsyttää ja tuntopalaute on hauskaa. Väittämiin vastattiin asteikolla 1 - 5, jossa 1 = täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = ei samaa eikä eri mieltä, 4 osittain samaa mieltä ja 5 = täysin samaa mieltä.

Kuvasta 9 näkee kuinka testeihin osallistuneet henkilöt vastasivat väittämään ”tuntopalautteesta on hyötyä”. Neljätoista henkilöä kahdestakymmenestä oli joko osittain tai täysin samaa mieltä väittämän kanssa. Vain kaksi vastaajista oli osittain eri mieltä.



Kuva 9. Testiin osallistuneiden henkilöiden vastaukset väittämään "Tuntopalautteesta on hyötyä".

Kuvasta 10 näkee kuinka testeihin osallistuneet henkilöt vastasivat väittämään "tuntopalautteesta on haittaa". 16 henkilöä kahdestakymmenestä oli joko osittain tai täysin eri mieltä väittämän kanssa. Vain kaksi vastaajista oli osittain samaa mieltä.

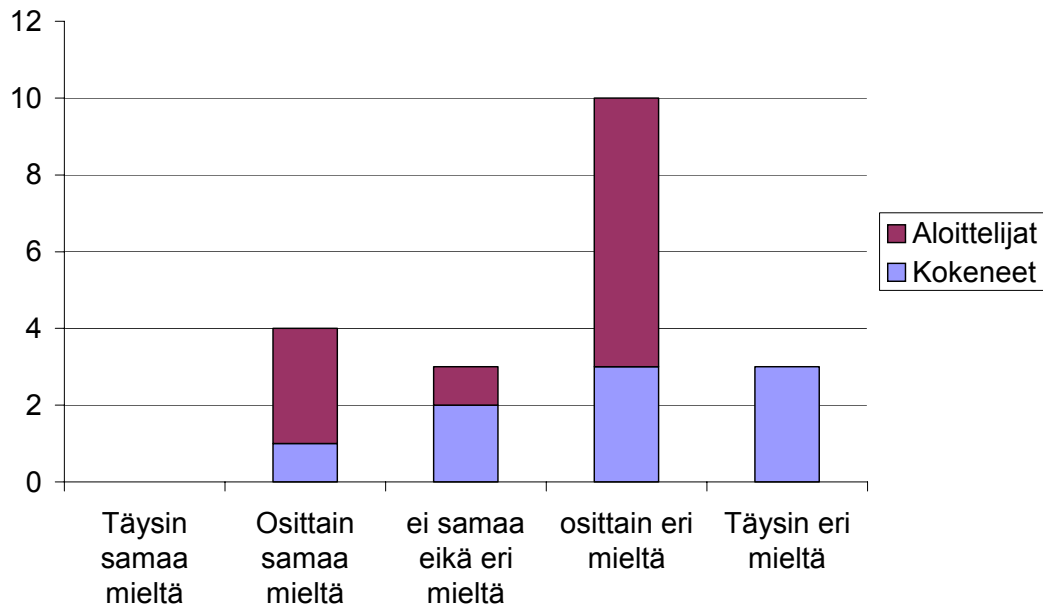


Kuva 10. Testiin osallistuneiden henkilöiden vastaukset väittämään "Tuntopalautteesta on haittaa".

Kuvista 9 ja 10 voidaan nähdä että testeihin osallistuneet henkilöt suhtautuvat melko positiivisesti tuntopalautteeseen. Monet uskovat, että tuntopalautteesta on hyötyä, eivätkä usko että siitä on ainakaan paljon haittaa.

