

**KATSEENSEURANTA SYÖTTEENANNON APUNA
VERKKOSIVUILLA**

Markus Kumpulainen

Tampereen yliopisto
Informaatiotieteiden yksikkö
Vuorovaikutteinen teknologia
Pro gradu -tutkielma
Ohjaaja: Aulikki Hyrskykari
Heinäkuu 2014

Tampereen yliopisto

Informaatiotieteiden yksikkö

Vuorovaikutteinen teknologia

Markus Kumpulainen: Katseenseuranta syötteenannon apuna verkkosivuilla

Pro gradu -tutkielma, 44 sivua, 2 liitesivua

Heinäkuu 2014

Tässä tutkimuksessa selvitetään, kuinka katseenseurannalla voidaan parantaa käyttäjien vuorovaikutusta tietokoneen kanssa. Tutkimusta varten kehitettiin Google Chrome -laajennus, joka muuttaa verkkosivun elementit katseeseen reagoiviksi. Laajennuksen avulla käyttäjät voivat valita katseellaan verkkosivun elementtejä. Toisin sanoen käyttäjät eivät tarvitse hiirtä verkkosivuja käyttäessään. Sovelluksen toimivuutta testattiin kolmella testillä, joiden tarkoitus oli selvittää, onko katseenseuranta tarpeeksi tarkka ja nopea jokapäiväiseen käyttöön. Testiin osallistui kahdeksan vapaaehtoista testihenkilöä.

Tuloksista kävi ilmi, että katseenseuranta oli hiirtä nopeampi osoitinlaite tehtävissä, joissa käyttäjä joutuu sekä kirjoittamaan että käyttämään hiirtä. Hiiri oli kuitenkin nopeampi tarkkuutta vaativissa tehtävissä, joissa näppäimistöä ei tarvinnut käyttää.

Testihenkilöt pitivät sovelluksesta ja uskoivat, että sillä olisi käyttöä myös tutkimuksen ulkopuolella. Käyttäjien mielestä katseenseurantasovellus tarjosi uuden ja hauskan tavan käyttää tietokonetta ja he olettivat, että sovellus voisi olla suosittu myös kuluttajamarkkinoilla.

Tämän tutkimuksen perusteella katseenseurantasovelluksille on halukkaita käyttäjiä ja uskoisin, että kysyntä tulee lisääntymään tulevaisuudessa. Katseenseuranta tarjoaa uuden, hauskan ja rasitteettoman tavan käyttää tietokonetta.

Avainsanat ja -sanomat: katseenseuranta, ETU-ajuri, Fittsin laki, käytettävyys

Sisällys

1. Johdanto.....	1
2. Katseenseuranta.....	3
2.1. Katseenseurannan menetelmät.....	3
2.2. Nykypäivän teknologia.....	5
3. Katseenseuranta standardikäyttäjälle.....	7
3.1. Silmä ja sen ongelmat osoitinlaitteena.....	8
3.2. Fittsin laki ja katseenseuranta.....	9
4. Tutkimuksessa käytetty katseenseurantasovellus.....	11
4.1. ETU-ajuri.....	11
4.2. Google Chrome -laajennus.....	12
4.3. Katseenseurannan haasteista.....	13
5. Koejärjestely ja kokeen läpivienti.....	16
5.1. Osallistujat.....	16
5.2. Testitehtävät.....	16
5.2.1. Testi 1: Nopeustesti.....	17
5.2.2. Testi 2: Tarkkuustesti.....	18
5.2.3. Testi 3: Lomakkeentäyttötesti.....	20
5.3. Datan kerääminen.....	24
5.4. Testin kulku.....	24
6. Tulokset.....	27
6.1. Nopeustestin tulokset.....	27
6.2. Tarkkuustestin tulokset.....	29
6.3. Lomaketestin tulokset.....	31
6.4. Kysely.....	33
7. Päätelmät.....	37
8. Yhteenveto.....	39
Viiteluettelo.....	41
Liitteet	

1. Johdanto

Katse on yksi tärkeimmistä nonverbaalisen kommunikaation muodoista ihmisten välisessä kanssakäymisessä [Hyrskykari, 2006]. Tämän takia katseenseuranta on kiinnostanut tutkijoita jo pitkään. Katseella on tähän asti ollut hyvin passiivinen rooli tietokoneen käytössä, mutta katseenseuranta on nähty mahdollisuutena käyttää silmiä ja katsetta yhtenä uutena tapana antaa syötteitä tietokoneelle, vähän samaan tapaan kuin sormia ja kosketusta viime aikoina yleistyneissä kosketusnäyttöjä hyödyntävissä sovelluksissa.

Aiemmat tutkimukset ovat kuitenkin suunnattu suurimmaksi osaksi täyttämään liikuntarajoitteisten käyttäjien tarpeita, ja markkinoilla on hyvin vähän standardikäyttäjille (terveille käyttäjille) suunnattuja katseenseurantasovelluksia. [Kumar et al., 2007]

Silmän liikkeet ovat todella nopeita verrattuna käden liikkeisiin [Sibert et al., 2000]. Tämä on selvää, koska silmän lihakset ovat paljon pienemmät ja nopeammat kuin käden. Tästä johtuen katse on teoriassa ylivoimaisesti nopeampi osoitinlaite kuin hiiri [Hyrskykari, 2006].

Tässä tutkimuksessa on tarkoituksena tehdä katseenseurantasovellus, joka avulla verkkosivuja voidaan käyttää hiiren lisäksi myös katseella. Toinen päämäärä tutkimukselle on, että hiirtä ei pyritä korvaamaan, vaan tarjotaan käyttäjälle vaihtoehtoinen osoitintapa hiiren rinnalle. Kumarin ja muiden [2007] mukaan käyttäjille on hyvä antaa mahdollisuus valita osoitinlaitteiden välillä, eikä korvata hiirtä täysin. Jos katseenseuranta saadaan helppokäyttöiseksi ja hauskaksi käyttää, eikä se vie pois jo olemassa olevia vuorovaikutustapoja, on todennäköistä, että käyttäjät omaksuvat uuden vuorovaikutustavan.

Internet on monelle ihmiselle suuri osa työtä ja vapaa-aikaa. Internetin yleistymisen takia moni järjestelmä on muuttunut täysin selainpohjaiseksi ja selainta käytetään erilaisten työtehtävien suorittamisessa entistä enemmän.

Tutkimusta varten suunniteltiin ja toteutettiin Chrome-selaimelle laajennus, jonka avulla käyttäjät voivat valita katseellaan mitä tahansa verkkosivuilla olevia elementtejä, joita hiirelläkin voi valita. Katseenseuranta aktivoidaan näppäintä painamalla, joten käyttäjän ei tarvitse siirtää kättään pois näppäimistöltä valitakseen elementin verkkosivulla.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää, onko sovellus tarpeeksi nopea ja tarkka, jotta siitä olisi hyötyä standardikäyttäjille. Tämän selvittämiseksi suunniteltiin koejärjestely,

jolla testattiin toteutetun, katseenseurantaa hyödyntävän sovelluksen nopeutta ja tarkkuutta. Katsetta hyödyntävää sovellusta verrattiin tilanteeseen, jossa lomakkeiden elementtejä käsiteltiin pelkän hiiren avulla. Vaikka sovelluksella ei pyritäkään korvaamaan hiirtä, näppäimistö ja hiiri ovat käytetyimmät tietokoneen hallintalaitteet, joten hiiri antaa testeihin hyvän vertailukohtan [Kumar, 2007]. Nopeuden ja tarkkuuden lisäksi tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita sovelluksen käytettävyydestä. Testihenkilöt täyttivät testien jälkeen kyselyn, jossa kertoivat subjektiivisen mielipiteensä siitä, miltä verkkolomakkeiden käsittely katsetta hyödyntävällä testisovelluksella tuntui.

Tutkielman seuraavassa luvussa tehdään katsaus katseenseurantaan yleisesti. Siinä kerrotaan, mitä katseenseuranta on ja millaisia teknologioita siihen liittyy. Seuraavissa luvuissa pohditaan, millaisia ongelmia katseenseurantaan liittyy ja millaisia ratkaisuja ongelmiin löytyy. Luvussa myös pohditaan, miksi katseenseuranta olisi potentiaalisesti hyvä osoitinlaite. Tämän jälkeen esitellään tutkimusta varten kehitetty katseenseurantasovellus ja tutkimuksen testitehtävät. Lopuksi esitellään pidetyn testin tulokset.

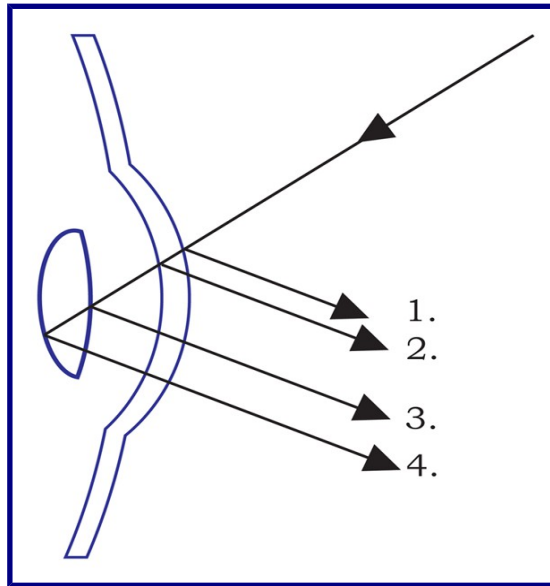
2. Katseenseuranta

Katseenseuranta on ollut kiinnostava tutkimusaihe jo pitkään. Ensimmäisiä katseenseurannan tutkimuksia tehtiin jo toisen maailmansodan jälkeen vuonna 1947, kun Fitts ja Milton [1950] tutkivat, miten hävittäjäpilotin silmät liikkuvat simuloitussa lentotilanteessa. Katseenseurannan tekniikat ovat parantuneet vuosi vuodelta, kun tietokoneiden laskentatehot ovat nopeutuneet. Katseenseurannan peruseriaatteet eivät ole kuitenkaan muuttuneet vuosien saatossa [Mohamed and Silva, 2007].

2.1. Katseenseurannan menetelmät

Katsetta voidaan seurata muutamalla eri tavalla, mutta katseenseurannan metodeista yleisin on videopohjainen katseenseuranta, jossa käyttäjän silmiä analysoidaan videon perusteella reaaliajassa [Hyrskykari, 2006]. Silmiä kuvataan tarkalla kameralla ja tietokone laskee silmistä katseen kohteen näytöllä.

Katseen kohdepisteen laskeminen reaaliajassa on kuitenkin hyvin haasteellista. Katseen kohdepisteen laskeminen tapahtuu useimmissa katseenseurantalaitteissa silmästä heijastuvien valotäplien avulla. Kun silmään lähetetään infrapunavalon säde, se heijastuu takaisin valotäplänä useista silmän eri pinnoista: (1) sarveiskalvon etupinnasta, (2) sarveiskalvon takapinnasta, (3) mykiön etupinnasta sekä (4) mykiön takapinnasta. Näitä valotäpliä kutsutaan ensimmäiseksi, toiseksi, kolmanneksi ja neljänneksi Purkinjen heijastuspisteiksi niiden löytäjän mukaan (Jan Evangelista Purkyně) [Hyrskykari, 2006]. Kuvassa 1 nähdään, miten Purkinjen heijastuspisteet muodostuvat, kun valo ohjataan silmään.



Kuva 1: Purkinjen heijastuspisteet silmässä

Useimmissa katseenseurantalaitteissa katseen kohdepisteen määrittäminen saavutetaan, kun pupillin keskipisteen ja ensimmäisen Purkinjen heijastuspisteen suhdetta vertaillaan keskenään. Yleensä taustavalo ei ole tarpeeksi kirkas, jotta valotäplät näkyisivät silmän pinnasta tarkasti, joten useimmissa katseenseurantalaitteissa on infrapunavalo, joka tähdätään käyttäjän silmiin [Kumar et al., 2007]. Toinen syy infrapunavalon käyttöön on se, että pupillit tulevat näkyviin kuvasta paremmin infrapunavalon avulla [Hyrskykari, 2006]. Vaikka kyseinen tekniikka on ollut jo kauan tunnettu, ovat tietokoneen laskentatehot mahdollistaneet reaaliaikaisen katseenseurannan vasta vähän aikaa [Mohamed and Silva, 2007].

Katseenseurantalaitteet voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan sen mukaan, onko laite kiinnitetty päähän vai ei. Teknologisten rajoitteiden takia päähän kiinnittyvät katseenseurantalaitteet olivat suosiossa, kun ensimmäisiä reaaliaikaisia katseenseurantalaitteita ryhdyttiin testaamaan. Kun kamera on lähempänä silmää, saadaan silmästä resoluutioltaan tarkempaa videota analysoitavaksi. Yksi ongelma katseenseurannassa on myös käyttäjän pään liikkeet. Päähän kiinnittyvässä katseenseurantalaitteessa tämä ongelma saadaan ratkaistua liikesensorin avulla.

Tietokoneiden laskentatehojen kasvettua ja katseenseurantateknologian kehittyttyä voidaan nykyään analysoida katsetta tarkasti myös monitoriin liitetyllä kameralla [Mohamed and Silva, 2007]. Ulkoisella katseenseurantalaitteella pään liikkeet vaikuttavat usein katseenseurantalaitteen tarkkuuteen. Moni katseenseurantalaite muuttuukin epätarkaksi, mikäli käyttäjä liikuttaa päätään. Nyt kun tietokoneiden

laskentatehot ovat riittävän hyvät reaaliaikaiseen katseenseurantaan, mitä mahdollisuuksia käyttäjille on tarjota nykypäivänä? Seuraavassa kohdassa tarkastelemme katseenseurannan nykytilannetta.

