

Katseenseuranta

15

Merja Lehtinen

Katseenseuranta on menetelmä, jolla kerätään tietoa käyttäjän silmänliikkeistä. Katseenseurannalla saadaan tietoa käyttäjän tarkkaavaisuuden suuntautumisesta ja kiinnittymisestä käyttöliittymässä. Sitä voidaan käyttää sekä käyttöliittymien suunnittelussa että tutkimuksessa. Menetelmä vaatii erityisiä laitteita ja tyypillisesti katseenseurantatutkimus suoritetaan käytettävyyslaboratoriossa. Katseenseurantatestin järjestäjältä vaaditaan laitteiston tuntemista ja perehtyneisyyttä katseenseurannan läpivientiin. Osallistujien valinnassa tulee käyttäjän osaamistason lisäksi ottaa huomioon katseenseurantalaitteiden asettamat vaatimukset. Menetelmän vahvuuksiin kuuluu muun muassa käyttäjän tiedostamattomista kognitiivisista prosesseista saatava tieto; esimerkiksi tehtävän kognitiivinen kuormittavuus saattaa heijastua silmänliikkeisiin. Katseenseuranta voi vahvistaa muilla menetelmillä saatuja tuloksia, sillä katseenseurannalla saadaan määrällistä ja pätevää tietoa osallistujan käyttäytymisestä. Katseenseurantaa käytetään tyypillisesti käytettävyytestauksen rinnalla, joskin myös haastattelulla tai kyselylomakkeilla voidaan puolestaan täydentää katseenseurannasta saatua määrällistä tietoa. Ongelmallista menetelmässä on ollut laitteiden kömpelyys ja kalleus. Myös datan analysoimisen hitaus ja metodologiset ongelmat ovat olleet menetelmän heikkouksia. Osallistujan liikkeet ovat varsin rajattuja, eikä tutkimustilanne vastaa todellista käyttötilannetta. Teknologian kehittymisen myötä katseenseuranta on siirtymässä laboratoriosta luonnollisempiin käyttöympäristöihin, joissa sen avulla voidaan saada tietoa muun muassa kämmentietokoneiden käytettävyydestä.

15.1. Johdanto

Katseenseurannalla (eye tracking) on pitkä historia, mutta käytettävyytutkimuksessa sen käyttö on vasta yleistymässä. Katseenseurannan avulla kerätään tietoa käyttäjän silmänliikkeistä, joista voidaan päätellä mihin käyttöliittymän komponenttiin *tarkkaavaisuus (attention)* kulloinkin kohdistuu. Karn, Ellis ja Juliano (1999) kirjoittivat, että katseenseurannalla voidaan havaita tilanteet, joissa käyttäjä katsoo tiettyä www-sivua tai näytönkuvaa odotettua pitempään löytämättä haluttua kohdetta, esimerkiksi painiketta. Testin järjestäjä ei tiedä johtuuko tämä siitä, ettei käyttäjä ole löytänyt oikeaa painiketta, vai huomasiiko käyttäjä painikkeen, mutta ei ymmärtänyt sen merkitystä. Toisaalta, jos käyttäjä ei koskaan vilkaissut painiketta, se oli todennäköisesti sijoitettu väärin suhteessa muihin käyttöliittymäelementteihin, tai jotkin muut elementit, kuten liikkuvat mainokset, johtivat käyttäjän harhaan. Katseenseuranta voi siis paljastaa käyttäjän tietoisia ja tiedostamattomia prosesseja vuorovaikutustilanteessa. Cowen (2001) kuitenkin huomauttaa, että tutkijoiden keskuudessa ei ole yhtenevää mielipidettä kognitiivisten prosessien ja silmänliikkeiden välisestä yhteydestä.

Seuraavaksi käsitellään aluksi katseenseurannan historiaa lyhyesti. Kattavamman yleiskuvan tarjoamiseksi esitellään silmän rakennetta ja -liikkeitä sekä käsitellään tutkimustuloksia silmänliikkeiden ja kognitiivisten prosessien välisistä yhteyksistä. Seuraavaksi esitellään katseenseurannan tekniikat ja katseenseurantatutkimuksen vaiheet. Lopuksi annetaan kuvaus

katseenseurannan tyypillisestä käytöstä käytettävyydestänsä ja kerrataan lyhyesti katseenseurannan vahvuuksia ja käyttöön liittyviä haasteita.

15.2. Katseenseurannan historia

Katseenseurantatutkimuksella on pitkä historia, sillä Javal suoritti ensimmäiset silmänliikkeitä tutkivat kokeet jo vuonna 1878 (Jacob & Karn, 2003). Valokuvaustekniikoiden kehittyessä 1900-luvun alussa tutkittiin silmän kiinnittymistä kohteisiin menetelmällä, jossa valoa heijastettiin sarveiskalvolta valokuvauslevylle. Myös juuri kehityksessä ollut elokuvaustekniikka avasi katseenseurannalle uusia mahdollisuuksia, sillä sen avulla onnistuttiin tallentamaan silmänliikkeiden ajallisia kestoja. Ensimmäisiä tutkimusmetodeja voidaan pitää tämän päivän mittapuun mukaan vähintäänkin arveluttavina, sillä osa tutkijoista ei käyttänyt elokuvaukseen perustuvaa tekniikkaa, vaan he asettivat suoraan koehenkilön sarveiskalvolle valkoisen hiukkasen, jonka liikettä he seurasivat. Silmän liikkeitä seurattiin myös asettamalla elektrodeja silmää ympäröiviin lihaksiin. Myöhemmin, 1930-luvulla osallistujien silmänliikkeitä tutkittiin heidän lukiessaan. Vaihtelemalla tekstin kirjaintyyppiä, kokoa ja ulkoasua voitiin arvioida näiden muuttujien vaikutusta lukemisen nopeuteen ja silmänliikeratojen muutoksiin. Fitts ja hänen kollegansa 1950-luvulla olivat ensimmäiset tutkijat, jotka yhdistivät katseenseurannan ja käytettävyydetutkimuksen (Fitts et al., 1950). He käyttivät elokuvakameroita tutkiessaan ilmavoimien lentäjien silmänliikkeitä ohjaamon mittareiden ja ohjaimien käytössä laskeutumistilanteen aikana. Heidän ensisijainen tavoitteensa oli kerätä tietoa ohjaamon laitteiden käytöstä ja parantaa ohjaamon käytettävyyttä kerätyn tiedon avulla.

Vaikka katseenseuranta oli kehittynyt ensimmäisistä askeleistaan, se oli kokeisiin osallistujille yhä vaivalloista ja epämiellyttävää. Jotta silmänliikkeet saatiin kuvattua, oli osallistujien pysyteltävä lähes eleettöminä ja liikkumattomina. 1940-luvulla kehiteltiin ensimmäinen päähän kiinnitettävä katseenseurantalaite. Vaikka laite olikin kömpelö tämän päivän mittapuun mukaan, avasi se uuden mahdollisuuden katseenseurantatutkimukselle. Osallistujat saattoivat liikkua vapaasti ja koetilanne muuttui luonnollisemmaksi.

1970-luku muodostui katseenseurannan kulta-ajaksi (Jacob & Karn, 2003). Katseenseurantalaitteet kehittyivät nopeasti ja psykologiset teoriat yhdistivät silmänliiketutkimuksen kognitiivisiin prosesseihin. Psykologinen ja fysiologinen teoria keskittyikin tutkimaan kuinka ihmisen silmä toimii ja mitä se voi paljastaa ihmisen havainnoimisesta ja kognitiivisista prosesseista. Jacob ja Karn huomauttavat, että vaikka katseenseurantaa käytettiin 1970-luvulla käytettävyydetutkimuksessa (tutkimuksia tehtiin varsinkin Yhdysvaltojen ilmavoimissa hävittäjälentokoneilla), tutkimusten painopiste oli katseenseurantateknologian ja katseenseurannalla kerätyn datan analysointitekniikoiden kehittämisessä.