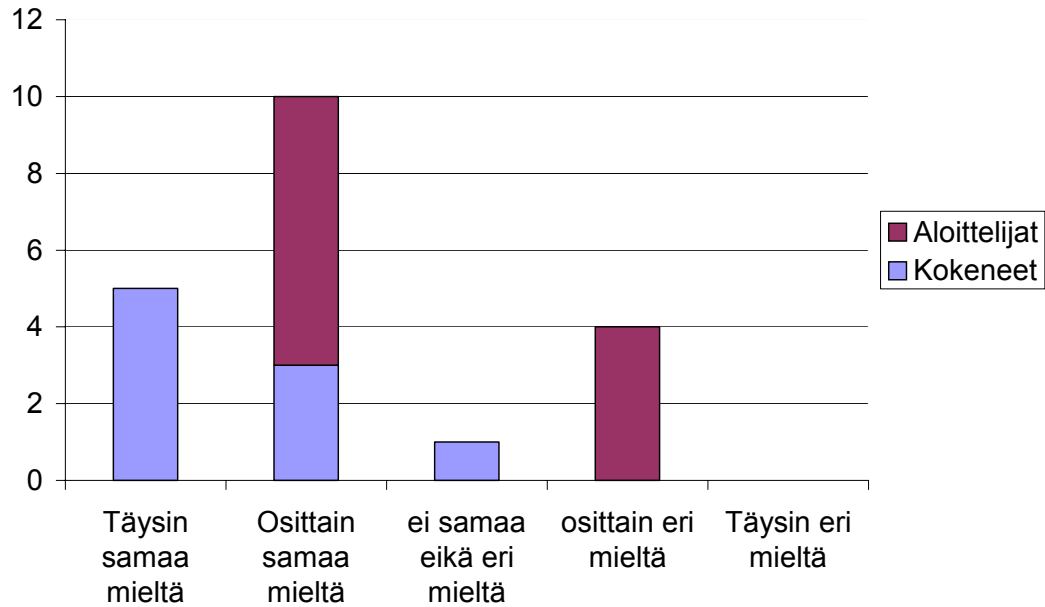
Kuvista voi myös huomata, että kokeneet tietokoneen käyttäjät suhtautuvat hieman positiivisemmin tuntopalautteeseen.

Kuvasta 11 näkee miten testiin osallistuneet henkilöt ovat vastanneet väittämään ”tuntopalaute ärsyttää”. Yli puolet (kaksitoista kahdestakymmenestä) oli joko osittain tai täysin eri mieltä. On kuitenkin huomioitava, että testeihin osallistuneet henkilöt eivät olleet käyttäneet tuntopalautetta aikaisemmin eikä heillä näin ollen ollut kokemusta tuntopalautteen käytöstä pidemmällä ajalla. Monet tuntopalautetta enemmän käyttäneet henkilöt ovat sanoneet että aluksi tuntopalaute tuntui pelkästään hauskalta, mutta jonkin aikaa tuntopalautea käytettyään tuntopalaute on alkanut ärsyttämään.



Kuva 11. Testiin osallistuneiden henkilöiden vastaukset väittämään ”Tuntopalaute ärsyttää”.

Kuvasta 12 näkee miten testiin osallistuneet henkilöt ovat vastanneet väittämään ”tuntopalaute on hauskaa”. Viisitoista kahdestakymmenestä (75 %) oli joko osittain tai täysin samaa mieltä. Varsinkin kokeneet tietokoneen käyttäjät pitivät tuntopalautetta hauskana. Jälleen on huomioitava, että testeihin osallistuneet henkilöt olivat käyttäneet tuntopalautetta vasta vähän aikaa. Mutta on myös huomattava, että jo jonkin verran enemmän tuntopalautehiirtä kokeilleiden henkilöiden mielipide tuntopalauteen hauskuudesta on pysynyt saman suuntaisena. Vaikka monet sanoivat että tuntopalaute ärsyttää, he myöskin pitivät tuntopalautetta hauskana.



Kuva 12. Testiin osallistuneiden henkilöiden vastaukset väittämään "Tuntopalaute on hauskaa".