2.2. Nykypäivän teknologia

Modernit katseenseurantalaitteet maksavat halvimillaankin useita satoja euroja ja kalleimmillaan jopa kymmeniä tuhansia euroja, joten laitteiden kysyntä on vähäistä ja niitä on pääosin vain niitä ehdottomasti tarvitsevien käytössä [Agustin et al., 2010].

Yksi suosituimmista katseenseurantalaitteiden valmistajista on Tobii, jonka malleista löytyy sekä päähän kiinnittyviä että irrallaan olevia katseenseurantalaitteita. Tobiiin uusimpiin tuotteisiin kuuluu Tobii X2 -sarjan katseenseurantalaitteet, jotka ovat irrallisia, ja ne voidaan asentaa mihin tahansa monitoriin. Katseenseurantalaite voidaan kiinnittää kaikenlaisiin näyttöihin ja asennuksen jälkeen laite on käyttövalmis. Tässä tutkimuksessa käytetään Tobii T60 -sarjan monitoria, jossa katseenseurantalaite ja sensorit ovat monitoriin sisäänrakennettuna.

Katseenseurantaan tarvittava teknologia halpenee jatkuvasti. Tietokoneiden laskentatehot paranevat vuosi vuodelta ja kameroiden tekniikan hinta laskee, joten nykyään katsetta pystytään seuraamaan esimerkiksi normaalilla webkameralla [Mohamed and Silva, 2007; Li et al., 2006; Agustin et al., 2010]. Teknologian hinnan alenemisen myötä katseenseuranta on alkanut herättää kiinnostusta myös standardikäyttäjissä. Markkinoille on ilmaantunut myös kuluttaja-asiakkaille suunnattuja katseenseurantalaitteita. Näitä on kuitenkin markkinoilla toistaiseksi vielä hyvin vähän.

Agustin ja muut [2010] tutkivat, kuinka hyvin avoimen lähdekoodin katseenseurantalaite, ITU Gaze Tracker, soveltuu katseenseurantaan. Kyseisessä tutkimuksessa testattiin, kuinka hyvin ITU Gaze Tracker toimii kalliimpiin katseenseurantalaitteisiin verrattuna. ITU Gaze Tracker on avoimen lähdekoodin projekti, jossa silmien seurantaan käytetään keskihintaista webkameraa, itsetehtyä pääkiinnikettä sekä yhteisvoimin ohjelmoitua sovellusta katseenseurannan saavuttamiseksi. Halvempien katseenseurantalaitteiden yhtenä suurena haasteena on kuitenkin webkameroiden videokuvan pieni resoluutio. Tämän takia webkameran on oltava hyvin lähellä silmää pystyäkseen saamaan tarpeeksi tarkkaa kuvaa silmästä analysoitavaksi. Toisena ongelmana ITU Gaze Trackerissä ilmeni pään liikkeiden vaikutus katseenseurannan tarkkuuteen. Pienikin pään liike aiheutti epätarkkuutta

katseenseurannassa.

Rajoitteista huolimatta tutkimus osoitti, että katseenseuranta on mahdollista toteuttaa tyydyttävästi myös halvalla teknologialla. Tutkimuksen testihenkilöt saavuttivat katseenseurannalla kirjoitusnopeudeksi keskimäärin 6.56 sanaa minuutissa, joka oli hyvin lähellä kalliilla katseenseurantalaitteilla saavutettavaa tasoa.

Vaikka halvan teknologian katseenseurannalla ei saavuteta vielä samoja tuloksia kuin kalliimmilla laitteilla, osoittaa Augstinin ja muiden [2010] tutkimus, että katseenseuranta on jo nyt mahdollista halvemmalla teknologialla. Tämä edesauttaa katseenseurantalaitteiden pääsyä kuluttajamarkkinoille. Uskonkin, että lähitulevaisuudessa kuluttajamarkkinoilla tullaan näkemään yhä halvempia katseenseurantalaitteita. Jotta katseenseurannan käyttö lisääntyisi standardikäyttäjien keskuudessa, tarvittaisiin markkinoille edullisempien laitteiden lisäksi myös näille suunnattuja katseenseurantasovelluksia. Tässä tutkimuksessa pyrin osoittamaan, että mikäli teknologia ja sovellukset antavat mahdollisuuden, tarjoaa katseenseuranta myös standardikäyttäjille uuden mielekkään tavan käyttää tietokonetta. Seuraavassa luvussa pohditaankin millaisia mahdollisuuksia katseenseuranta tarjoaa standardikäyttäjille.

3. Katseenseuranta standardikäyttäjälle

Elämme tällä hetkellä katseenseurannan murrosvaihetta. Älypuhelinmarkkinoilla on jo muutamia sovelluksia, jotka käyttävät katseenseurantaa. Ne ovat kuitenkin hyvin yksinkertaisia, eivätkä vaikuta olevan toistaiseksi suuressa suosiossa. Katseenseurannan suosio on kuitenkin koko ajan kasvamassa. Markkinat tuntuvat tällä hetkellä odottavan sitä oikeaa sovellusta, joka nostaa katseenseurannan uudelle tasolle ja kuluttaja-asiakkaiden tietouteen. Tilannetta voi verrata ensimmäisten kosketusnäyttöisten älypuhelimien julkaisuun. Kosketusnäyttöpuhelimet saivat vasta iPhone'n ilmestyttyä suuremman markkinaosuuden, mikä mahdollisti myös muiden mallien suosion.

Koska katseenseurantaa tukevat sovellukset ovat kehitetty lähes yksinomaan liikuntarajoitteisia ihmisiä ajatellen, eivät ne houkuttele standardikäyttäjiä puoleensa. Katseenseurantalaitteille ja sovelluksille olisi varmasti kysyntää, jos sovellukset olisivat suunnattu jokapäiväiseen käyttöön ja standardikäyttäjän tarpeisiin.

Standardikäyttäjät ovat tottuneet näppäimistöön ja hiireen pääasiallisena työvälineenä tietokoneiden käytössä jo vuosikymmenien ajan. Ihmisillä on usein tapana vastustaa uusia vuorovaikutuksen tapoja, koska uuden opetteluun vie aina aikaa. Tämän takia katseenseurannan tulisi olla mahdollisimman helppokäyttöinen, nopea ja tarkka, jotta ihmiset innostuisivat tästä uudesta vuorovaikutustavasta [Kumar et al., 2007].

Lisäksi ongelmana on ollut se, että yleensä katseenseurantalaitteella pyritään korvaamaan hiiri täysin, koska kohderyhmänä ovat olleet liikuntarajoitteiset käyttäjät. Ovatko standardikäyttäjät ovat kuitenkin liian tottuneita käyttämään hiirtä? Sen sijaan, että katseenseurannalla korvattaisiin jokin toiminnallisuus kokonaan, Kumarin ja muiden [2007] mielestä katseenseuranta toimii paremmin lisäominaisuutena tavallisen tietokoneenkäytön ohella. Tällöin käyttäjät voisivat itse valita hiiren tai katseenseurannan välillä. Tämä on mielestäni tärkeä huomio ja yksi syy siihen, miksi katseenseurantasovellukset eivät ole vielä suurilla markkinoilla. Suurin osa laitteista ja sovelluksista on tähän asti pyrkinyt korvaamaan jonkin tietokoneen ominaisuuden kokonaan. Kun katseenseurannasta tehdään lisäominaisuus, on käyttäjällä pienempi kynnys omaksua katseenseuranta osaksi arkea.

Hiiri on tietokoneen käytössä hallitsevin syötinlaite [Kumar, 2007]. Hiirtä käytettäessä katse seuraa hiiren liikkeitä aktiivisesti, joten on selvää, että hiiren ja katseen välistä yhteyttä on tarkasteltu katseenseurantatutkimusten alkuajoista lähtien. Katse on kuitenkin haasteellinen osoitinlaite. Siihen liittyy monia teknologisia ja biologisia haasteita, joita seuraavissa kohdissa pyritään ratkaisemaan.

3.1. Silmä ja sen ongelmat osoitinlaitteena

Katseen liikerata on hyvin erilainen kuin hiiren. Katseen liikerata koostuu tarkennuksista (fixations), jolloin silmät lepäävät ja katsovat yhteen kohteeseen, sekä sakkadeista (saccades), eli nopeista liikkeistä kohteiden välillä [Kumar et al., 2008]. Katse tarkoittaa yhteen kohteeseen kerrallaan ja liikkuu kohteesta toiseen lähes välittömästi. Katse on harvoin paikoillaan ja selaa näyttöä taukoamatta. Katseella ei siis ole tasaista liikerataa, toisin kuin hiirellä.

Edes silloin, kun katse on tarkennettuna yhteen kohteeseen, eivät silmät ole täysin paikoillaan, vaan värisevät (jitter) kohteen ympärillä. Tämän takia katseen kohdepiste ei ole koskaan täysin paikoillaan, vaan värisee kohteen ympärillä jatkuvasti. Tämä on silmän ja näköaistin biologinen ominaisuus, joten teknologian kehittyminen tuskin koskaan ratkaisee kaikkia katseenseurantaan liittyviä haasteita täysin. [Kumar, 2007]

Katseen epätarkkuuden lisäksi ongelmana on katseen tietoinen hallinta. Silmien liike on suurelta osin tiedostamatonta toimintaa. Katseen hallinta tietoisesti on vaikeaa, sillä silmät ovat kehittyneet vastaanottamaan informaatiota, eivätkä ohjaamaan toimintoja. [Zhai et al., 1999]

Hiiren ja katseen liikkeet ovat kuitenkin myös hyvin samanlaiset. Käyttäjän täytyy ensin katsoa klikattavaa kohdetta, jonka jälkeen hiiri voidaan liikuttaa kohteeseen. Saattaakin kuulostaa hyvältä idealta korvata hiiri kokonaan katseenseurannalla, jolloin käyttäjä voisi liikuttaa hiiren kursoria katseellaan. Tämä on kuitenkin haasteellista, sillä silmät ovat aina ”päällä”. Näin ollen käyttäjä ei voi siirtää katsetaan liikuttamatta samalla myös hiirtä. Tästä syystä hiiren kursori olisi koko ajan katseen tiellä ja häiritsi näin käyttäjää. Katseen ohjaaman kursorin häiritsevyyttä voimistaa entisestään se, että useimmiten mitattu katseen kohdepiste eroaa hiukan todellisesta. Tällöin hiukan sivussa oleva kursori saa käyttäjän helposti siirtämään katseensa kursoriin, jolloin kursori tietysti taas siirtyy. Näin katse lähtee helposti ”jahtaamaan” kursoria [Jacob, 1991; Hyrskykari, 2006; Kumar et al., 2007]. Jacob [1991] kuvaa tätä ongelmaa hyvin nimellä ”Midaksen kosketus”. Minne tahansa käyttäjä katsookin, aiheuttaa se toiminnon näytöllä.

Kumar ja muut [2007] korostavat lisäksi hiiren ja silmien toiminnan välistä eroa: hiiren käyttö on tarkoituksenmukaista ja sen käytössä pidetään taukoja, mutta katse seuraa näytöllä tapahtuvia asioita jatkuvasti. Jotta katsetta voitaisiin käyttää

osoitinlaitteena, on katseesta eroteltava tahdonmukainen toiminta ja muu selailu. Useimmissa katseenseurantasovelluksissa käyttäjän tarkoituksenmukainen toiminta on erotettu muusta katseesta yleensä mittaamalla, kuinka pitkän ajan katse pysyy yhdessä kohteessa. Katseen pitäminen yhdessä kohteessa on kuitenkin hidasta ja vaatii käyttäjältä aktiivista keskittymistä. Liikuntarajoitteisille käyttäjille tämä on ehkä ainoa tapa valita elementtejä. Kun katseenseurantalaite suunnitellaan standardikäyttäjille, tarjoaa se parempia vaihtoehtoja elementin valintaprosessille.

Kumar ja muut [2007] käyttävät tutkimuksessaan näppäimistöltä aktivoituvaa katseenseurantamenetelmää. Aktivoimalla katseenseuranta näppäimistön nappia painamalla, toteutuu elementin valintaprosessi nopeammin. Näppäimistöltä aktivoitua katseenseuranta on riittävän yksinkertainen standardikäyttäjälle [Kumar et al., 2007].

3.2. Fittsin laki ja katseenseuranta

Ongelmista huolimatta ideaa katseenseurannalla toteutetusta osoitinlaitteesta ei ole hylätty. Kuten aiemmin ollaan todettu, silmän liikkeet kohteesta toiseen ovat todella nopeita hiireen verrattuna. Yksi sakkadi, eli katseen tarkennuksen siirtymä yhdestä pisteestä toiseen, kestää 30 – 120 millisekuntia, jona aikana silmä saattaa liikkua jopa 40 asteen matkan näkökentässä [Sibert et al., 2000].