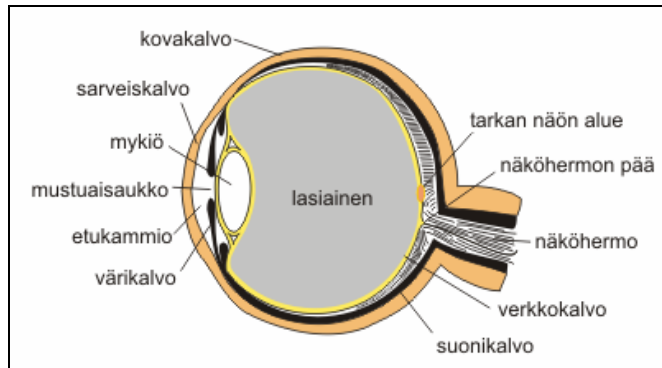
1980-luvulla katseenseurantatutkimus kohtasi jälleen uuden haasteen tietokoneiden yleistyksen myötä. Tietokoneiden ja videokuvaustekniikoiden kehittyminen mahdollisti myös silmänliikkeiden reaaliaikaisen tutkimisen, mikä avasi katseenseurannalle käytettävyydetutkimuksessa uusia mahdollisuuksia. Tutkijoiden kiinnostus suuntautui vuorovaikutteiseen teknologiaan. Kiinnostavia kysymyksiä olivat muun muassa, miten katsetta voitaisiin hyödyntää käyttöliittymien ohjauksessa ja mitä tietoa käyttöliittymästä saadaan katseenseurannan avulla. Käyttöliittymien ohjauksessa katseenseurantaa on käytetty esimerkiksi katseella kirjoittamisessa. Katseella kirjoittaminen olikin ensimmäisiä alueita, joissa reaaliaikaista katseenseurantaa hyödynnettiin. Tutkimus ja menetelmien kehitys on hyvin tärkeää kohderyhmälle, sillä joissain tapauksissa vaikeasti vammaisilla silmät saattavat olla ainoa keino tahdonalaisen viestintään (Jakob & Karn, 2003). Katseenseuranta käytettävyydetutkimuksessa on antanut objektiivista tietoa muun muassa tiedonhakuprosesseista käyttöliittymissä; esimerkiksi Aaltonen, Hyrskykari ja Rähä (1998) tutkivat käyttäjien silmänliikkeitä heidän lukiessaan valikkoja.

15.3. Silmänliikkeet ja niiden tulkinta

Seuraavassa tutustutaan lyhyesti perustietoihin silmän rakenteesta ja silmänliikkeistä. Silmänliikkeiden ja kognitiivisten prosessien välisen yhteyden tutkimuksista esitellään myös muutamia kirjallisuudesta löytyviä esimerkkejä – ovatko silmät sielun peili?

15.3.1. Silmän rakenne ja silmänliikkeet

Silmään tuleva valo läpäisee ensin sarveiskalvon (cornea) ja sen jälkeen mustuaisaukon eli pupillin (pupil) (kuva 1). Pupilli kontrolloi verkkokalvolle pääsevän valon määrää siten, että se laajenee vähässä valossa ja pienenee kirkkaassa valossa. Silmän mykiö (lens) tarkentaa katsottavan kohteen silmän takaosassa sijaitsevalle verkkokalvolle (retina). (Rosenzweig et al., 1999) Silmän verkkokalvolla sijaitsee noin 127 miljoonaa valolle herkkää solua: noin 120 miljoonaa sauvasolua (rod) ja 7 miljoonaa tappisolua (cone) (Glenstrup & Engell-Nielsen, 1995). Sauvasolut ovat erikoistuneet havaitsemaan suhteellisen pienet muutokset valon määrässä, mutta ne eivät välitä väri-informaatiota. Väri-informaatiota välittävät tappisolut puolestaan eivät ole yhtä herkkiä havaitsemaan valoerojen vaihteluita. Tappisoluja sijaitsee tiheimmin verkkokalvon keskellä olevalla, muodoltaan pyöreällä alueella (macula lueta). Alueella sijaitsee myös kooltaan hyvin pieni painauma jota kutsutaan tarkan näkemisen alueeksi (fovea). Näön tarkkuus heikkenee nopeasti tältä alueelta pois päin siirryttäessä, ja tarkkuus verkkokalvon reuna-alueilla on vain noin 15–50% tarkkuudesta, joka saavutetaan tarkan näön alueella. (Glenstrup & Engell-Nielsen, 1995)



Kuva 1: Silmän rakenne.

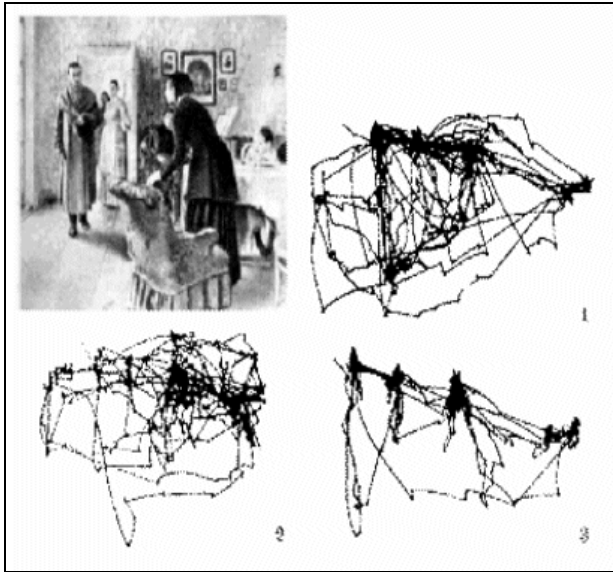
Silmänliikkeet koostuvat pääasiassa kiinnittymisistä ja hypähdyksistä. *Fiksaation* eli *kiinnittymisen* aikana nähdään tarkasti vain noin yhden asteen kulmassa näkyvä kohde, mikä vastaa silmästä 57 cm etäisyydellä olevaa yhden senttimetrin kokoista aluetta. Tarkan näkemisen alueen pienen pinta-alan vuoksi silmää täytyy siirtää melko usein, keskimäärin noin 300 millisekunnin välein. Näitä kiinnittymisien välissä tapahtuvia katseen siirtymiä kutsutaan *sakkadeiksi* eli *hypähdyksiksi*. Sakkadeissa molemmat silmät liikkuvat samansuuntaisesti yhtä aikaa ja hypähdykset kestävät tyypillisesti 25–100 millisekuntia. (Goldberg & Wichansky, 2003)

Visuaalisen informaation välittyminen näköjärjestelmään tapahtuu fiksaatioiden aikana. Sakkadien aikana informaation välittyminen on estynyt. Goldberg ja Kotval (1999) toteavat, että fiksaatioiden aikana kerätään tietoa myös näkökentän ääreisalueilta ja seuraava sakkadi suunnataan havaittuun mielekkääseen informaatioon, jotta havainto tarkastelun alla olevasta kohteesta syvenisi.

Silmät liikkuvat hypähdysten (sakkadien) lisäksi tasaisesti, kohteen liikkeen mukaisesti, myös liikkuvaa kohdetta seurattaessa. Nämä hitaat, *tavoittelevat silmänliikkeet (smooth pursuit)* ovat tahdosta riippumattomia ja niiden avulla kohde pystytään pitämään verkkokalvolla vakaana (Goldberg & Wichansky, 2003). Myös muita silmänliikkeitä voidaan havaita, mutta niiden merkitys käytettävyytutkimuksessa on varsin vähäinen (Goldberg ja Wichansky tarjoavat tarkemman selvityksen erityyppisistä silmänliikkeistä).

Tyypillisesti silmänliiketutkimuksen avulla määritetään koehenkilöiden fiksaatioiden kohteet ja kestot, sakkadien kestot ja silmänliikeradat eli katsepolut. *Katsepolulla (gaze path)* tarkoitetaan niitä silmänliikkeitä, joilla koehenkilö prosessoi visuaalista kohdetta. Katsepolku muodostuu sarjasta fiksaatioita ja sakkadeja.