Koekäyttäjiltä kysyttiin onko tuntopalautteesta hyötyä, ja jos on, niin missä tilanteissa. Suuri osa vastaajista oli sitä mieltä, että kohteisiin osuminen helpottuu kun käytetään tuntopalautetta. Tuntopalautteen oletettiin varmistavan kohteeseen osumisen ja nopeuttavan työskentelyä. Monet mainitsivat myös, että erityisesti pikkutarkkaa työtä tehdessä, tai jos on heikko näkö työskentely, helpottuu, kun hiiri ilmoittaa oikeasta kohdasta. Seitsemäntoista vastaajaa kahdestakymmenestä oletti tuntopalautteesta olevan hyötyä juuri pikkutarkassa työskentelyssä tai kohdistamisessa yleensä. Muita huomioita oli, että peleissä on varmasti hyötyä tuntopalautteesta. Myös kokemattomille tietokoneen käyttäjille, vanhuksille ja tietokoneen käyttöä opetteleville lapsille tuntopalautteesta oletettiin olevan hyötyä. Tuntopalautteen ajateltiin myös auttavan tietokoneen käyttäjää pysymään hereillä niin ettei nukahda kesken työnteon.

Koekäyttäjiltä kysyttiin myös onko tuntopalautteesta haittaa ja jos on, niin missä tilanteissa. Kaksi vastaajista mainitsivat tässä kohdin, että pikkutarkkaa työtä tehdessä tuntopalaute voi myös haitata. Hiiren tärinä saattaa myös vaikeuttaa osumista pieneen kohteeseen, varsinkin jos tärinä on liian voimakas tai jos useita täriseviä kohteita on lähekkäin. Suurin osa vastaajista kuitenkin pelkäsi tuntopalautteen häiritsevän keskittymistä itse työhön tai alkavan ärsyttää, varsinkin jos hiiri tärisee turhaan. Turhana tuntopalautetta pidettiin silloin, kun työskentely ei vaadi erityistä tarkkuutta tai kohteet ovat isoja. Ärsyttävänä tekijänä mainittiin nimenomaan myös hiiren tuottama ääni. Useat vastaajat mainitsivat, että tuntopalautteeseen piti tottua, vasta lopuksi siitä alkoi olemaan hyötyä. Osa vastaajista sanoi myös että tuntopalaute jopa pelästytti aluksi.

Epäiltiinpä myös, että erittäin herkille ihmisille hiiren tärinä saattaisi "jättää tärinän päälle".

8. Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten tuntopalautetta voitaisiin käyttää apuna ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa tavallisessa työpöytätyöskentelyssä. Koska hiiri on ylivoimaisesti suosituin osoitinlaite, ja jo nykyään on tavallisten tietokoneen käyttäjien saatavilla tuntopalautehiiriä, tutkimuksessa keskityttiin tuntopalautteen lisäämiseen tuntopalautehiiren avulla.

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään miten graafisten käyttöliittymien komponenttien käyttämisessä havaittuja käytävyysoongelmia voitaisiin poistaa tuntopalautteen avulla. Tässä käytettiin apuna sitä, miten ongelmia on ehdotettu äänen avulla poistamaan ja pohdittiin, olisiko tuntopalaute parempi tapa.

Tutkimuksen käytännöllisessä osassa keskityttiin tuntopalautteen lisäämiseen liukusäätimeen sekä tutkittiin, olisiko tuntopalauteesta hyötyä tavallisessa osoita ja valitse -tehtävässä. Tutkimusta varten tein prototyypin liukusäätimestä sekä kehitin yksinkertaisen ohjelman osoita ja valitse -tehtävää varten.

Osoita ja valitse -tehtävää testattiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa testattiin kolmea eri tapaa käyttää tuntopalautetta sekä vertailun vuoksi yhtä tapaa missä ei ollut käytetty tuntopalautetta. Testiin osallistuneet henkilöt olivat aikaisemminkin käyttäneet tuntopalautehiirtä. Toisessa vaiheessa testattiin ensimmäisessä vaiheessa parhaaksi osoittautunutta tapaa käyttää tuntopalautetta siten, että valittavan kohteen koko vaihteli. Testiin osallistuneet henkilöt eivät olleet käyttäneet tuntopalautehiirtä aikaisemmin, ja noin puolet testeihin osallistuneista henkilöistä olivat aloittelijoita tietokoneen käytössä.

Ensimmäisessä testissä parhaaksi tavaksi käyttää liukusäädintä todettiin tapaa, jossa hiiri täräsi valittavan kohteen päällä. Toisissa tavoissa hiiri täräsi joko kaukana kohteesta siten, että tärinä voimistui mitä kauemmaksi kohteesta osoitin vietiin, tai lähellä kohdetta siten, että tärinä voimistui mitä lähemmäksi kohdetta osoitin vietiin. Testissä mitattiin valinta-aikoja.