Fittsin lailla pystytään mallintamaan osoitinlaitteella valitsemista ja sitä käytetään yleensä, kun halutaan testata osoitinlaitteen tarkkuutta ja nopeutta. Lain mukaan valittavan objektin koko ja osoitinlaitteella liikuttava matka ovat verrannollisia osoitinlaitteen tarkkuuteen ja nopeuteen. Tämä siis tarkoittaa sitä, että mitä kauempana valittava objekti on osoittimesta, tai mitä pienempi objekti on, sitä vaikeampi siihen on osua [Soukoreff and MacKenzie, 2004]. Fittsin laki on yleisin malli, millä testataan uutta osoitinlaitetta ja sen tehokkuutta.

Katseen siirtymät kohteista toiseen ovat niin nopeita, että voidaan kyseenalaistaa, mukailevatko silmän liikkeet todella Fittsin lakeja. [Sibert et al., 2000]. Sibertin ja muiden [2000] mukaan silmien nopeus on vain vähän riippuvainen liikuttavasta matkasta. Tämä tukee heidän väitettään siitä, etteivät silmän liikkeet mukaile Fittsin lakeja. Sibert ja muut [2000] testasivat katsetta osoitinlaitteena Fittsin lakia soveltaen ja totesivat, että yksinkertaisissa valintatehtävissä katse on huomattavasti nopeampi osoitinlaite kuin hiiri. Tämä ei ole yllättävää, sillä tiedetään, että silmän liikkeet ovat käden liikkeitä nopeampia. Lisäksi käyttäjä joutuu joka tapauksessa katsomaan ensin klikattavaa kohdetta ja vasta sitten liikuttamaan hiirtä.

Silmiä tarvitaan joka tapauksessa tietokonetta käytettäessä. Silmien nopeuden ja

intuitiivisuuden takia katse nähdään hyvin potentiaalisena osoitinlaitteena. Uskon, että vaikka katseenseurannassa on haasteensa, eikä katse tule olemaan yhtä tarkka kuin hiiri, voi katseenseurannan käyttö hyvin toteutettuna tehostaa tietokoneen peruskäyttöä.

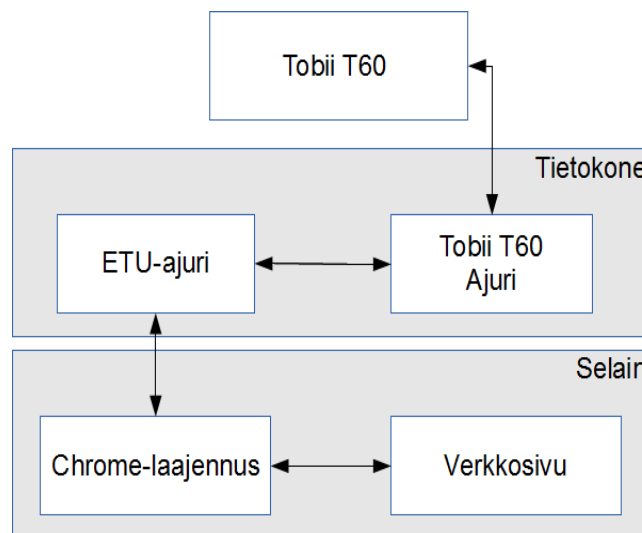
4. Tutkimuksessa käytetty katseenseurantasovellus

Tässä tutkimuksessa katseenseurannalla ei pyritä korvaamaan hiirtä täysin, vaan tarjoamaan käyttäjälle vaihtoehtoinen valintalaite. Internetin myötä ihmiset käyttävät selainta päivittäin töissä ja vapaa-ajalla, joten tutkimuksessa päädyttiin toteuttamaan katseenseurantasovellus selaimelle. Selain valittiin toteutusympäristöksi myös siksi, että se tarjoaa hyvän alustan sovelluksen kehittämiseksi ilman suuria teknisiä esteitä. Tutkimusta varten suunniteltiin ja toteutettiin katseenseurantasovellus, jonka avulla verkkosivuja voidaan käyttää ilman hiirtä. Sovellus kehitettiin standardikäyttäjää ajatellen ja oletettiin, että käyttäjät eivät ole liikuntarajoitteisia.

Yksi ongelma katseenseurantasovellusta kehitettäessä on laitteiden epästandardit koodirajapinnat. Katseenseurantalaitteita on markkinoilla monenlaisia, joista jokaisella valmistajalla ja laitteella on erilaiset ajurit. Tämän vuoksi kaikilla laitteilla toimivan katseenseurantaohjelman luominen on haastavaa.

4.1. ETU-ajuri

Špakov [2005] on kehittänyt yllä kuvailtuun ajuriongelmaan ratkaisun: ETU-ajurin (Eye-Tracking Universal Driver). Ajuri on kehitetty toimimaan välirajapintana katseenseurantalaitteiden omien ajureiden ja katseenseurantaohjelmiston välillä, mahdollistaen laitteesta riippumattoman ohjelmistokehityksen. Ajuri muuttaa katseenseurantalaitteelta tulevan datan standardiin muotoon, jolloin voidaan kehittää useilla eri katseenseurantalaitteilla identtisesti toimivia ohjelmia.



Kuva 2: Katseenseurantalaitteen ja katseenseurantasovelluksen välinen yhteys

Kuvassa 2 havainnollistetaan, miten informaatio liikkuu katseenseurantalaitteesta sovellukselle.

Tämä on ensimmäinen askel katseenseurantalaitteiden ja katseenseuranta-sovellusten yleistymiselle. On mahdotonta kehittää sovelluksia, mikäli ne täytyy sovittaa jokaiselle katseenseurantalaitteelle erikseen toimivaksi. Špakovin ajuria käytetään jo useissa ei-kaupallisissa sovelluksissa ja se mahdollisti myös tässä tutkimuksessa käytetyn sovelluksen kehittämisen.

4.2. Google Chrome -laajennus

Tässä tutkimuksessa testataan ETU-ajuria hyödyntävää selainlaajennusta Google Chrome -selaimelle. Ohjelmointikielenä laajennuksessa käytettiin JavaScriptiä. Koska laajennus käyttää ETU-ajuria, toimii se näin ollen erilaisilla laitteilla.

Tässä tutkimuksessa käytetyn laajennuksen pohjana käytettiin Špakovin tekemää laajennusta, jossa oli toteutettu katseen koordinaattien lukeminen katseenseurantalaitteelta. Tässä tutkimuksessa käytetty laajennus vaatii kuitenkin kaiken muun toiminnallisuuden ohjelmoinnin ja Špakovin laajennuksesta otettiin ainoastaan mallia.

Chrome-laajennuksen avulla katseella voidaan valita mitä tahansa verkkosivujen elementtejä, kuten linkkejä, lomakkeiden kenttiä, radionäppäimiä, valintaruutuja sekä painikkeita.

Suuri osa toimistotyötä tekevästä hyödyntää työaikanaan internetiä. Työ koostuu paljolti lomakkeiden täytöstä ja muusta sivustojen selailusta. Lomakkeita täyttäessään käyttäjä joutuu siirtämään jatkuvasti kättään näppäimistöltä hiirelle, mikä hidastaa kirjoittamista. Tämän tutkimuksen laajennus kehitettiin juuri tällaisia tehtäviä varten. Laajennus ei poista hiiren käyttömahdollisuutta, mutta antaa vapauden valita elementtejä sivulla myös katseella.

Toimiakseen laajennus tarvitsee vain ETU-ajurin tukeman katseenseurantalaitteen ja sen kalibroinnin, jonka jälkeen se on käyttövalmis millä tahansa verkkosivulla. Midaksen kosketus -ongelman välttämiseksi tässä tutkimuksessa päädyttiin ratkaisuun, jossa katseenseurantalaite aktivoidaan näppäimistön näppäintä painaen. Tämä tarjoaa käyttäjälle selkeän palautteen siitä, milloin katsetta käytetään osoittamiseen.

Elementin valintaprosessi on kaksivaiheinen. Valinta alkaa sarkainnäppäintä pohjaan painamalla. Kun sarkain on painettuna pohjaan, katseenseurantalaite

aktivoituu, ja käyttäjä voi viedä katseensa haluamaansa elementtiin. Elementin valinta aktivoituu, kun sarkain vapautetaan. Sarkaimen alas painaminen ja vapauttaminen on siis käytännössä sama asia kuin hiiren klikkaus.

Elementin valintaprosessin aikana, eli kun sarkain on painettuna pohjaan, käyttäjälle näytetään palautteena sovelluksen aktivoima kohde-elementti reunaefektillä korostettuna. Kun käyttäjä vapauttaa sarkainnäppäimen, katseen kohteena olevalle elementille lähetetään hiiren painallustapahtuma. Tällä tavoin voidaan valita mitä tahansa verkkosivulla nähtäviä elementtejä, eikä siis hiirtä välttämättä tarvita verkkosivuja käyttäessä.

Tämä tapa vastaa pitkälle Kumarin ja muiden [2007] tutkimuksessa käyttämää toteutusta. Kyseisessä tutkimuksessakin valintaprosessi alkaa, kun näppäin painetaan pohjaan, ja valinta aktivoituu, kun näppäin vapautetaan. Tämä on myös selkeä tapa erotella katseesta osoittamiseen tarkoitettu toiminta, toisin sanoen saadaan ratkaistua Midaksen kosketuksen -ongelma.

Toteutettu laajennus tukee kaikkia verkkosivun peruselementtejä, joita voi valita hiirellä. Koska sovellus on selaimen laajennus, toimii se missä tahansa verkkosivulla automaattisesti. Tällä hetkellä sovellus toimii yksinkertaisimmilla verkkosivuilla, jotka sisältävät standardeja verkkosivuelementtejä. Sen sijaan raskaat sivut, joissa käytetään paljon JavaScriptiä, ovat vielä haasteellisia sovellukselle, sillä sivun oma JavaScript sekoittaa lisäosan toiminnallisuutta. Laajennus vaatisi jatkokehitystä, jotta vastaavat ongelmat voitaisiin ennakoida kaikilla verkkosivulla.

4.3. Katseenseurannan haasteista

Yksi suurimmista ongelmista katseenseurannassa on katseenseurantalaitteiden epätarkkuus. Epätarkkuus voi johtua itse laitteesta, mutta kuten on aiemmin todettu, katsekohdan mittauksen epätarkkuus johtuu myös silmän biologisista ominaisuuksista. Tämä täytyy siis ottaa huomioon sovellusta kehittäessä.

Kumar ja muut [2007] ratkaisivat ongelman lisäämällä valintaprosessiin ylimääräisen vaiheen. Kun käyttäjä painoi valintanäppäintä ensimmäisen kerran, näytettiin käyttäjälle suurennos kyseisestä kohdasta, jonka jälkeen käyttäjä pystyi valitsemaan kohteen. Tämä lisävaihe hidasti valintaprosessia, sillä käyttäjä joutui etsimään halutun elementin uudestaan suurennetusta näkymästä. Vastaavanlaisen suurennustekniikan toteuttaminen verkkosivuilla olisi haasteellista ja teknisesti vaikeaa. Tässä tutkimuksessa pyrittiin löytämään yksinkertaisempi ja nopeampi valintaprosessi.

Ratkaisua epätarkkuudesta johtuviin ongelmiin lähdettiin etsimään elementtien aktivointialueen piilotetusta koon kasvattamisesta. Lisäosa tallentaa sivun latautuessa jokaisen valittavissa olevan elementin muistiin. Tämän jälkeen laajennus lisää jokaiselle elementille 50 pikselin marginaalit, jolloin valittavat elementit ovat todellisuudessa suurempia kuin mitä käyttäjälle näytetään. Kumarin [2007] mukaan useimmat katseenseurantalaitteet ovat tarkkoja 0.5 – 1 asteeseen katsekulmaan asti, mikä tarkoittaa sitä, että katsekulma on noin 16-33 pikselin kokoinen näytöllä 1280x1024 resoluutioisella näytöllä. Käytännössä siis katseen kohdepiste voi harhailla noin 66 pikselin kokoisella alueella, vaikka käyttäjä katsoo yhteen pisteeseen silmillään. Tässä tutkimuksessa käytetyn 50 pikselin marginaali varmistaa, että pienempiinkin kohteisiin on helppo osua. Käyttäjän tarvitsee vain katsoa lähelle elementtiä valitakseen sen. Tämä ratkaisu sellaisenaan toimi todella hyvin, kun elementit olivat tarpeeksi kaukana toisistaan, eivätkä elementtien marginaalit menneet limittäin.

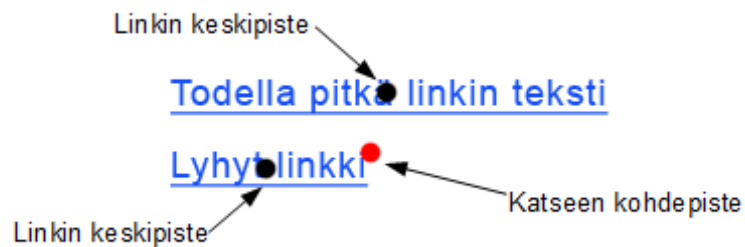
Kuvassa 3 nähdään, kuinka marginaali toimii. Riittää, että katseenseurantalaitteen mittaama kohde on elementille annetun marginaalin sisäpuolella, jotta tekstikenttä aktivoituu valittavaksi. Heti kun katseen keskipiste on marginaalin sisäpuolella, elementtiin lisätään reunaefekti. Tämä kertoo käyttäjälle, että kyseinen elementti on aktiivinen.