Tyypillisesti silmänliiketutkimuksen avulla määritetään koehenkilöiden fiksaatioiden kohteet ja kestot, sakkadien kestot ja silmänliikeradat eli katsepolut. *Katsepolulla (gaze path)* tarkoitetaan niitä silmänliikkeitä, joilla koehenkilö prosessoi visuaalista kohdetta. Katsepolku muodostuu sarjasta fiksaatioita ja sakkadeja.



Kuva 2: Katsepolkujen muutoksia (Yarbus, 1967).

Kuva 2 on Yarbusin (1967) tutkimuksesta, jossa koehenkilöt tutkivat Ilja Repinin maalausta ”They did not expect him”. Kuvassa on kolme ensimmäistä katsepolkujen visualisoinneista. Ensimmäinen katsepolku on tilanteesta, jossa koehenkilö katsoo maalausta ilman tutkijan antamaa tehtävää. Toisessa katsepolussa koehenkilöä on pyydetty arvioimaan perheen yhteiskunnallista asemaa ja kolmannessa katsepolussa on pyydetty arvioimaan kuvan henkilöiden iäkiä.

15.3.2. Silmänliikkeet ja kognitiiviset prosessit

Silmä on usein kuvattu kaunokirjallisuudessa ”sielun peileiksi”. Vaikka kuva on turhan romantisoitu, on silmän liikkeiden ja kognitiivisten toimintojen välillä yhteyksiä. Andreassi (1995) kuvailee McCormackin ja muiden tekemiä tutkimuksia osallistujien oppimisesta ja fiksaatioiden kestoista. Heidän mukaansa oppimisstrategioiden tehokkuuden ja fiksaatioiden kestojen välillä on yhteys, sillä tehokkaiden oppijoiden fiksaatiot olivat merkittävästi pitempiä kuin henkilöiden joiden oppiminen ei ollut yhtä tehokasta. Silti on huomattava, että kaikkien osallistujien fiksaatiot pitivät heidän opetellessaan vaikeita sanalistoja. Myös sakkadien määrän on todettu kasvavan kognitiivisesti vaativissa tehtävissä ja fiksaatioiden määrän lisääntyvän tehtävissä, joissa osallistujia pyydettiin katsomaan kuvaa ja ratkaisemaan tehtäviä samanaikaisesti.

Just ja Carpenter (1980) ovat tutkineet silmänliikkeiden ja tekstin ymmärtämisen välistä yhteyttä. Osallistujia pyydettiin lukemaan lauseita niin, että he ymmärsivät niiden sisällön, jonka jälkeen heitä pyydettiin palauttamaan aiemmin luetut lauseet mieleensä. Tutkimus pohjautui kahdelle oletukselle: (1) Lukija yrittää ymmärtää jokaisen lukemansa sanan sen lukemisen yhteydessä ennen kuin siirtyy toiseen sanaan. (2) Silmä pysyy kohdistuneena sanaan, kunnes se on ymmärretty. Tämän toimintoketjun tarkoituksena on mahdollistaa kielen usein monimerkityksellinenkin ymmärtäminen muistia kuormittamatta.

Tutkimustulokset (Andreassi, 1995) osoittavat myös, että tiedostamattomat horisontaaliset silmänliikkeet ovat yhteydessä aivolohkojen luontaiseen painottumiseen. EEG (elektroenkefalogrammi)-mittauksissa saadut tulokset viittaavat aivoaktiiviteetin painottuvan luontaisesti joko vasemmalle tai oikealle aivolohkolle. Henkilöt, joiden vasen aivolohko on hallitsevampi kuin oikea, liikuttavat silmiään oikealle verbaalisten tehtävien aikana. Vastaavasti henkilöt, joiden oikea aivolohko on hallitsevampi, liikuttavat silmiään tiedostamattaan vasemmalle. Myös yhteys vasemman aivolohkon dominanssista ja henkilön oikeakätisyydestä on havaittu. Oikeakätiset liikuttavat silmiään oikealle verbaalisten tehtävien aikana ja vasemmalle avaruudellisia tehtäviä suorittaessaan.

Myös muilla silmänliikkeillä, kuten pupillin koon muutoksilla ja silmän räpäytyksillä on todettu olevan yhteyksiä kognitiivisiin toimintoihin. Pupillin koon muutoksista emotionaalisisissa tai kognitiivisesti vaativissa tehtävissä on raportoitu laajasti (esimerkiksi Aula & Surakka, 2002; Partala & Surakka, 2003), mutta vasta kolmenkymmenen viimeisen vuoden aikana on menetelmän avulla voitu tehdä niin luotettavia mittauksia, että tuloksia voidaan

pitää pätevinä (Andreassi, 1995). Yksi ongelma pupillin koon mittaamisessa on ollut pupillin reagoiminen valoon ja valaistuksen muutoksiin. Pupillin koon on myös todettu pienenevän väsymyksen vaikutuksesta, kun taas esimerkiksi pelkotilan tai kognitiivisesti vaativien tehtävien on todettu laajentavan pupillin kokoa. Pupillin laajeneminen heijastaa kognitiivisten tehtävien lisäämää informaation prosessointia hermostossa. Mitä vähemmän tehtävät vaativat osallistujalta vaivaa, sen vähemmän pupillin laajenemista voidaan havaita. Andreassi kuitenkin huomauttaa, että tutkimustuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon, että osallistujien pupillit laajenivat myös tilanteissa, joissa ärsykkeen esiintyminen oli todennäköistä. Vaikka pupillin koon muutoksia ei hyödynnetä käytettävyystudkimuksessa vielä kovinkaan laajasti, voi se tulevaisuudessa avata uusia mahdollisuuksia tutkia käyttäjien tunnetiloja tai kognitiivisen kapasiteetin kuormitusta heidän käyttäessään käyttöliittymiä.

Ehkä kuitenkin tärkein katseenseurannasta saatava hyöty on se, että pystytään seuraamaan mihin ihmisen *visuaalinen tarkkaavaisuus (attention)* on kohdistunut. Neisserin (1967) mukaan tarkkaavaisuuden visuaalinen kiinnittyminen on kaksivaiheinen prosessi. Se voidaan jakaa kahdeksi samanaikaisesti toimivaksi vaiheeksi; *esi-tarkkaavaisuudeksi (pre-attentive)* ja *keskitetyksi tarkkaavaisuudeksi (focal attention)*. Esi-tarkkaavaisuuden aikana henkilö pystyy havainnoimaan informaatiota koko visuaalisesta kentästä, kun taas keskitetyn tarkkaavaisuuden aikana henkilö käsittelee yhtä, tai korkeintaan muutamaa ärsykettä kerrallaan. Visuaalisen kentän kokonaisvaltainen havainnointi, jäsentäminen ja huomion kohdentaminen ärsykeeseen tapahtuu esi-tarkkaavaisuuden aikana. Tarkkaavaisuuden jakautuminen ympäristöön esi-tarkkaavaisuuden aikana ei ole tietoista ja fyysiset seikat, kuten ärsykkeen samankaltaisuus, erilaisuus tai fyysinen läheisyys, vaikuttavat kohteen valintaan. Tarkkaavaisuuden siirtäminen ärsykkeestä toiseen voi pohjautua esimerkiksi siihen, että henkilön ääreisnäkö (näkö näköalueen reuna-alueilla) havaitsee visuaalisessa kentässä sijaitsevista kohteista fyysisiä eroavaisuuksia, jonka perusteella valinta tehdään (Kahneman, 1973). Esimerkiksi luettaessa sanaa ei voida lukea, jos se sijaitsee näön ääreisalueella (Rayner, 1998).

Ihmiselle on siis tyypillistä, että katse suunnataan ympäristöön ja tietoa etsitään aktiivisesti motivaation ja tavoitteiden mukaan. Fiksaatioiden kestoilla, katsepolkujen suunnalla ja kestolla on todettu olevan yhteys kognitiivisten prosessien kanssa, esimerkiksi mitä pitempi fiksaatio, sen vaikeampi tehtävä on kognitiivisesti (Hodgson et al., 2000). Myös muita katseeseen liittyviä mittareita voidaan käyttää käytettävyystudkimuksessa, kuten pupillin koon muutoksia.