Ensimmäisessä testissä näytti siltä, että tärinä kohteen päällä tai lähellä kohdetta nopeuttaisi valitsemisaikoja. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei kuitenkaan löytynyt. Testiin osallistuneet henkilöt kuitenkin pitivät tapaa selvästi parhaana. Toisessakaan testissä ei löydetty merkittäviä eroja valitsemisajoissa, mutta käyttäjät itse luulivat tuntopalautteen helpottavan kohteeseen osumista. Toisessa testissä mitattiin myös virhemäärät, mitkä kasvoivat tuntopalautetta käytettäessä.

Vaikka osoita ja valitse -tehtävissä ei saatukaan tilastollisesti merkittäviä tuloksia, tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö niitä mahdollisesti olisi voitu saada testien paremmalla suunnittelulla. Tavallisesti tämän tyyppisissä tutkimuksissa

sovelletaan Fittsin lakia, mitä tässä tutkimuksessa ei käytetty. Lisäksi tehtävät olivat varsinkin ensimmäisessä vaiheessa aivan liian helppoja.

Prototyyppiä liukusäätimestä kokeilivat käyttäjät, jotka olivat käyttäneet tuntopalautehiirtä aikaisemminkin. Kokeilussa ei ollut varsinaista tehtävää, käyttäjät ainoastaan kokeilivat, miltä tuntopalaute liukusäätimessä tuntui ja heiltä kysyttiin mielipiteitä asiasta. Käyttäjät olivat suhteellisen tyytyväisiä tekemääni prototyyppiin liukusäätimen tuntopalautteesta. On kuitenkin huomattava, että käyttäjät kokeilivat tekemääni prototyyppiä liukusäätimestä vain lyhyen aikaa, eivätkä normaalissa työskentelyssä. Käyttäjien mielipiteet tuntopalautteen käytöstä liukusäätimen yhteydessä saattaisivat muuttua, kun he pääsisivät käyttämään todellisissa tilanteissa, ja tuntopalautteen todellinen hyöty tai haitta saattaisi tulla esiin vasta myöhemmin. Käyttäjät myös toivoivat muutamia lisäominaisuuksia, kuten dokumentin alku-, loppu- ja keskipisteen erottamista paremmin. Lisäksi ehdotettiin, että tärinä voisi vaimentua, kun hiiren kursori vieritettäessä siirtyy pois liukusäätimen päältä. Näitä ominaisuuksia voisi jatkossa tutkia. Lisäksi tuntopalautetta liukusäätimessä voitaisiin tutkia siten, että käyttäjälle annettaisiin jokin yksinkertainen tehtävä, jolloin saataisiin muitakin tuloksia kuin se, miltä käyttäjistä tuntuu.

Tuntopalautehiirtä käyttäneiltä henkilöiltä kysyttiin myös mielipiteitä tuntopalautteesta aikaisempien kokemustensa perusteella. Tutkimuksessa kävi ilmi, että useimpien tuntopalautehiirtä käyttäneiden henkilöiden mielestä tuntopalautteesta on hyötyä nimenomaan vierittämisessä sekä valintatilanteissa etenkin silloin, kun pitää valita pitkästä listasta jotakin. Tuntopalautehiirtä käyttäneet henkilöt olivat sitä mieltä, että tuntopalautetta pitäisi käyttää harkitusti ja kritisoidaan Immersionin työpöytäohjelmistossa käytettyä tapaa käyttää tuntopalautetta lähes joka tilanteessa. Lisäksi tuntopalautehiiren pitämä meteli ärsytti käyttäjiä.