Kuva 3: Tekstikenttäelementin marginaali

Ongelmaksi tässä ratkaisussa jäivät siis tilanteet, joissa elementit olivat liian lähellä toisiaan ja niiden marginaalit menivät limittäin. Tähän ongelmaan testattiin useaa ratkaisua. Yksi vaihtoehto oli laskea ennakkoon jokaiselle elementille enimmäismarginaalit. Näin jokaisella elementillä olisi suurin mahdollinen marginaali. Tämän toteuttaminen olisi kuitenkin ollut hyvin monimutkaista ja prosessi olisi ollut myös JavaScriptille raskas. Näistä syistä tämä vaihtoehto hylättiin tässä tutkimuksessa.

Toisena ratkaisuvaihtoehtona oli laskea, kuinka kaukana katseen kohdepiste oli elementin keskipisteestä ja näin määrittää lähin elementti. Tämä osoittautui kuitenkin mahdottomaksi, sillä mikäli vierekkäiset elementit olivat eri pituisia, olivat myös elementtien keskipisteet eri kohdissa. Esimerkiksi eripituisten linkkien listasta oli todella vaikeaa valita oikea kohde, koska linkkien keskipisteet eivät olleet linjassa toistensa kanssa. Kuvassa 4 havainnollistetaan ongelmaa. Vaikka katseen kohdepiste on selkeästi lähempänä alempaa linkkiä, tässä tapauksessa valittaisiin ylempi linkki, koska ylemmän linkin keskipiste on lähempänä katseen kohdepistettä.



Kuva 4: Elementin keskipisteratkaisun ongelma

Lopullinen ratkaisu elementtien marginaaleihin liittyvään ongelmaan löytyi marginaalien dynaamisella pienentämisellä. Mikäli katseen kohdepiste on samanaikaisesti kahden elementin marginaalien sisäpuolella, aloittaa sovellus näiden elementtien marginaalien pienennyksen. Marginaalit pienentyvät asteittain aina puolella marginaalin suuruudesta, kunnes katseen keskipiste kuuluu ainoastaan yhden elementin marginaalin sisäpuolelle. Tämä osoittautui toimivaksi ratkaisuksi. Se oli myös nopea ja kevyt koodin suorituskyvyn huomioon ottaen.

Silmien värinän aiheuttama liike osoittautui vielä ongelmalliseksi. Silmien värinän vuoksi käyttäjän oli vaikeaa valita kahdesta lähekkäisestä elementistä haluttu, sillä valinta vaihtui jatkuvasti. Tästä johtuen valintaprosessiin lisättiin 200 millisekunnin tauko. Tilanne ikään kuin ”rauhoitettiin” jokaisen elementin valinnan jälkeen. Kun ohjelma oli saanut laskettua sen hetkisen aktiivisen elementin, prosessi keskeytettiin 200 millisekunniksi, jolloin käyttäjälle tuli selväksi mikä elementti on aktiivinen.

5. Koejärjestely ja kokeen läpivienti

Tutkimuksessa haluttiin testata, kuinka hyvin katseenseurannalla toteutettu elementtien valintaprosessi toimii hiireen verrattuna internetiä käyttäessä. Haluttiin selvittää, onko laajennus tarpeeksi tarkka ja nopea jokapäiväiseen internetin käyttöön. Vaikka laajennuksen ei olekaan tarkoitus korvata hiirtä, antaa hiiren ja katseenseurannan vertailu hyvän lähtökohdan tutkimukselle. Tämän selvittämiseksi koehenkilöt tekivät kolme testiä, jotka mittasivat katseenseurantasovelluksen nopeutta ja tarkkuutta hiireen verrattuna.

Lisäksi haluttiin selvittää, oliko sovellus mukava ja luonnollinen käyttää, sekä olisiko katseenseurantasovellus suosittu myös tutkimuksen ulkopuolella. Näiden subjektiivisten mielipiteiden selvittämiseksi laadittiin kyselylomake. Lomakkeessa tiedusteltiin testihenkilöiden mielipiteitä sovelluksen käytettävyydestä, sekä sovelluksen tulevaisuuden mahdollisuuksista. Lisäksi koko tapahtuma videoitiin, jotta talteen jäisivät myös koehenkilöiden suulliset ajatukset sovelluksesta.

5.1. Osallistujat

Tutkimukseen osallistui kahdeksan vapaaehtoista testihenkilöä. Testihenkilöt olivat iältään 25-28 vuotta, joista miehiä oli seitsemän ja naisia yksi. Yhdellä koehenkilöllä oli hieman aiempaa kokemusta katseenseurantalaitteista, seitsemällä muulla osallistujalla ei sen sijaan ollut aiempaa kokemusta. Kolmella testihenkilöistä oli silmälasit, tosin kahdella heistä oli sen verran hyvä näkö, että testit pystyttiin tekemään ilman silmälasia. Vain yhden testihenkilön katsetta seurattiin lasien läpi.

5.2. Testitehtävät

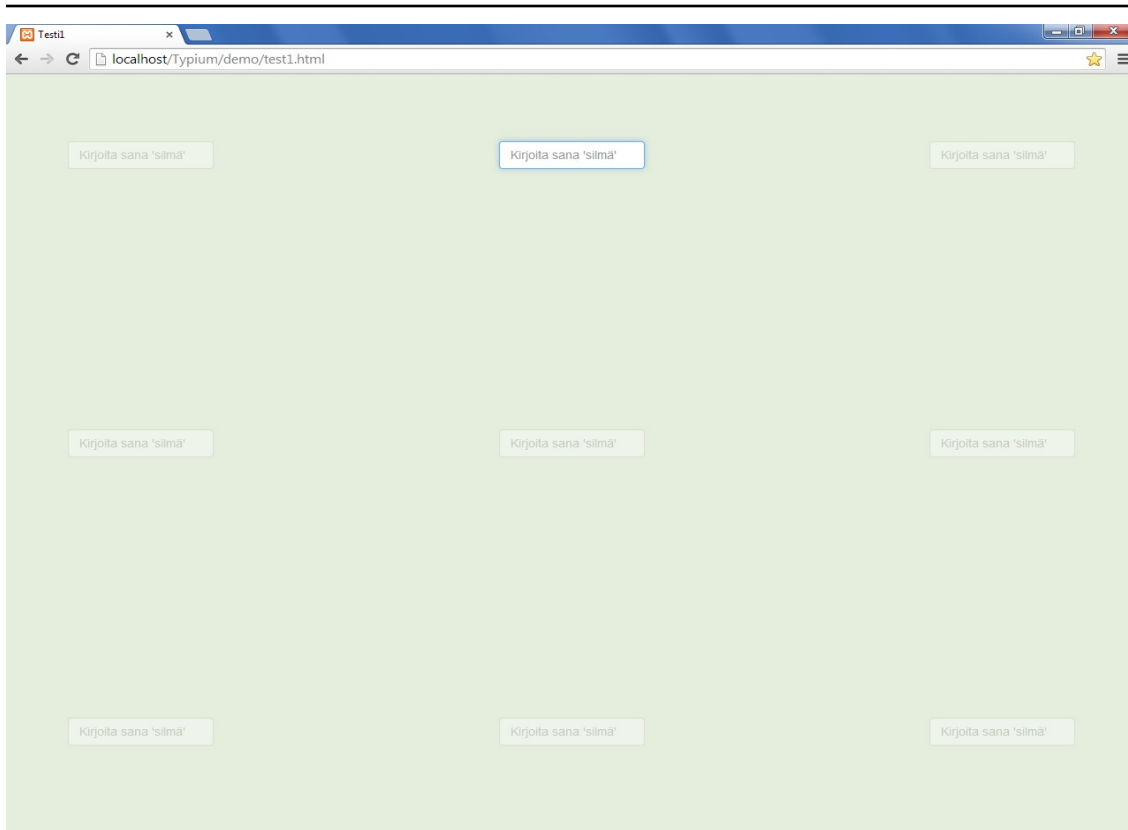
Testissä oli yhteensä kolme tehtävää, jotka kaikki tehtiin sekä hiirellä että katseella. Koska samat tehtävät suoritettiin kahteen kertaan, jälkimmäisen kerran suoritus saattaa luonnollisestikin olla helpompaa ja nopeampaa tehtävätyypin ollessa tuttu. Tämän vaikutuksen eliminoimiseksi puolet testihenkilöistä aloitti jokaisen testin katseella ja puolet hiirellä.

Sovellus toimii tavallisilla internetsivuilla, ja testin olisi voinut toteuttaa myös verkosta löytyvillä lomakkeilla. Testistä haluttiin kuitenkin saada mahdollisimman monipuolinen. Tämä onnistui paremmin tekemällä testattavat lomakkeet tutkimusta varten itse. Tässä kohdassa esitellään tutkimuksessa käytetyt testit tarkemmin.

5.2.1. Testi 1: Nopeustesti

Ensimmäisessä testissä haluttiin testata sovelluksen nopeutta tehtävässä, jossa käyttäjä joutuu siirtämään jatkuvasti näppäimistön ja hiiren välillä. Tehtävässä näytölle ilmestyi satunnaisessa järjestyksessä tekstikenttiä eri kohtiin näyttöä.

Kuvassa 5 nähdään ensimmäisen testin asetelma. Ruudulla on yhteensä yhdeksän eri paikkaa, johon kenttä saattoi ilmestyä.



Kuva 5: Nopeustesti

Kuvassa kaikki yhdeksän kenttäpaikkaa ovat näkyvillä himmennetyksi, mutta testin aikana vain yksi tekstikenttä oli näkyvillä kerrallaan.

Tehtävässä testihenkilön tuli valita sillä hetkellä näkyvä tekstikenttä ja kirjoittaa kenttään sana ”silmä”. Tämän jälkeen sen hetkinen tekstikenttä hävisi ja uusi tekstikenttä tuli näkyviin. Seuraava kenttä näytettiin vasta, kun sana oli kirjoitettu oikein. Tehtävässä ei mitattu sanan kirjoittamiseen kuluva aikaa, joten testihenkilöiden tekemät kirjoitusvirheet eivät vaikuttaneet testituloksiin. Tämän jälkeen sama prosessi toistettiin uudestaan. Testissä oli yhteensä 55 toistoa. Tekstikenttien järjestys oli jokaiselle testihenkilölle sama sekä hiirellä että katseella testatessa.

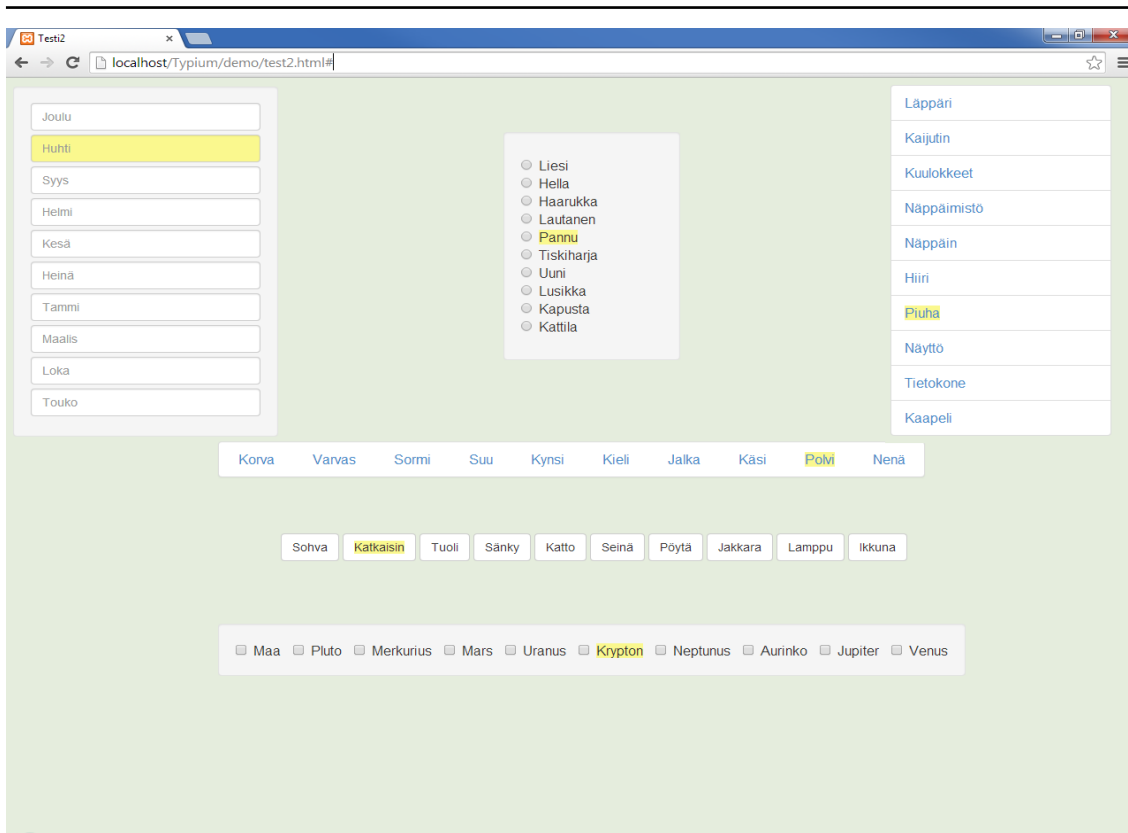
Testin aikana tallennettiin klikkauksiin kuluva aika sekä virheiden lukumäärä. Aika mitattiin jokaisessa toistossa kirjaimen ”ä” painalluksesta seuraavan kentän oikeelliseen valintaan.

5.2.2. Testi 2: Tarkkuustesti

Seuraavaksi testattiin kuinka hyvin katseenseuranta pärjää hiirelle tarkkuutta vaativassa tehtävässä. Tehtävässä testihenkilölle näytettiin jokapäiväisessä internetin käytössä kohdattavia elementtejä. Testihenkilön tehtävänä oli valita kohteiden joukosta keltaisella värillä merkattu kohde. Kun keltaista kohdetta klikattiin, näytettiin koehenkilölle tämän jälkeen uusi erilainen elementti. Samaa toistettiin, kunnes kaikki elementit oli käyty läpi.

Erilaisia testattavia elementtejä oli testissä kuusi kappaletta, joista koostettiin yhteensä 96 kappaleen kokonaistesti. Elementtien esiintulojärjestys sekä valittavan kohteen paikka oli ennalta sekoitettu. Jokainen testihenkilö teki testin sekä katseella että hiirellä. Tässäkin testissä puolet testihenkilöistä aloitti testin katseella.

Kuvassa 6 nähdään kaikki tarkkuustestissä käytetyt elementit. Testin aikana elementit näytettiin keskellä ruutua yksi kerrallaan, eivätkä kaikki elementit olleet näkyvillä samaan aikaan, kuten kuvassa 6.



Kuva 6: Tarkkuustestin elementit

Testitehtävää ohjelmoimissa nousi esiin huoli siitä, olisiko värjättyyn kohteeseen liian helppo osua katseella. Silmät nimittäin hakeutuvat automaattisesti värjättyyn kohteeseen, koska kohde erottuu muiden joukosta heti. Katseenseurantasovellus saattaisi saada tämän takia epäreilun aseman hiireen nähden. Tästä johtuen testitehtävää luodessa kokeiltiin myös tapaa, jossa väriä ei käytetty, vaan oikea kohde esitettiin sanalla ”silmä”.

”Silmä”-sanan etsiminen osoittautui kuitenkin liian vaikeaksi. Huomattiin, että sana ”silmä” ei erotu tarpeeksi hyvin muiden sanojen joukosta, mikä hidasti liikaa testin suoritusta. Tämä testaisi muutenkin enemmän testihenkilön keskittymiskykyä ja tarkkaavaisuutta, kuin osoitinlaitteen tehokkuutta. Tämän takia testiin palautettiin takaisin värillä merkityt kohteet. Testauksen kohteenahan tässä oli kuitenkin valinnan tekeminen, eikä elementin paikallistaminen. Oikean elementin hakutoimintaan on sama riippumatta käytetystä syötelaitteesta. Testissä mitattiin yksittäisen kohteen valintaan menevää aikaa sekä virhevalintojen määrää.

5.2.3. Testi 3: Lomakkeentäyttötesti

Kolmannessa testissä testihenkilölle annettiin täytettäväksi erilaisia lomakkeita, joita saattaisi nähdä päivittäin internetiä käyttäessä. Tässä tehtävässä tarkoituksena oli saada mahdollisimman realistinen käyttöskenaario katseenseurantalaitteelle. Testi sisälsi erilaisia henkilötietolomakkeita sekä monivalintatehtäviä satunnaisessa järjestyksessä.

Kuvissa 7-11 nähdään testin lomakkeet. Lomakkeet 4 ja 5 (kuvat 10 ja 11) näytettiin testissä kahteen kertaan, jolloin molempina kertoina valittavat kohteet olivat erilaiset. Testihenkilöillä oli täytettäväänään yhteensä seitsemän lomaketta.

Täytä yhteystiedot

Etunimi

Sukunimi

Sukupuoli Mies Nainen

Syntymäaika

Puhelin

Osoite

Kaupunki

Postinumero

Maa

- Ruotsi
- Norja
- Suomi
- Venäjä

[Peruuta](#) [Seuraava >](#)

Kuva 7: Lomaketesti - lomake 1

Rekisteröidy

Käyttäjänimi

Sähköposti

Hyväksyn käyttöehdot
 Tietojani ei saa käyttää suoramarkkinointiin
 Älä lähetä tarjoussähköposteja

[Peruuta](#) [Seuraava >](#)

Kuva 8: Lomaketesti - lomake 2

Täytä tiedot

Valitse sopivat Opiskelija Työssä käyvä Työtön

Tutkinto-ohjelma

Pääaine

Sivuaine

Opintojen aloitusaika

[Peruuta](#) [Seuraava >](#)

Kuva 9: Lomaketesti - lomake 3

Valitse ohjeiden mukaan

Valitse 3	1	2	3	4	5	6	7
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valitse 5	1	2	3	4	5	6	7
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valitse 1	1	2	3	4	5	6	7
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valitse 7	1	2	3	4	5	6	7
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valitse 4	1	2	3	4	5	6	7
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Peruuta](#) [Seuraava >](#)

Kuva 10: Lomaketesti - lomake 4

Valitse ohjeiden mukaan

Valitse

- Älä valitse
- Valitse minut!
- Älä valitse
- Valitse minut!
- Älä valitse
- Valitse minut!
- Valitse minut!
- Älä valitse
- Älä valitse
- Älä valitse
- Älä valitse
- Valitse minut!
- Valitse minut!
- Älä valitse
- Älä valitse
- Valitse minut!
- Älä valitse
- Älä valitse
- Älä valitse
- Valitse minut!

[Peruuta](#) [Seuraava >](#)

Kuva 11: Lomaketesti - lomake 5

Ennen testiä testihenkilöille näytettiin jokainen lomake ja kerrottiin, mitä missäkin lomakkeessa tulisi tehdä. Lomakkeet näytettiin etukäteen, jotta testiä tehdessä ei menisi aikaa lomakkeeseen tutustumiseen. Oletettiin myös, että tämä vähentäisi testihenkilön koetilanteessa kokemaa jännitystä. Testihenkilöitä ohjeistettiin täyttämään lomakkeet oikeilla tiedoilla, jotta se vastaisi mahdollisimman paljon todellista tilannetta. Testissä mitattiin jokaisen lomakkeen täyttöaikaa. Ajasta jätettiin huomioimatta tekstikenttien täyttöön menevä aika.

5.3. Datan kerääminen

Datan keruuta varten kehitettiin oma JavaScript-ohjelma, joka taltioi käyttäjän tekemät liikkeet lokitiedostoon myöhempää analysointia varten. Lokitiedostoon tallentui joka 20 millisekunnin välein uusi rivi. Päivitysväli (20 ms) valittiin siksi, että käytetyn Tobii T60 -laitteiston näytteenottotaajuus on 60Hz, eli se antaa mittauspisteen 16 tai 17 millisekunnin välein. Lievästi ylöspäin pyöristetynä päivitysväli takaa, että tallennetuksi tuli aina uusi datapiste. Pienempi päivitysväli saattaisi myös hidastaa ohjelmistoa liikaa.

Testin aikana lokitiedostoon taltioitui aikaleima, hiiren koordinaatit, katseen koordinaatit, alas painettu näppäimistönäppäin sekä sillä hetkellä valitun HTML-elementin identifioija ja luokka. Tähän tutkimukseen olisi riittänyt pelkkä aikaleiman tallennus. Lokiin haluttiin kuitenkin tallentaa kaikki mahdollinen data siltä varalta, että tuloksista haluttaisiin valita analysoitavaksi myöhemmin muutakin tietoa.

Lisäksi testit videoitiin ilmaisella CamStudio-ohjelmalla, jolla pystyttiin nauhoittamaan näyttöä ja ääntä.

5.4. Testin kulku

Tutkimuksen testi suoritettiin 20.03.2014 – 28.03.2014 Tampereen yliopiston katselaboratoriossa. Ennen testiä osallistujille kerrottiin, mistä tutkimuksesta on kyse ja mitä tutkimuksessa on tarkoitus saada selville. Tämän jälkeen testihenkilöille annettiin allekirjoitettavaksi suostumuslomake, jossa kerrottiin testihenkilön oikeudet sekä se mihin testeissä saatua dataa käytetään (liite 1).

Seuraavaksi esiteltiin katseenseurantalaite ja esiteltiin kuinka se toimii. Testissä käytetyn Tobii T60-katseenseurantalaitteessa infrapunälähtimet ja silmänliikkeet tallentava kamera ovat monitoriin sisäänrakennettuna. Testitilanteen ja käytetyn laitteiston esittelyn jälkeen testihenkilöt ottivat tukevan istuma-asennon katseenseurantalaitteen eteen, minkä jälkeen testaus alkoi. Ennen varsinaisia testejä katseenseurantalaite kalibroitiin Tobiiin omalla kalibraatio-ominaisuudella. Tämän jälkeen osallistujat saivat testata katseenseurantasovellusta niin kauan, kunnes tunsivat hallitsevansa sovelluksen.

Harjoittelua varten oli luotu harjoitussivu (kuva 12), joka sisälsi erilaisia klikattavia elementtejä.

Katseenseuranta on silmiä häikäisevän jees!

Näitä

kenttiä

voi Mies Nainen

klukkailla

pelkästään

katseella!

Tabi pohjaan

ja

MENOKS!

[Peruuta](#) [Seuraava >](#)

Sohva Katkaisin Tuoli Sänky Katto Seinä Pöytä Jakkara Lamppu Ikkuna

Kuva 12: Harjoittelusivu

Harjoitusvaiheessa testihenkilöt ohjeistettiin myös ulkopuoliselle verkkosivulle, jossa testihenkilöt saivat tuntumaa siihen, miten sovellus toimii muuallakin internetissä. Kun testihenkilö tunsi olevansa valmis, varsinaiset testit aloitettiin.

Ennen jokaista testiä selitettiin, mitä kyseisessä testissä on tarkoitus tehdä. Tämän jälkeen testihenkilöille annettiin vielä mahdollisuus harjoitella muutamien tulevassa testissä käytettyjen elementtien klikkaamista, jotta he saivat käsityksen siitä, miten elementit testissä toimivat. Lisäksi osallistujille kerrottiin, miten aikaa mitataan kussakin tehtävässä, ja mitkä aiheuttavat testissä virheitä tuloksiin. Testihenkilöt ohjeistettiin tekemään testit mahdollisimman nopeasti, mutta mahdollisimman vähillä virhevalinnoilla.

Testitehtävät tehtiin yksi kerrallaan vuorotellen hiirellä ja katseella. Tämän jälkeen siirryttiin seuraavaan testitehtävään. Testien välissä osallistujat saivat halutessaan pitää taukoa. Ennen jokaista katsettehtävää testihenkilöt kokeilivat harjoittelusivulla (kuva 12), vaatisiko katseenseurantalaite uudelleenkalibrointia.

Kalibraatio tuntui olevan osalle testihenkilöistä todella vaikeaa, eikä ensimmäisellä kerralla kalibraatiota saatu aivan kohdilleen. Testihenkilöiden turhautumisen välttämiseksi ensimmäinen kalibraatio voitiin jättää hieman epätarkaksi. Tehtävän elementeillä oli niin suuri marginaali, että niihin oli helppo osua heikommallakin kalibraatiolla. Ensimmäisen testin jälkeen laite kalibroitiin uudelleen, tällä kertaa niin tarkaksi kuin vain suinkin mahdollista. Koska testihenkilöt saivat onnistumisen tunteen ensimmäisessä testissä, kalibraatiokin onnistui paremmin ja käyttäjät eivät turhautuneet uudelleenkalibroinnista.

Tehtävien jälkeen testihenkilöt täyttivät lomakkeen, jolla pyrittiin selvittämään sovelluksen käytettävyyttä ja parannusehdotuksia. Testitilaisuus videoitiin, joten testihenkilöt saivat myös antaa vapaasti suullista palautetta.



Kuva 13: Testitilanne Tampereen yliopiston katselaboratoriossa, katseenseurantalaiteistona Tobii T60.

6. Tulokset

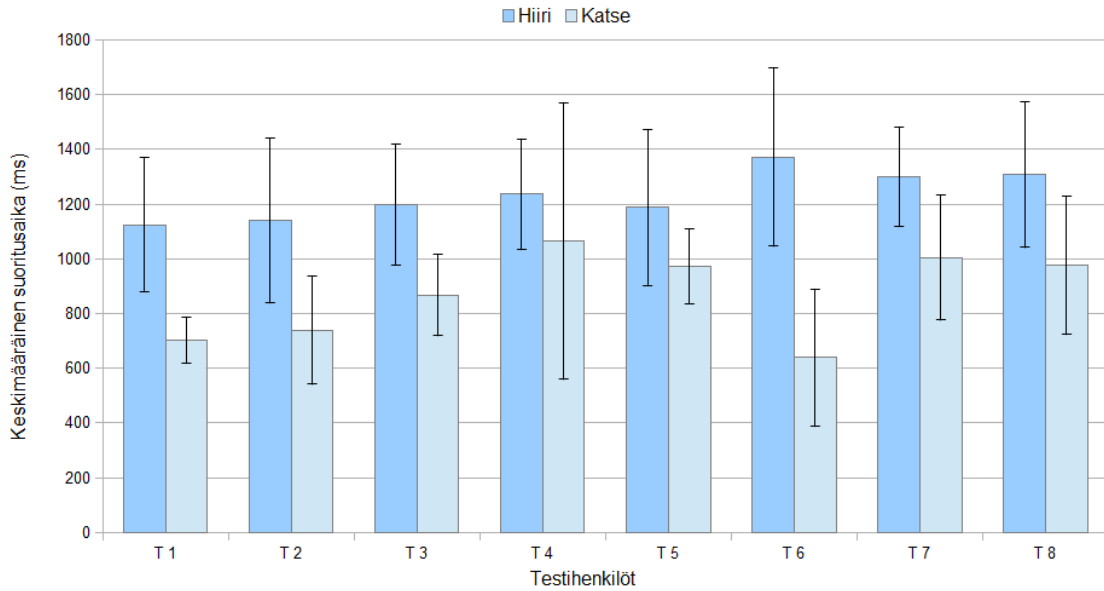
Tässä luvussa kuvataan tarkemmin suoritetun testin tulokset. Testistä saatiin sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia tuloksia. Kvalitatiiviset, testihenkilöiden subjektiivisiin mielipiteisiin perustuvat tulokset kuvaillaan kohdassa 6.4.

Ennen sitä kuitenkin selvitetään lokitiedostoon tallennetun raakadatan (kuvailtiin kohdassa 5.3) analysointiin perustuvat tulokset kohdissa 6.1, 6.2 ja 6.3. Kuhunkin testiin liittyvät tulokset selvitetään omassa kohdassaan. Yksi lokitiedosto sisälsi jopa 5000 riviä. Näitä lokitiedostoja oli kullekin testihenkilölle kuusi kappaletta (kaksi konditiota kerrottuna kolmella testillä), joten yhteensä kahdeksan testihenkilön lokitiedostoissa oli noin 240000 riviä. Tämän tietomassan analysoimiseksi kehitettiin analysointiohjelmiä, joiden avulla lokitiedostoista saatiin seulottua tutkimuksen kannalta tarpeellinen tieto.

6.1. Nopeustestin tulokset

Ensimmäisessä testitehtävässä vertailtiin kenttien valintaan kulunutta aikaa. Jokaiselta testihenkilöltä saatiin yhteensä 54 aikamerkintää sekä katseella että hiirellä tehtynä. Jokaisen testihenkilön tuloksista laskettiin keskiarvot katseesta sekä hiirestä saadusta tiedosta, ja keskiarvoja vertailtiin keskenään. Yhdellä testihenkilöllä katseenseurantalaitte sekosi kesken testin väliaikaisesti, minkä vuoksi yhtäkään kenttää ei voitu valita. Otantaan tuli tästä johtuen kaksi ylipitkää aikamittausta. Tämä otettiin huomioon tuloksia analysoitaessa.

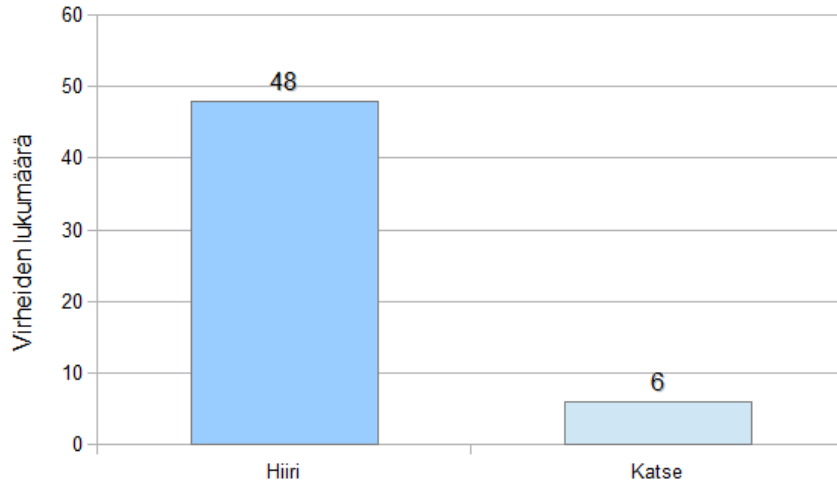
Ensimmäisen tehtävän tuloksista nähdään, että jokainen testihenkilö teki testin nopeammin käyttämällä katseenseurantalaitetta. Kuvassa 14 nähdään keskiarvot kenttien valinta-ajoista, sekä jokaisen otannan keskihajonta.



Kuva 14 - Nopeustestin tulokset

Mittaustuloksille tehdyn parittaisen t-testin mukaan hiiren (keskiarvo=1233, keskihajonta=87,2) ja katseenseurannan (keskiarvo=871, keskihajonta=158,8) väliltä löytyi tilastollisesti erittäin merkittävä ero: $t(7)=5.933$, $p=0.001$.

Testissä taltioitiin myös virhevalintojen määrä. Katseella tehtynä virheitä tuli huomattavasti vähemmän kuin hiirellä. Kuvassa 15 nähdään kaikkien testihenkilöiden yhteenlasketut virhevalinnat sekä hiirellä että katseella testattuina.



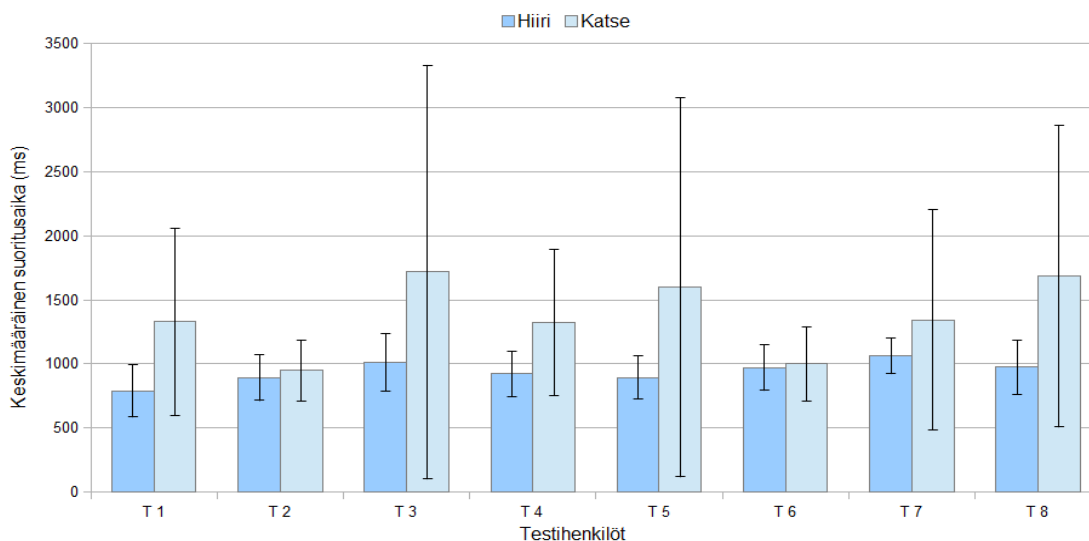
Kuva 15: Yhteenlasketut virhevalinnat

Hiirtä käyttäessä virhevalintojen suurta määrää selittää se, että klikatessaan kentän ohi käyttäjät toistivat klikkauksia useita kertoja, ennen kuin lopulta osuivat kenttään. Katseenseurantalaitteella testattuna ei myöskään ilmennyt paljon virhevalintoja, sillä valittavalla elementillä oli 50 pikselin marginaali. Marginaali siis tuntui olevan riittävä; katseella oli helppo osua kohteeseen.

6.2. Tarkkuustestin tulokset

Toisessa testitehtävässä mitattiin suoritusaikaa tarkkuutta vaativalla tehtävällä. Testissä oli yhteensä 95 klikattavaa elementtiä. Testi osoittautui vaikeaksi katseenseurantalaitteelle sen tarkkuuden vuoksi. Elementit olivat hyvin lähekkäin toisiaan, jolloin niihin oli vaikeampi osua. Tässä tehtävässä ei suurista marginaaleistakaan ollut apua, koska niitä pienennettiin dynaamisesti, kun katseen kohde oli elementtien välissä. Tehtävä testasi katseenseurantalaitteen ja sovelluksen tarkkuutta sen ääri rajoille asti.

Kuvasta 16 nähdään testihenkilöiden väliset suoritusajat keskiarvoina sekä otannan keskihajonnat.



Kuva 16: Tarkkuustestin tulokset

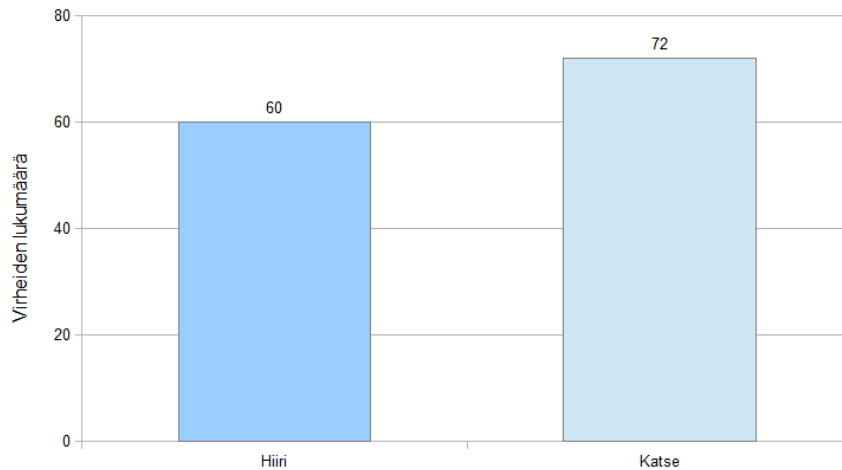
Datalle tehdyn parittaisen t-testin mukaan hiiren (keskiarvo=940.8 ms, keskihajonta=84.9 ms) ja katseenseurannan (keskiarvo=1368.6, keskihajonta=289.9) väliltä löytyi tilastollisesti merkittävä ero: $t(7)=-4.272$, $p=0.004$. Tästä voidaan todeta, että tarkkuutta vaativa testissä hiiri oli katsetta nopeampi.

Toinen merkittävä havainto on katseenseurantalaitteella saatujen tulosten suuri keskihajonta. Testihenkilöillä kului elementtien valintaan toisinaan pitkiäkin aikoja, mikä näkyy keskihajonnassa. Testissä oli mukana katseelle erittäin haastavia kohtia, jossa elementit olivat hyvin lähellä toisiaan. Tulokset eivät kuitenkaan suoraan kerro siitä, että testitehtävät olisivat olleet katseelle liian haastavia, sillä osalla testihenkilöistä kului pidempi aika myös helpompien elementtien valintaan. Suuren keskihajonnan selittää luultavimmin katseenseurantalaitteen epätarkka kalibrointi.

Kuvasta 16 kuitenkin nähdään, että muutama testihenkilö onnistui pääsemään samoihin testiaikoihin sekä katseella että hiirellä. Näillä testihenkilöillä katseenseurantalaitteen kalibrointi onnistui erittäin hyvin. Tästä voidaan päätellä, että muiden testihenkilöiden tulosten vaihtelu johtuu siitä, että laite seurasi paremmin joidenkin silmänliikkeitä kuin joidenkin toisten. Tämä saattoi johtua joko onnistuneesta kalibraatiosta, tai ehkä silmien yksilöllisistä fyysisistä ominaisuuksista.

Kuvassa 17 nähdään toisen testitehtävän virhevalintojen määrät. Virhevalinnoista ei löytynyt merkittävää korrelaatiota hiiren ja katseenseurantalaitteen välillä. Testaajien välillä oli paljon hajontaa, eikä virheissä näkynyt yhtenäistä linjaa. Datalle tehdyn parittaisen t-testin mukaan hiiren (keskiarvo=4.2, keskihajonta=1.5) ja

katseenseurannan (keskiarvo=4.6, keskihajonta=1.6) väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkittävää eroa: $t(7)=-0.693$, $p=0.51$.



Kuva 17: Tarkkuustestin virhevalinnat

Tämä voi johtua siitä, että katseenseurantalaitteella virhe tapahtui vain kerran, kun taas hiiren ohiklikkauksesta aiheutui usein monta virheklikkausta ennen kuin kohteeseen osuttiin. Lisäksi katseenseurantalaitteella tehty virhe tarkoitti sitä, että testihenkilö klikkasi vahingossa väärää kohdetta, jonka myötä tehtävässä siirryttiin eteenpäin. Hiirellä klikattiin kohteen ohi useita kertoja ja eteenpäin siirryttiin vasta kohteeseen osuttua.

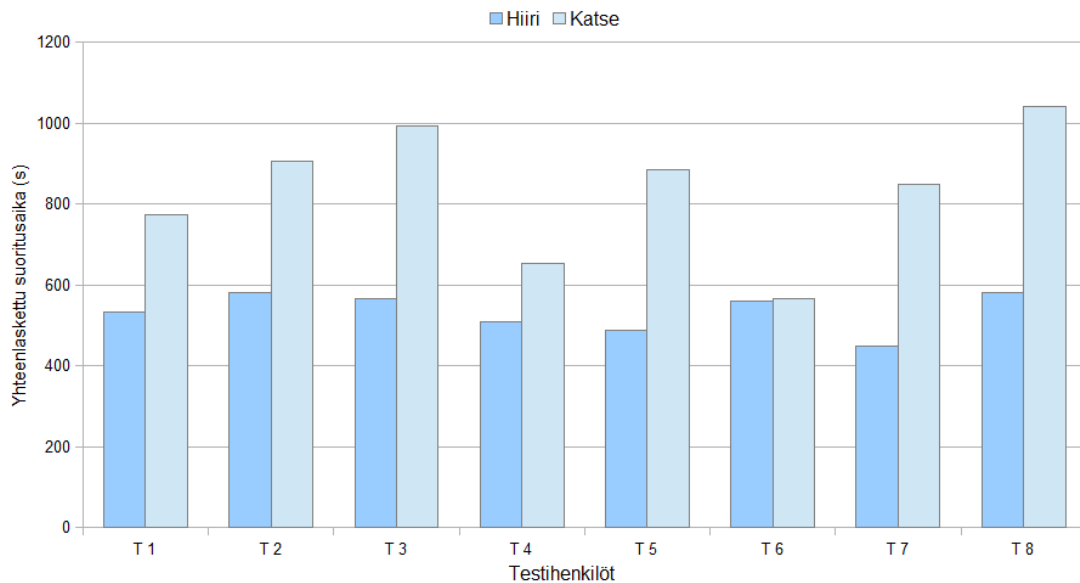
6.3. Lomaketestin tulokset

Kolmannessa testitehtävässä testattiin lomakkeiden täyttämiseen kuluva aikaa. Testissä mitattiin kokonaisaikaa, tosin ajasta poistettiin lomakkeiden täyttämiseen kulunut aika. Niin tehtiin siksi, että testihenkilöt tekivät paljon kirjoitusvirheitä, joiden korjaamiseen kului aikaa sekä katseella että hiirellä täytettäessä. Näin ollen siis vain elementtien valintaan kulunut aika huomioitiin. Testissä oli yhteensä seitsemän lomaketta joista osa sisälsi kirjoituskenttiä ja osa vain valittavia elementtejä.

Muutama testihenkilö joutui keskeyttämään testin hetkellisesti kysyäkseen tehtävään neuvoa tai varmistaakseen jonkun testin kohdan. Tämä on otettu lopullisissa tuloksissa huomioon vähentämällä keskeytykseen kulunut aika kokonaisajasta.

Kuvassa 18 nähdään lomaketestin tulokset testihenkilöittäin. Ajat ovat yhteenlaskettuja suoritusajoja koko testin osalta. Suurin osa testihenkilöistä suoritti

tehtävän huomattavasti nopeammin hiirellä kuin katseella, mutta kaksi testihenkilöä pääsi lähes samaan aikaan hiirtä käyttäen.



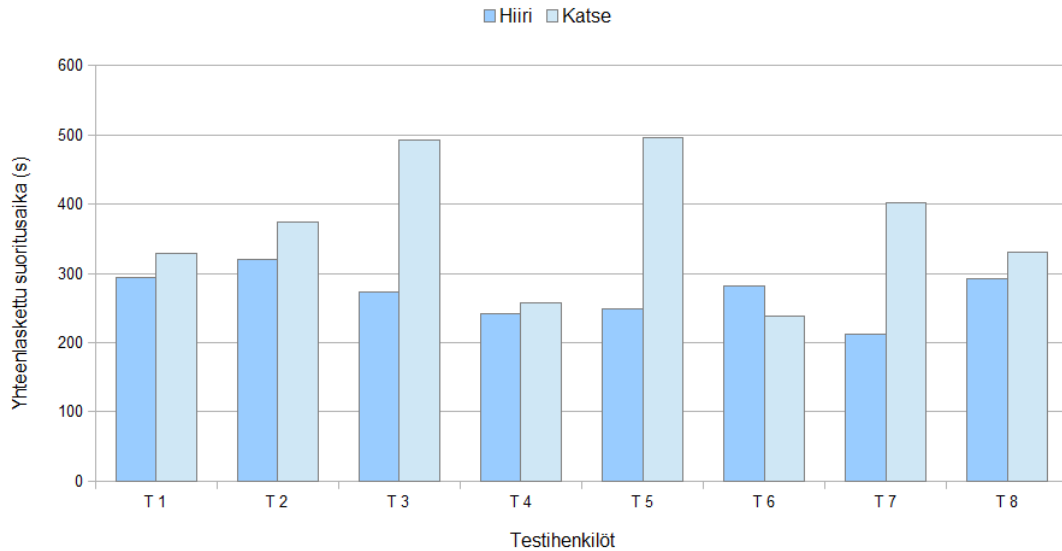
Kuva 18: Lomaketestin tulokset

Datalle tehdyn parittaisen t-testin mukaan hiiren (keskiarvo=533.6 ms, keskihajonta=47.8 ms) ja katseenseurannan (keskiarvo=833.7 ms, keskihajonta=162.3 ms) väliltä löytyi tilastollisesti erittäin merkittävä ero: $t(7)=-5.369$, $p=0.001$.

Datan mukaan hiiri oli tässä tehtävässä nopeampi osoitinlaite. Yksi tuloksiin vaikuttava tekijä on katseenseurannalla tapahtuneet virheet. Osassa testiä vaadittiin oikeelliset valinnat, ja kun testihenkilö teki virheen, sen korjaamiseen kului huomattava aika.

Lomaketestin tulokset osoittavat samaa kuin nopeustestin tulokset: tarkkuutta vaativissa tehtävissä hiiri on katsetta nopeampi osoitinlaite. Kun datasta poistettiin tarkkuutta vaativat lomakkeet ja huomioitiin ainoastaan kirjoittamista vaativat lomakkeet, saatiin katseenseurannalla hieman parempia tulosaikoja.

Kuvasta 19 nähdään, kuinka tulokset muuttuvat, kun huomioidaan ainoastaan kirjoitusta vaativat tehtävät. Monen testihenkilön kohdalla tulokset paranivat. Suoritusajat olivat lähes yhtä nopeita, kuin hiirellä täytettäessä.



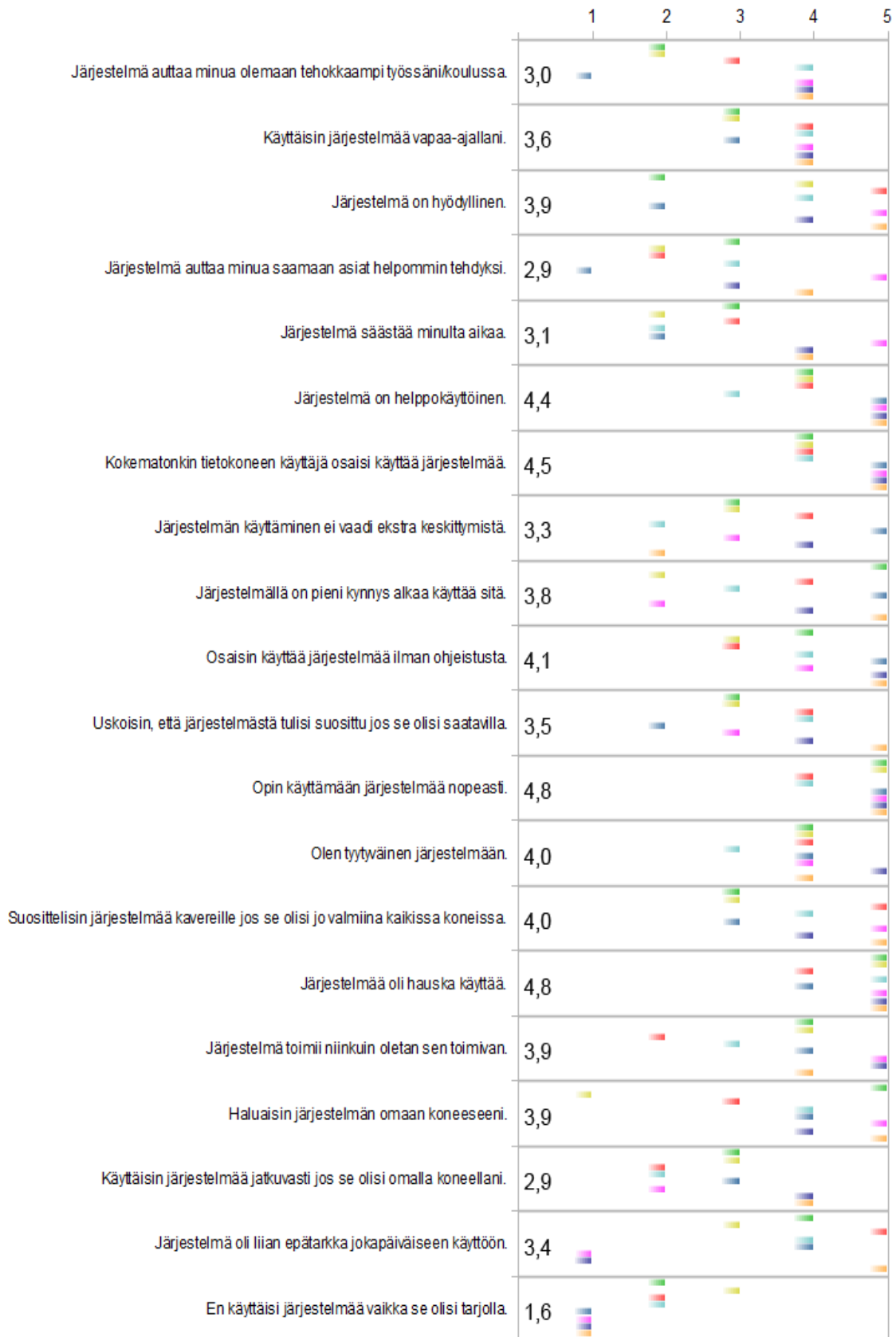
Kuva 19: Kirjoitusta vaativien lomakkeiden tulokset

Lomaketestissä ei saatu tietoa virheklippauksista, sillä jokainen testihenkilö täytti lomakkeet henkilökohtaisilla tiedoillaan. Lisäksi, koska he korjasivat virhevalinnat testin aikana, olisi virheiden vertailu ollut hyödytöntä.

6.4. Kysely

Testin loppuun testihenkilöt täyttivät kyselyn, jonka avulla pyrittiin selvittämään järjestelmän käytettävyyttä. Kysely sisälsi kaksikymmentä kysymystä liittyen järjestelmän käytettävyyteen ja sen helppokäyttöisyyteen. Vastauksissa käytettiin Likert-asteikkoa, ja testihenkilöt vastasivat väitteisiin asteikolla 1-5 (1 = Täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = en osaa sanoa, 4 = osittain samaa mieltä ja 5 = täysin samaa mieltä).

Sen lisäksi kyselyssä oli kaksi avointa kysymystä, jossa testihenkilöitä pyydettiin kertomaan omin sanoin, mikä järjestelmässä oli hyvää ja mitä voisi vielä kehittää. Kuvassa 20 nähdään kyselyn tulokset yksittäisinä arvoina sekä kaikkien vastanneiden keskiarvoina. Kunkin käyttäjän vastausvalinnat on kuvattu eri värein, mikä helpottaa vastausten tarkastelua käyttäjittäin.



Kuva 20: Kyselyn tulokset

Tulosten perusteella voidaan todeta, että järjestelmä onnistuttiin suunnittelemaan helppokäyttöiseksi sekä käytettävyydeltään toimivaksi. Tämä on nähtävissä esimerkiksi kysymysten ”Järjestelmä on helppokäyttöinen” (keskiarvo 4.4) ja ”Opin käyttämään järjestelmää nopeasti” (keskiarvo 4.8) keskiarvoja tarkastelemalla. Testihenkilöt olivat myös yhtä mieltä siitä, että kokematonkin tietokoneen käyttäjä oppisi hallitsemaan järjestelmän, ja että tämä ei vaatisi tarkempia lisäohjeistuksia. Avoimista kommentteista ilmeni myös, että järjestelmää oli helppoa ja innostavaa käyttää.

”Nopeuttaa toimintaa, helppokäyttöinen, innovatiivinen, tulevaisuutta” - mies 27v

”Mielenkiintoinen ja uusi. FUTURISTINEN” - mies 26v

Erimielisyyksiä testihenkilöiden kesken oli siitä, nopeuttaako järjestelmä tietokonetyöskentelyä ja käyttäisivätkö he järjestelmää omalla tietokoneellaan. Huonoimmat pisteet järjestelmä sai tarkkuudesta, mikä oli testien tulosten perusteella myös oletettavaa.

Avoimissa kysymyksissä useimmin kehittämisehdotuksena mainittiin laitteen kalibraation parantaminen. Moni oli kommentoinut, että laitteen ollessa tarkka elementtien valitseminen oli nopeampaa kuin hiirellä.

”Tarkkuus ei kauhean hyvä hauska ja nopea käyttää silloin kun elementit tarpeeks erillään/isoja” - mies 26v

”Hyvää oli valinnan nopeus, kun kalibrointi oli kunnossa.” - mies 27v

”Nopea silloin kun katseen kohdistus toimi” - nainen 26v

”Tietyissä tilanteissa hiirtä nopeampi. Pienien kohteiden valinta välillä haastavaa” - mies 27v

Moni testihenkilö totesi myös, että voisivat ottaa järjestelmän päivittäiseen käyttöön, mikäli katseenseurantalaite olisi tarkempi.

Lopuksi kysyttiin myös, kuinka paljon testihenkilöt olisivat valmiita maksamaan valmiista järjestelmästä. Vastausten keskiarvo oli 95 euroa, mikä on merkittävästi vähemmän verrattuna nykyisiin markkinoilla oleviin katseenseurantalaitteisiin.

Kaiken kaikkiaan kyselyn perusteella voidaan todeta, että testissä käytetyllä järjestelmällä olisi tulevaisuudessa käyttöä, mikäli katseenseurantalaitteen muutamat ongelmakohdat saataisiin korjattua. Katseenseurantalaitteiden hinnan tulisi myös olla hieman edullisempi, jotta kuluttaja-asiakkailta olisi varaa ja kiinnostusta hankkia katseenseurantalaite.

7. Päätelmät

Ennen tutkimuksessa toteutettuja testejä hypotesina oli, että katseenseurannan avulla testihenkilöt suoriutuisivat testeistä nopeammin. Tuloksista kuitenkin selviää, että tämä oletamus ei pätenyt kaikissa tilanteissa. Ensimmäisen testin tulokset olivat odotettavissa. On luonnollista, että tehtävissä, jossa kättä siirretään näppäimistöltä hiirelle, saadaan nopeampia tuloksia katseenseurantaa käyttämällä. Samaa päätelmää tukevat myös kolmannen testin tulokset, kun huomioon otetaan ainoastaan kirjoitusta ja valintaa vaativat tehtävät.

Tarkkuustestin tulokset olivat lähes odotuksia vastaavat. Testi oli suunniteltu niin, että se testaa katseenseurantalaitteen tarkkuutta mahdollisimman vaativilla tehtävillä. Testihenkilöillä oli vaikeuksia valita oikea kohde kalibroinnista johtuen, jolloin oikean elementin valintaan kului aikaa huomattavasti odotettua kauemmin.

Tarkkuustestin ensimmäinen versio oli alun perin hieman helpompi, ja elementit olivat kauempana toisistaan. Koetestausten perusteella elementtien välejä päätettiin kuitenkin tiivistää, jotta katseenseurannalle ei muodostuisi liian suurta etuasemaa hiireen verrattuna. Kohteiden tiivistämisen puolesta puhuu myös se, että muualla internetissä elementit eivät ole välttämättä niin hyvin suunniteltu ja erillään toisistaan. Internetissä tulee vastaan tarkkuutta vaativia valintatehtäviä, joten tutkimuksessa haluttiin testata miten hyvin ohjelman marginaalit toimivat vastaavissa tilanteissa.

Kuten aiemmin on todettu, pienin tarkasti valittava kohde on kooltaan 66 x 66 pikseliä [Kumar, 2007]. Tarkkuustestissä pienin kohde oli 18 pikseliä korkea, joten testissä testattiin katseenseurantalaitteen tarkkuutta todellakin sen äärirajoille asti.

Tämä oli tietoinen päätös, sillä tavanomaiset verkkosivut eivät tietenkään mukaile katseenseurantalaitteen optimikokoja, vaan internetissä tulee vastaan paljon pienempiäkin valintakohteita. Testissä haluttiin testata kuinka hyvin katseenseurantalaite toimisi mahdollisimman todenmukaisissa tilanteissa.

Tässä tutkimuksessa suurimmaksi ongelmaksi osoittautui katseenseurantalaitteen kalibrointi. Katseenseurantalaitteen kalibroinnissa käytettiin Tobiin omaa kalibrointiominaisuutta. Kalibrointi tapahtui niin, että katseella seurattiin mustalla ruudulla liikkuvaa valkoista pistettä. Piste liikkui ruudulla paikasta toiseen, pysähtyen välillä paikoilleen.

Vaikeaksi kalibroinnin teki se, että piste liikkui näytöllä ennalta arvaamattomasti, eikä se pysähtynyt määritettyihin paikkoihin. Useampi testihenkilö ennakoiti tahtomattaankin katsellaan sinne, minne piste liikkuisi seuraavaksi ja tämä

sekoitti kalibroinnin tulokset. Usean testihenkilön kohdalla jouduttiin harjoittelemaan kalibrointia useampaan otteeseen, eikä silloinkaan katseenseurantalaitetta saatu täysin tarkaksi. Yksi testihenkilö joutui jopa keskeyttämään testin ennen sen alkamista, koska katseenseurantalaitetta ei saatu kalibroitua tarkaksi. Hänen tilalleen hankittiin uusi testihenkilö, jotta analyysikelpoiset tulokset saatiin kahdeksalta osallistujalta.

Kyselyn perusteella järjestelmästä kuitenkin pidettiin, ja ainoaksi ongelmaksi järjestelmässä nousi esiin katseenseurantalaitteen epätarkkuus. Katseenseurantalaitteen tarkkuus ei kuitenkaan ole se perimmäinen ongelma, vaan tässä tapauksessa laitteen kalibrointi. Muutamalla testihenkilöllä katseenseurantalaite saatiin kalibroitua todella tarkaksi, ja tulosten mukaan he suoriutuivat testeistä joko yhtä nopeasti tai nopeammin katseella kuin hiirellä. Mikäli kalibraatio-ongelma saataisiin korjattua sekä järjestelmän hinta olisi edullisempi, olisi laitteella varmasti tulevaisuudessa kysyntää kuluttajamarkkinoilla.

8. Yhteenveto

Suurin osa aiemmista tutkimuksista on keskittynyt liikuntarajoitteisten käyttäjien tarpeisiin, eikä ole huomionnut sitä mahdollisuutta, että katseenseurantalaite voisi olla hyödyllinen apuväline myös muille tietokoneen käyttäjille. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten hyvin katseenseuranta soveltuu jokapäiväiseen selaimen käyttöön. Erityisesti keskityttiin katsesyötteen käyttöön verkkolomakkeita täyttäessä.

Tutkimuksessa pohdittiin perusteita sille, miksi katse olisi hyvä osoitinlaite. Silmän liikkeet ovat paljon nopeampia kuin käden, eikä Fittsin laki ainakaan yksiselitteisesti rajoita katsetta [Sibert et al. 2000]. Teoriassa siis katse on nopeampi osoitinlaite kuin hiiri. Katse on kuitenkin epätarkempi, ja käyttäjälle vielä toistaiseksi uusi vuorovaikutustapa. Oikean suuntainen tavoite ei siis ole hiiren korvaaminen kokonaan, kun katseenseurantasovellusta kehitetään standardikäyttäjälle [Kumar, 2007]. Tässä tutkimuksessa ei korvattu hiirtä katseenseurannalla, vaan tarjottiin käyttäjille vaihtoehtoinen vuorovaikutustapa muun tietokoneen käytön ohelle. Katseenseuranta antaa mukavamman vuorovaikutustavan rutiininomaisiin tehtäviin, kuten lomakkeiden täyttöön ja verkkosivujen selailuun.

Testausta varten tehtiin Chrome-laajennus, joka tukee valtaosaa markkinoilla olevista katseenseurantalaitteista. Laajennuksen avulla käyttäjät pystyvät valitsemaan katseellaan mitä tahansa hiirellä valittavia verkkosivun elementtejä. Suuri osa työssä käyvistä ihmisistä tekee pääosin töitä selaimen avulla. Tästä syystä laajennuksen hyödyntäminen oli paras vaihtoehto katseenseurantasovelluksen pohjaksi.

Tutkimukseen osallistui kahdeksan testihenkilöä, jotka olivat iältään 25-28 vuotta. Katseenseurantalaitetta testattiin kolmella testitehtävällä. Niiden avulla mitattiin sovelluksen nopeutta ja tarkkuutta hiireen verrattuna. Tehtävät tehtiin sekä katseella että hiirellä. Testit osoittivat, että katse oli nopeampi tehtävissä, joissa kättä piti toistuvasti siirtää näppäimistöltä hiirelle. Hiiri oli kuitenkin nopeampi tarkkuutta vaativissa valintatehtävissä. Katseenseurantalaitteen tarkkuus ja sen kalibrointi osoittautuikin tutkimuksen suurimmaksi ongelmaksi.

Muutamalla testihenkilöllä kalibrointi onnistui kuitenkin hyvin, mikä ilmeni myös tuloksissa. Testihenkilöt, joilla kalibrointi onnistui hyvin, saivat kauttaaltaan hyviä aikoja katseella. Ongelmana ei siis välttämättä ollut katseenseurantalaitteen tarkkuus, vaan sen kalibrointi.

Kyselyn perusteella käyttäjät pitivät katseenseurantasovellusta mielenkiintoisena ja hauskana vuorovaikutustapana. Testihenkilöt näkisivät sovelluksen

hyödyllisenä, mikäli se olisi esimerkiksi valmiina lisäominaisuutena uusissa kannettavissa tietokoneissa. Kyselyn ja testien perusteella voidaan siis todeta, että tutkimuksessa onnistuttiin luomaan miellyttävä vaihtoehtoinen osoitintapa, jota myös standardikäyttäjät voisivat käyttää.

Katseenseuranta tarjoaa hauskan ja rasittoman tavan käyttää tietokonetta, mutta katseenseurantalaitteiden hinta on vielä liian kallis kuluttajamarkkinoille. Teknologia kuitenkin halpenee koko ajan, ja on osoitettu, että halvallakin teknologialla voidaan toteuttaa toimiva katseenseurantalaite [Augustin et al. 2010]. Katseenseuranta-sovelluksilla on siis mielenkiintoiset tulevaisuuden näkymät myös standardikäyttäjien keskuudessa.

Viiteluettelo

[Agustin et al., 2010] Javier San Agustin, Henrik Skovsgaard, Emilie Mollenbach, Maria Barret, Martin Tall, DanWitzner Hansen and John Paulin Hansen, "Evaluation of a low-cost open-source gaze tracker", *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications*, ACM, 2010. p. 77-80.

[Fitts and Milton, 1950] Jones R.E. Fitts, P.M. and J.L Milton. "Eye movements of aircraft pilots during instrument landing approaches", *Aeroautical Engineering Review*, 1950.

[Hyrskykari, 2006] Aulikki Hyrskykari, "Eyes in Attentive Interfaces: Experiences from Creating iDict, a Gaze-Aware Reading Aid", University of Tampere, Department of Computer Sciences, PhD Thesis, 2006 Available at:
<http://tampub.uta.fi/handle/10024/67601>

[Jacob, 1991] Robert J. K. Jacob. "The use of eye movements in human-computer interaction techniques: what you look at is what you get", *Transactions on Information Systems (TOIS)*, ACM, 1991, 9(2), 152-169.

[Kumar, 2007] Manu Kumar, "Gaze-enhanced user interface design", *PhD Thesis. Stanford University*, 2007.

[Kumar et al., 2008] Manu Kumar, Jeff Klingner, Rohan Puranik, Terry Winograd and Andreas Paepcke, "Improving the Accuracy of Gaze Input for Interaction", *Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research & applications*, ACM, 2008. p. 65-68.

[Kumar, Paepcke, and Winograd, 2007] Manu Kumar, Andreas Paepcke and Terry Winograd, "EyePoint: practical pointing and selection using gaze and keyboard" *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM, 2007. p. 421-430.

[Li et al., 2006] Dongheng Li, Jason Babcock, and Derrick J. Parkhurst "openEyes: a low-cost head-mounted eye-tracking solution", *Proceedings of the 2006 symposium on*

Eye tracking research & applications, ACM, 2006. p. 95-100.

[Mohamed et al., 2007] Abdallahi Ould Mohamed, Matthieu Perreira Da Silva and Vincent Courboulay, "A history of eye gaze tracking", 2007

[Sibert et al., 2000] Linda E. Sibert, Robert J. K. Jacob and James N. Templeman, "Evaluation and analysis of eye gaze interaction." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 2000. p. 281-288.

[Soukoreff and MacKenzie, 2004] R. William Soukoreff and I. Scott MacKenzie, "Towards a Standard for Pointing Device Evaluation: Perspectives on 27 Years of Fitts' Law Research in HCI." *International Journal of Human-Computer Studies*, 2004, 61(6), 751-789.

[Špakov, 2005] Oleg Špakov, Eye-Tracking Universal Driver (ETU Driver), Univeristy of Tampere, available at <http://www.sis.uta.fi/~csolsp/projects.php> (retrieved 14.6.2014)

[Zhai et al., 1999] Shumin Zhai, Carlos Morimoto and Steven Ihde. "Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing", *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 1999. p. 246-253.

Tutkimukseen osallistujan suostumuslomake***Tutkimuksen kohde:***

Katseenseurannan hyödyntäminen verkkosivuilla. Koe pidetään yliopistolla suoritettavaa gradututkimusta varten.

Tutkijan yhteystiedot:

Markus Kumpulainen
Tampereen yliopisto, Informaatiotieteiden yksikkö
Sähköposti: markus.kumpulainen@uta.fi

Tutkimusaineiston käsittely ja säilyttäminen:

Tutkimusaineistoa käsitellään luottamuksellisesti. Tutkimuksesta saatavat tiedot tulevat ainoastaan tutkijan käyttöön eikä tutkimuksessa kerättyjä tietoja näytetä ulkopuolisille muodossa, josta koehenkilön voi tunnistaa. Kokeen tutkimustulokset raportoidaan tavalla, jossa yksittäisiä koehenkilöitä ei voida tunnistaa. Tutkimuksen vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä. Yksilöivää, luottamuksellista tietoa sisältävä aineisto hävitetään, kun aineisto on saatu käsiteltyä.

Koehenkilön oikeudet:

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Koehenkilöllä on tutkimuksen aikana oikeus kieltäytyä ja keskeyttää koe ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia.

Koehenkilön suostumus:

Olen lukenut ja hyväksynyt tässä suostumuslomakkeessa olevat tiedot. Olen saanut vastauksen kaikkiin tutkimusta koskeviin kysymyksiini. Suostun tähän tutkimukseen ja annan samalla luvan seurata ja tallettaa tietoja testin kulusta, toiminnastani ja antamistani kommentteista testin aikana yllä mainittujen periaatteiden mukaisesti (nimettömänä ja luottamuksellisesti).

Paikka ja aika: _____

Allekirjoitus: _____

Nimen selvennys: _____