15.4. Katseenseurannan tekniikat

Glenstrupin ja Engell-Nielsenin (1995) mukaan katseenseurantatekniikat voidaan luokitella kolmeen luokkaan fyysisen kosketuksen määrän mukaan. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvissa tekniikoissa seurataan valon (tyypillisesti infrapunavalon) heijastumaa silmästä. Sähköpotentiaalia silmää ympäröivältä iholta mittaavat tekniikat muodostavat toisen ja silmään asetetun piilolinssin liikkeen seuraamiseen perustuvat tekniikat kolmannen luokan. Valon heijasteisiin perustuvat videotekniikat vaativat vähiten suoraa kontaktia silmän kanssa. Kontakti on suurinta käytettäessä tekniikkaa, jossa osallistujan silmään asetetaan piilolinssi.

Tekniikat, joissa silmään heijastetaan valoa, voidaan edelleen jakaa viiteen luokkaan (Glenstrup & Engell-Nielsen, 1995). Niissä seurataan:

- iiriksen ja kovakalvon rajaa (limbus tracking),
- pupillia (pupil tracking),
- sarveiskalvoheijasteen ja pupillin keskinäistä suhdetta (corneal reflection and pupil),
- sarveiskalvoheijastetta ja hermoverkkoalgoritmien avulla käsiteltävää silmän kuvaa (corneal reflection and eye image using ANN), tai
- Purkinje-heijasteita (Purkinje images).

Näissä tekniikoissa silmään heijastetaan infrapunavaloa, joka ei häiritse käyttäjää kokeen aikana. Kun tämä valo heijastuu takaisin sarveiskalvolta, voidaan kameralla tallentaa pupillista ja iirikselä heijastuvat kirkkaat pisteet. Redline ja Lankford (2001) määrittelevät, että

pupilli nähdään kirkkaana (ns. ”bright pupil”), koska se on imenyt ja välittää silmään heijastetun infrapunavalon ulos silmästä. Jos infrapunavalo heijastetaan silmään sivusta, se ei heijastu takaisin; pupilli näkyy mustana (ns. ”dark pupil”). Katseenseurantalaitteen ohjelmisto tunnistaa pupillin sen kontrastin (pupilli on tummempi kuin iiris) ja muodon avulla. Pupillin keskikohtaa ja sarveiskalvoheijastetta seuraamalla katseenseurantalaite pystyy seuraamaan käyttäjän silmänliikkeitä. Silmänliikkeiden keräämiseen ja analysointiin on tarjolla kaupallisia ohjelmia; yleensä katseenseurantalaitteen mukana voi ostaa myös analysointiohjelman.

Sähköpotentiaalia silmää ympäröivältä iholta mittaava tekniikka perustuu siihen, että silmän liikkessa sähköstaattinen kenttä liikkuu silmän kanssa samansuuntaisesti. Tekniikan etuna voidaan pitää, ettei se vaadi esteetöntä näkymää silmään, koska sähköpotentiaalın muutoksia mitataan silmää ympäröivältä iholta. Glenstrup ja Engell-Nielsen (1995) toteavat kuitenkin, ettei tekniikka ole paras mahdollinen, koska se vaatii kontaktin käyttäjän ihon kanssa.

Glenstrup ja Engell-Nielsen (1995) raportoivat myös kolmannen tekniikan, jossa osallistuja käyttää erityisiä piilolinssijä. He raportoivat kaksi metodia: joko piilolinssiä on manipuloitu niin, että valoa siihen heijastamalla voidaan laskea katseen suunta, tai linssiin on asetettu pieni sähkökäämi, jolloin linssin tarkka sijainti voidaan saada selville käyttämällä sähkömagneettista säteilyä käyttäjän pään ympärillä. Glenstrupin ja Engell-Nielsenin mukaan kumpikaan näistä metodeista ei täytä eettisiä vaatimuksia joita silmänliiketutkimukselta odotetaan.

Käytettävyytutkimuksessa käytetään yleisimmin videoon perustuvia menetelmiä. Videoon perustuvassa katseenseurannassa laitteet ovat joko *päähän kiinnitettäviä (head-mounted)* tai kiinteitä, *käyttäjältä irrallisia (floor-mounted)*. Käyttäjältä irrallisissa laitteissa kamera sijaitsee testihenkilön edessä, esimerkiksi näytön alalaidassa. Videokamerat tallentavat kuvaa infrapunavalon heijastumista sarveiskalvolta ja verkkokalvolta (Jacob & Karn, 2003).

Kuvassa 3 osallistuja käyttää päähän kiinnitettyä EyeLink-katseenseurantalaitetta. Vaikka päähän kiinnitettävät katseenseurantalaitteet ovat kooltaan melko pieniä ja vähentävät kat-

seenseurannan liikkumiselle asettamia rajoituksia, eivät ne silti ole optimaalisia tutkimuksissa, joissa osallistuja joutuu pitämään laitetta yllään pitkiä aikoja. Laitteet tulee asettaa käyttäjän päähän tukevasti ja varsinkin vanhemmat laitteet saattoivat olla melko painavia.

Käyttäjältä irrallaan olevat katseenseurantalaitteet vapauttavat käyttäjän fyysisestä kosketuksesta laitteeseen. Kuvassa 4 on ASL 4250R+ katseenseurantalaite si-

joitettuna näytön alle. Käyttäjältä irrallaan olevaa laitetta käytettäessä seurattavan henkilön eleet ovat luonnollisempia ja vapaampia. Suuret tai nopeat pään liikkeet voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia, sillä kamera saattaa kadottaa pupillin. Laite voi tuulettimen meluisuuden vuoksi haitata käyttäjää (Aaltonen, 1999). Pään paikallaan pitämistä voidaan helpottaa esimerkiksi käyttämällä leukatukea.

Jacob ja Karn (2003) huomauttavat, että laitteiden viimeaikainen kehitys on antanut lupaavia tuloksia kannettavista katseenseurantalaitteista. Laite voidaan sijoittaa pieneen selkäreppuun. Vaikka tämäkään laite ei vapauta osallistujaa päähän kiinnitettävästä kamerasta, on käyttäjällä mahdol-



Kuva 3: Päähän kiinnitettävä katseenseurantalaite käytössä, ja kuva laitteesta (Gaze-group).



Kuva 4: Osallistuja käyttämässä etäoptiikkaan perustuvaa katseenseurantalaitetta (Gaze-group).

lisuus luonnollisempaan vuorovaikutukseen. Kyseiset mukana kulkevat laitteet avaavatkin katseenseurannalle uusia ovia käytettävyyystutkimuksessa, sillä tutkimukset voidaan siirtää laboratorioista todellisiin käyttöilanteisiin, kuten työilanteisiin tai ajoneuvoihin.

Katseenseurantalaitteet keräävät ”näytteitä” (sample) silmän käyttäytymisestä. Tyypillinen näytteenottoaajuus on vähintään 30 kertaa sekunnissa tai enintään 500 kertaa sekunnissa. Käytettävyyystutkimuksessa näytteitä kerätään tyypillisesti 50 tai 60 kertaa sekunnissa. Näyte (eli ”raakadata”) sisältää tyypillisesti tiedon katseen kohdasta (x- ja y-koordinaatit) ja pupillin halkaisijasta sekä ajan jolloin näyte otettiin¹.

15.5. Katseenseurantatutkimuksen vaiheet

Seuraavassa käsitellään tyypillisen katseenseurantatutkimuksen vaiheet, joihin kuuluu osallistujien valinta, testin läpivienti alkuvalmisteluineen (kalibrointi) ja datan analysointi. Käytännön ongelmia ja kokemuksia esitellään myös lyhyesti.