Tuntopalautehiiren hyödyn testaamisessa tuli ilmi, etteivät käyttäjät olleet varmoja kuinka suuri osa hiiren antamasta hyödystä oli tärinää ja kuinka suuri ääntä. Tässä olisikin hyvä jatkotutkimusaihe. Jatkotutkimuksena voisi verrata kuinka käyttäjät reagoivat tuntopalautehiiren palautteisiin, kun mukana on joko pelkästään ääni, pelkästään tärinä tai molemmat. Käytännössä pelkästään äänen toteuttaminen tuntopalautehiirellä on mahdotonta, mutta tätä voitaisiin yrittää simuloida kaiuttimista tulevan äänen avulla. Pelkän tärinän testaaminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi kuulosuojaimien avulla.

Viiteluettelo

- [Akamatsu *et al.*, 1995] Akamatsu, M., MacKenzie, I. S., and Hasbrouq, T., A comparison of tactile, auditory, and visual feedback in a pointing task using a mouse-type device. *Ergonomics* **38** (1995), 816-827.
- [Akamatsu and MacKenzie, 1996] Akamatsu, M. & MacKenzie, I. S., Movement characteristics using a mouse with tactile and forcefeedback. *International journal of Human-Computer Studies* **45** (1996), 483-493.
- [Apple, 1996] Inside Macintosh: Macintosh Human Interface Guidelines. Part 2 - the interface elements. Available as <http://www.devworld.apple.com/techpubs/mac/HIGuidelines/HIGuidelines-74.html>
- [Brewster, 1994] Stephen Anthony Brewster, *Providing a Structured Method for Integrating Non-Speech Audio into Human-Computer Interfaces*, Submitted for the degree of Doctor of Philosophy, University of York, Human-Computer Interaction Group, Department of Computer Science, 1994.
- [Brewster, 2001] Brewster, S.A., The impact of haptic 'touching' technology on cultural applications. *EVA2001* **28** (2001), 1-14 .
- [Buxton, 1995] Buxton, W., *Touch, Gesture & Marking*. Chapter 7 in R.M. Baecker, J. Grudin, W. Buxton and S. Greenberg, S. (Eds.)(1995). *Readings in Human Computer Interaction: Toward the Year 2000* San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1995.
- [Dix and Brewster, 1994] A. Dix and S. A. Brewster, *Causing Trouble with Buttons*. *Ancillary Proceedings of HCI'94*, 1994.
- [Goldstein, 1999] E. Bruce Goldstein, *Sensation & Perception*, Fifth Edition. Brooks/Cole Publishing Company, 1999.
- [Immersion, 2002] Immersion Corporation, <http://www.immersion.com/>. (tarkastettu 28.12.2002)
- [Inkwell systems, 2002] Inkwell systems, <http://www.inkwellsystems.com/>. (tarkastettu 28.12.2002)
- [ISO 9241-9:2000] Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - part 9: Requirements for non-keyboard input devices (ISO 9241-9:2000). 2000.
- [Laarni, 1998] Jari Laarni. *Havaintopsykologian perusteet*, Psykologian laitos, Helsingin yliopisto, 1998.
Saataavilla <http://www.opiskelijakirjasto.lib.helsinki.fi/havainto/>. (tarkastettu 28.12.2002)

- [Logitech, 2002] Logitech Inc., <http://www.logitech.com/>
(tarkastettu 28.12.2002)
- [MacKenzie et al. 1991] MacKenzie, I. S., Sellen, A., and Buxton, W., A comparison of input devices in elemental pointing and dragging tasks, in *Proceedings of the CHI '91 Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, (1991) 161-166.
- [MacKenzie et al., 2001] MacKenzie, I. S., Kauppinen, T., & Silfverberg, M., Accuracy measures for evaluating computer pointing devices. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 2001*, 2001, 9-16: ACM, 2001, 9-16
- [MacKenzie and Buxton, 1994] MacKenzie, I. S., & Buxton, W., The prediction of pointing and dragging times in graphical user interfaces. *Interacting with Computers*, 6 (1994), 213-227.
- [MacKenzie and Oniszczak, 1997] MacKenzie, I. S., & Oniszczak, A., The tactile touchpad. *Extended Abstracts of the CHI '97 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1997, 309-310.
- [MacKenzie and Oniszczak, 1998] MacKenzie, I. S., & Oniszczak, A., A comparison of three selection techniques for touchpads. *Proceedings of the CHI '98 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1998, 336-343.
- [MBNet, 2002] MBNet, hintaseuranta, <http://www.mbnet.fi/hintaseuranta/>
(tarkastettu 28.12.2002).
- [McGee, 1999] McGee, Marilyn Rose, A haptically enhanced scrollbar: Force-Feedback as a means of reducing the problems associated with scrolling, *First PHANToM Users Research Symposium*, 1999.
- [Myers, 1998] Brad A. Myers. A Brief History of Human Computer Interaction Technology. *ACM interactions*. Vol. 5, no. 2 (1998), 44-54.
- [Norman, 1998] Norman, K.L., (1998). Human-Computer Interface Desing. Available as
<http://www.lap.umd.edu/LAPFolder/papers/LAP1998TR02/LAP1998TR02.html>
(tarkastettu 26.1.2003)
- [Schomaker et al., 1995] L. Schomaker, J. Nijtmans, A. Camurri, F. Lavagetto, P. Morasso, C. Benoît, T. Guiard-Marigny, B. Le Goff, J. Robert-Ribes, A. Adjoudani, I. Defée, S. Münch. K. Hartung, J. Blauert, A Taxonomy of Multimodal Interaction in the Human Information Processing System, A Report of the ESPRIT PROJECT 8579, February 1995. Available as
<http://hwr.nici.kun.nl/~miami/taxonomy/taxonomy.html> (tarkastettu 26.1.2003)
- [SensAble, 2002] SensAble, inc.,
<http://www.sensable.com/> (tarkastettu 28.12.2002)

- [Tähkää and Raisamo, 2002] Tähkää, E., and Raisamo, R., Evaluating tactile feedback in target selection task. *EUROHAPTICS 2002 Conference Proceedings*, July 2002, 30-35.
- [Zhai and MacKenzie, 1998] Zhai, S., & MacKenzie, I. S., Teaching old mice new tricks: Innovations in computer mouse design. *Proceedings of Ergon-Axia '98 - the First World Congress on Ergonomics for Global Quality and Productivity*, 1998, 80-83.
- [Zimbardo *et al.*, 1995] Philip Zimbardo, Mark McDermott, Jeroen Jansz, Nico Metaal, *Psychology: A European Text*. HarperCollins, 1995.

Kysymyksiä tuntopalautehiireen liittyen:

Oletko käyttänyt tuntopalautehiirtä aikaisemmin?

1. Kyllä, kuinka paljon? _____
2. Ei _____

Mitkä seuraavista ominaisuuksista kuvaavat tuntopalautehiiren käyttöominaisuuksia tällä hetkellä?

Hyödyllinen	1	2	3	4	5	Hyödytön
Hauska	1	2	3	4	5	Tylsä
Helpottaa työntekoa	1	2	3	4	5	Haittaa työntekoa
Mukava	1	2	3	4	5	Ärsyttävä
Tuntopalautteen huomaa selvästi	1	2	3	4	5	Tuntopalautetta ei huomaa

Onko tuntopalautteessa on mielestäsi hyötyä? Missä tilanteissa erityisesti?

Onko tuntopalautehiirestä haittaa? Missä tilanteissa erityisesti?

Miten tuntopalautetta voisi mielestäsi käyttää niin että siitä olisi käyttäjälle enemmän hyötyä?

Seuraavat kysymykset koskevat liikusäätimen käyttöä tekemässäni protossa.

Miten tuntopalaute ominaisuudet vaikuttavat liikusäätimen käyttöön?

Kysymyksiin vastataan asteikolla 1-5 jossa 1 = täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = ei samaa eikä erimieltä, 4 = osittain samaa mieltä ja 5 täysin samaa mieltä. Valitse mielestäsi kuvaavin vaihtoehto.

En huomaa tuntopalautetta käyttäessäni liikusäädintä	1	2	3	4	5
Tuntopalaute häiritsee kun käytän liikusäädintä	1	2	3	4	5
Tuntopalaute ärsyttää kun käytän liikusäädintä	1	2	3	4	5
Tuntopalautteesta on hyötyä kun käytän liikusäädintä	1	2	3	4	5
Tuntopalaute on hauskaa kun käytän liikusäädintä	1	2	3	4	5

Onko tuntopalautteesta mielestäsi hyötyä käyttäessäsi liikusäädintä? Miten?