15.5.1. Testihenkilöistä

Osallistujien valinta katseenseurantatutkimukseen tulee suorittaa huolellisesti, noudattaen yleisiä ohjeita osallistujien valinnasta (Anttonen, luku 18). Lisäksi katseenseuranta saattaa asettaa ylimääräisiä vaatimuksia. Goldberg ja Wichansky (2003) totesivat, että katseenseurantaa hyödyntävissä käytettävyysteesteissä on keskimäärin kuudesta kolmeenkymmeneen osallistujaa. Osallistujia tulisi rekrytoida enemmän: osa tuloksista joudutaan usein hylkäämään koska katseenseurantalaite ei syystä tai toisesta pysty seuraamaan käyttäjän silmänliikkeitä.

Aaltonen (1999) toteaa, että testin järjestäjän tulisi ottaa huomioon käyttäjien osaamistason lisäksi myös osallistujan näkökykyyn liittyviä asioita. Schnipken ja Toddin (2000) mukaan ongelmia saattaa aiheutua, jos osallistujan sarveiskalvo ei heijasta tarpeeksi valoa tai hänellä on silmälasit tai piilolinssit. Jos osallistujan silmä ei heijasta tarpeeksi valoa, ei myöskään infrapunavalvo heijastu sarveiskalvolta. Osallistujan silmälasit tai piilolinssit voivat taas puolestaan heijastaa valoa virheellisesti ja hämätä laitetta. Pienikokoinen pupilli saattaa olla ongelmallinen, koska katseenseurantalaitteiden on vaikea määrittää pupillin keskipiste. Muita syitä saattavat olla vähäinen kontrasti silmän värikalvon (iiris) ja pupillin välillä (esim. iiris on hyvin vaalea, jolloin ”kirkas” pupilli ei erotu) tai osallistujan kasvojen heijastama valo, joka saattaa hämätä laitetta. Osallistujan pupilli saattaa olla liian laaja, jolloin pupilli saattaa peittyä osittaisesti silmäripsien tai silmäluomen alle. Näin voi käydä etenkin silloin, kun kamera on asetettu liian alas tai liian ylös. Käyttäjän silmä saattaa myös kuivua testin aikana ja liiallinen räpsyttely häiritä katseenseurantaa. Katseenseurannassa on yleistä, että laitteet joudutaan kalibroimaan useaan kertaan testin aikana, mikä on aikaa vievää ja saattaa häiritä käyttäjää.

15.5.2. Testin läpivienti

Ennen testiä katseenseurantalaite pitää kalibroida. Käytännössä kalibrointi tapahtuu tyypillisesti siten, että käyttäjälle näytetään tietokoneen ruudulla muutamia pisteitä. Käyttäjän katsoessa pisteitä yksi kerrallaan katseenseurantalaitteen ohjelmisto analysoi silmän (pupillin keskikohdan ja sarveiskalvoheijasteen) asennon kullakin hetkellä. Katseenseurantalaitteiston kalibrointi tulee suorittaa huolellisesti, koska katseenseurannan tarkkuus riippuu kalibroinnin onnistumisesta. Kalibrointi suoritetaan jokaisen osallistujan kohdalla ennen tutkimuksen alkamista ja se saatetaan toistaa tutkimuksen aikana. Kalibroinnin uusimisen tarve johtuu teknologian rajoitteista, sillä esimerkiksi päähän kiinnitettävien laitteiden asento voi muuttua ja näin ollen käytetyt algoritmit eivät enää toimi tarpeeksi hyvin.

¹ Lisätietoja katseenseurantalaitteista on saatavilla esimerkiksi Tampereen yliopiston Eye-Gaze Based Interaction -tutkimusryhmän kotisivuilla (<http://www.cs.uta.fi/hci/gaze>).

Testeihin osallistuu yleensä yksi käyttäjä kerrallaan ja ne suoritetaan käytettävyysslaboratoriossa, joskin on mahdollista käyttää esimerkiksi lento- tai ajosimulaattoria tutkimuksessa (Jacob & Karn, 2003). Käytettävyysslaboratoriossa voidaan tehdä järjestelyjä, jotta ympäristö muistuttaisi testattavan laitteen tai ohjelmiston luonnollista ympäristöä. Ennen testiä osallistujia allekirjoittaa suostumuksensa tutkimukseen, jonka jälkeen tutkija antaa tietoa tutkimuksen kulusta. Goldberg ja Kotval (1999) raportoivat, että heidän tutkimuksessaan katseenseuranta kesti 40 minuuttia. Katseenseurannasta saatavaa aineistoa voidaan täydentää myös haastattelulla ja kyselylomakkeilla. Katseenseurantatestissä voidaan noudattaa pitkälti samoja periaatteita ja ohjeita kuin käytettävyyssitestissä. Käytettävyyssitestauksesta yleensä kerrotaan luvussa 13 (Koskinen).

15.5.3. Aineiston analysointi

Katseenseurannassa aineiston analysointi on varsin aikaa vievää, joskin kaupallisia, analyysiä helpottavia järjestelmiä on tarjolla. Raakadatan käsittely aloitetaan tyypillisesti erottamalla silmänräpäytykset ja sakkadien aikana talletettu aineisto fiksaatioista. Katseenseurantadatasta voidaan määrittää muun muassa fiksaatiot, sakkadit ja katsepolut, joiden käyttäytymistä tutkitaan. Kvantitatiivista eli määrällistä dataa saadaan esimerkiksi laskemalla tiettyyn käyttöliittymän osaan kohdistuvat fiksaatiot. Esimerkiksi Goldberg ja Kotval (1999) ja Cowen ja muut (2002) erottivat tutkimuksissaan fiksaatioiden ja sakkadien kestot sekä fiksaatioiden ja sakkadien määrät. Goldberg ja Wichansky (2003) muistuttavat, että vaikka jokainen tutkija määrittää tutkimuksen mittarit kyseistä testausta varten, on katseenseurannan tarkoituksena kuvata kvantitatiivisesti käyttäjän tarkkaavaisuuden siirtymistä ja kohdistumista käyttöliittymässä.

Käyttäjän silmänliikkeitä voidaan tutkia myös visualisoimalla katsedataa erilaisin tavoin. Katsepoluista tehdyistä graafisista esityksistä, visualisoinneista, saadaan laadullista tietoa siitä, miten ja missä järjestyksessä käyttäjä on hakenut ja prosessoinut käyttöliittymässä olevaa tietoa (Simola, 2004). Katsepolut ovat hyödyllisiä katsedatan analysoinnissa, sillä ne voidaan toistaa nauhalta tarvittaessa (Karn et al., 1999). Muita tapoja, joilla katsedataa voidaan visualisoida, on määrittellä tarkkailualueita näytöltä (Areas of Interest, AOI). Kiinnostava alue määritellään laskemalla, kuinka suuri ajallinen osuus fiksaatioista on keskittynyt kyseiselle alueelle. Katseen kiinnittyminen tietylle alueelle on merkki sen kiinnostavuudesta tai voi heijastaa näytön hahmottamisen vaikeutta: ehkä tarvittavat asiat eivät löydy siitä riittävän helposti. Datan analysointiin on myös tarjolla kaupallisia järjestelmiä, kuten Noldus Observer (Noldus Observer, 2004) tai katseenseurantalaitteiden mukana tulevat analysointiohjelmat.

15.5.4. Käytännön ohjeita ongelmatilanteisiin

Katseenseurantalaitteet saattavat aiheuttaa yllättäviä ongelmia testitilanteissa. Suunnitteleamalla testi mahdollisimman hyvin voidaan välttää yleisimpiä ongelmatilanteita (Aaltonen, 1999). Esimerkiksi näppäimistön käyttöä tulisi harkita, sillä osallistujat katsovat alas näppäilllessään. Testitehtävät tulisi antaa käyttäjille enemmän näytöllä kuin erillisellä paperilla, jotta välttäisiin osallistujien ylimääräisiltä päännliikkeiltä. Aaltonen huomauttaa myös, että käyttäjillä on taipumus katsoa moderaattoria hänen puhuessaan, joten puhumista testin aikana tulisi välttää. Testin järjestäjän tulisi kaikin tavoin tukea käyttäjien keskittymistä testattavaan käyttöliittymään.

Yksi ongelmista on hiiren osoittimen liikkuminen näytöllä, koska osallistujat saattavat suunnata huomionsa siihen tiedostamattaan tai tiedostetusti. Cursorin liikkuminen näytöllä on ongelmallista varsinkin tutkimuksissa, joissa tutkitaan katsepolkuja. Smith ja muut (2000) raportoivat, että osa osallistujista siirsi katseensa kohteeseen ennen cursorin siirtämistä (kursoria ohjattiin hiirellä), osa seurasi cursoria katseellaan ja osa siirsi katsettaan cursorin ja kohteen välillä. Näiden havaintojen huomioon ottaminen edellyttäisi siis aina testitilanteessa sen arvioimista miten cursorin liike vaikuttaa katseesta tallennettuun dataan. Testitilanteessa kannattaisikin tallentaa cursorin liike, jotta sen vaikutus voitaisiin tarkistaa myöhemmin.

Schnipke ja Todd (2000) kertovat ongelmista, joita he olivat kohdanneet käyttäessään katseenseurantaä käytettävyytutkimuksessa. Katseenseuranta onnistui ainoastaan kuudessa kuudestatoista yrityksestä. Schnipke ja Todd toteavatkin artikkelissaan, että katseenseuranta-tutkimuksessa tarvittaisiin enemmän rehellistä keskustelua katseenseurantalaiteiden aiheuttamista hankaluuksista jotta ala edistyisi. He myös herättivät keskustelua siitä, voidaanko osallistujien otantaa sanoa kattavaksi jos osallistujiksi joudutaan valitsemaan yksilöitä ilman silmälasia tai piilolinsejä. Esimerkiksi Redline ja Lankford (2001) raportoivat, että heidän tutkimukseensa osallistui käyttäjiä, joilla oli silmälasit. Nämä osallistujat joutuivat pitämään päätään taaksepäin kallistettuina, jotta silmälasien heijastukset eivät olisi sekoittaneet katseenseurantalaiteita. Goldberg ja Kotval (1999) puolestaan valitsivat osallistujiksi henkilöitä, joiden näöntarkkuus oli ennalta määrätty. Katseenseurantalaiteiden teknisen paranemisen myötä voidaan edellä kuvattujen ongelmien odottaa vähenevän, ellei poistuvan.

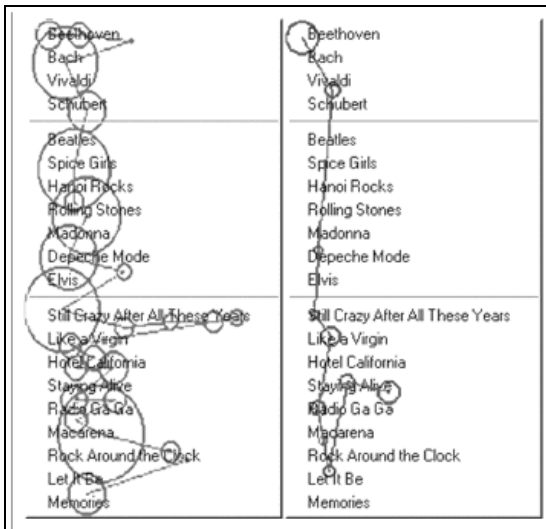
Goldbergin ja Wichanskyn (2003) mukaan kalibrointiin ja aineiston keräämiseen liittyviä ongelmia esiintyy joka viidennen osallistujan kohdalla. Jotta aineistoa saataisiin mahdollisimman monelta käyttäjältä, Goldberg ja Wichansky (s. 509–510) antavat ohjeita, joita noudattamalla häiritseviä voidaan poistaa:

- *Vältä turhien valonlähteiden käyttöä.* Osallistujan silmään osuva valo saattaa aiheuttaa heijastuksia, jotka sekoittavat katseenseurantalaiteen. Myös kirkkaita, heijastavia pintoja tulisi välttää käytettävyytlaboratoriossa heijastuksien välttämiseksi.
- *Vältä kirkkaasti valaistuja kuvaruutuja.* Jotta käyttäjän pupilli olisi kooltaan mahdollisimman suuri, käytettävyytlaboratoriossa tulisi välttää kirkkaita valoja. Kirkas valaistus on kuitenkin usein tarpeellinen videokameroiden kuvanlaadun turvaamiseksi. Sekä huoneen valaisua että infrapunavaloa tulisi säädellä niin, että näytön valaistuksesta riippuen niiden yhteisvaikutus valaistukseen olisi mahdollisimman muuttumaton. Jos näyttöjen kirkkaus vaihtelee suuresti, voidaan huoneen valoisuutta kasvattaa pupillin koon muutosten tasaamiseksi.
- *Varmista, että kamera on asetettu oikein ja sillä on esteetön näkymä testihenkilön silmään.* Kamera asetetaan yleensä kuvaamaan silmää kulmasta, joka on alempana kuin käyttäjän horisontaalinen näköpiiri. Kameraa ei tulisi asettaa kuitenkaan liian matalalle tai ylös, sillä käyttäjän silmäluomi saattaa peittää pupillin.
- *Minimoi päänliikkeitä.* Huolehdi että käyttäjän pää pysyy mahdollisimman paikallaan kalibroinnin aikana ja tarpeen vaatiessa testauksen aikana. Leukatuki voi olla hyödyllinen apuväline erikoistapauksissa.
- Kun kyseessä on osallistuja, jolla erittäin tummat iirikset, *kannattaa kokeilla sekä tummaan että kirkkaaseen pupilliin perustuvaa tekniikkaa.*
- *Kamera tulisi sijoittaa huolellisesti.* Kamera tulisi asettaa niin, että sillä on esteetön näkymä iirikseen ja pupilliin.
- *Piilolinsejä tai silmälasia käyttävien osallistujien rekrytointia kannattaa välttää.* Kun näkökyky on normaali tai vain hiukan heikentynyt, kalibrointi on menestyksellisempää kuin käyttäjien, joiden näkökyky on heikentynyt huomattavasti. Piilolinssit saattavat heijastaa valoa, mikä saattaa vaikuttaa valon heijastumiseen sarveiskalvolta.
- *Rekrytoi ylimääräisiä osallistujia.* Osallistujia tulisi rekrytoida noin 20 % todellista tarvetta enemmän kalibroinnin mahdollisen epäonnistumisen vuoksi.

Vaikka testitilanteet ja -tehtävät suunniteltaisiin huolellisesti, käyttäjän liikkeitä rajoittava katseenseuranta voi antaa vain rajallista tietoa käyttöliittymistä. Varsinkin teknologian muuttuessa sellaiseksi, että käyttöliittymät ovat osa ympäristöämme (*ubiquitous computing*), kohtaa katseenseuranta uusia haasteita (Jacob & Karn, 2003). Tähän päivään mennessä katseenseuranta ei ole voinut antaa tietoa esimerkiksi matkapuhelinten tai kämmentietokoneiden (PDA) käytettävyydestä, mutta kannettavien katseenseurantalaiteiden yleistyttyä mahdollistuu myös näiden laitteiden käytettävyyden tutkiminen.

15.6. Esimerkkejä katseenseurannasta käytettävyytutkimuksessa

Käytettävyytutkimuksissa katseenseurannalla saadaan tietoa käyttäjän visuaalisen haun tehokkuudesta ja tarkkaavaisuuden kiinnittymisestä (Aaltonen, 1999). Käytettävyytutkimuksessa katseenseurannalla voidaan tutkia joko jonkin tuotteen tai tietyn käyttöliittymäelementin



Kuva 5: Visualisointi käyttäjän katsepoluista haettaessa valikkoalkioita (Aaltonen et al., 1998).

käytettävyyttä. Tutkimuksista, joissa tutkitaan yksittäisen käyttöliittymäelementin käytettävyyttä, saadaan tietoa, jota voidaan hyödyntää suunnittelussa.

Esimerkiksi Aaltonen ja muut (1998) tutkivat valikkojen käytettävyyttä katseenseurannan avulla. Analysoimalla katsepolkuja (kuva 5) voitiin todeta käyttäjien lukevan valikkoja perättäisillä vedoilla tai pyyhkäisyillä (sweep).

Goldberg ja Kotval (1999) kirjoittivat, että käyttäjän katsepolun pituudesta ja kestosta voidaan saada tietoa visuaalisen haun tehokkuudesta tutkitulla alueella. Katsepolun fiksaatioiden spatiaalisesta (tilallisesta) hajonnasta saadaan tietoa siitä, millaisen alueen käyttäjän haku kattaa. Optimaalinen tulos hakutehtävissä on osallistujan katseen suora linja (vähän sakkadeja) ja kiinnittyminen haluttuun koh-

teeseen. Simolan (2004) mukaan katsepolku, joka on kohdistunut pienelle alueelle, merkitsee tehokasta hakua, ja tasaisesti koko näytön alueelle jakautunut katsepolku puolestaan heijastaa huonosti suunniteltua käyttöliittymää.

Sakkadien pituus kuvastaa matkaa perättäisten fiksaatioiden välillä; jos matka on pitkä, on se osoitus siitä, että käyttäjä kykenee helposti ja nopeasti suuntaamaan katseensa haluttuun kohteeseen. Tämä viittaa siihen, että käyttäjällä on tällöin tarkka mentaalinen malli havainnoitavasta kuvasta. (Laarni, 2004)

Fiksaatioista tallennetaan alkamisajat, päättymisajat ja sijainnit. Jos käyttäjän fiksaatiot ovat pitkiä, voidaan olettaa, että tietoa on ollut vaikea havaita tai tulkita. Rayner (1998) totesikin, että esimerkiksi vaikeita sanoja luettaessa ovat fiksaatiot pidempiä kuin samannimisiä helppoja sanoja luettaessa. Fiksaatioiden määrä puolestaan kertoo tiedon haun tehokkuudesta, fiksaatioiden vähäinen määrä kertoo tehokkaasta hausta (Laarni, 2004).

Schiessl ja muut (2003) raportoivat katseenseurannan käytöstä www-sivujen käytettävyytutkimuksessa. Käyttämällä katseenseurantaa voidaan tutkia, kuinka käyttäjät havaitsevat elementit www-sivuilla, ja suunnitella havaintojen pohjalta käytettävämpiä sivuja. Katseenseurannalla voidaan saada dataa käyttäjän silmänliikkeistä esimerkiksi tilanteissa, joissa käyttäjä on juuri valitsemassa tietyn painikkeen näytöltä. Katseenseurantadata tarjoaa tietoa myös käyttäjän huomion kiinnittymisestä näytöllä juuri ennen painikkeen valintaa, sekä valinnan jälkeen. Näin ollen voidaan paremmin ymmärtää käyttäjien käyttäytymistä heidän navigoidessaan www-sivuilla.

Katseenseurannalla käytettävyytutkimuksessa on myös pystytty saavuttamaan tuloksia, joiden avulla voidaan antaa ohjeistuksia käytettävämpien www-sivujen suunnitteluun. Goldberg ja muut (2002) käyttivät katseenseurantaa tutkimuksessaan, jossa osallistujat navigoivat ja suorittivat yksinkertaisia tehtäviä Oraclen www-sivuja muistuttavilla sivuilla. Goldberg ja muut tiivistivät, että jotta käyttäjien visuaalisen haun aika voitaisiin minimoida, tulisi tärkeimmät elementit sijoittaa vasempaan yläkulmaan, sillä käyttäjät valitsivat kohteen todennäköisimmin vasemmasta kuin oikeasta reunasta. Vastaavasti käyttäjät valitsivat todennäköisemmin kohteen kahdelta ensimmäiseltä riviltä kuin niitä seuraavilta riveiltä.

Myös Pan ja muut (2004) tutkivat käyttäjien silmänliikkeitä heidän lukiessaan www-sivuja. Heidän tutkimuksensa on mielenkiintoinen, sillä sen lähtökohtana oli raportoida www-sivujen navigointijärjestyksen, osallistujien ominaisuuksien ja sivustojen tyyppin (esim. haku- tai uutissivusto) ja (sivuston sisäisten yksittäisten) sivujen välisten suhteiden vaikutuksista silmänliikkeisiin. He totesivat, että sukupuoli, navigointijärjestys ja sivustojen ja yksittäisten sivujen sisällöllinen suhde vaikuttivat tuloksiin. Miesten fiksaatioiden todettiin olevan pidempiä kuin naisten. Tulokset osoittivat myös, että käyttäjien fiksaatiot lyhenivät merkittävästi siirryttäessä ensimmäiseltä sivulta toiselle sivulle uutis- ja ostossivustoilla. Fiksaatioiden kestot pysyivät lähes yhtä pitkänä ensimmäisellä ja toisella sivulla haku- ja ”business”-sivustojen kohdalla. Pitkät fiksaatiot merkitsevät, että katsottava kohde on käyttäjälle uusi tai se sisältää paljon informaatiota. Näin ollen voidaan olettaa, että näiden sivustojen sekä ensimmäinen että toinen sivu sisälsivät käyttäjille uutta tietoa ja paljon informaatiota. (Pan et al., 2004)

Käyttäjien katsepolkuja on tutkittu myös muissa ympäristöissä kuin käyttöliittymien yhteydessä. Faraday ja Sutcliffe (1997) raportoivat tutkimuksestaan, jossa katseenseurannalla arvioitiin multimediaesityksen ymmärrettävyyttä ja osallistujien esitykseen keskittymistä. Heidän tutkimuksensa keskittyi selvittämään, mitä mahdollisia ongelmia isot kirjaimet, otsikot, animaatiot ja nopeasti vaihtuvat näytöt voivat aiheuttaa. Faraday ja Sutcliffe päättelivät edellä mainittujen elementtien saattavan aiheuttaa huomion hajaantumisen, mikä siirtää keskittymisen pois esityksestä.

15.7. Katseenseurannan vahvuuksia ja haasteita

Yhteenvetona listataan lopuksi katseenseurannan käyttöön liittyviä vahvuuksia ja haasteita.

Katseenseurannan vahvuuksia:

- Saadaan objektiivista, määrällistä (kvantitatiivista) dataa, joka voi tuntua käytettävyyssuutkimuksen tilaajasta luotettavammalta. Tuloksia (esim. katsepolkuja) voidaan kuitenkin analysoida myös laadullisesti.
- Voidaan käyttää muiden menetelmien ohella (esimerkiksi validoimaan muilla menetelmillä saatuja tuloksia) tai ainoana menetelmänä.
- Datan kerääminen on nopeaa (vaikkakin analysointi voi olla hidasta).
- Voidaan käyttää tilanteissa, joissa käyttäjän huomiota ei voi vangita esimerkiksi haastatteleamalla (esim. ajoneuvolla ajo).
- Saadaan tietoa käyttäjien tiedostamattomista silmänliikkeistä, eli havainnointiprosesseista, joita käyttäjä ei välttämättä itse huomaa.
- Voi antaa tietoa käyttäjien kognitiivisen kuormituksen määrästä ja emotionaalisesta tilasta. Katseenseurantalaitteiden kehittyä voidaan kerätä tietoa myös erityisryhmien (esimerkiksi lasten) tarkkaavaisuudesta käyttöliittymää käytettäessä.

Katseenseurannan heikkouksia:

- Silmänliikkeiden ja kognitiivisten prosessien yhteyttä ei ole todistettu varmasti. Menetelmällä ei myöskään saada tietoa siitä, miksi käyttäjä toimii tietyllä tavalla.
- Osa testikäyttäjistä voidaan joutua hylkäämään, mikä vaikuttaa otoksen kattavuuteen.
- Käyttäjän liikkumista joudutaan rajoittamaan, koska laitteet ovat teknisesti kömpelöitä. Lisäksi monien laitteiden huonon liikuteltavuuden takia silmänliikkeiden tutkiminen käyttäjän luonnollisessa ympäristössä on vaikeaa.
- Aineiston analysoiminen voi olla hidasta sen suuren määrän vuoksi.
- Katseenseurantalaitteet ovat vielä verrattain kalliita.

Vaikka katseenseurantaa on käytetty käytettävyyystutkimuksessa melko suppeasti verrattuna muihin menetelmiin, voi se tulevaisuudessa nousta varsin käytettäväksi työkaluksi kun laitteet, niiden kalibrointi ja datan keruu- ja analysointiohjelmat kehittyvät. Katseenseurannan ongelmana ovat olleet laitteiden käytön hankaluus sekä kalleus. Markkinoilla on jo kuitenkin uusia, helppokäyttöisempiä katseenseurantalaitteita, esimerkiksi Tobii 1750 Eye-Tracker (Tobii Technology, 2004). Laite on käyttäjälle huomaamaton eikä rajoita käyttäjän liikkeitä, joten tilanne on luonnollisempi ja tulokset luotettavampia. Laitteen helppokäyttöisyys takaa myös sen, että katseenseurannan läpivienti on helppoa, nopeaa ja vaivatonta. Laitteiden teknisen kehittymisen myötä katseenseuranta voi tulevaisuudessa olla osa jokaista käytettävyydestä.



Merja Lehtinen, B.Sc., fil.yo. Valmistuin vuonna 2002 University of Portsmouthista suorittaen B.Sc. Honours in Psychology. Aloitin opinnot Tampereen yliopistossa Interactive technology maisteriohjelmassa vuonna 2004.

Ohjaaja: Päivi Majaranta

Opponentit: Tomi Heimonen ja Toni Vanhanen

Lähteet

- Aaltonen, A. (1999) Eye tracking in usability testing: Is it worthwhile? Presentation at CHI 1999 Workshop: The hunt for usability: Tracking eye movements. <http://www.cs.uta.fi/research/hci/mulmod/material/etusab.pdf> (15.2.2004)
- Aaltonen, A., Hyrskykari, A. & Räihä, K. (1998) 101 Spots, or how do users read menus? *Proc. of Human Factors in Computing Systems (CHI 1998)*, ACM Press, 132–139.
- Andreassi, J.L. (1995) *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response*. 3rd ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Aula, A. & Surakka V. (2002) Auditory emotional feedback facilitates human-computer interaction. Faulkner, X., Finlay, J., & Détienne, F. (eds.) *People and Computers XVI: Memorable Yet Invisible, Proc. of HCI 2002*, Springer-Verlag, 337–349.
- Cowen, L. (2001) An eye movement analysis of web-page usability. Unpublished Masters' thesis, Lancaster University, UK.
- Cowen, L., Ball, L.J. & Delin, J. (2002) An eye-movement analysis of webpage usability. *People and Computers XVI – Memorable Yet Invisible: Proc. of Human-Computer Interaction (HCI 2002)*. London: Springer-Verlag Ltd., 317–335. <http://www.psych.lancs.ac.uk/people/uploads/LindenBall20031001T094007.pdf> (21.6.2004)
- Faraday, P. & Sutcliffe, A. (1997) Designing effective multimedia presentations. *Proc. Human Factors in Computing Systems (CHI 1997)*, ACM Press, 272–278.
- Fitts, P.M., Jones, R.E. & Milton, J.L. (1950) Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. *Aeronautical Engineering Review*, 9(2), 24–29.
- Glenstrup, A.J. & Engell-Nielsen, T. (1995) Eye controlled media: Present and future state. BSc. Thesis, University of Copenhagen. <http://www.diku.dk/~panic/eyegaze/article.html> (28.4.2004).
- Goldberg, J.H. & Kotval, X.P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 631–645.

- Goldberg, J.H., Stimson, M.J., Lewenstein, M., Scott, N. & Wichansky, A.M. (2002) Eye tracking in web search tasks: Design implications. *Proc. of Eye Tracking Research & Applications (ETRA 2002)*, ACM Press, 51–58.
- Goldberg, J.H. & Wichansky, A.M. (2003) Eye tracking in usability evaluation: A practitioner's guide. In Hyönä, J., Radach, R. & Deubel, H. (Eds.) *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam: Elsevier Science, 493–516.
- Hodgson, T.L., Bajwa, A., Owen, A.M. & Kennard, C. (2000) The strategic control of gaze direction in the tower of London task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 894–907.
- Jacob, R.J.K. & Karn, K.S. (2003) Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver promises. In Hyönä, J., Radach, R. & Deubel, H. (Eds.), *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, Amsterdam: Elsevier Science, The Netherlands: North-Holland, 573–605.
- Just, M.A. & Carpenter, P.A. (1980) A theory of reading: From eye fixations to comprehending. *Psychological Review*, 87, 329–354.
- Kahneman, D. (1973) *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Karn, K.S., Ellis, S. & Juliano, C. (1999) Workshop: The hunt for usability: Tracking eye movements *Proc. of Human Factors in Computing Systems (CHI 1999)*, ACM Press, 173.
- Laarni, J. (2004) Silmänliikkeiden rekisteröinti käyttöliittymien tutkimuksessa. *Psykologia*, 2, 134–142.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Noldus Observer. <http://www.noldus.com/products/index.html?observer/index> (5.5.2004).
- Pan, B., Hembrooke, H.A., Gay, G.K., Granka, L.A., Feusner, M.W. & Newman, J.K. (2004) The determinants of web page viewing behavior: An eye-tracking study. *Proc. Eye Tracking Research & Applications (ETRA 2004)*, ACM Press, 147–154.
- Partala, T. & Surakka V. (2003) Pupil size variation as an indication of affective processing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(1–2), 185–198.
- Rayner, K. (1998) Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372–422.
- Redline, C. D. & Lankford, C. P. (2001) Eye-movement analysis: A new tool for evaluating the design of visually administered instruments (paper and Web). American Association for Public Opinion Research Annual Meeting. <http://www.census.gov/srd/papers/pdf/sm2001-02.pdf> (15.2.2004)
- Rosenzweig, M.R., Leiman, A.L. & Breedlove, S.M. (1999) *Biological Psychology: An Introduction to Behavioral, Cognitive and Clinical Neuroscience*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Schiessl, M., Duba, S., Thölke, A. & Fischer, R. (2003) Eye tracking and its application in usability and media research. *Sonderheft: Blickbewegung in MMI-interaktiv Journal*, Online Zeitschrift zu Fragen der Mensch-Maschine-Interaction. Ausgabe Nr. 6. <http://www.eye-square.de/dokumente/EyeTracking-ResearchApplications.pdf> (21.6.2004)
- Schnipke, S. K. & Todd, M. W. (2000) Trials and tribulations of using an eye-tracking system. *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2000)*, ACM Press, 273–274.
- Simola, J. (2004) Silmänliikkeiden mittaus käytettävyytutkimuksessa. Adage Oy. http://www.adage.fi/artikkelit/silmanliikkeiden_mittaus_kaytettavyystutkimuksessa.html (15.2.2004)
- Smith, B.A., Ho, J., Ark, W. & Zhai, S. (2000) Hand eye coordination patterns in target selection. *Proc. of Eye Tracking Research & Applications (ETRA 2000)*, 117–122.

Tobii Technology. <http://www.tobii.se> (17.6.2004)

Yarbus, A.F. (1967) *Eye Movements and Vision*. New York: Plenum Press.

Kuvien lähteet

Kuva 1: Corel Draw Clipart. Silmän rakennekuvaa muokattu ja tekstit lisätty itse.

Kuva 2: Yarbus, A.F. (1967) *Eye Movements and Vision*. New York, Plenum Press.

Kuva 3: Gaze-group: Tampereen Yliopiston Eye-Gaze Based Interaction Group
<http://www.cs.uta.fi/research/hci/gaze/activities-equipment.php>

Kuva 4: Gaze-group: Tampereen Yliopiston Eye-Gaze Based Interaction Group
<http://www.cs.uta.fi/research/hci/gaze/activities-equipment.php>

Kuva 5: Aaltonen, A., Hyrskykari, A. & Räihä, K. (1998) 101 Spots, or how do users read menus? *Proc. of Human Factors in Computing Systems (CHI 1998)*, ACM Press, 132–139.