Onko tuntopalautteesta haittaa käyttäessäsi liikusäädintä? Mitä?

Mitä ominaisuuksia muuttaisit tuntopalautteen käytössä liikusäätimessä? Missä muissa tilanteissa tuntopalautetta voisi käyttää?

Kysymyksiä tuntopalautehiireen liittyen:

Oletko käyttänyt tuntopalautehiirtä aikaisemmin?

3. Kyllä, kuinka paljon? _____
4. Ei

Testeissä oli neljä eri tapausta jossa kolmessa käytettiin tuntopalautetta. Mikä tavoista oli mieluisin käyttää?

1. Hiiri tärisee ollessaan halutun kohteen päällä
2. Hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten että tärinä voimistuu mitä lähempänä kohdetta ollaan
3. Hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten että tärinä voimistuu mitä lähempänä kohdetta ollaan
4. Tuntopalautetta ei käytetty ollenkaan

Miksi kyseinen tapa mielestäsi oli mieluisin?

Mikä tavoista oli mielestäsi huonoin/epämieluisin?

1. Hiiri tärisee ollessaan halutun kohteen päällä
2. Hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten että tärinä voimistuu mitä lähempänä kohdetta ollaan
3. Hiiri tärisee liikuttaessa hiirtä kohteen ulkopuolella siten että tärinä voimistuu mitä lähempänä kohdetta ollaan
4. Tuntopalautetta ei käytetty ollenkaan

Miksi?

Mitkä ominaisuudet kuvaavat mielestäsi tuntopalautehiiren käyttöä?

Kysymyksiin vastataan asteikolla 1-5 jossa 1 = täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = ei samaa eikä erimieltä, 4 = osittain samaa mieltä ja 5 täysin samaa mieltä. Valitse mielestäsi kuvaavin vaihtoehto.

Hyödyllinen	1	2	3	4	5	Hyödytön
Hauska	1	2	3	4	5	Tylsä
Helpottaa työntekoa	1	2	3	4	5	Haittaa työntekoa
Mukava	1	2	3	4	5	Ärsyttävä
Huomaamaton	1	2	3	4	5	

Muita huomioita tuntopalautehiireen tai testattavaan ohjelmaan liittyen:

Kysymyksiä tuntopalautehiireen liittyen:

Oletko käyttänyt tuntopalautehiirtä aikaisemmin?

5. Kyllä, kuinka paljon? _____
 6. Ei _____

Miten seuraavat väittämät kuvaavat mielestäsi tuntopalauteominaisuuksia tekemässäni ohjelmassa?

Kysymyksiin vastataan asteikolla 1-5 jossa 1 = täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = ei samaa eikä erimieltä, 4 = osittain samaa mieltä ja 5 täysin samaa mieltä. Valitse mielestäsi kuvaavin vaihtoehto.

Tuntopalauteesta on hyötyä	1	2	3	4	5
Tuntopalaute ärsyttää	1	2	3	4	5
Tuntopalaute on hauskaa	1	2	3	4	5
Tuntopalauteesta on haittaa	1	2	3	4	5

Onko tuntopalauteesta mielestäsi hyötyä? Missä tilanteissa?

Onko tuntopalauteesta mielestäsi haittaa? Missä tilanteissa?

Mitkä ominaisuudet kuvaavat mielestäsi tuntopalautehiiren käyttöä?

Hyödyllinen	1	2	3	4	5	Hyödytön
Hauska	1	2	3	4	5	Tylsä
Helpottaa työntekoa	1	2	3	4	5	Haittaa työntekoa
Mukava	1	2	3	4	5	Ärsyttävä
Tuntopalauteen huomaavasti	1	2	3	4	5	Tuntopalaute ei huomaavasti

Miten muuten tuntopalautea voisi mielestäsi käyttää? Kehitysideoita?

Muita huomioita tuntopalautehiireen tai testattavaan ohjelmaan liittyen:
