



Teknillinen Korkeakoulu
Informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunta
Mediatekniikan laitos

Jussi Laine

Katsekontaktin tilastollinen analysointi videokeskustelussa



Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin
tutkintoa varten Espoossa 22.12.2009

Valvoja Prof. Tapio Takala
Ohjaaja DI Antti Poikola



TEKNILLINEN KORKEAKOULU Informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunta Vuorovaikutteinen digitaalinen media	DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Jussi Laine		
Työn nimi: Katsekontaktin tilastollinen analysointi videokeskustelussa		
Sivumäärä: 82 + 11	Päiväys: 22.12.2009	Julkaisukieli: Suomi
Professori: Vuorovaikutteinen digitaalinen media	Professuurikoodi: T-111	
Työn valvoja: Professori Tapio Takala		
Työn ohjaaja: DI Antti Poikola		
<p>Multimediatekniikan nykykehitys on tuomassa vuorovaikutteisten, animoitujen virtuaalihahmojen toteutuksen osaksi käyttöliittymäsuunnittelua. Mitä luonnollisempi ihmisen ja hahmon välisestä vuorovaikutustilanteesta halutaan, sitä enemmän hahmon tulee katsekäyttäytymiseltään muistuttaa ihmistä. Vaikka erilaisia katseenohjausalgoritmeja on viime vuosina testattu monia, ei niistä yksikään ole vielä tiettävästi perustunut parametreihin, jotka olisi mitattu suoraan kahden ihmisen välisestä aidosta keskustelusta.</p> <p>Tässä diplomityössä tutkittiin kahden henkilön katsekäyttäytymistä reaaliaikaisessa videokeskustelussa. Tavoitteena oli selvittää, millaista tilastollista dataa henkilöiden katseen kohdistamisista voidaan erityisesti katsekontaktin osalta saada, kun katseiden suunnat mitataan molemmilta henkilöiltä samanaikaisesti.</p> <p>Diplomityö toteutettiin mittaamalla koehenkilöparien silmänliikkeet kahden video-pohjaisen katseenseurantalaitteiston avulla kolmessa erilaisessa kokeessa. Lähtökohtana oli ajatus, että kahden ihmisen välinen videokeskustelu on tilanteena vertailukelpoinen ihmisen ja virtuaalihahmon välisen kommunikaation kanssa. Työn tuloksena saatiin laskettua 32 yksittäistä tunnuslukua koehenkilöiden katsekäyttäytymisestä. Lukujen väliset keskinäiset riippuvuudet laskettiin myös. Voimakkaita yhteyksiä havaittiin esimerkiksi yksilön katseen prosentuaalisen kokonaismäärän ja katseen keskipituuden välillä. Tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä ja testattaessa olemassa olevia katseenohjausalgoritmeja virtuaalihahmojen suunnittelutyössä.</p>		
Avainsanat: katse, katsekontakti, katsekäyttäytyminen, videokeskustelu, virtuaalihahmo		



HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Faculty of Information and Natural Sciences Interactive digital media	ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	
Author: Jussi Laine		
Title in English: Analyzing mutual gaze statistically in video conversation		
Number of pages: 82 + 11	Date: 22.12.2009	Language: Finnish
Professorship: Interactive digital media	Code: T-111	
Supervisor: Professor Tapio Takala		
Instructor: M.Sc. Antti Poikola		
<p>The development of multimedia technology is making the implementation of interactive, animated, Embodied Conversational Agents (ECAs) a part of interface designing. The more natural interaction one wants, the more should the agent's gaze behaviour resemble that of a human being. Even though various different gaze control algorithms have been tested in the past few years, as far as is known, none of them have been based on parameters measured directly from an authentic conversation between two people.</p> <p>This Master's Thesis examined gaze behaviour between two people in real-time video conversation. The goal was to discover what kind of statistical data of the subjects' gaze behaviour, mutual gaze in particular, can be gathered when gaze directions of both subjects are measured simultaneously.</p> <p>The Master's Thesis was carried out by measuring the dyads' eye movements with the help of two video-based eye trackers in three different experiments. The experiments were based on the notion that as a situation, a video conversation between two people is comparable to communication between a person and an ECA. As a result, one was able to calculate 32 separate key figures in the subjects' gaze behaviour. The correlations between the figures were also calculated. Significant correlations were observed between, for example, subjects' total gaze and mean duration of gaze. The results can be used in developing and testing existing gaze control algorithms and in designing ECAs.</p>		
Keywords: gaze, mutual gaze, gaze behaviour, video conversation, embodied conversational agent		

Alkulause

Tämä diplomityö on tehty 19.1.2009 - 22.12.2009 välisenä aikana Teknillisen Korkeakoulun Mediatekniikan laitokselle. Ensisijaiset kiitokseni osoitan työni valvojalle, professori Tapio Takalalle tuesta, hyvistä neuvoista ja rohkaisusta projektin valmiiksi työstämisessä. Myös ohjaajalleni Antti Poikolalle ilmaisen kiitokseni ennen muuta kiinnostavan aiheen keksimisestä ja hyvistä käytännön ohjeista dokumentin kirjoittamisessa ja viimeistelyssä. Heidän ohellaan kiitän HIIT:ssä työskentelevää Ilkka Kosusta suuresta avusta tutkimuksen käytännön järjestelyissä ja ideoinnissa, sekä kokeiden toteuttamisessa.

Parhaat lisäkiitokseni ansaitsevat myös ystäväni Vesa ja Kaisu TKK:lta dokumentin oikolukemisesta ja rakentavista korjausehdotuksista. Tyttöystävääni Hannaa kiitän avusta työn tiivistelmän englanninkielisen osan kieliasun tarkastamisessa.

Lopuksi kiitän vanhempiani, siskoani ja kaikkia muitakin läheisiäni, jotka ovat henkisesti tukeneet minua pitkän ja haastavan, mutta mielenkiintoisen projektin parissa alusta loppuun.

Espoossa, 22.12.2009

Jussi Laine

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	5
1. Johdanto.....	7
2. Taustaa.....	11
2.1 Katsekäyttäytymisen peruskäsitteet	11
2.1.1 Silmänliikkeet	11
2.1.2 Katsetilat sosiaalisessa vuorovaikutuksessa.....	12
2.2 Katsekontaktin tutkimusmenetelmät.....	15
2.2.1 Ihmishavainnoitsijoihin pohjautuvat tutkimusmenetelmät	16
2.2.2 Sähköiset tutkimusmenetelmät	17
2.3 Katsekäyttäytyminen psykologisesta näkökulmasta.....	19
2.3.1 Katseen rooli eläinkunnassa.....	20
2.3.2 Katseen rooli ihmisen kehityspsykologiassa.....	21
2.3.3 Mitä katsekäyttäytymisellä viestitetään	22
2.3.4 Katseen rooli keskustelutilanteessa.....	24
2.3.5 Katsekäyttäytymisen yksilöerot	27
2.3.6 Yhteenveto katsekäyttäytymisen psykologiasta.....	31
2.4 Ihmisen ja virtuaalihahmon välinen katsekäyttäytyminen.....	32
3. Tutkimusasetelma	35
3.1 Koeasetelma.....	35
3.1.1 Koeosiot	36
3.1.2 Tutkimuksen otanta.....	37
3.2 Laboratorio.....	37
3.2.1 Katseenseurantalaitteistot.....	38
3.2.2 Videoyhteys	39
3.2.3 Datan tallennus.....	40
3.2.4 Oheisvälineet.....	40
3.3 Kokeen kulku	42
3.4 Mitattavat ja laskettavat parametrit.....	44
3.4.1 Katsetilojen kestoajat	44
3.4.2 Tilasiirtymät	45
3.4.3 Laskettavat parametrit.....	46

3.5 Datan käsittely.....	49
3.5.1 Datan käsittelyvaiheet	50
3.5.2 Katsedatan purku lokitiedostosta	51
3.5.3 Datan esikäsittely	51
3.5.4 Fiksaatiopisteiden tunnistus	52
3.5.5 Katseparametrien laskeminen ja datan animointi	55
3.5.6 Tilastolliset menetelmät datan analysoimiseksi.....	58
4. Tulokset.....	59
5. Arviointi.....	64
5.1 Tulosten arviointi	64
5.1.1 Katseen määrä.....	64
5.1.2 Katsekäyttämisen ajalliset ulottuvuudet	67
5.1.3 Tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet	69
5.2 Virhelähteet ja tulosten luotettavuus.....	71
5.2.1 SMI-laitteiston virhealttius	72
5.2.2 Manuaaliset tekijät datan analysoimisessa.....	73
5.2.3 Muita virhelähteitä	74
5.2.4 Tulosten luotettavuus virhelähteiden valossa	75
6. Yhteenveto ja jatkotutkimus.....	76
6.1 Yhteenveto	76
6.2 Jatkotutkimus	79
6.2.1 Koehenkilöiden tunnetilojen ja katsekäyttämisen välinen yhteys .	79
6.2.2 Puhekeskustelun ja katsekontaktin välinen yhteys	79
6.2.3 Laboratorion kehittäminen.....	80
6.2.4 Tutkimukset virtuaalihahmoilla	80
Lähdeluettelo	81

LIITE 1. Laboratorion laitteisto- ja ohjelmistokomponentit

LIITE 2. Ohjeet koehenkilöille

LIITE 3. Katsedatan syntaksi

LIITE 4. Laskettujen parametrien väliset korrelaatiot

1. Johdanto

Katseen ja katsekontaktin merkitys ihmisen sosiaalisessa elämässä on tunnettu kauan. Eräs vanhimmista aihetta koskevista kirjallisista viitteistä sijoittuu aina muinaisessa Irakissa valmistettuun savitauluun ajalta 3000 eKr. Prof. Chris Kleinken mukaan silmien ja katseen merkitys ihmissuhteissa on lumonnut kirjailijoita ja filosofiä vuosisatojen ajan (Kleinke 1986, s. 78).

Nykyaikana visuaalisen kommunikaation rooli viestinnässä on multimediatekniikan kehityksen myötä kasvanut voimakkaasti. Tämä on mahdollistanut reaaliaikaiset videoneuvottelut ja vuorovaikutteisten, animoitujen virtuaalihahmojen (engl. Embodied Conversational Agents) toteuttamisen käyttöliittymäsunnittelussa. Vallitsevan kehityksen pohjalta myös katseen rooli virtuaalihahmojen suunnittelussa on noussut esille, koska hahmojen katsekäyttäytyminen on sopivien ohjelmien ja kasvoanimaation avulla helposti kontrolloitavissa.

Mitä ihmismäisemmästä virtuaalihahmosta on kyse, sitä suuremmat odotukset sen kanssa kommunikoivalla henkilöllä on hahmon luonnonmukaisesta käyttäytymisestä. Tällöin uskottavan virtuaalihahmon toteuttaminen edellyttää hahmolta myös aidon ihmisen kaltaista katsekäyttäytymistä. Jotta hahmon kasvoja ohjaava järjestelmä pystyisi vastaamaan ihmiskäyttäjän katseeseen mahdollisimman luonnollisesti, se tarvitsee algoritmin, jolla hahmon silmiä kontrolloidaan reaaliajassa suoraan vuorovaikutustilanteesta saadun informaation pohjalta.

Ihmisen katsekäyttäytyminen on osa ei-verbaalista kommunikaatiota, johon kuuluvat katsekontaktin ohella mm. kasvonilmeet, eleet ja äänensävy. Katseen kohdistaminen kahden osapuolen välisessä sosiaalisessa vuorovaikutuksessa jaetaan tyypillisesti kahteen osa-alueeseen: *katseeseen* (engl. gaze) ja *molemminpuoliseen katseeseen* (engl. mutual gaze). Katse käsitteenä viittaa yksilön henkilökohtaiseen katseen kohdistamiseen, vuorovaikutuksen toisesta osapuolesta riippumatta. Molemminpuolinen katse eli katsekontakti puolestaan syntyy, kun kaksi henkilöä katsoo toisiaan samanaikaisesti kasvoihin silmien alueelle. Katsekontakti on ilmiönä kiinnostava erityisesti vastavuoroisen luonteensa puolesta; vuorovaikutuksen molemmat osapuolet ovat tietoisia toisen katseesta, samalla kun katsovat itse. Tässä työssä katsekäyttäytymisellä tarkoitetaan ensisijassa yksilön katseen kohdistamiseen ja silmänliikkeisiin liittyviä toimintoja, ellei toisin mainita.

Katsekontaktiin liittyvä psykologinen ja sosiologinen tutkimus on ollut aktiivisimmillaan 1960- ja 70-luvuilla. Tuolloin on tehty pääosa tärkeimmistä katsekontaktia koskevista psykologisista löydöksistä, joihin tässä työssä viitataan. Prof. Michael Argylen mukaan katsekontaktiin liittyvä tutkimushaara kasvoi ja laajeni nopeasti 60-luvun puolivälistä alkaen, ja joukko alan tärkeimpiin kuuluneita tutkimuksia tehtiin aikaperiodilla 1965-75 (Argyle, Cook 1976, s. x).

Argylen mukaan parikeskustelussa katseen suuntaaminen koordinoituu läheisesti sekä verbaalisten että ei-verbaalisten signaalien kanssa. Katseella voi paitsi vastaanottaa palautetta toisen osapuolen käyttäytymisestä ja puheesta, myös välittää informaatiota toiselle, kun itse puhuu. Tämän ohella katse auttaa keskustelun synkronoimisessa. (Argyle, Cook 1976, s. 123) Myös prof. Adam Kendonin mukaan ihmisen katsekäyttäytyminen voidaan sosiaalisen vuorovaikutuksen näkökulmasta jakaa kolmeen perusfunktioon, jotka kukin palvelevat kommunikaation eri osa-alueita. Nämä funktiot ovat toisen osapuolen *valvonta* (engl. monitoring), keskustelun *ohjaus* (engl. regulatory) sekä asioiden ja tunteiden *ilmaisu* katseella (engl. expressive). (Kendon 1967, s. 53-57)

Kun puhutaan ihmisen ja virtuaalihahmon välisestä ei-verbaalisesta kommunikaatiosta, on tärkeää selvittää, onko ihmisen katsekäyttäytymisen mallintaminen mahdollista. Tutkittavana kysymyksenä on siis, voidaanko katsekäyttäytymisestä rakentaa tilastollinen malli, joka sopivia todennäköisyyksiä noudattamalla onnistuu vastaamaan elävän ihmisen katseeseen luonnonmukaisesti virtuaalihahmon animoitujen silmien kautta. Kysymyksen selvittämiseksi tarvitaan tilastollinen analyysi katsekontaktin toiminnasta kahden ihmisen välisessä kommunikaatiossa, joka puitteiltaan muistuttaa mahdollisimman paljon ihmisen ja virtuaalihahmon välistä vuorovaikutustilannetta. Vaikka virtuaalihahmojen katsekäyttäytymistä on tutkittu viime vuosina paljon (esim. Colburn, Cohen & Drucker 2000; Es et al. 2002; Fukayama et al. 2002; Morency, Christoudias & Darrel 2006), yhdessäkään tämän diplomityön puitteissa kartoitetuista tutkimuksista ei hahmon katsekäyttäytyminen ole perustunut parametreihin, jotka olisi mitattu suoraan kahden henkilön välisestä aidosta keskustelusta.

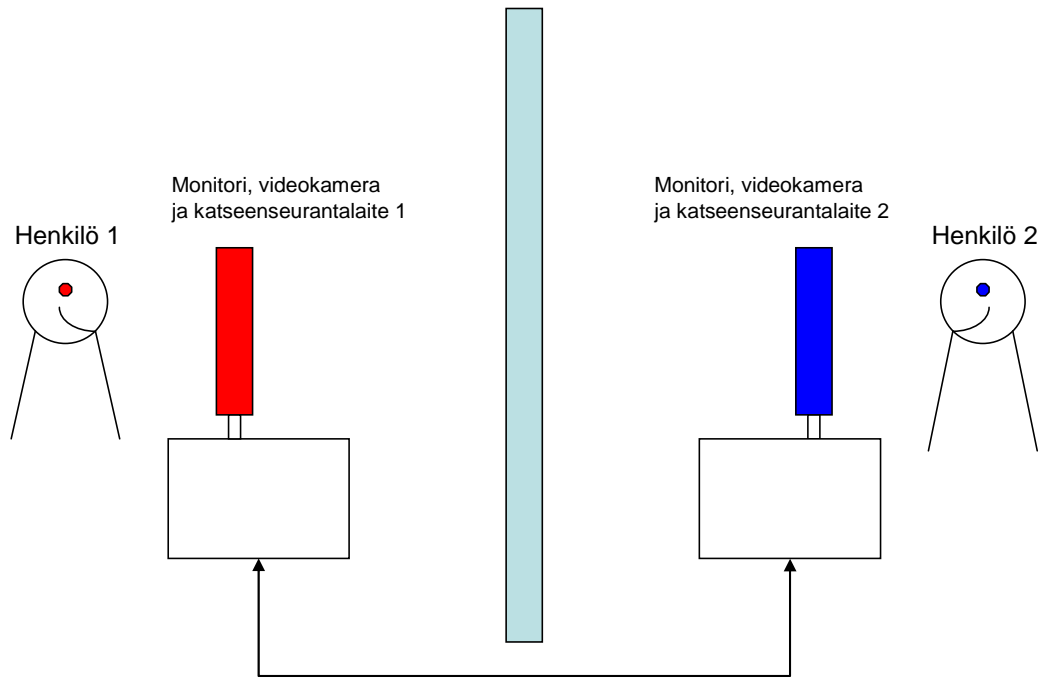
1960- ja 70-luvuilla tehdyt uraa uurtavat tutkimukset on toteutettu ilman nykyaikaisia videopohjaisia katseenseurantamenetelmiä. Katseen ja katsekontaktin mittaaminen on tuolloin perustunut pääosin ihmishavainnoitsijoihin, jotka ovat tarkkailleet koehenkilön katseen suuntaa (joko suoraan tai jälkikäteen filmiltä) ja raportoineet katseen suunnan muutoksista. Usein käytännön syistä vain yhden koehenkilön katsetta on tosiasiallisesti mitattu. Tämän johdosta on mahdollista, etteivät perinteisessä kirjallisuudessa esiintyvät

katsekäyttäytymistä koskevat mittaustulokset ole aina sellaisenaan sovellettavissa ihmisen ja virtuaalihahmon väliseen vuorovaikutukseen.

Tässä diplomityössä tutkitaan kahden ihmisen välistä katsekäyttäytymistä reaaliaikaisessa videokeskustelussa. Lähtöoletuksena on, että puitteiltaan juuri videokeskustelu muistuttaa eniten ihmisen ja virtuaalihahmon välistä kommunikaatiotilannetta. Tutkimuksen tärkeimmät rajatut tavoitteet on valittu virtuaalihahmojen katsekäyttäytymiseen liittyvän algoritmisuunnittelun näkökulmasta ja ne ovat seuraavat:

1. Mitataan, kuinka paljon kaksi henkilöä katsoo toisiaan videokeskustelun aikana silmiin, ja kuinka suuri osa tästä on katsekontaktia.
2. Mitataan katsekäyttäytymiseen liittyvät keskimääräiset ajalliset ulottuvuudet, joihin kuuluvat esimerkiksi katsekontaktin keskimääräinen kesto-aika sekä tieto siitä, montako kertaa henkilöt katsovat toisiaan vuorovaikutuksen aikana.
3. Arvioidaan mittausten perusteella todennäköisyydet, joilla jompikumpi osapuoli keskimäärin aloittaa tai lopettaa katseen tai katsekontaktin vuorovaikutuksen aikana.

Tutkimuksessa mitataan koehenkilöiden katsekäyttäytymistä kolmessa erityyppisessä videokonferenssissa, joista kaksi ensimmäistä ovat pelejä ilman puhetta, ja kolmas on vapaa keskustelu. Kokeet toteutetaan kahden eri huoneeseen sijoitetun videopohjaisen katseenseurantalaitteiston avulla. Kummankin koehenkilön silmien liikkeet ja katseiden suunnat mitataan videoruuduilta yhtäaikaisesti kokeiden kuluessa, ja tarvittavat suureet ja parametrit lasketaan tallennetusta datasta jälkikäteen. Kuvassa 1 on esitetty havainnepiirros koeasetelmasta.



Kuva 1. Koeasetelma kahden henkilön silmänliikkeiden mittaamisesta reaaliaikaisessa videokeskustelussa.

Tämä diplomityö on rajattu ainoastaan katsekontaktin tilastolliseen tutkimukseen. Esimerkiksi pupillien kokoa, kasvonilmeitä ja koehenkilöiden muita fysiologisia ominaisuuksia ei tutkita. Tutkimuksessa ei myöskään eritellä katsekäyttäytymisen ja puhekeskustelun välistä suhdetta toisiinsa puheen yksittäisten osatekijöiden (kuten lauseiden) kannalta, vaan kaikki mitattavat suureet ovat puhtaasti tilastollisia. Koehenkilöiden yksittäiset, katsekäyttäytymiseen mahdollisesti vaikuttavat tunnetilat kartoitetaan kyselylomakkeilla, mutta niiden psykologinen analysointi ja vertailu tuloksiin jätetään jatkotutkimuksen piiriin.

Vaikka työssä ei myöskään tehdä varsinaista algoritmisuunnittelua, tuloksien odotetaan tuottavan tietoa, jolla olemassa olevien algoritmien toimivuutta voi testata ja kehittää, ja jolla katsekäyttäytymisen siirtäminen virtuaalihahmojen tekoälylle onnistuu siten entistä luonnonmukaisemmin. Tässä mielessä tulosten odotetaan antavan entistä paremmat edellytykset ihmisen katsekäyttäytymisen toimintamekanismien ymmärtämiselle videokeskustelun ja käyttöliittymäsuunnittelun näkökulmasta. Myös jo pelkästään työhön liittyvän tutkimuslaboratorion rakentaminen ja sen toiminnan testaaminen ovat tulevien tutkimusten kannalta tärkeitä päämääriä.

2. Taustaa

Tässä luvussa selvitetään tutkimuksen edellyttämät taustatiedot. Osiossa 2.1 selvitetään tutkimuksen puitteissa tarvittavat katsekäyttämisen peruskäsitteet. Osiossa 2.2 tutustutaan eri katseentutkimusmenetelmiin. Osiossa 2.3 käsitellään ihmisen katsekäyttämistä psykologisesta näkökulmasta. Lopuksi osiossa 2.4 käydään läpi katsetutkimusten sovellutuksia virtuaalihahmojen suunnittelun näkökulmasta.

2.1 Katsekäyttämisen peruskäsitteet

Tässä osiossa selvitetään tutkimuksessa tarvittavat ihmisen katsekäyttämisen peruskäsitteet. Ensimmäiseksi esitellään silmänliikkeitä koskevat perustermit. Tämän jälkeen tutustutaan kahden henkilön sosiaalisessa vuorovaikutuksessa esiintyviin katsetiloihin.

2.1.1 Silmänliikkeet

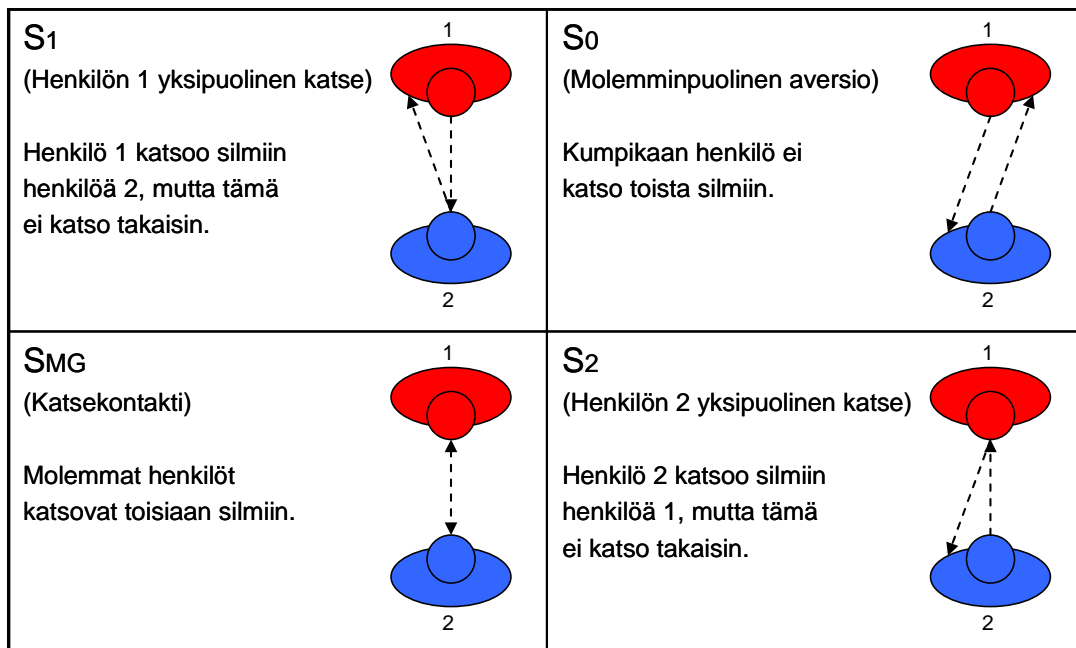
Ihmiset eivät yleensä katso ympäristöään tasaisesti, vaan siirtävät katsettaan vaihteittain kiinnostavasta kohteesta toiseen. Kun kohdistuspistettä vaihdetaan, on silmiä liikutettava. Näitä katseen hyvin nopeita siirtymäliikkeitä kohdistuspisteiden välillä kutsutaan **sakkadiliikkeiksi**. Sakkadiliikkeiden nopeus on huomattava, ja suuruusluokaltaan >300 astetta sekunnissa (Salvucci, Goldberg 2000, s. 73). **Fiksaatiopisteiksi** kutsutaan kiintopisteitä, joihin silmien liike sakkadien välillä hetkellisesti pysähtyy. Fiksaatiot kestävät harvoin alle 100 ms, siinä missä tyypillinen kesto-aika on 200-400 ms (Salvucci, Goldberg 2000, s. 72). Sakkadiliikkeiden ja fiksaatiopisteiden ero on esitetty kuvassa 2, joka esittää kaaviona katseen todellisen kulkureitin kohdehenkilön kasvoja esittävän kuvan yli minuutin ajalta.



Kuva 2. Kaavakuva silmänliikkeistä katsottaessa kohdehenkilön kasvoja. Punaiset pallot kuvaavat fiksaatiopisteitä (pallon säde on kuvassa verrannollinen fiksaation keston) ja näiden väliset suorat viivat sakkadiliikkeitä.

2.1.2 Katsetilat sosiaalisessa vuorovaikutuksessa

Kahden henkilön ollessa sosiaalisessa vuorovaikutuksessa keskenään voidaan keskustelutilanteen katsetilat jakaa henkilöiden katsomissuuntien pohjalta neljään eri perustilaan: katsekontaktiin, kummankin henkilön yksipuoliseen katseeseen ja tilanteeseen, jossa kumpikaan osapuoli ei katso toista. Tilasta toiseen siirrytään aina, kun henkilöistä jompikumpi katsoo toista silmiin tai kääntää katseensa pois. Nämä katsetilat on esitetty kuvassa 3.



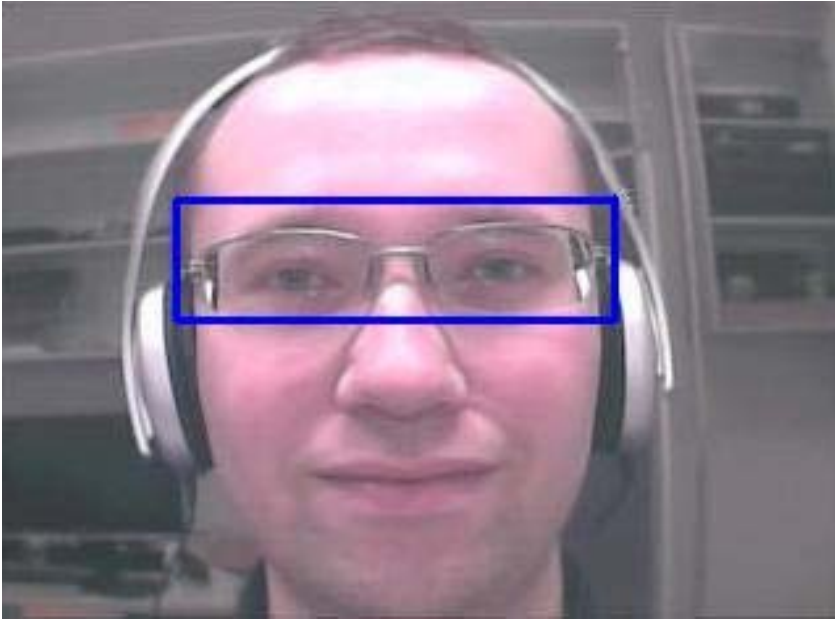
Kuva 3. Neljä katsetilaa, jotka esiintyvät kahden henkilön välisessä vuorovaikutuksessa. Tiloja kuvataan suureella S ja vastaavilla alaindekseillä 0, 1, 2 ja MG.

Katsekontakti (SMG)

Kleinken mukaan molemminpuolisella katseella tarkoitetaan tilannetta, jossa kaksi henkilöä katsoo toisiaan yhtäaikaaisesti kasvojen alueelle. Hän on eritellyt termeinä ”molemminpuolisen katseen” (engl. mutual gaze) ja ”katsekontaktin” (engl. eye contact) siten, että ensimmäisessä henkilöt katsovat toisiaan kasvoihin, ja jälkimmäisessä erityisesti silmiin (Kleinke 1986, s. 78).

Tässä tutkimuksessa molemminpuolisella katseella ja katsekontaktilla tarkoitetaan samaa asiaa, eli tilannetta, jossa koehenkilöt katsovat toisiaan silmiin. Kyseessä on siis Kleinken kuvaama ”katsekontakti”. Videokeskustelun näkökulmasta tämä tarkoittaa, että koehenkilöt katsovat toisiaan yhtäaikaisesti niihin videoruudun koordinaatteihin, joissa vastapuolen silmät kulloinkin sijaitsevat. Videokuvasta on määritettävissä jälkikäteen kummankin henkilön silmien rajaamat koordinaattialueet, joiden sisälle tietyllä hetkellä (molempien osapuolten taholta yhtäaikaisesti) osuva katse lasketaan katsekontaktiksi.

Kuvassa 4 on näytetty esimerkkinä suorakulmion muotoinen koordinaattialue, jonka sisälle osuvan katseen oletetaan kohdistuvan likimäärin kuvassa näkyvän henkilön silmiin.



Kuva 4. Suorakulmion rajaama koordinaattialue videotallenteesta, joka esittää keskustelun toista osapuolta. Suorakulmion sisälle osuva katse lasketaan katsekontaktiksi, mikäli kuvassa oleva henkilö katsoo samalla hetkellä vastavuoroisesti takaisin. Mikäli näin ei tapahdu, se lasketaan yksipuoliseksi katseeksi.

Yksipuolinen katse (S1 ja S2)

Yksipuolisella katseella tarkoitetaan sosiaalisessa vuorovaikutuksessa tilannetta, jossa vuorovaikutuksen yksi osapuoli katsoo toista silmiin, ilman että tämä katsoo takaisin. Kleinke on eritellyt sosiaalisessa vuorovaikutuksessa tapahtuvan yhden osapuolen katseen ”kasvo-katseeksi” (engl. face-gaze) ja ”silmä-katseeksi” (engl. eye-gaze) sen mukaan, katsooko henkilö toista kasvoihin vai erityisesti silmiin (Kleinke 1986, s. 78).

Tässä diplomityössä käsitellään Kleinken kuvaamaa ”silmä-katsetta”. Käytännössä yksipuolisella katseella tarkoitetaan tässä työssä tilannetta, jossa koehenkilö katsoo toista videoruudulla silmiin ilman, että vastapuoli katsoo takaisin. Määritelmä on siis teknisessä mielessä sama kuin katsekontaktissa, mutta nyt tarkastellaan vain yhden osapuolen katsesuunnan hetkellisiä koordinaatteja.

Molemminpuolinen aversio (S0)

Katseen aversiolla (engl. aversion, cut-off) tarkoitetaan toimintaa, jossa henkilö kääntää katseensa pois toisen silmistä. Tämä rikkoo joko yksipuolisen tai molemminpuolisen katseen riippuen siitä, katsoiko vastapuoli häntä takaisin vai ei. Tässä tutkimuksessa

katseen aversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa jommankumman henkilön katseen kohdistuspiste poistuu videoruudulla toisen henkilön silmien alueelta. Perustilana kuvassa 3 esitetty molemminpuolinen aversio (S0) on siis tilanne, jossa kumpikaan koehenkilö ei katso toista silmiin.

Katseen välttely ja huomioimattomuus

Katseen välttelyksi (eng. gaze avoidance) kutsutaan vuorovaikutusta, jossa henkilö tarkoituksellisesti välttelee katsomasta toista osapuolta silmiin. Tällöin katsekontaktia ei pääse syntymään. Katseen huomioimattomuus (engl. gaze omission) puolestaan tarkoittaa tilannetta, jossa katsekontaktia ei synny, mutta kyseessä ei kuitenkaan ole katseen tietoinen välttely. Nämä määritelmät on esittänyt esimerkiksi Kleinke. (Kleinke 1986, s. 78)

Tässä tutkimuksessa katseen välttely tai huomioimattomuus tarkoittaa tilannetta, jossa koehenkilö jatkuvasti katsoo videoruudulla muualle kuin toisen henkilön silmien rajaamalle alueelle.

Tuijotus

Tuijotukseksi kutsutaan pysyvää yksipuolista toisen henkilön silmiin katsomista, joka jatkuu riippumatta vastapuolen reaktiosta. Määritelmän on esittänyt mm. Kleinke. (Kleinke 1986, s. 78) Tämän tutkimuksen koeasetelmissa esiintyvä mahdollinen tuijotus voidaan tunnistaa siitä, että tuijottavan osapuolen katse pysyy toisen henkilön silmien alueella riippumatta vastapuolen katseen suunnasta. Käytännössä tuijottavan osapuolen yksipuolisen katseen määrä on tällöin huomattavasti suurempi kuin vastapuolella.

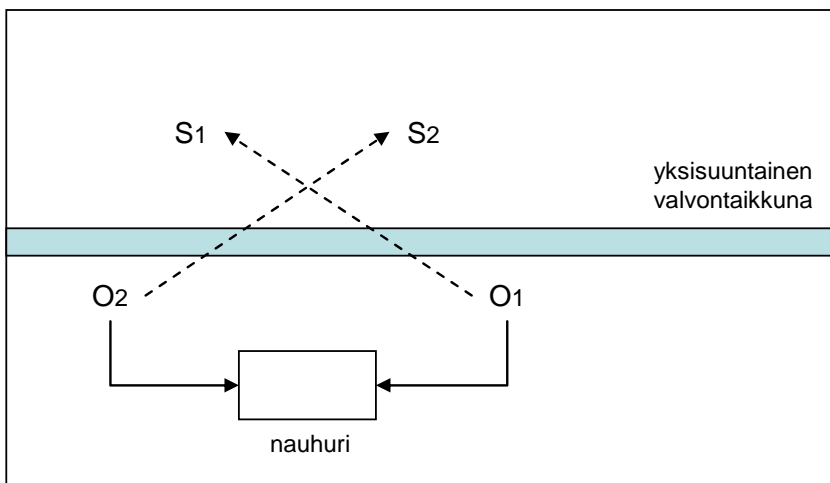
2.2 Katsekontaktin tutkimusmenetelmät

Tässä osiossa tarkastellaan tärkeimpiä menetelmiä, joilla ihmisen katsekäyttäytymistä voidaan tutkia ja mitata. Ensin tutustutaan menetelmiin, jotka pohjautuvat ihmishavainnoitsijoiden käyttöön. Tämän jälkeen käydään läpi tärkeimmät sähköiset tutkimusmenetelmät.

2.2.1 Ihmishavainnoitsijoihin pohjautuvat tutkimusmenetelmät

Argylen mukaan suurimmassa osassa 1960- ja 70-lukujen tutkimuksista koehenkilöiden katseen seurantaan on käytetty pääasiassa ihmishavainnoitsijoihin perustuvia mittausmenetelmiä. (Argyle, Cook 1976, s. 35) Käytännössä nämä menetelmät ovat pohjautuneet koehenkilöiden katsesuunnan silmämääräiseen seuraamiseen koulutettujen havainnoitsijoiden toimesta. Apuna on käytetty mm. yksisuuntaisia valvontaikkunoita, ajanottokelloja ja monikanavanauhureita datan tallennukseen.

Eräs tyypillinen ihmishavainnoitsijoihin perustuva koeasetelma on esitetty kuvassa 5. Asetelmaan kuuluvat 2 koehenkilöä (S) ja 2 koulutettua havainnoitsijaa (O). Jälkimmäiset on sijoitettu sivuttain koehenkilöiden taakse siten, että kun koehenkilö 1 katsoo koehenkilöä 2, hän katsoo myös hyvin lähelle vastaavaa havainnoitsijaa. Havainnoitsijat ovat yksisuuntaisen valvontaikkunan takana koehenkilöille näkymättömissä, tai vaihtoehtoisesti seuraavat koehenkilöiden katsekäyttäytymistä reaaliaikaisesta televisiokuvasta. (Argyle, Cook 1976, s. 35)



Kuva 5. Tyypillinen ihmishavainnoitsijoihin perustuva koeasetelma kahdella koehenkilöllä ja yksisuuntaisella valvontaikkunalla (Argyle, Cook 1976, s. 35).

Kuvan 5 mukaisessa asetelmassa havainnoitsijat tarkkailevat koehenkilöiden katsekäyttäytymistä, ja keräävät katseen kohdistamista koskevan datan talteen esimerkiksi painamalla tiettyä nappia koehenkilön katsoessa toista silmiin (tai vastaavasti tämän lopettaessa katseen). Nappien painallukset ja niiden kautta saatu data tallennetaan nauhurilla myöhempää analyysia varten.

Se, miten data tallennetaan, riippuu erityisesti siitä, mitä parametreja katsekäyttäytymisestä halutaan selvittää. Jos esimerkiksi halutaan tutkia katsekäyttäytymistä koehenkilöiden puhuessa, tarvitaan nauhuriin kanavat koehenkilöiden keskusteluinformaation tallentamiseen. Kummankin henkilön keskustelu voidaan tallentaa on/off -tiloina ajan funktiona sen mukaan, milloin henkilö puhuu. Katse toisen silmiin on myös tulkittavissa on/off -signaalina, joka nauhoituksen yhteydessä voidaan manuaalisesti nappien painamisten kautta synkronoida keskusteluun. Koetilanteiden videoimista tai filmaamista on myös hyödynnetty useissa tutkimuksissa, jolloin etuna on mm. mahdollisuus datan luotettavuuden tarkasteluun jälkikäteen. (Argyle, Cook 1976, s. 35-37)

Ihmishavainnoitsijoihin pohjautuvissa katseentutkimusmenetelmissä on monia virhelähteitä. Koska koehenkilöiden silmänliikkeitä ja katsekontaktin syntymistä tarkkailee sivusta ihmishavainnoitsija (kuten kuvassa 5), voivat havainnointivirheitä tuottaa mm. liian pitkä tarkkailuetäisyys, koehenkilön ja havainnoitsijan päiden asennot, koehenkilöiden liikkuminen, havainnoitsijoiden reaktioaika ja väsyminen, sekä kohteen silmien näkyvyys. (Argyle, Cook 1976, s. 47-53)

Kleinken mukaan varhaisten tutkimuskokeiden luotettavuutta on pyritty parantamaan mm. asettamalla koehenkilöt vastakkain ja ohjaamalla havainnoitsijat suoraan heidän taakseen, sekä pitämällä koehenkilöiden väliset etäisyydet pieninä. Tämän lisäksi luotettavuutta voidaan parantaa testaamalla havainnoitsijoiden näöntarkkuus, kouluttamalla havainnoitsijoita palautteen pohjalta, järjestämällä kunnollinen valaistus koehenkilöiden silmien tasolle varjojen ehkäisemiseksi, ja aikatauluttamalla havainnoitsijoille tauot väsymisen torjumiseksi. (Kleinke 1986, s. 79) Argylen mukaan koulutetut havainnoitsijat voivat hyvissä tutkimusolosuhteissa tehdä hyvin luotettavia havaintoja koehenkilöiden katsekäyttäytymisestä (Argyle, Cook 1976, s. 41).

2.2.2 Sähköiset tutkimusmenetelmät

Kaikista parannustoteutuksista huolimatta ihmishavainnoitsijoiden käytöllä katseenseurantatutkimuksissa on omat perusrajoituksensa, joita menetelmien perusluonteen johdosta ei voida ohittaa. Tämä johtuu siitä, että mikäli halutaan kerätä aidosti tarkkaa ja reaaliaikaista dataa kahden ihmisen välisen katsekontaktin toiminnasta, on katseiden kohdistuspisteitä koskeva data rekisteröitävä ilman viiveitä ja kohdistuspisteet mitattava täsmällisesti. Reaaliaikaisen ja eksaktin datan mittaaminen ihmishavainnoitsijoiden kautta on tällöin käytännössä mahdotonta, eikä onnistu ilman silmien asentojen mittaamista

sähköisesti. Tässä osiossa on kuvattu tärkeimmät sähköiset katseenseurantamenetelmät, joilla ihmishavainnoitsijoiden käytöstä aiheutuvat rajoitukset voidaan menetelmästä riippuen ohittaa.

Silmien kohdistussuunnan referenssipisteiden näkökulmasta sähköiset katseenseurantamenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään: laitteistoihin, jotka mittaavat silmien katsomissuuntaa suhteessa pään asentoon, ja laitteisiin, jotka mittaavat katsomissuuntaa suhteessa johonkin ulkopuoliseen pisteeseen. (Duchowski 2007, s. 51) Edelleen laitteistot voidaan jakaa useampaan alaryhmään teknisten toteutustensa puolesta. Alla on esitetty lyhyesti kunkin menetelmän peruserätykset.

Kasvojen ihon jännite-eroja mittaavat menetelmät

Kasvojen ihon jännite-eroja mittaavia menetelmiä kutsutaan Electro-OkuloGraafisiksi (EOG) menetelmiksi. Ne perustuvat koehenkilön silmien ympärille ihoon kiinnitettäviin antureihin, jotka mittaavat silmien lihasten toiminnasta aiheutuvia jännite-eroja ja niiden muutoksia. EOG-menetelmissä mitataan silmien asentoa yksinomaan suhteessa tutkittavan henkilön päähän, ellei pään liikkeitä mitata yhtäaikaaisesti jollakin muulla menetelmällä. EOG-menetelmiä käytettiin silmänliiketutkimuksiin erityisesti 70-luvulla. (Duchowski 2007, s. 51-52)

Piilolinssimenetelmät

Piilolinssimenetelmissä tutkittavan henkilön silmälle asetetaan silmän mukana liikkuva piilolinssi, jonka asentoja rekisteröimällä saadaan reaaliaikainen tieto silmän asennosta. Linssin liikettä voidaan seurata esimerkiksi optisilla tai sähkömagneettisilla antureilla, jälkimmäisessä tapauksessa linssin sisällä on kela. Menetelmä on eräs tarkimmista, joskin luonteeltaan hyvin invasiivinen ja koehenkilölle epämukava. EOG-menetelmän tapaan myös piilolinssimenetelmä mittaa silmän liikkeitä ainoastaan suhteessa koehenkilön päähän. (Duchowski 2007, s. 52-53)

Videopohjaiset silmän yhtä ulkoista ominaisuutta mittaavat menetelmät

Menetelmiä, jotka mittaavat silmän yhtä ulkoista ominaisuutta valokuvien tai videon pohjalta, kutsutaan Photo-OkuloGraafisiksi (POG) ja Video-OkuloGraafisiksi (VOG) menetelmiksi. POG ja VOG ovat ryhmä hyvin erityyppisiä tutkimusmenetelmiä, joiden tavoitteena on silmän liikkeiden rekisteröinti mittaamalla jotakuta etukäteen valittua,

silmän fyysisestä asennosta riippuvaa ominaisuutta. Tällainen parametri voi olla esimerkiksi pupillin muoto tai sarveiskalvosta heijastunut infrapunavalonsäde. Kaikille menetelmille yhteistä on se, että ne eivät ota pään liikettä huomioon silmän asentoa mitattaessa. Tällöin pään on pysyttävä täydellisesti liikkumattomana kokeen ajan, muussa tapauksessa silmänliikkeiden mittaukseen tulee suuria virheitä. Virhealttiutensa johdosta POG ja VOG -menetelmiä voidaankin käyttää luotettavasti vain silloin, kun koehenkilöllä ei ole mahdollisuutta liikkua. (Duchowski 2007, s. 53-54)

Videopohjaiset pupilli- ja sarveiskalvoheijastusta mittaavat menetelmät

Videopohjaiset katseenseurantamenetelmät, jotka yhdistävät pupillin ja sarveiskalvoheijastuksen yhtäaikaisen mittaamisen (engl. Video-based Combined Pupil/Corneal Reflection) korjaavat POG- ja VOG-menetelmien ongelman pään liikkumisesta. Mitattaessa yhtäaikaisesti sekä pupillin keskustan että sarveiskalvoheijastuksen paikkaa (jälkimmäinen saadaan aikaan useimmiten infrapunavalolla), voidaan pään liikkeet erottaa mittausdatasta, ja siten sallia koetilanteeseen huomattavasti POG- ja VOG-menetelmiä suurempi virhesietoisuus. Mittauslaitteisto voi sijaita pöydällä tai monitorissa koehenkilön edessä, tai vaihtoehtoisesti päälle puettavassa kypärässä. Yhdistetyn pupilli- ja sarveiskalvoheijastuksen edellyttämät laitteistot ovat myös edullisia, ja kykenevät suorittamaan katsepisteiden mittaamiseen tarvittavat operaatiot reaaliajassa. (Duchowski 2007, s. 54) Kalibroimalla laitteisto oikein pystytään koehenkilön katseen kohdistuspiste esimerkiksi suhteessa hänen edessään olevaan videoruutuun mittaamaan helposti.

2.3 Katsekäyttätyminen psykologisesta näkökulmasta

Tässä osiossa tarkastellaan katsekontaktin toimintaa psykologisesta näkökulmasta. Ensin tutustutaan lyhyesti katsekäyttätymisen evolutiiviseen historiaan eläinkunnassa ja katseen rooliin ihmisen kehityspsykologiassa. Tämän jälkeen tarkastellaan niitä psykologisia tekijöitä, jotka saavat ihmisen katsomaan toista. Lisäksi käydään läpi katseen merkitys keskustelutilanteissa sekä tarkastellaan niitä ihmisen luonteenpiirteitä ja yksilöeroja, jotka vaikuttavat katsekäyttätymiseen.

2.3.1 Katseen rooli eläinkunnassa

Ihminen ei ole eläinlajeista ainoa, jonka sosiaalisessa elämässä katseella on suuri merkitys. Tosiasiassa silmien tunnistamisella ja katsekontaktilla on takanaan pitkä evolutiivinen historia, josta on luonnossa nähtävissä monia esimerkkejä alkaen hyönteisistä, kaloista ja linnuista nisäkkäisiin ja matelijoihin. Esimerkiksi eräät hyönteiset ja kalat käyttävät silmien näköisiä kuvioita ruumiissaan pelottaakseen pois saalistajia, kun taas esimerkiksi kädellisillä nisäkkäillä yksilöiden välinen katsekäyttäytyminen on tärkeä osa lauman arvojärjestyksen ja valtahierarkian muodostamista (Argyle, Cook 1976, s. 1-3).

Useiden kenttätutkimusten vallitseva löydös on se, että tuijottavien silmien näkeminen kasvattaa eläimen fysiologista vireystilaa. Esimerkiksi Wada havaitsi sähköisen aktiivisuuden lisääntyvän apinoiden aivorungossa aina, kun eläin tiedosti tutkijan tuijottavan sitä (Wada 1961). Exlinen ja Yellinin kokeessa puolestaan ihmisen ja reesusapinan välinen jatkuva katsekontakti sai apinan käyttäytymään hyökkäävästi, kun taas tutkijan kääntäessä katseensa alas eläimen aggressiivisuus väheni (Exline, Yellin 1969). Argylen mukaan monet eläinlajit reagoivatkin katsekontaktiin yleensä uhkasignaalina, olipa kyse saman tai eri lajin yksilöiden välisestä vuorovaikutuksesta (Argyle, Cook 1976, s. 1).

Monissa yksilöiden välisissä vuorovaikutustilanteissa katsekontaktin lopettaminen on keino rauhoittaa tilanne vähentämällä osapuolten fysiologista vireystilaa (esim. edellä mainittu Exline ja Yellin, 1969). Katsekontakti voidaan rikkoa esimerkiksi kääntämällä pää pois tai sulkemalla silmät. Argylen mukaan heikomman tai alistuvamman eläimen on havaittu useimmin rikkovan katsekontaktin, jotta hyökkäyksen todennäköisyys hallitsevamman osapuolen taholta vähenisi. Katsekontakti yksinään ei kuitenkaan ole ainoa silmien kautta välittyvä uhkasignaali, sillä monien eläinten välisessä katsekäyttäytymisessä myös mm. silmien ympärykset ja väri, sekä kulmakarvojen asento voivat vaihdella yksilön aggressiivisuuden lisääntyessä tai vähentyessä. (Argyle, Cook 1976, s. 2-4)

Kahden ihmisen välisen katsekontaktin tutkimisen kannalta on mielekkäintä tarkastella, mikä merkitys katseella on nimenomaan kädellisten nisäkkäiden sosiaalisessa elämässä. Chancen mukaan apinoiden ja muiden kädellisten eläinten laumahierarkioissa yksilöiden visuaalinen huomio kohdistuu usein hierarkian ylempiin yksilöihin, kuten vastasyntyneiden osalta äiteihin ja alempiarvoisten urosten osalta dominoiviin uroksiin. Tämä ”huomiorakenne” osaltaan määrittää lauman valtahierarkiaa ja lujittaa sen sosiaalista

rakennetta. (Chance 1967) Katsekäyttäytymisellä on eläinkunnassa siten ilmeisen tärkeä merkitys lauman arvojärjestyksen ylläpidossa, ja samat periaatteet saattavat joiltakin osin päteä myös ihmisten valtahierarkioihin.

Argylen mukaan kädelliset nisäkkäät ihminen mukaan luettuna ovat eläimistä tiettävästi ainoita, joilla silmiin katsominen voi toimia myös sovittavana ja yksilöiden yhteenkuuluvuutta lisäävänä signaalina (engl. affiliative signal) siinä, missä lähes kaikilla muilla lajeilla katse on ensisijaisesti signaali aggressiosta. Hänen mukaansa yhtenä syynä tähän voi olla kädellisillä nisäkkäillä äidin ja vastasyntyneen lapsen välinen ruokinta-asento, johon olennaisena osana kuuluu katsekontakti. (Argyle, Cook 1976, s. 4) Silti ihmiselläkin katse voi tietyissä olosuhteissa toimia uhkasignaalina, riippuen esimerkiksi kohtaamistilanteen laadusta ja muista kasvonilmeistä (Argyle, Cook 1976, s. 16).

2.3.2 Katseen rooli ihmisen kehityspsykologiassa

Argylen mukaan jo vastasyntyneet lapset reagoivat valonlähteisiin pupilliensa kautta, ja osaavat kohdistaa katseensa n. 20 senttimetrin päähän. Tämä on karkeasti etäisyys äidin kasvojen ja vauvan silmien välillä rintaruokinnan aikana. Ensimmäiset pään ja katseen kääntämiset visuaalisia ja auditorisia ärsykeitä kohden tapahtuvat vauvoilla niinkin varhain, kuin ensimmäisten tuntien aikana. Liikkuvien objektien seuraaminen tulee mahdolliseksi kuitenkin vasta kahden ensimmäisen viikon kuluessa. (Argyle, Cook 1976, s. 9)

Eräissä tutkimuksissa on etsitty visuaalisia ärsykeitä, joita tarvitaan eri-ikäisten vauvojen saamiseksi hymyilemään. Argylen mukaan vastasyntyneet lapset hymyilevät herkästi ihmisten kasvoille ja niitä esittäville kuville (Argyle, Cook 1976, s. 10). Spitzin ja Wolfin mukaan välttämätön ärsyke vastasyntyneiden lasten saamiseksi hymyilemään ensimmäisten elinkuukausien aikana on silmäpari. Asian ajaa myös kahta pistettä esittävä maski, mutteivät esimerkiksi todelliset kasvot, joiden toinen silmä on peitetty. (Spitz, Wolf 1946, s. 77-87)

Monilla eläinlajeilla on synnynnäinen vaste silmien näkemiseen, ja silmien merkitys katseen kohteena on aina tiedostettu kaikissa ihmiskulttuureissakin. Jos tämä ominaisuus ihmisellä on opittu, opitaanko se syntymän jälkeen tietyn kriittisen periodin aikana? Argylen mukaan eräs mahdollisuus on, että äidin ja vastasyntyneiden vauvojen välinen (aiemmin mainittu) visuaalinen yhteys rintaruokinnan aikana saattaa olla pohjana

katsekäyttäytymisen kehitykselle myöhemmässä iässä. Toisaalta täysin suoraa, kiistatonta yhteyttä äidin ja lapsen välisen kiintymyksen ja rintaruokinnan välille ei kuitenkaan ole löydetty. (Argyle, Cook 1976, s. 10-11)

Useissa tutkimuksissa on saatu näyttöä siitä, että tietyn iän ylittäneet lapset katsovat mieluummin kasvoja esittäviä ärsykeitä, kuin toisia yhtä monimutkaisia kuvioita. Esimerkiksi Fanz havaitsi, että alle viikon ikäiset lapset eivät osoita preferenssiä kasvoille verrattuna muihin yhtä monimutkaisiin kuvioihin (Fantz 1965). Neljä kuukautta vanhoilla lapsilla sitä vastoin on havaittavissa jo selvästi enemmän katseen kohdistamista kasvoja esittäviin kuviin, kuin muihin ärsykkeisiin (Haaf, Bell 1967). Argylen mukaan on mahdollista, että kasvojen piirteiden tunnistamisen kannalta kriittinen periodi tapahtuu lapsen neljän ensimmäisen elinkuukauden aikana. Silti lasten katsekäyttäytymisessä on paljon myös yksilöllisiä eroja, joihin voivat vaikuttaa niin geenit, kuin äidin ja lapsen välisen kontaktin laatu. (Argyle, Cook 1976, s. 12-16) Tämän perusteella on pidettävä mahdollisena, että ihmisen katsekäyttäytyminen on sekä opittu että synnynnäinen ominaisuus.

2.3.3 Mitä katsekäyttäytymisellä viestitetään

Kun kaksi ihmistä katsoo toisiaan sosiaalisen vuorovaikutuksen aikana, ei katseen kohdistaminen vastapuoleen ole sattumanvaraista. Argylen mukaan yksi ensimmäisistä löydöksistä katsetutkimusten historiassa on, että ihmiset katsovat eniten sellaisia ihmisiä, joista he pitävät (Argyle, Cook 1976, s. 58). Myös Kleinken mukaan katsomisen suuren määrän ja pitämisen välille on löydetty yhteyksiä (Kleinke 1986, s. 80). Toisaalta monet ihmiset katsovat silmiin myös henkilöitä, joita kohtaan he tuntevat aggressiota, tai joita he pyrkivät dominoimaan. Tältä pohjalta on oletettavissa, että katsekontaktin hakemista toiseen tekevät ehkä kaikki ihmiset, jotka ovat vahvasti vuorovaikutuksessa toisen kanssa, ja tarvitsevat tästä tietoa. (Argyle, Cook 1976, s. 80-81) Yhtä kaiken selittävää teoriaa katsekontaktin merkityksistä havaittujen löydösten valossa ei kuitenkaan toistaiseksi tunneta (Argyle, Dean 1965, s. 291).

Argylen mukaan katsekontakti on usein ensimmäinen askel sosiaalisen kontaktin syntymisessä, koska molemmat jakavat sen kautta toisilleen yhtäaikaisesti huomiota ja tekevät siis yhteistyötä. Yksilöt saattavat vastaavasti vältellä katsekontaktia, jos he haluavat vältellä sosiaalisia tilanteita ja velvoitteita. Usein pieniin yhteisöihin tai samoihin ryhmiin kuuluvilta ihmisiltä (esim. golf-kurssilaiset tai juhlien kutsuvieraat) odotetaan avoimuutta

toisilleen. Päinvastainen tilanne on suurissa yhteisöissä, joissa ihmiset (varsinkaan tuntemattomat) eivät yleensä katso toisiaan tai vaihda sosiaalisia signaaleja keskenään. (Argyle, Cook 1976, s. 113)

Aina se, miten henkilö toisen katsetta lukee, ei osu yhteen sen kanssa, mitä toinen katseellaan tietoisesti tai tiedostamattaan viestittää. Argylen mukaan yksi selkeimmistä merkityksistä katseessa on katsojan huomionosoitus, eli katsova osapuoli on huomannut toisen ja on läsnä (Argyle, Cook 1976, s. 84). Asian voi tulkita niin, että mikäli toisesta pitää, silloin myös katsoo ja huomioi toista enemmän. Tankardin kokeen perusteella katseen kohdistaminen maahan on vastaavasti merkki selvästä huomion puutteesta (Tankard 1970). Tämän pohjalta toisen silmiin katsomista vuoropuhelussa voidaan luonnollisesta syystä pitää kohteliaisuuden osoituksena – vastaavasti katsekontaktin puuttuminen on merkki kiinnostuksen ja huomion puutteesta.

Myös Kendonin mukaan katsekäyttäytymistä voidaan tarkastella huomioinnin ja tiedonkeruun näkökulmasta. Hänen esittämistään katsekäyttäytymisen funktioista ensimmäinen, *valvonta*, voidaan määritellä siten, että vuorovaikutuksen toinen osapuoli voi katseellaan lukea toista, eli tehdä havaintoja keskustelukumppaninsa käyttäytymisestä. Hän voi esimerkiksi tarkkailla miltä vastapuolen kasvot näyttävät, ja millaisia eleitä tämä tekee, saadakseen hänestä enemmän tietoa. (Kendon 1967, s. 53)

Argylen mukaan ihmiset, jotka katsovat paljon, nähdään usein luotettavina, koska esimerkiksi valehtelijat välttelevät katsekontaktia (Argyle, Cook 1976, s. 91). Hänen mukaansa kokeellisesti parhaiten vahvistettu löydös katsekäyttäytymisten ja emootioiden välillä on, että suru saa ihmiset kääntämään katseensa alas. Myös nolostuminen voi saada yksilön välttelemään katsetta. (Argyle, Cook 1976, s. 80-81) Kleinken mukaan ihmisiä, jotka katsovat paljon pidetään yleisesti miellyttävämpinä, ystävällisempinä, vakuuttavampina, itsevarmempina ja sosiaalisesti taitavampina kuin vähän katsovia (Kleinke 1986, s. 80-81). Vaikka kahden henkilön välisessä kommunikaatiossa paljon katsovat ihmiset nähdään usein miellyttävämpinä kuin vähän katsovat, liian tiiviistä katseesta ei kuitenkaan pidetä (Argyle, Cook 1976, s. 91).

Tuijottava katse voidaan joissakin tapauksissa kokea uhkaavaksi signaaliksi, varsinkin julkisella paikalla osapuolten ollessa toisilleen tuntemattomia. Usein suuri katseen määrä nähdään myös dominoivana käytöksenä katsojan taholta, vaikka yleensä hierarkioissa (varsinkin eläinten kohdalla) alempana olevat yksilöt katsovat korkeammalla olevia – eikä päinvastoin (Argyle, Cook 1976, s. 92-95). Goffmanin mukaan julkisilla paikoilla pätee

kirjoittamaton sääntö, että tuntemattomien henkilöiden ei pidä katsoa toisiaan silmiin tai muuten huomioida toisiaan ("civil inattention"), sillä tämä koetaan usein loukkaavana ja uhkaavana (Goffman 1963, s. 83-88). Katseen ja vihamielisyyden välillä ei kuitenkaan ole ilmeisesti yhtä, suoraviivaista relaatiota, sillä myös mm. katseen välttely ja toisen huomioimattomuus voivat joskus aiheuttaa kohteessa aggressiota (Argyle, Cook 1976, s. 74).

2.3.4 Katseen rooli keskustelutilanteessa

Argylen mukaan katsekäyttäytymistä sosiaalisten vuorovaikutustilanteiden aikana on tutkittu eniten parien välillä. Suurempia ryhmiä koskevia tutkimuksia on julkaistu huomattavasti vähemmän. Tavallisesti on tutkittu sitä, miten osapuolet katsovat toisiaan keskustelun aikana kuunnellessaan tai puhuessaan. (Argyle, Cook 1976, s. 98) Argylen ja Vatikiotis-Batesonin mukaan ihmiset katsovat keskustelun aikana kumppaniaan eniten kasvoihin, ennen kaikkea silmien ja suun alueelle (Argyle, Cook 1976, s. 18; Vatikiotis-Bateson et al. 1998, s. 929-930). Ilmiö on havainnollistettu kuvan 6 esimerkissä, jossa on esitetty katsepisteiden suhteellinen jakautuminen heat map -kuvana kohdehenkilön kasvojen alueelle minuutin katsomisen ajalta.



Kuva 6. Heat map -kuva katsepisteiden suhteellisesta jakautumisesta kohdehenkilön kasvojen alueella, kun kasvoja on katsottu minuutin ajan. Punaiset alueet ilmentävät suurta katsomisen määrää (eniten fiksaatioita), vihreät taas pientä.

Parikeskustelussa osapuolten katseiden kohteet voidaan yleisesti jakaa kolmeen osaluueeseen. Henkilöt voivat katsoa joko

- (1) toisiaan,
- (2) molempia osapuolia kiinnostavia objekteja paikan päällä tai
- (3) tyhjiä alueita tai muita epäolennaisia kohteita. (Argyle, Cook 1976, s. 104)

Kahden henkilön välisen katsekontaktin määrään vaikuttavat merkittävästi myös käytävän keskustelun aihealueet. Exlinen mukaan henkilökohtaisista, varsinkin nolostuttavista aiheista keskusteleminen vähentää katsekontaktin määrää verrattuna ns. harmittomiin keskusteluaiheisiin (kuten urheilu, elokuvat yms.). (Exline, Gray & Schuette 1965) Henkilöt katsovat toisiaan silmiin myös selvästi vähemmän, kun paikan päällä on molempia osapuolia kiinnostavia objekteja (Argyle, Cook 1976, s. 104).

Argylen mukaan keskustelussa toisen osapuolen silmien, kasvojen ja muiden ei-verbaalisten tekijöiden havainnointi liittyy kolmeen perustoimintaan: (1) Se auttaa keskustelun ja puheenvuorojen synkronoimisessa, (2) antaa sanatonta palautetta toisesta kummallekin osapuolelle ja (3) antaa ei-verbaalista informaatiota, joka monipuolistaa verbaalisen keskustelun sisältöä. Mikäli osapuolet eivät näe toisiaan, tämä kaikki tieto joko puuttuu, tai sen on välityttävä muulla tavalla. (Argyle, Cook 1976, s. 153)

Katsekontaktin toimintaa voidaan kuvata myös ns. läheisyyden tasapainon mallilla (engl. intimacy equilibrium model). Mallin mukaan kommunikaation osapuolet pyrkivät omalla käyttäytymisellään hakeutumaan läheisyyden tasapainotilaan, jossa he eivät koe epämukavuutta, ja jonka he pyrkivät pitämään vakiona. Tausta-ajatuksena on, että kahden ihmisen välinen sosiaalinen vuorovaikutus sisältää sekä katsekontaktin määrää lisääviä, että vähentäviä ”voimia”, joiden ristiriita vaikuttaa katsekontaktin määrään. Lisääviin voimiin kuuluvat esimerkiksi aiemmin mainittu yksilön tarve havainnoida keskustelukumppaninsa käyttäytymistä, ja vähentäviin mm. pelko sisäisten tunteiden paljastumisesta (esim. valehtelijoiden kohdalla) katsekontaktin aikaansaaman molemminpuolisen avoimuuden johdosta. Mallin mukaan osapuolten läheisyyden taso riippuu paitsi katsekontaktin määrästä, myös muista tekijöistä, kuten henkilöiden fyysisestä etäisyydestä, hymyilemisen määrästä ja keskusteluaiheen intiimiydestä. Liika läheisyys koetaan tällöin ahdistavana, ja toisaalta liika etäisyys kommunikaatiota häiritsevänä. Yhden läheisyystekijän kasvattaminen (esim. fyysisen etäisyyden pienentäminen) johtaa tasapainotilan ylläpitoon toisen tekijän vähentämisellä (esim. katsekontaktin välttelyllä). Tämä löydös on vahvistettu kokeellisesti. (Argyle, Dean 1965) Läheisyyden tasapainon malli selittää tältä pohjalta

myös aiemmin mainitun katsekontaktin ja keskustelun aiheen intiimiyden välisen yhteyden, vaikkakaan malli ei todennäköisesti ole täydellinen. (Argyle, Cook 1976, s. 65-67)

Kendonin mukaan toinen katsekäyttäytymisen perusfunktioista on sosiaalisen vuorovaikutustilanteen *ohjaaminen* (Kendon 1967, s. 53). Funktio kuvaa katsekäyttäytymisen roolia siitä näkökulmasta, miten katseella voi ohjata keskustelun kulkua ja puheenvuoroja. Kendonin tutkimuksen perusteella ihmiset katsovat toista osapuolta enemmän kuunnellessaan kuin puhuessaan (Kendon 1967, s. 37). Hänen mukaansa ihmisten katsekäyttäytyminen keskustelutilanteessa etenee usein siten, että puhuja kääntää katseensa kuulijasta pois päin ennen pitkän lauseen aloittamista. Vastaavasti lauseen lopussa hän katsoo kuulijaa silmiin. (Kendon 1967, s. 56)

Keskustelua ohjaavan vaikutuksen lisäksi katseen suuntaamisella on Kendonin mukaan myös kolmas, *ilmaiseva* funktio. Tällöin katsekäyttäytyminen on osa henkilön itseilmaisua; esimerkiksi katseen pois kääntäminen voi paitsi ohjata keskustelun kulkua, myös olla katsotulle osapuolelle osoitus, että katseen pois kääntänyt henkilö on nolostunut. (Kendon 1967, s. 57)

Kendonin tutkimuksen yksi merkittävimmistä löydöksistä on, että yksilön katseen keskipituus parikeskustelussa riippuu pitkälti vain toisen osapuolen katseesta. Käytännössä henkilön 1 katsoessa henkilöä 2 on katseen keskipituus suoraan ja läheisesti yhteydessä koehenkilön 2 katseen vastaavaan keskipituuteen vuorovaikutuksen aikana. Ilmeisesti jokaiselle parille muodostuu tällöin keskinäinen ”sopimus” siitä, kuinka paljon he toisiaan katsovat. Katseiden keskipituuksien lisäksi ”sopimus” syntyy myös katseen suunnan muutostiheyksistä (engl. rate of change of gaze direction), eli siitä, kuinka usein osapuolet kääntävät katsettaan toisen silmiin ja niistä pois. (Kendon 1967, s. 30)

Samassa tutkimuksessa todettiin katseen prosentuaalisen kokonaismäärän (kokeen kokonaiskestosta) olevan erittäin yksilöllinen suure, ja vaihtelevan koehenkilöstä riippuen välillä 28-70%. Katsekontaktilla on Kendonin mukaan taipumusta kestää suhteellisen vähän aikaa, pääsääntöisesti noin sekunnin. Vastaavasti hänen tutkimuksessaan henkilöiden yksittäiset katsejaksot vaihtelivat keskipituudeltaan välillä n. 2,1-7,98 puolisekuntia (engl. half-second), eli n. 1-4 sekuntia. (Kendon 1967, s. 26-28)

Argylen ja Deanin kokeessa saatiin katsekontaktin prosentuaaliseksi määräksi kokeen kokonaiskestosta (yksilöiden etäisyydestä riippuen) 30-75%, joskin saman julkaisun mukaan määrä voi vaihdella koko välillä 0-100%. Pienimmillään katsekontaktin määrä oli

henkilöiden ollessa 2 jalan (n. 60 cm) etäisyydellä toisistaan. Yksittäisen (jommankumman henkilön) katsejakson kesto on heidän mukaansa luokkaa 3-10 s. (Argyle, Dean 1965)

Kendonin ja Cookin tutkimuksen (1969) mukaan yksilön katseen prosentuaalinen kokonaismäärä korreloi positiivisesti koehenkilön katsejakson keskipituuden kanssa. Heidän mukaansa paljon katsovat ihmiset katsovat siis keskustelukumppaniaan pitkillä silmäyksillä. Vastaavasti katseen keskipituus korreloi negatiivisesti sen kanssa, montako kertaa koehenkilöt katsovat toisiaan kokeen aikana. Ylipäätään tutkimus osoittaa, että kommunikaatiotilanteessa katsekäyttäytymisen eri osatekijät ovat vahvasti yhteydessä toisiinsa. (Kendon, Cook 1969)

Strongman ja Champness ovat esittäneet lisäksi kaavan, jolla voidaan approksimoida katsekontaktin määrää kahden henkilön välisessä kommunikaatiossa. Kaavan mukaan katsekontaktin odotettu määrä voidaan laskea, kun tiedetään kummankin henkilön taholta ne prosentuaaliset osuudet vuorovaikutustilanteen kestosta, jotka he katsovat toista osapuolta. Kaava voidaan esittää muodossa

$$\text{Expected mutual gaze (\%)} = A\text{'s looking} * B\text{'s looking}$$

jolloin katsekontaktin odotettu määrä (prosentteissa kokeen kokonaiskestosta) saadaan kertomalla keskenään henkilöiden A ja B katseiden prosentuaaliset kokonaismäärät vuorovaikutuksen kestosta. Kaava on kuitenkin pelkkä approksimaatio, sillä sen antama tulos poikkeaa usein todellisesta katsekontaktin määrästä. Jos esimerkiksi henkilöt pyrkivät erikseen välttelemään katsekontaktia, antaa kaava suuremman lukeman, kuin mitä katsekontaktin todelliseksi määräksi saataisiin mitattaessa sitä. (Strongman, Champness 1986)

2.3.5 Katsekäyttäytymisen yksilöerot

Katsekäyttäytyminen on ilmiö, johon yksilön kohdalla vaikuttavat paitsi itse vuorovaikutustilanne puitteineen (esim. keskustelun aihealueet), myös osapuolten henkilökohtaiset ominaisuudet. Jos henkilö ohjataan puitteiltaan samanlaiseen vuorovaikutustilanteeseen eri keskustelukumppaneiden kanssa, on Argynen mukaan hänen katsekäyttäytymisessään havaittavissa asteittaista yhdenmukaisuutta. Erityisesti mielenterveydellisistä sairauksista (kuten autismi ja skitsofrenia) kärsivillä potilailla on havaittu yhdenmukaista katsekäyttäytymistä, joka poikkeaa terveistä ihmisistä. Myös

yksilön ulospäin suuntautuneisuudella (engl. extraversion) ja katsekäyttäytymisellä on todettu heikko yhteys. Lisäksi henkilön sukupuoli vaikuttaa katsekäyttäytymiseen. (Argyle, Cook 1976, s. 173)

Kendonin tutkimuksessa havaittu löydös, jossa parikeskustelun osapuolet pääsevät usein ”sopimukseen” tietystä katseiden keskipituudesta (ja katseen suunnan muutoksen tiheydestä) nostaa esille kysymyksen, missä määrin havaittu vaihtelu parien välillä heijastaa stabiileja yksilöeroja. Kendonin mukaan on mahdollista, että vaikka henkilöt säätävät katsekäyttäytymistään sosiaalisen vuorovaikutustilanteen kulloinkin tarjoamien puitteiden mukaan, he tekevät sen kukin omalla tavallaan, henkilökohtaisten piirteittensä pohjalta. (Kendon 1967, s. 30)

Katsekäyttäytymisen yksilöeroja voidaan tarkastella monesta näkökulmasta. Henkilöt voidaan jakaa katsekäyttäytymiseltään eri ryhmiin esimerkiksi kulttuuritaustan, sukupuolen ja persoonallisuuden piirteiden mukaan. Ellsworthin ja Ludwigin mukaan on kuitenkin hyvä muistaa, ettei aihetta koskevissa tutkimuksissa ole useinkaan tutkittu itse vuorovaikutustilannetta ja tiedon kulkua. Pikemminkin on etsitty stabiileja katsekäyttäytymisen malleja, jotka kertovat tietoa yksilön muista ominaisuuksista. Nämä tutkimukset ovat luonteeltaan kuvailevia, eikä niissä useinkaan ole tutkittu syitä, miksi tietyn tyyppiset henkilöt osuvat katsekäyttäytymisensä osalta tiettyyn kategoriaan. (Ellsworth, Ludwig 1972, s. 378) Alla on esitetty eräitä merkittävimpiä yksilöeroihin vaikuttavia tekijöitä, jotka katsekäyttäytymistä mitattaessa tulee muistaa.

Kulttuurierot

Katsekäyttäytymiseen liittyvistä tähänastisista tutkimuksista suurin osa on tehty länsimaissa, kuten Yhdysvalloissa, Kanadassa ja Britanniassa (Kleinke 1986, s. 86). Tästä huolimatta katsekäyttäytymisessä on havaittu eroja kulttuurien välillä, eikä niitä tule jättää huomiotta. Argylen mukaan yksi vallitseva löydös on, että ns. kontaktikulttuurien (engl. contact culture) ja ei-kontaktikulttuurien (engl. non-contact culture) välillä on eroja katsekäyttäytymisessä (Argyle, Cook 1976, s. 27). Esimerkiksi Watson havaitsi, että kontaktikulttuureissa kasvaneet henkilöt (esim. arabit) katsovat vuorovaikutustilanteissa toisiaan keskimäärin enemmän, kuin ei-kontaktikulttuurien edustajat (esim. Pohjois-Eurooppalaiset) (Watson 1970, s. 81).

Argylen mukaan katsekäyttäytymisen erilaiseen ilmenemiseen eri kulttuureissa vaikuttavat yhteisössä vallitsevat säännöt ja käytöstavat. Hänen mukaansa monissa kulttuureissa on

olemassa yksiselitteiset, jo lapsille opetettavat ohjeet, jotka määrittelevät, millainen katsekäyttäytyminen on sopivaa ja sallittua. Esimerkkejä tästä on paljon; esimerkiksi Navaho-intiaanien kulttuurissa on opetettu, ettei keskustelukumppania pidä katsoa suoraan silmiin. (Argyle, Cook 1976, s. 26-29)

Katseen tulkittamisella on kuitenkin yksilöön pitkälti sama vaikutus kulttuurista riippumatta; esimerkiksi katseen hyvin vähäinen määrä vuorovaikutustilanteessa tulkitaan usein huomionosoituksen ja kohteliaisuuden puuttumiseksi (erityisesti Arabien ja Etelä-Amerikkalaisten taholta) (Watson 1970, s. 104-108). Ilmeisesti katsekäyttäytymisen kulttuurieroihin vaikuttavat yksilön kohdalla myös lapsuuden sosiaaliset kokemukset, jotka osaltaan riippuvat yhteisöstä. Tämän ohella myöhempi kasvaminen kulttuurissa vallitseviin katseen käyttöä koskeviin traditioihin määrää, millaiseksi yksilön katsekäyttäytyminen kehittyy. (Argyle, Cook 1976, s. 26).

Sukupuoli

Naiset katsovat keskustelukumppaniaan enemmän kuin miehet, kaikilla katsekäyttäytymisen mittapuilla. Ellsworthin ja Ludwigin mukaan visuaalisen käyttäytymisen tutkimusmaailmassa sukupuolierot ovat pikemmin ”sääntö kuin poikkeus” (Ellsworth, Ludwig 1972, s. 379). Ilmiö on havaittu kokeellisesti useissa toisistaan riippumattomissa tutkimuksissa (esim. Argyle, Dean 1965; Exline 1963; Exline, Gray & Schuette 1965).

Argylen mukaan sukupuoliero on merkittävä tarkasteltaessa katsekäyttäytymistä kahden henkilön puhuessa keskenään, ja erityisesti mitattaessa katsekontaktin määrää. Yksi selitys ilmiölle voi olla naisten miehiä suurempi tarve saada luotua yhteys keskustelukumppaniin (engl. greater strength of affiliative needs) ja se, että he kokevat katsekontaktin harvemmin uhkasignaaliksi kuin miehet. Katsekäyttäytymisen sukupuoliero saattaa osittain olla myös synnynnäinen. (Argyle, Cook 1976, s. 147-149) Harperin mukaan katsekäyttäytymisen sukupuolierot ovat ilmeisen yhdenmukaisia kaikissa ikäluokissa, lapsuudesta lähtien (Harper, Wiens & Matarazzo 1978, s. 217).

Persoonallisuus

Ellsworthin ja Ludwigin mukaan yksilön visuaalinen käyttäytyminen korreloi persoonallisuuden piirteiden kanssa huomattavasti heikommin ja epäselvemmin, kuin sukupuolierojen kanssa (Ellsworth, Ludwig 1972, s. 380). Exlinen tutkimus (1963) osoitti, että katsekontaktia esiintyi ei-kilpailullisessa vuorovaikutus-tilanteessa enemmän silloin, kun osapuolilla oli tarve luoda yhteys toisiinsa (engl. high affiliative dyads). Vastaavasti kilpailutilanteessa katsekontaktia esiintyi enemmän henkilöiden kesken, joilla oli matalampi tarve luoda yhteys toisiinsa (engl. low affiliative dyads). Ilmiö oli naispuolisten koehenkilöiden pareilla huomattavasti voimakkaampi kuin miespuolisten henkilöiden pareilla. Tutkimuksessa koehenkilöiden yhteydentarvetta toisiinsa mitattiin Elizabeth Frenchin testin (engl. Elizabeth French test of Insight) kautta. Tässä testissä kyselylomakkeiden avulla kullekin koehenkilölle laskettiin yhteydenkaipuusta kertovien vastausten määrä (engl. affiliation responses) ja saavutushakuisuudesta kertovien vastausten määrä (engl. achievement responses). Näiden suureiden keskinäistä suhteellista osuutta toisiinsa käytettiin yksilön yhteydenkaipuun mittapuuna (engl. affiliation score). (Exline 1963)

Argylen mukaan luonteeltaan ulospäin suuntautuneet ihmiset eli ekstravertit (engl. extraverts, mitattuna Eysenckin persoonallisuustestin ulospäin suuntautuneisuuden asteikolla, engl. Eysenck Extroversion Scale) katsovat keskustelun toista osapuolta useammin ja enemmän (varsinkin puhuessaan) kuin muut. Tarkkaa suhdetta ulospäin suuntautuneisuuden ja katseen määrän välille ei kuitenkaan ole löydetty. Mahdollista on, että ekstraverteilla on muita suurempi tarve hakea läheisyyttä ja yhteyttä toisiin ihmisiin, mikä näkyy katsomisen suurempana määränä tietyissä tilanteissa (ks. edellinen kappale). Argylen mukaan ulospäin suuntautuneisuuden ja katsomisen suuremman määrän välinen yhteys on voimakas erityisesti naisten kohdalla, vaikka sukupuoli ero vaatiikin lisäselvityksiä. Tämä näkemys on osaltaan yhtenevä Exlinen (1963) havainnon kanssa. (Argyle, Cook 1976, s. 139-142)

Argylen mukaan katsekäyttäytymisen ja yleisten persoonallisuuspiirteiden väliset yhteydet ovat kaiken kaikkiaan heikkoja (Argyle, Cook 1976, s. 173). Todennäköistä on, että sosiaalisessa vuorovaikutuksessa tilanteen puitteet ja osapuolten keskinäisen suhteen laatu vaikuttavat katsekäyttäytymiseen enemmän kuin yksilöiden persoonallisuutta kuvaavat muuttujat (engl. personality-test variables). Mielenterveydellisten sairauksien tapauksessa katsekäyttäytymisen poikkeaminen normaalista on usein huomattavasti näkyvämpää. (Ellsworth, Ludwig 1972, s. 382)

Mielenterveydelliset sairaudet

Argylen mukaan eräät selkeimmistä havainnoista persoonallisuuden vaikutuksesta katsekäyttäytymiseen on saatu mielenterveyspotilaiden tutkimuksesta. Tällöin tutkittavat persoonallisuuden osa-alueet on määritetty diagnoosin tehneiden psykiatrien ja psykologien toimesta. Tiedossa on, että autismista kärsivät lapset välttelevät aktiivisesti katsekontaktia, ja katsovat ylipäättäänkin keskustelukumppaniaan vähemmän kuin terveet lapset. Jotkut autistilapset saattavat katsoa vastapuolta silmiin, mutta tekevät sen yksipuolisella, ilmeettömällä tuijotuksella. Autistiset lapset kärsivät katseen välttelyn ohella monista muistakin sosiaalista elämää haittaavista ongelmista, kuten kielellisistä vaikeuksista ja kyvyttömyydestä solmia ihmissuhteita. (Argyle, Cook 1976, s. 126-128)

Myös skitsofreniapotilaat katsovat muita ihmisiä silmiin vähemmän kuin terveet ihmiset. Argylen mukaan yksi löydös on, että yksittäisten vilkaisuiden kesto on skitsofreenikoilla keskimäärin lyhyempi kuin terveillä ihmisillä (2,2 sekuntia sairailta ja 3,7 sekuntia terveillä). Ilmeisesti katseen määrä on kroonisilla potilailla entistään vähäisempi kuin vasta-sairastuneilla, joskaan varmaa tietoa tästä ei ole. On mahdollista, että skitsofreenikot haluavat yleensäkin välttää sosiaalisia kontakteja toisten ihmisten kanssa, mistä seuraa myös katsekontaktin välttely. (Argyle, Cook 1976, s. 134-136)

Argylen mukaan myös masennuksesta kärsivät potilaat katsovat toisia ihmisiä vähemmän kuin terveet. Syinä tähän voivat sairastuneella olla mahdolliset häpeän ja huonon itsearvostuksen tunteet, sekä halu ylipäättään välttää sosiaalista kontaktia. (Argyle, Cook 1976, s. 138)

2.3.6 Yhteenveto katsekäyttäytymisen psykologiasta

Katseella ja katsekontaktilla on keskeinen osa ihmisen sosiaalisessa käyttäytymisessä. Niillä on merkittävä rooli paitsi tiedon keräämisessä, myös tunteiden ilmaisemisessa ja keskustelun ohjaamisessa. Katsekontakti ei vain koordinoi vuorovaikutustilanteeseen liittyvien ei-verbaalisten signaalien vaihtoa, vaan sen esiintyminen on ei-verbaalinen signaali jo sinänsä.

Pääsääntöisesti silmiin katsominen on signaali pitämisestä ja toisen huomioimisesta, ja paljon katsovia ihmisiä pidetään yleisesti miellyttävinä. Toisaalta liian tiiviistä katseesta ei kuitenkaan pidetä, varsinkaan tuntemattomien henkilöiden taholta. Katsomisen määrään

kommunikaatiotilanteessa vaikuttavat paitsi henkilöiden välisen suhteen laatu ja tilanteen ulkoiset puitteet, myös yksilöiden väliset erot. Yhteenvetona aiemmin käsiteltyyn todettakoon, että mikäli henkilö 1 katsoo henkilöä 2 paljon, tämä voi kertoa hänen osaltaan seuraavaa:

- (1) Henkilö 1 pitää henkilöstä 2
- (2) Henkilö 1 on huomionut henkilön 2
- (3) Henkilö 1 yrittää dominoida henkilöä 2
- (4) Henkilö 1 on rehellinen, ei valehtele eikä ole nolostunut tai surullinen
- (5) Henkilö 1 on nainen ja/tai kontaktikulttuurin edustaja ja/tai ulospäin suuntautunut

Koska katseen suureen määrään henkilön 1 osalta voi vaikuttaa näinkin moni eri asia, tarvitaan jo yllä mainittujen viiden tapauksen erittelemiseen katsetutkimuksen ulkopuolisia keinoja. Selvät yksilöerot (kuten henkilön sukupuoli tai kulttuuritausta) ovat todettavissa suoraan. Sitä vastoin tieto siitä, pitävätkö henkilöt toisistaan vai ei, on pääteltävissä henkilöiden äänensävyistä, kasvoniilmeistä ja/tai tekemällä henkilöille aiheutta koskeva kysely ennen koetta tai sen jälkeen. Muiden yksilöerojen (kuten ulospäin suuntautuneisuuden) selvittämiseen on käytettävissä psykologisia testejä (esim. aiemmin mainittu Eysenckin persoonallisuustesti).

2.4 Ihmisen ja virtuaalihahmon välinen katsekäyttäytyminen

Tämän diplomityön tausta-ajatuksena on, että kahden ihmisen välinen kommunikaatio videokeskustelun välityksellä on ideaalitalanteessa vertailukelpoinen ihmisen ja virtuaalihahmon välillä tapahtuvaan vuorovaikutustilanteeseen. Aiheesta on viime vuosina tehty useita tutkimuksia (esim. Colburn, Cohen & Drucker 2000; Fukayama et al. 2002), joissa on mm. kehitetty erilaisia katseenohjausmenetelmiä virtuaalihahmoille sekä tutkittu, miten luonnonmukaisena koehenkilöt kokevat kommunikaation, kun hahmon katsekäyttäytymistä ohjataan eri algoritmeilla.

Vaikka ihmisen ja virtuaalihahmon välistä katsekäyttäytymistä on tutkittu, ei yksimielisyyttä parhaasta katseenohjausalgoritmista ole toistaiseksi saatu. Yhdessäkään tässä diplomityössä referoiduista tutkimuksista (Colburn, Cohen & Drucker 2000; Es et al. 2002; Fukayama et al. 2002; Morency, Christoudias & Darrel 2006) ei virtuaalihahmon katsekäyttäytyminen ole perustunut parametreihin, jotka olisi suoraan mitattu kahden henkilön videokeskustelusta (tai muusta ihmisen ja koneen välistä vuorovaikutusta

muistuttavasta tilanteesta). Hyvin vähän on myöskään tehty tutkimuksia, joissa kahden ihmisen yhtäaikaista katsekäyttäytymistä olisi ylipäättään mitattu reaaliaikaisesti videokeskustelun aikana. Esimerkki tällaisesta on Raidt:n videokeskustelukoe (Raidt, Bailly & Elisei 2007), jossa tutkittiin koehenkilöiden kognitiivisten tilojen ja sosiaalisen roolin näkökulmasta, minne vastapuolen kasvojen alueille koehenkilöt katsovat toisiaan eniten.

Colburnin tutkimus (Colburn, Cohen & Drucker 2000) on osoittanut, että yksinkertaisellakin virtuaalihahmon katsekäyttäytymistä ohjaavalla algoritmilla voidaan saada aikaan havaittavia muutoksia hahmon kanssa keskustelevalle henkilölle (verrattuna vuorovaikutukseen ilman algoritmia). Colburnin tutkimuksessa selvitettiin, muuttuuko virtuaalihahmon kanssa keskustelevalle henkilölle katsekäyttäytyminen yhtään, kun hahmon katsetta ohjataan hierarkiseen tilakoneeseen pohjautuvalla algoritmilla. Tulos oli, että vaikka koehenkilöt eivät havainneet eroja virtuaalihahmon katsekäyttäytymisessä, heidän oma katsekäyttäytymisensä muuttui tietyissä tilanteissa (heidän itse sitä tiedostamatta), kun algoritmi käynnistyi. Tulosta voidaan pitää yhtenä osoituksena siitä, että virtuaalihahmojen katsetta ohjaavilla malleilla todella voidaan vaikuttaa myös ihmisosapuolen käyttäytymiseen.

Ivo van Esin tutkimus (Es et al. 2002) osoitti, että virtuaalihahmon katsekäyttäytymistä ohjaavilla algoritmeilla on eroja hahmon uskottavuuden näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa toteutettiin animoidulle virtuaalihahmolle yksinkertainen, ihmisen katsekäyttäytymistä jäljittelevä algoritmi (kuitenkin ilman aidosta keskustelusta kerättyä dataa), joka ohjasi hahmon katseen suuntaa näppäimistön välityksellä käydyn keskustelun aikana. Tutkimuksessa ei käytetty koehenkilön videopohjaista katseenseurantaa eikä puheentunnistusta. Tuloksena oli, että koehenkilöt suoriutuivat annetusta keskustelutehtävästä hahmon kanssa nopeimmin, kun hahmon katsekäyttäytymistä ohjasi ihmisen katsekäyttäytymistä jäljittelevä malli (verrattuna esim. malliin, joka liikutti hahmon silmiä puhtaasti sattuman pohjalta). Koehenkilöt myös pitivät hahmoa uskottavimpana ja miellyttävimpänä niissä koetapahtumissa, joissa sen katsekäyttäytyminen jäljitteli ihmistä.

Fukayama puolestaan kehitti kokeessaan (Fukayama et al. 2002) virtuaalihahmolle yksinkertaisen katseenohjausalgoritmin, joka perustui kolmen parametrin käyttöön. Valitut parametrit olivat *yksilön katseen kokonaismäärä*, *katseen keskipituus* sekä *pisteet, joihin katse suuntautuu aversion aikana*. Perusajatuksena oli, että katseparametreja muuttamalla myös virtuaalihahmon olemus muuttuu, mikä puolestaan on koehenkilöiden arvioitavissa. Parametreille valittiin lukuarvot kirjallisuudessa esitettyjen arvojen pohjalta. Tulokset

osoittivat, että valittujen katseparametrien sekä hahmojen tuottamien vaikutelmien (esim. heikko/vahva, kylmä/lämmin) välillä todella oli tunnistettavissa olevia relaatioita. Esimerkiksi virtuaalihahmon katseen lyhyt keskipituus tuotti vaikutelman heikosta hahmosta. Tämä osoittaa, että virtuaalihahmon katsekäyttäytymisellä todella on vaikutusta siihen, millaisena ihmiskäyttäjä hahmon kokee, ja että vaikutelmat ovat ainakin osittain ohjailtavissa parametrien avulla.

Morencyn tutkimuksessa (Morency, Christoudias & Darrel 2006) analysoitiin ihmisen ja virtuaalihahmon välistä kommunikaatiota tavoitteena kehittää menetelmä, joka automaattisesti tunnistaa ihmisosapuolen katseen aversiot. Koska yksi katsekäyttäytymisen pääfunktioista on keskustelun ohjaus ja puheenvuorojen synkronointi, on katseen aversioiden reaaliaikainen tunnistaminen virtuaalihahmolle tärkeää. Tutkimuskokeissa testattu kokeellinen menetelmä tunnistasi yli 87% aversioista. Tältä pohjalta Morencyn tutkimustulos on merkittävä pyrittäessä kehittämään käyttöliittymiä, joissa ihmisen ja hahmon välillä esiintyy nimenomaan puhekeskustelua.

Kun tiedetään, millaiset tekijät vaikuttavat elävän ihmisen katsekäyttäytymiseen, voidaan myös virtuaalihahmojen katsekäyttäytymistä säätää tarvittaessa sen mukaan, millainen olemus hahmolle halutaan. Katsekäyttäytymiseen liittyvien tilastollisten parametrien mittaaminen kahden henkilön välisessä videokeskustelussa edellyttää kuitenkin lisätutkimusta, joka on toistaiseksi ollut vähäistä. Siihen tähtää tämä diplomityö.

3. Tutkimusasetelma

Tässä luvussa esitellään diplomityön tutkimusasetelma sekä kokeisiin valitut laitteistot ja menetelmät. Osiossa 3.1 esitellään varsinainen koeasetelma. Osiossa 3.2 käydään läpi tutkimuslaboratorion rakenne osa-alueittain. Osiossa 3.3 käydään läpi yksittäisen koetilanteen kulku. Osiossa 3.4 esitellään tutkimuksessa mitattavat ja laskettavat parametrit. Lopuksi osiossa 3.5 kuvataan datan käsittelyyn ja analysointiin käytettävät menetelmät ja työkalut.

3.1 Koeasetelma

Tutkimuksen perusasetelmana oli kahden henkilön silmänliikkeiden ja katsesuuntien mittaaminen reaaliaikaisen (eri huoneissa tapahtuvan) videokeskustelun aikana. Silmänliikkeet mitattiin paria kohden kolmessa erillisessä kokeessa reaaliaikaisesti sitä mukaa kuin koe eteni. Esimerkki koetilanteesta on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Koehenkilö kommunikoi toisen koehenkilön kanssa video- ja ääniyhteyden välityksellä, samalla kun katseenseurantalaite mittaa minne hänen silmänsä katsovat.

Koeasetelma koostui kaikkiaan kolmesta erillisestä kokeesta, joista kaksi ensimmäistä olivat pelejä ilman puhetta, ja kolmas vapaa keskustelu. Asetelman lähtökohtana oli katsekäyttäytymisen tutkiminen sekä perinteisessä verbaalisessa kommunikaatiossa, että tilanteissa, joissa keskusteluun ei ole mahdollisuutta.

3.1.1 Koeosiot

Ensimmäisessä (1) koeosiossa koehenkilöt pelasivat korteilla intiaanipokeria vastakkain. Osion tavoitteena oli luoda pelin avulla henkilöiden välille kilpailutilanne ilman keskustelua. Pelikierroksen alussa kummallekin koehenkilölle näytettiin lyhyesti vastustajan kortti, mutta ei omaa korttia. Osapuolten tuli pyrkiä toistensa kasvonilmeitä lukemalla päättelemään, kummalla oli suurempi mahdollisuus voittaa, koska kierroksen voitti se, jolla oli suurempi kortti. Tältä pohjalta oletettiin vastapuolen katsekäyttäytymisen vaikuttavan katsojan päätöksentekoon siitä, miten pelissä kannatti edetä menestyäkseen. Näin ollen avautui mahdollisuus tutkia kahden ihmisen katsekäyttäytymistä vuorovaikutustilanteessa, jossa ääneen puhuttua keskustelua ei esiinny.

Toisessa (2) koeosiossa koehenkilöt pelasivat samaa peliä ns. yhteistyöversiossa, joka kehitettiin erikseen tätä diplomityötä varten. Pelin mekaniikka oli muuten sama kuin ensimmäisessä osiossa, mutta nyt osapuolten ainoana tavoitteena oli arvata yhdessä suuremman kortin haltija. Jos molemmat pelaajat arvasivat samalla tavalla (arvaukset merkittiin kynällä toisen näkemättä lomakkeeseen), molemmat voittivat kierroksen, oli arvaus oikein tai ei. Myös tässä pelissä kierroksen voittoon pääseminen edellytti vastapuolen kasvonilmeiden lukemista, mutta nyt voittoa haettiin yhteistyössä eikä toisesta.

Kolmannessa (3) koeosiossa koehenkilöille ei annettu muuta ohjetta kuin keskustella vapaasti toistensa kanssa. Lisätiedoksi kuitenkin annettiin, että mikäli yhteistä puheenaihetta ei muuten löydy, osapuolet voivat keskustella itse koetilanteesta tai intiaanipokerista. Suurin osa koehenkilöistä keskustelikin juuri näistä aiheista.

Koeosiot 1 (intiaanipokeri vastakkain) ja 2 (intiaanipokeri yhteistyössä) järjestettiin kaikkien parien kohdalla ensimmäisinä, mutta siten, että joka toisella koehenkilöparilla osio 1 pelattiin ensin ja joka toisella osio 2 ensin. Tämä tehtiin siksi, ettei pelien järjestys vaikuttaisi tuloksiin. Koeosio 3 järjestettiin kuitenkin aina viimeisenä. Kaikkien osioiden kestot olivat 1-3 minuuttia, suurin osa välillä 2-3 min, ja pelillisissä osioissa kierroksia

pelattiin aina niin monta, kuin kestoajan puitteissa ehdittiin. Koehenkilöille annetut yksityiskohtaiset ohjeet on esitetty liitteessä 2.

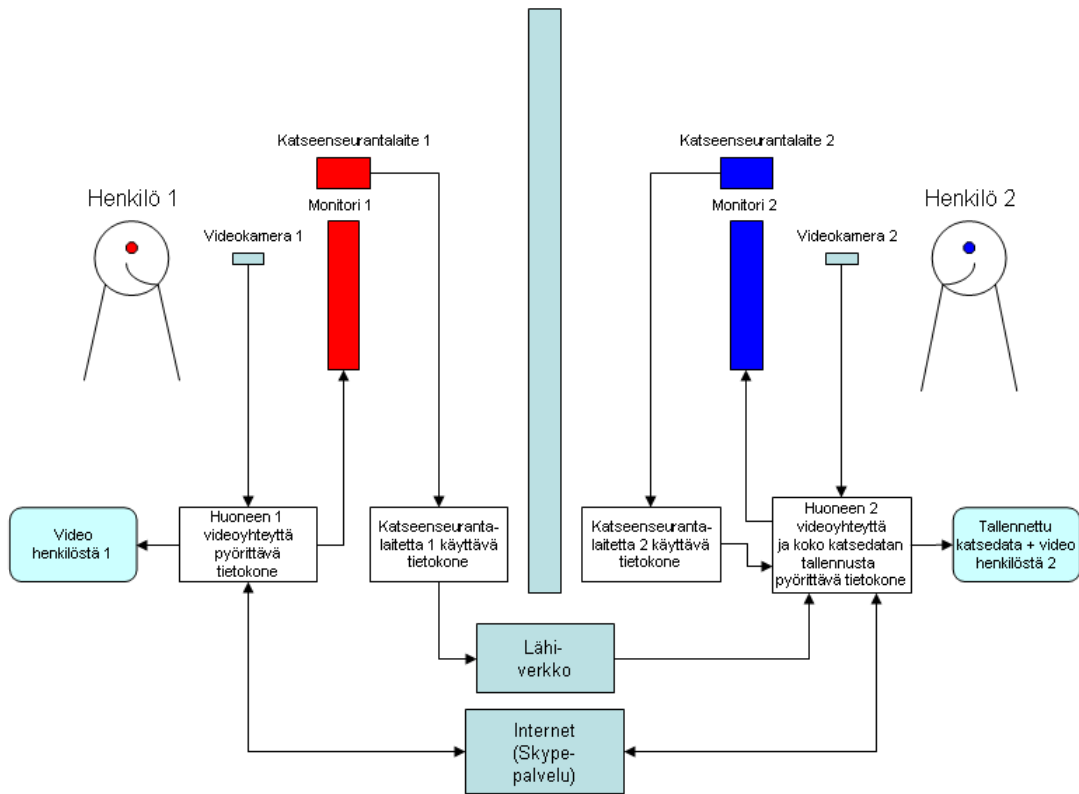
3.1.2 Tutkimuksen otanta

Tutkimus toteutettiin 20 koehenkilöllä, jotka muodostivat 10 erillistä paria. Osallistujien ikähaarukka oli keskimäärin $26 \pm 6,8$ ikävuotta. Miehiä koehenkilöistä oli 14 ja naisia 6 siten, että pareista 5 muodostui yksinomaan miehistä, 1 naisista ja loput 4 olivat sekapareja. Kaikki koehenkilöt olivat suomalaisia (pääosa TKK:n opiskelijoita), eikä kellekään ollut tiedossa mielenterveydellisiä sairauksia. Palkkioksi osallistumisesta koehenkilöille tarjottiin ilmainen lounas tai kahvi.

3.2 Laboratorio

Tutkimuslaboratorion vaatimuksena oli luoda puitteet edellä kuvatun koeasetelman toteuttamiseksi. Käytännössä oli rakennettava järjestelmä, joka kykenee automaattisten katseenseurantalaitteistojen avulla mittaamaan, mihin kuvaruudun yksittäisiin pisteisiin koehenkilöt katsovat toisiaan videokeskustelun aikana. Mittausten tuli tapahtua ei-invasiivisesti ja päiden asennosta riippumatta. Samalla järjestelmän tuli kyetä tallentamaan videokeskustelut ja silmänliikkeitä koskeva raakadata keskitetysti.

Laboratorion tekninen runko on jaettavissa kolmeen osaan: koehenkilöiden silmänliikkeitä mittaaviin katseenseurantalaitteistoihin, reaaliaikaiseen video- ja ääniyhteyteen sekä video- ja silmänliikCEDatan tallennusjärjestelmään. Lisäksi laboratorio vaatii huomattavan määrän oheisvälineitä. Kuvassa 8 on esitetty laboratorion osa-alueiden yhteistoiminta ja tietoliikenne lohkokaaaviona (vrt. johdannon kuva 1). Kaikkien työssä käytettyjen laitteisto- ja ohjelmistokomponenttien yksityiskohtaiset tekniset tiedot on selostettu liitteessä 1.



Kuva 8. Lohkokaavio laboratorion osakomponenteista ja niiden välisestä tietoliikenteestä.

3.2.1 Katseenseurantalaitteistot

Kuvan 8 mukaisesti laboratorion rungon ensimmäisen osan muodostivat kaksi katseenseurantalaitteistoa. Katseenseurantalaitteistojen avulla koehenkilöiden silmänliikkeet oli mahdollista mitata siten, että katsedata (eli koehenkilöiden silmien kohdistuspisteet videoruudulla tietyllä ajanhetkellä) saatiin talteen samalta ajanjaksolta, jonka henkilöt oikeastikin olivat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa.

Luvun 2.2.2 lopussa kuvattu menetelmä yhdistetystä videopohjaisesta pupilli- ja sarveiskalvoheijastuksen mittaamisesta täytti laboratorion vaatimukset. Tutkimuksessa käytetyt katseenseurantalaitteistot olivat mallia **Tobii 1570** ja **SMI iViewX RED**. Molemmat laitteistot mittasivat pupillin ja sarveiskalvoheijastuksen paikkaa infrapunavalon avulla, eroten toisistaan ainoastaan teknisen toteutuksensa puolesta. Tobii 1570 oli integroitu monitoriin, kun taas SMI iViewX RED sijaitsi pöydällä erillislaitteena koehenkilön ja monitorin edessä. Jatkossa käytämme edellä mainituista katseenseurantalaitteistoista yksinkertaisuuden vuoksi nimilyhenteitä ”Tobii” ja ”SMI”, tai katseenseurantalaitteisto ”1” ja ”2”.

3.2.2 Videoyhteys

Katseenseurantalaitteistojen ohella laboratorion rungon toisen osan muodosti tutkimuhuoneiden välinen molemminpuolinen video- ja ääniyhteys. Tämä mahdollisti koehenkilöiden välisen reaaliaikaisen videokeskustelun, jonka aikana katsedata tallennettiin.

Samassa rakennuksessa olevien huoneiden välinen videoyhteys toteutettiin kahdella videokameralla, mikrofoneilla ja kuulokkeilla. Videokameroina käytettiin kahta siimoista roikkuvaa n. 12,5 x 12,5 x 18 mm kokoista web-kameraa (malliltaan SS-20PCK) koehenkilön ja videoruudun välissä. Kameravalinnan ja järjestelyn tavoitteena oli mahdollisimman luonnonmukainen vuorovaikutustilanne, jossa kamera peitti mahdollisimman pienen osan koehenkilön edessä olevasta monitorista. Lähikuva kamerasta on nähtävissä kuvassa 9.



Kuva 9. Toinen tutkimuksessa käytetyistä videokameroista.

Ääniyhteyden toteuttamiseen käytettiin kuulokkeita sekä kahta monitorien eteen asetettua web-kameraa, jotka sisälsivät sisäänrakennetut mikrofonit (mutta joiden kameraosaa ei tässä käytetty). Videokeskustelut itsessään toteutettiin maksuttoman, maailmanlaajuisen Skype-palvelun kautta soittamalla videopuhelu huoneesta toiseen ja suurentamalla vastapuolen kasvot sisältävä videoikkuna koko monitorin kokoiseksi. Koska molemminpuolisen videoyhteyden pyörittäminen kulutti Skypeä ajavalta koneelta huomattavasti laskentatehoa, oli huomioitava tehonkulutuksen mahdollisesti aiheuttamat häiriöt katseenseurantalaitteistoon. Tästä johtuen videoyhteyksiä ajettiin kuvan 8 mukaisesti eri koneilta kuin katseenseurantalaitteistoja.

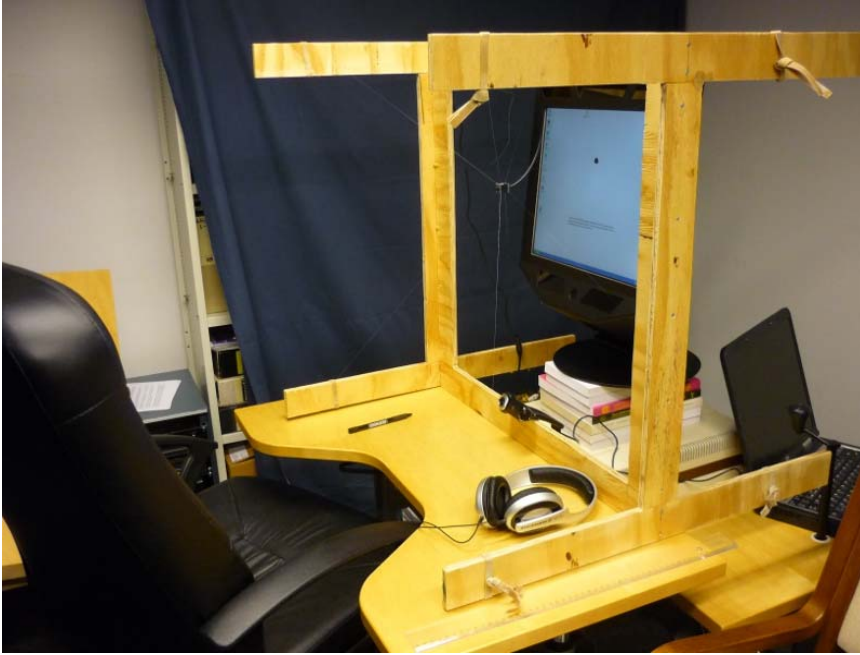
3.2.3 Datan tallennus

Molempien katseenseurantalaitteistojen tuottama raakadata koehenkilöiden silmien kohdistuspisteistä tallennettiin keskitetysti yhteen lokitiedostoon, joka sijaitsi tässä tutkimuksessa katseenseurantalaitteiston nro. 2 (SMI) puoleista videoyhteyttä pyörittävällä erilliskoneella (ks. kuva 8), ns. SMI stimuluskoneella. Tässä työssä tallennuksen hoiti tutkimusta varten erikseen kehitetty Java-sovellus nimeltä EMO-Engine (ks. liite 1). Data tallennettiin tekstimuotoisena rivi kerrallaan ja reaaliaikaisesti sitä mukaa, kuin se saapui katseenseurantalaitteita pyörittäviltä koneilta tallennuskoneelle. Katsepisteiden koordinaattien ohella lokitiedoston kullekin riville annettiin aikakoodi datan myöhempää jäsentelyä ja synkronoimista varten. Tarkka syntaksi lokitiedostoihin tallennetun datan muodosta on esitetty liitteessä 3. Katsedatan ohella kaikki Skype-videopuhelut nauhoitettiin äänen kanssa erillisiksi videotiedostoiksi.

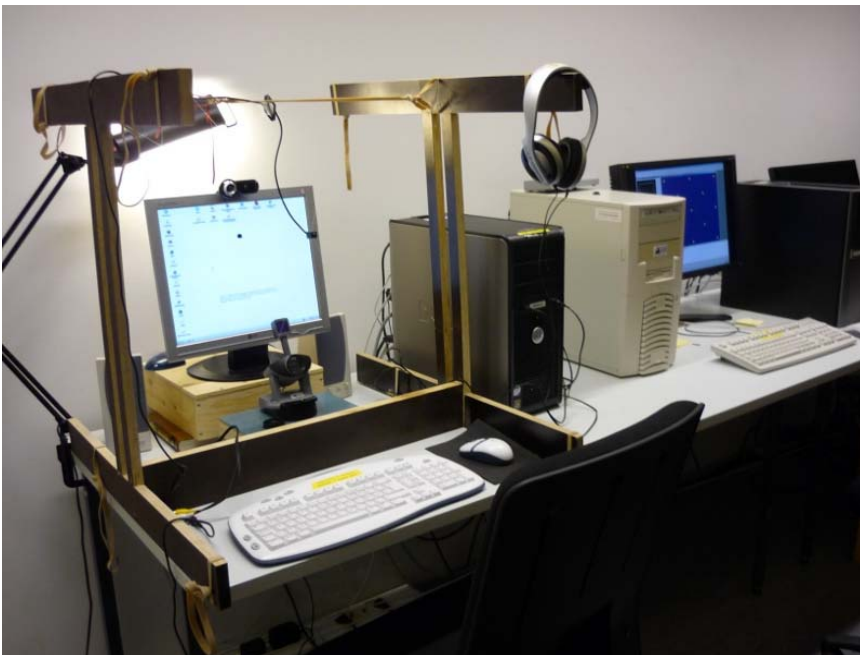
3.2.4 Oheisvälineet

Katsedatan mittaamisen, videoyhteyden pyörittämisen ja datan tallennuksen johdosta laboratorion toiminta edellytti nopeaa, häiriötöntä Internet-yhteyttä ja toimivaa lähiverkkoa tutkimushuoneiden välillä. Lisäksi laboratorion käyttö edellytti yksittäisiä oheisvälineitä, joita ilman kokeiden järjestäminen ei olisi onnistunut.

Tässä tutkimuksessa oheisvälineistä tärkeimmät olivat koehenkilöiden käyttämät tuolit, joiden korkeuden ja selkänöjien asennot olivat säädettävissä vapaasti. Koeosioiden ennalta määrätyn likimääräisen keston johdosta tuli toisella kokeenhoitajalla olla mukanaan ajanottokello. Tämän ohella kummassakin tutkimushuoneessa oleva kokeenhoitaja tarvitsi matkapuhelimen heidän keskinäistä yhteydenpitoaan varten. Koeosioiden luonteesta johtuen molempiin huoneisiin tarvittiin lisäksi korttipakka intiaanipokeria varten, kynä ja valmiiksi tulostetut kyselylomakkeet koehenkilöiden tunnetilojen kartoittamiseksi (lomakkeisiin vastattiin kunkin osion jälkeen). Molemmat tutkimushuoneet välineineen on esitetty kuvissa 10 ja 11.



Kuva 10. Laboratorion tutkimushuone nro. 1 Tobii-katseenseurantalaitteistolla, joka on integroitu monitoriin. Kuvassa ovat nähtävissä myös videokamera kehikossa, kuulokkeet, Skype-yhteyttä pyörittävä tietokone (oikealla) sekä mikrofonina toimiva web-kamera monitorin edessä alhaalla.



Kuva 11. Laboratorion tutkimushuone nro. 2 SMI-katseenseurantalaitteistolla, joka sijaitsee pöydällä vasemman monitorin edessä. Kuvassa ovat näkyvissä myös kamerakehikko, kuulokkeet, mikrofonina toimiva web-kamera (monitorin päällä), sekä katsedatan tallennusta ajava SMI stimuluskone (musta tietokone vasemmalla) ja sen vieressä oikealla SMI katseenseurantalaitteistoa pyörittävä tietokone (harmaa).

3.3 Kokeen kulku

Ennen kunkin kokeen alkua koehenkilöt tutustutettiin toisiinsa ja kokeenhoitajiin (riippumatta siitä, tunsivatko he toisensa ennestään). Ensimmäiseksi koehenkilöille kerrottiin, että tarkoitus oli tutkia vuorovaikutuksen sujuvuutta videokeskustelussa – katsekontaktin tutkimisesta ei mainittu mitään.

Pelillisten koeosoiden (1 ja 2) taholta koehenkilöt kuivaharjoittelivat intiaanipokeria pöydän ääressä muutaman kerran ennen kokeita, jotta pelin mekaniikka tulisi tutuksi. Tämän jälkeen koehenkilöt ohjattiin tutkimushuoneisiin kumpikin yhden kokeenhoitajan kanssa. Koska SMI-katseenseurantalaitteisto oli liikkuvan infrapunakameransa johdosta virhealttiimpi pään liikkeille kuin Tobii, kysyttiin koehenkilöiltä, kumpi heistä osaisi pysyä paremmin liikkumattomana. Tällä tavoin valittu ”stabiilimpi” koehenkilö sijoitettiin aina SMI-huoneeseen.

Koehenkilöille järjestettiin istumapaikat tutkimuspöytien äärestä siten, että kumpikin henkilö pystyi seuraamaan edessään olevan monitorin videokuvaa mahdollisimman häiriöttömästi. Henkilöitä kuvaavat videokamerat oli asennettu monitorien eteen, n. 10-15 cm päähän ruudusta (ks. kuvat 7, 10 ja 11), ja koehenkilöt vastaavasti istuivat n. 60 cm päässä monitorista. Huoneiden valaistukset järjestettiin siten, että koehenkilöiden kasvot näkyivät kameran tuottamassa videokuvassa mahdollisimman selvästi. Tässä tutkimuksessa Tobii-huoneen tapauksessa riitti kattovalaistus, kun taas SMI-huoneessa tehtävä koe edellytti ylimääräistä pöytävalaisinta sijoitettuna monitorin taakse koehenkilön kasvojen eteen. Ennen kokeiden alkua kummankin tutkimushuoneen katseenseurantalaitteistot kalibroitiin yksilökohtaisesti. Kalibrointiin käytettiin oheisohjelmia, joissa koehenkilöiden tuli seurata katseellaan ruuduille ilmestyviä palloja n. 10 sekunnin ajan.

Kameroiden, monitorien, pöytien ja tuolien korkeudet säädettiin kummankin koehenkilön osalta siten, että kamera sijoittui korkeussuunnassa suunnilleen koehenkilön silmäluomien tasalle ja leveysuunnassa monitorin puoliväliin. Apuna asennon säätämiseen oli katseenseurantakoneiden monitoreissa käytetty Windows-taustakuva, johon piirretyn mustan pisteen tuli osua samalle korkeudelle kameran kanssa. Pääsääntöisesti koehenkilöt tekivät nämä säädöt kokeenhoitajien avustuksella itse, yhtäaikaaisesti, nähden toisensa ruuduilta. Yleinen ohje koehenkilölle oli, että siimoista roikkuvan kameran tuli jäädä videoruudulla toisen koehenkilön silmien väliin. Lisäksi koehenkilöille korostettiin pään pitämistä paikallaan kokeen aikana.

Syynä kameroiden tarkkaan asemoimiseen oli, että luonnollisen katsekontaktin aikaansaamiseksi koehenkilöiden tuli voida katsoa toisiaan suoraan silmiin kameroiden ohi. Koska huoneita, monitoreita, katseenseurantalaitteistoja ja muita välineitä ei ollut resurssien puolesta mahdollista saada toisiinsa nähden identtisiksi, oli kumpikin koeympäristö rakennettava siten, että nimenomaan itse koetilanne olisi kummankin osapuolen taholta mahdollisimman samankaltainen ja fyysisistä puitteista riippumaton.

Kameroiden asemoimisen jälkeen koehenkilöiltä kysyttiin, oliko heillä todettu silmien karsastusta. Tätä tietoa tarvittiin, koska tallennettua katsedataa voitiin jälkikäteen analysoida kummankin seurantalaitteen osalta vain toisesta silmästä. Mikäli karsastusta oli todettu, kysyttiin henkilöltä, kumpi silmä hänellä oli dominoiva. Jatkoanalyysiin valittiin aina dominoivan silmän data. Jos karsastusta ei ollut todettu, valittiin analysoitavaksi sen silmän data, joka myöhemmän analyysin perusteella sisälsi vähemmän virheitä.

Katsedatan nauhoittaminen aloitettiin ensin käynnistämällä SMI-huoneesta EMO-Engine sekä Skype-videonauhoitukset molemmista huoneista. Tämän jälkeen kokeen alkamishetki synkronoitiin nauhoitettaville videoille siten, että koehenkilöitä pyydettiin pitämään silmiään kiinni siihen asti, kunnes Tobii-huoneen kokeenhoitaja laski kolmeen. Ääneen laskeminen tallentui nauhoitettaville videoille yhdessä silmien avaamishetken kanssa. Vastaavalla tavalla myös kokeen lopetushetki synkronoitiin videolle (koehenkilöt sulkiivat silmänsä kokeenhoitajan laskiessa kolmeen).

Kun koehenkilöt avasivat silmänsä, molemmille katsenseurantalaitteistoille avautui visuaalinen yhteys niihin. Tällöin kumpikin laitteisto alkoi lähettää katsedataa EMO-Enginelle sitä mukaa, kuin koehenkilöiden silmät liikkuvat. SMI:n tapauksessa data siirtyi EMO-Enginelle ja sitä kautta lokitiedostoon reaaliajassa. Tobii:n tapauksessa datansiirto kuitenkin tapahtui 1-10 rivin purskeina, jotka siirtyivät lähiverkon yli EMO-Enginelle keskimäärin 180 millisekunnin välein. Purskeiden sisältämät Tobii-datan rivit synkronoitiin SMI:n datan kanssa yhteen myöhemmin.

Laboratorion toiminta kokeen aikana vaati kokeenhoitajilta lähes jatkuvaa viestiyhteyttä keskenään. Koska Skypen kautta tapahtuva audioyhteys oli kuulokkeiden kautta varattu koehenkilöiden väliseen kommunikaatioon, kokeenhoitajat pitivät yhteyttä toisiinsa matkapuhelimilla. Koetilanteen johtamisen hierarkia toimi siten, että Tobii-huoneen kokeenhoitaja oli tutkimuksen pääohjaaja, joka organisoivat kokeen etenemisen ja mittasi kellolla aikaa. SMI-laitteiston hoitaja puolestaan toimi pelinjohtajana koeosioissa 1 ja 2,

pitäen mielessään kirjaa pelipanoksista ja kierrosten voittajista. Pelien voittajatietoja ei kuitenkaan kirjattu ylös saati säilytetty kokeen jälkeen, sillä ne olivat tutkimuksen kannalta yhdentekeviä; koko peliasetelman ainoa tarkoitushan oli saada koehenkilöt sosiaaliseen vuorovaikutukseen, jossa katsekontaktia esiintyisi.

Osioiden välillä koehenkilöitä pyydettiin täyttämään lomakesarja, jossa kysyttiin tietoja mm. mielialasta ja tunnetiloista. Lomaketietojen keruu antaa mahdollisuuden tutkia myöhemmin sitä, mitä koehenkilöt oikeasti tunsivat kokeiden aikana. Lisäksi niiden avulla voidaan jatkossa selvittää erilaisten tunnetilojen yhteyttä katsekäyttäytymiseen tämän diplomityön tulosten valossa.

3.4 Mitattavat ja laskettavat parametrit

Tässä osiossa esitellään ne parametrit, jotka tutkimuksessa kerätystä katsedatasta mitattiin ja laskettiin. Mitattaviin katseparametreihin kuuluvat datasta suoraan johdettavat mekaaniset lähtösuureet, kuten yksittäisten katsetilojen koekohtaiset kestoajat ja eri katsetilojen välisten siirtymien lukumäärät. Laskettaviin parametreihin puolestaan kuuluvat koehenkilöiden katsekäyttäytymistä kuvaavat yleistajuiset tunnusluvut, jotka lähtösuureista on laskettavissa kaavojen avulla. Näitä ovat mm. katsekontaktin prosentuaalinen määrä kokeen kokonaiskestosta, katsekontaktijakson keskimääräinen pituus ja kummankin koehenkilön katsetiheys.

3.4.1 Katsetilojen kestoajat

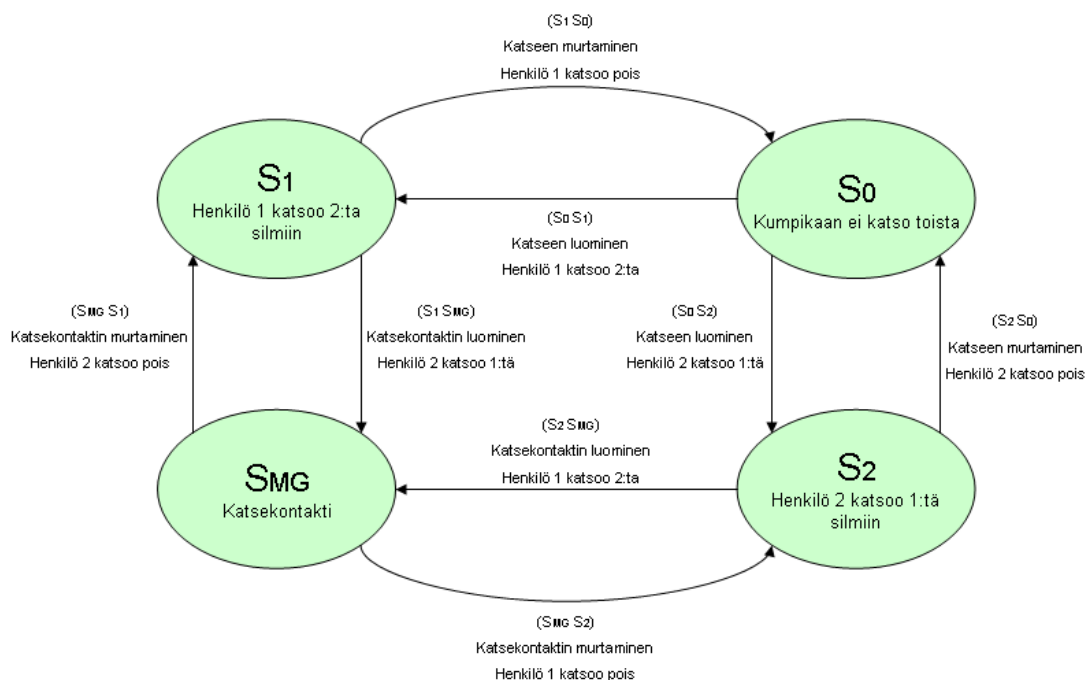
Koehenkilö 1 (Tobii-huoneessa) ja koehenkilö 2 (SMI-huoneessa) voivat joutua kokeen aikana neljään eri katsetilaan, jotka esitettiin luvussa 2.1.2 (kuva 3). Tilat ovat tällöin seuraavat:

- **Katsekontakti:** Molemmat koehenkilöt katsovat toisiaan silmiin (SMG)
- **Koehenkilön 1 yksipuolinen katse:** Koehenkilö 1 katsoo koehenkilöä 2 silmiin ilman vastakatsetta (S1)
- **Koehenkilön 2 yksipuolinen katse:** Koehenkilö 2 katsoo koehenkilöä 1 silmiin ilman vastakatsetta (S2)
- **Molemminpuolinen aversio:** Kumpikaan koehenkilö ei katso toista silmiin (S0)

Tässä tutkimuksessa kunkin em. katsetilan lukuarvo kertoo kaikkien kyseisessä koeosiossa esiintyneiden vastaavien tilojen yhteenlasketun kestoajan. Jos siis esimerkiksi koehenkilö 1 katsoo koehenkilöä 2 kokeen aikana yhteensä 25 sekuntia ilman, että tämä katsoo takaisin, $S_1 = 25$. Suureiden lukuarvot ovat mitattavissa kerätystä katsedatasta, kun koehenkilöiden silmien paikat videoruuduilla tiedetään. Apusuuretta T käytetään kuvaamaan kokeen kokonaiskesto. T on siis arvoltaan yhtä suuri kuin kaikkien neljän edellä kuvatun katsetilan yhteiskesto, eli $T = S_1 + S_2 + SMG + S_0$.

3.4.2 Tilasiirtymät

Koehenkilöiden välistä katsekäyttäytymistä ulkopuolisen tarkkailijan näkökulmasta mallinnetaan tässä työssä tilakaaviolla, joka pohjautuu edellä kuvattuihin katsetiloihin ja niiden välisten siirtymien lukumääriin koko kokeen aikana. Katsekäyttäytymisen mallintaminen tilakaavion avulla on mielekästä, koska oletuksena on, että virtuaalihahmoja ohjaavan algoritmin on tavalla tai toisella tunnistettava meneillään oleva katsetila. Näin ollen algoritmin on myös määritettävä, mikä seuraava tila on vuorovaikutustilanteen luonnonmukaisuuden kannalta todennäköisin. Koska katsetiloja on yhteensä 4 erilaista, on siirtymiä vastaavasti 8. Nämä on esitetty kuvassa 12. Tässä mallissa katsekontaktiin ei voida siirtyä suoraan molemminpuolisesta aversiosta (S_0), vaan sen syntyminen edellyttää aina, että toinen henkilö katsoo toista ensin.



Kuva 12. Katsetilat ja niiden väliset siirtymät.

Kutakin kuvassa 12 esitettyä tilasiirtymää (nuolet tilojen välillä) kuvataan kaksiosaisella suureella, jonka ensimmäinen osa kertoo mistä katsetilasta lähdetään ja jälkimmäinen mihin tilaan päädytään. Esimerkiksi siirtymä S1S0 (kuvassa 12 tilojen S1 ja S0 välillä vasemmalta oikealle) kuvaa katsetilan vaihtumista tilasta S1 tilaan S0. Käytännössä se tarkoittaa, että koehenkilö 1 kääntää katseensa pois koehenkilön 2 silmistä ilman, että henkilö 2 katsoi takaisin. Suureiden arvot ilmentävät siirtymien lukumääriä yksittäisen koeosion aikana. Mikäli esimerkiksi koehenkilö 1 kääntää katseensa kokeen aikana 30 kertaa pois koehenkilöstä 2 ilman, että tämä katsoi takaisin, $S1S0 = 30$.

3.4.3 Laskettavat parametrit

Katsetilojen kestoajkojen ja tilasiirtymien lukumäärien mittaamisen jälkeen lasketaan koehenkilöiden katsekäyttäytymiselle ennalta valitut parametrit, jotka kuvaavat katsekäyttäytymistä yleistajuisesti. Parametrit valittiin siten, että katsekäyttäytyminen tuli työn tavoitteiden kannalta kartoitettua mahdollisimman laajasti.

Kaikki parametrit lasketaan edellä kuvatuista lähtösuureista, toisin sanoen 4:n eri katsetilan kestoajkojen, koeosion kokonaiskeston ja 8:n eri tilasiirtymän lukumäärien pohjalta. Tutkimuksen ensimmäinen ja toinen tavoite oli selvittää katseen määrät ja ajalliset ulottuvuudet koehenkilöiden välillä (ks. johdanto). Näihin tavoitteisiin liittyvien parametrien laskukaavat on esitetty taulukossa 1. Osa laskettavista parametreista on kokeen kannalta yhteisiä molemmille osapuolille (ns. *yksiosaiset parametrit*, esim. katsekontaktin määrä G_{mut}), kun taas osa lasketaan aina kummallekin koehenkilölle erikseen (ns. *kaksiosaiset parametrit*, esim. katsomisen kokonaismäärä G_{tot1} ja G_{tot2}).

Taulukko 1. Tutkimuksessa laskettavat parametrit, jotka ilmentävät katseen määriä ja katsekäyttäytymisen ajallista ulottuvuutta. Mukana ovat selvyuden vuoksi myös termien englanninkieliset vastineet.

<p>Yksilön katseen kokonaismäärä (engl. total gaze) Gtot1 = (S1 + SMG) / T Gtot2 = (S2 + SMG) / T</p>	<p>Yksilön katseen kokonaismäärällä tarkoitetaan sitä prosentuaalista osuutta kokeen kestosta, jonka yksittäinen koehenkilö katsoo toista osapuolta silmiin. Yksilön katseen kokonaismäärä on aina henkilökohtainen suure.</p>
<p>Yksipuolisen katseen määrä (engl. amount of individual gaze) Gind1 = S1 / T Gind2 = S2 / T</p>	<p>Yksipuolisen katseen määrä on se prosentuaalinen osuus kokeen kestoajasta, jonka yksittäinen koehenkilö katsoo toista silmiin ilman, että tämä katsoo takaisin.</p>
<p>Katsekontaktin määrä (engl. amount of mutual gaze) Gmut = SMG / T</p>	<p>Katsekontaktin määrällä tarkoitetaan kokeen kestoajasta sitä prosentuaalista osuutta, jonka koehenkilöt katsovat toisiaan silmiin.</p>
<p>Poispäin katsomisen kokonaismäärä (engl. gaze away) Gaway1 = (S0 + S2) / T Gaway2 = (S0 + S1) / T</p>	<p>Poispäin katsomisen kokonaismäärä on vastakohta katsomisen kokonaismäärälle. Se kuvaa henkilöä kohden sitä prosentuaalista osuutta kokeen kokonaisajasta, jonka tämä katsoo minne tahansa muualle kuin vastapuolen silmiin.</p>
<p>Katseen keskipituus (engl. mean duration of gaze) D1 = (S1 + SMG) / (S0S1 + S2SMG) D2 = (S2 + SMG) / (S0S2 + S1SMG)</p>	<p>Katseen keskipituus on keskimääräinen pituus yhdelle ajanjaksolle, jonka koehenkilö katsoo toista osapuolta silmiin.</p>
<p>Yksipuolisen katseen keskipituus (engl. mean duration of individual gaze) Dind1 = S1 / (S0S1 + SMGS1) Dind2 = S2 / (S0S2 + SMGS2)</p>	<p>Yksipuolisen katseen keskipituus on keskimääräinen pituus ajanjaksolle, jonka koehenkilö katsoo toista osapuolta silmiin ilman, että tämä katsoo takaisin.</p>
<p>Katsekontaktijakson keskipituus (engl. mean duration of mutual gaze) Dmut = SMG / ((S1SMG) + (S2SMG))</p>	<p>Katsekontaktijakson keskipituudella tarkoitetaan keskimääräistä pituutta yhdelle ajanjaksolle, jossa molemmat koehenkilöt katsovat toisiaan silmiin.</p>
<p>Poispäin katsomisen keskipituus (engl. mean duration of glance away) Daway1 = (S0 + S2) / (S1S0 + SMGS2) Daway2 = (S0 + S1) / (S2S0 + SMGS1)</p>	<p>Poispäin katsomisen keskipituus kuvaa keskimääräistä pituutta yhdelle ajanjaksolle, jonka koehenkilö katsoo minne tahansa muualle kuin vastapuolen silmiin.</p>
<p>Katsekontaktin indeksi (engl. Index of Mutual Focus) MF = Gmut / (Gind1 + Gind2 + Gmut)</p>	<p>"Index of Mutual Focus" –käsitteellä (Argyle, Cook 1976, s. 70), eli katsekontaktin indeksillä kuvataan sitä osuutta parikeskustelussa tapahtuvasta katseesta, joka on katsekontaktia. Indeksi määritellään välillä 0-1.</p>
<p>Katsetiheys (engl. frequency of gazes) Ftot1 = (S0S1 + S2SMG) / T Ftot2 = (S0S2 + S1SMG) / T</p>	<p>Katsetiheys mittaa parikeskustelussa sitä, kuinka monta kertaa minuutin aikana henkilö keskimäärin kääntää katseensa toisen silmiin. Katsetiheys lasketaan yksilön osalta jakamalla vastapuoleen suuntautuneiden katseiden lukumäärä vuorovaikutuksen kokonaisajalla.</p>

<p>Poispään katsomisen tiheys (engl. frequency of glances away) $F_{away1} = ((S1S0) + (SMGS2)) / T$ $F_{away2} = ((S2S0) + (SMGS1)) / T$</p>	<p>Poispään katsomisen tiheys määritellään päinvastaisella tavalla kuin katsetiheys. Se kertoo, kuinka monta kertaa minuutin aikana yksilö keskimäärin kääntää katseensa pois vastapuolen silmistä. Parametri lasketaan jakamalla vastapuolen silmistä poispäin suuntautuneiden katseiden lukumäärä vuorovaikutuksen kokonaisajalla.</p>
<p>Katsekontaktin aloitus- ja lopetustiheydet (engl. frequency of initiating and terminating mutual gaze) $F_{init1} = (S2SMG) / T$ $F_{init2} = (S1SMG) / T$ $F_{brake1} = (SMGS2) / T$ $F_{brake2} = (SMGS1) / T$</p>	<p>Katsekontaktin aloitus- ja lopetustiheyksillä kuvataan sitä, montako kertaa minuutin aikana koehenkilöt keskimäärin aloittavat tai lopettavat katsekontaktin.</p>
<p>Strongmanin ja Champnessin kaava $G_{mut_exp} = G_{tot1} \times G_{tot2}$</p>	<p>Katsekontaktin määrää parikeskustelussa voidaan arvioida Strongmanin ja Champnessin (1986) kaavalla kertomalla yhteen kummankin osapuolen yksilöllisen katseen kokonaismäärät.</p>

Laskettaviin katseparametreihin kuuluvat myös tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet, joiden selvittäminen oli tutkimuksen kolmas tavoite. Siirtymien suhteelliset todennäköisyydet koko kokeen näkökulmasta voidaan laskea, kun tiedetään, montako kertaa tietty siirtymä yksittäisen kokeen aikana esiintyy. Laskukaavat todennäköisyyksille on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Laskukaavat katsetilojen välisten siirtymien todennäköisyyksille

Siirtymä	Vastaavan todennäköisyyden laskukaava
S1S0	$P_{S1S0} = (S1S0) / (S1S0 + S1SMG)$
S0S1	$P_{S0S1} = (S0S1) / (S0S1 + S0S2)$
SMGS1	$P_{SMGS1} = (SMGS1) / (SMGS1 + SMGS2)$
S1SMG	$P_{S1SMG} = (S1SMG) / (S1SMG + S1S0)$
S2SMG	$P_{S2SMG} = (S2SMG) / (S2SMG + S2S0)$
SMGS2	$P_{SMGS2} = (SMGS2) / (SMGS2 + SMGS1)$
S2S0	$P_{S2S0} = (S2S0) / (S2S0 + S2SMG)$
S0S2	$P_{S0S2} = (S0S2) / (S0S2 + S0S1)$

Koska kuvan 12 tilakaavio ei sisällä aika-ulottuvuutta, on kunkin siirtymän todennäköisyys ainoastaan arvio, joka ilmentää koehenkilöiden katseiden suunnan muutoksia keskimääräisesti koko kokeen mittakaavassa. Tässä mielessä myös todennäköisyydet kuvaavat katseiden suunnan muutostiheyksiä, eivätkä siten ole kiinnitettävissä kokeen yksittäisiin ajanhetkiin sellaisenaan. Absoluuttiset todennäköisyydet, joilla jompikumpi henkilö

kommunikaation tietyllä hetkellä muuttaa katseensa suuntaa, vaihtuvat vuorovaikutuksen edetessä ja riippuvat olennaisesti tilanteesta; esimerkiksi luvun 2.3.4 perusteella silmiin katsominen on todennäköisempää puhutun lauseen lopussa kuin alussa, mitä kuvan 12 tilakaavio ei huomioi. Siksi taulukon 2 todennäköisyydet tulee virtuaalihahmon algoritmisuunnittelun kannalta nähdä ainoastaan likimääräisinä, arvioituina todennäköisyyksinä, joilla kommunikaatiotilanteen seuraavan katsetilan todennäköisyyttä voidaan approksimoida, jos muita vaikuttimia ei tiedetä.

Tilasiirtymien todennäköisyydet esiintyvät aina pareittain sen mukaan, mistä katsetilasta lähdetään. Oltaessa esimerkiksi tilassa S0 on seuraava tila joko S1 tai S2. Tällöin todennäköisyys siirtyä tilasta S0 tilaan S1 on P_{S0S1} ja tilaan S2 yhtä kuin P_{S0S2} . Todennäköisyys siirtyä jompaankumpaan tilaan on näin ollen yhteensä 100%. Tämä on myös todennäköisyyksien P_{S0S1} ja P_{S0S2} summa. Vastaavasti esimerkiksi siirtymien P_{SMGS1} ja P_{SMGS2} summa on myös 100% (lähtötila SMG).

Esimerkki:

Mikäli tietyn koeosion aikana koehenkilö 1 on kääntänyt katseensa 30 kertaa koehenkilöön 2 ilman vastakatsetta ($S0S1 = 30$), ja koehenkilö 2 on tehnyt vastaavan 50 kertaa ($S0S2 = 50$), on siirtymän $S0S1$ todennäköisyys P_{S0S1} tällöin taulukon 2 mukaisesti:

$$P_{S0S1} = (S0S1) / (S0S1 + S0S2) = 30 / (30 + 50) = 30/80 = 3/8 = 0,375 = 37,5\%.$$

Toisin sanoen kokeen aikana vallitsee arviolta 37,5% todennäköisyys, että koehenkilö 1 kääntää katseensa koehenkilöön 2, kun kumpikaan ei katso toista.

Kaiken kaikkiaan laskettujen parametrien pohjalta syntyviä yksittäisiä tunnuslukuja on taulukoiden 1 ja 2 mukaisesti yhteensä 32 kappaletta. Juuri niihin pohjautuu diplomityön tulosten jatkokäsittely ja johtopäätösten teko koehenkilöiden katsekäyttäytymisestä.

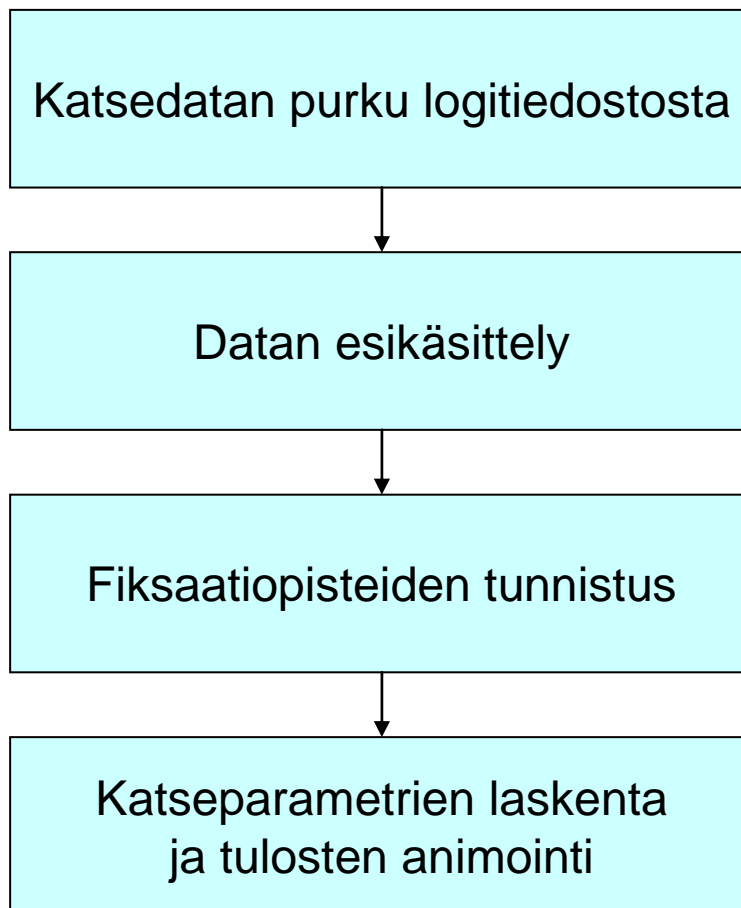
3.5 Datan käsittely

Tässä osiossa käydään vaiheittain läpi, miten koetilanteissa kerätty raakadata käsitellään edellä kuvattujen parametrien selvittämiseksi. Lisäksi tutustutaan tilastollisiin menetelmiin, joita jälkikäsitellyn datan analysoimisessa käytetään.

3.5.1 Datan käsittelyvaiheet

Jokaisen koetilanteen jälkeen puretaan koehenkilöiden katsekäyttäytymistä kuvaava raakadata lokitiedostosta jatkoanalyysia ja parametrien laskemista varten. Datan käsittely koostuu neljästä vaiheesta, jotka suoritetaan jokaisen koeosion kohdalla yhdessä kummankin katseenseurantalaitteen tuottamalle datalle.

Vaiheet on esitetty lohkokaaavana kuvassa 13 ja ne ovat aikajärjestyksessä seuraavat: katsedatan purkaminen lokitiedostosta, datan esikäsittely, fiksaatiopisteiden tunnistus ja lopuksi katseparametrien laskeminen. Parametrien laskemisen yhteydessä data myös animoidaan.



Kuva 13. Lohkokaavio katsedatan käsittelyvaiheista.

Ennen katsedatan purkua poistetaan lokitiedostosta käsin (jollakin tekstieditorilla) kaikki ylimääräinen data, joka mahdollisesti on tallentunut tiedostoon ennen kokeen synkronoitua alkamishetkeä (tai kokeen loputtua). Ylimääräistä dataa voi muodostua mm. siksi, koska dataa tallentava EMO-Engine -sovellus kytketään päälle ennen kuin henkilöt avaavat

silmänsä. Tämä tuottaa lokitiedostoon SMI:n osalta nolladataa (mitä syntyy, kun SMI ei löydä koehenkilön silmiä). Tämä ylimääräinen data löytyy aina tiedoston alusta ja/tai lopusta.

Vastaavasti Tobii-järjestelmä keskeyttää datan lähetyksen EMO-Enginelle aina, kun laitteisto kadottaa yhteyden koehenkilön silmiin. Nämä mahdolliset aikajaksot (jotka voivat syntyä esim. koehenkilön heilauttaessa päätään) näkyvät lokitiedostossa aukkoina, joista SMI:n datarivit löytyvät, mutta Tobiiin tuottamat datarivit puuttuvat. Aukkoja vastaavat ajanjaksot poistetaan lokitiedostosta myös käsin.

3.5.2 Katsedatan purku lokitiedostosta

Lokitiedoston manuaalisen käsittelyn jälkeen puretaan raakadata analysoitavaksi. Datan purkaminen tapahtuu tutkimusta varten kehitetyllä erillissovelluksella, jonka koodi on toteutettu kokonaisuudessaan Matlabilla. Ohjelman tehtävänä on lukea lokitiedosto läpi, ja poimia siitä esikäsiteltäväksi molempien katseenseurantalaitteistojen tuottamat datarivit (katsepisteiden koordinaatit ja niitä vastaavat EMO-Enginen aikaleimat, ks. liite 3). Datan lukeminen operaationa on yksinkertainen ja nopea prosessi, koska data on lokitiedostossa selväkielisenä tekstinä ja luettavissa yhdellä valmiilla Matlab-käskyllä.

3.5.3 Datan esikäsitely

Ennen kuin raakadatasta voidaan tunnistaa fiksaatiopisteet, on se esikäsiteltävä. Esikäsitelyn hoitaa sama Matlab-sovellus, joka purkaa katsedatan lokitiedostosta.

Esikäsitelyn yhteydessä raakadata eritellään kummankin katseenseurantalaitteiston osalta omiin taulukoihinsa ja kaikki datarivit yhtenäistetään toisiaan vastaaville EMO-Enginen aikaleimoille, jotka normalisoidaan alkamaan nolasta. Tällöin kutakin EMO-Enginen tuottamaa aikaleimaa vastaa ideaalitilanteessa yksi rivi kummankin katseenseurantalaitteiston tuottamaa dataa. Samassa yhteydessä eliminoidaan Tobii-datan tiedonsiirrossa tapahtunut puskuroituminen (ts. usean datarivin osuminen samalle aikaleimalle), ja pyöristetään katsepisteiden koordinaatit kokonaisluvuiksi. Lisäksi katsedatasta poistetaan kaikki ajanjaksot, jotka SMI:n osalta koostuvat puhtaasta nolladatasta (siinä missä sama tehtiin käsin Tobii:n datalle ennen raakadatan purkua). Lopputuloksena käsittelyyn saadaan vain ne ajanjaksot, joissa molemmat seurantalaitteet tunnistavat silmät.

3.5.4 Fiksaatiopisteiden tunnistus

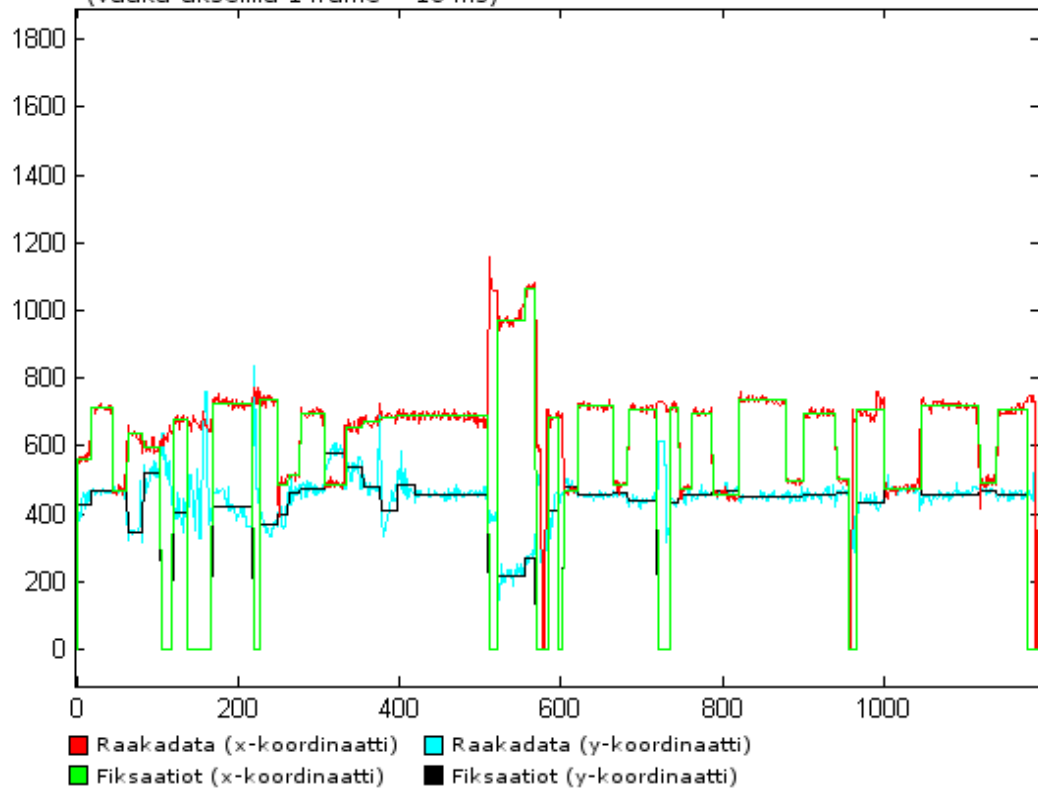
Koska tutkimuksen tavoitteena oli tutkia erityisesti katsekontaktin määrää, oli yksinkertaisinta tutkia sitä raakadatasta laskettujen fiksaatiopisteiden kautta. Syynä tähän on se, että katsekontaktin aikana ihmisen silmät pysyvät likimain paikoillaan, ennen kuin jompikumpi osapuoli rikkoo katsekontaktin. Fiksaatiopisteiden välissä tapahtuvilla sakkadiliikkeillä sitä vastoin ei ole tutkimuksen kannalta käytännön merkitystä, koska niiden aikana katsojalle välittyy ympäristöstä hyvin vähän visuaalista informaatiota.

Fiksaatiopisteiden laskemista varten kehitettiin Matlabilla erillinen sovellus, johon lokitiedostosta purettu ja esikäsitelty data syötettiin. Käytettäväksi algoritmiksi valittiin dispersiopohjainen fiksaatioiden tunnistusmenetelmä (engl. Dispersion-Threshold Identification, I-DT). Menetelmä valittiin johtuen sen suuresta tarkkuudesta ja hyvästä virhesietoisuudesta, sekä yksinkertaisesta toteutustavasta verrattuna esimerkiksi Markovin piilomalleja hyödyntävään ratkaisuun (Salvucci, Goldberg 2000, s. 76).

Algoritmi perustuu oletukseen, jonka mukaan fiksaatiopisteiden läheisyydessä yksittäiset raakadatan katsepisteet osuvat spatiaalisesti hyvin lähelle toisiaan. Tällöin fiksaatiopisteiden tunnistus raakadatasta tapahtuu kahden parametrin kautta. Näistä ensimmäinen on vähimmäisaika t , jonka katseen on minimissään pysyttävä tietyn alueen sisällä. Jälkimmäinen parametri on fiksaatiosäde r ympyrälle, jonka sisälle raakadatan katsepisteiden tulee ajan t kuluessa osua, jotta niiden voidaan katsoa osuvan tarpeeksi lähelle toisiaan. Fiksaatiopisteeksi määritellään tällöin kyseisen ympyrän keskipiste, joka lasketaan keskiarvona kaikkien sen sisälle osuneiden katsepisteiden koordinaateista.

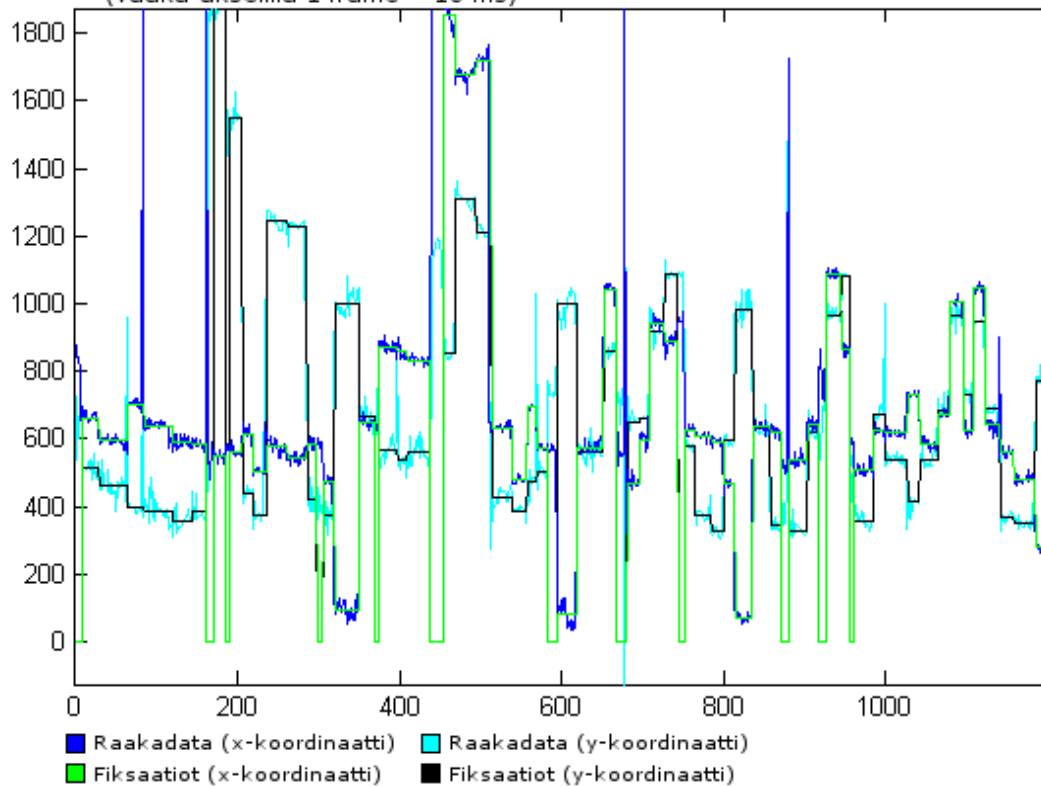
Tobii- ja SMI-katseenseurantalaitteistoille käytettiin tässä tutkimuksessa kokeesta riippuen toisistaan poikkeavia säteen r arvoja fiksaatioiden laskemisessa. Tämä tehtiin siksi, koska laitteistot olivat erilaisia, ja SMI:n tuottama raakadata oli lähes aina kohinaisempaa ja sisälsi enemmän häiriöitä kuin Tobii:n data. Siksi SMI:n fiksaatiopisteiden tunnistukselle sallittiin myös suurempi hajonta (r :n arvo) kuin Tobii:lle. Ilmiö on havaittavissa kuvista 14 ja 15, joissa on esitetty Tobii:n ja SMI:n raakadatan ja fiksaatiopisteiden koordinaatit ajan funktiona, visualisoituna samalta ajanjaksolta. Kuvista on helposti nähtävissä, että SMI:n data (kuva 15) on kohinaisempaa ja vaihtelevampaa kuin vastaava Tobiiin data (kuva 14).

Tobiiin raakadatan ja fiksaatiopisteiden x- ja y-koordinaatit ajan funktiona (vaaka-akselilla 1 frame = 16 ms)



Kuva 14. Tobii:n raakadatan ja lasketut fiksaatiopisteet visualisoituna ajan funktiona.

SMI:n raakadatan ja fiksaatiopisteiden x- ja y-koordinaatit ajan funktiona (vaaka-akselilla 1 frame = 16 ms)



Kuva 15. SMI:n raakadatan ja lasketut fiksaatiopisteet visualisoituna ajan funktiona.

Tässä tutkimuksessa Tobii-datan fiksaatiosäde r oli keskimäärin 64 pikseliä ja SMI:n 92 pikseliä. Fiksaatioiden vähimmäiskesto puolestaan oli laitteistoille yhteinen, ja asetettiin kokeesta riippuen välille 160-200 ms. Fiksaatiosäteen r ja vähimmäiskeston t valintakriteereinä oli, että molemmilla katseenseurantalaitteistoilla fiksaatiopisteet seurasivat raakadatasta silmämääräisesti havaittavia (ilmeisiä) fiksaatiojaksoja kuvien 14 ja 15 kaltaisissa visualisaatioissa. Käytännössä parametreille kokeiltiin erilaisia arvoja, kunnes tulos katsottiin silmämääräisesti tyydyttäväksi. Ohjelma myös jätti fiksaatioita laskettaessa huomiotta ilmeiset datan häiriöpiikit (max. 1-3 framea), jotta ne eivät katkaisisi fiksaatioita ja siten vääristäisi dataa (esim. kuvassa 15 y-koordinaatin osalta hetkellä 1000). Tällä tavalla häiriöllisestäkin datasta oli mahdollisuus tunnistaa pääosa fiksaatioista.

Mikäli ohjelma ei löytänyt tietyltä aikaperiodilta fiksaatiopisteitä, merkitsi se näitä datarivejä vastaavat ajanjaksot fiksaatioiden osalta nolladataksi. Myös nämä jaksot ilman fiksaatioita ovat nähtävissä kuvissa 14 ja 15.

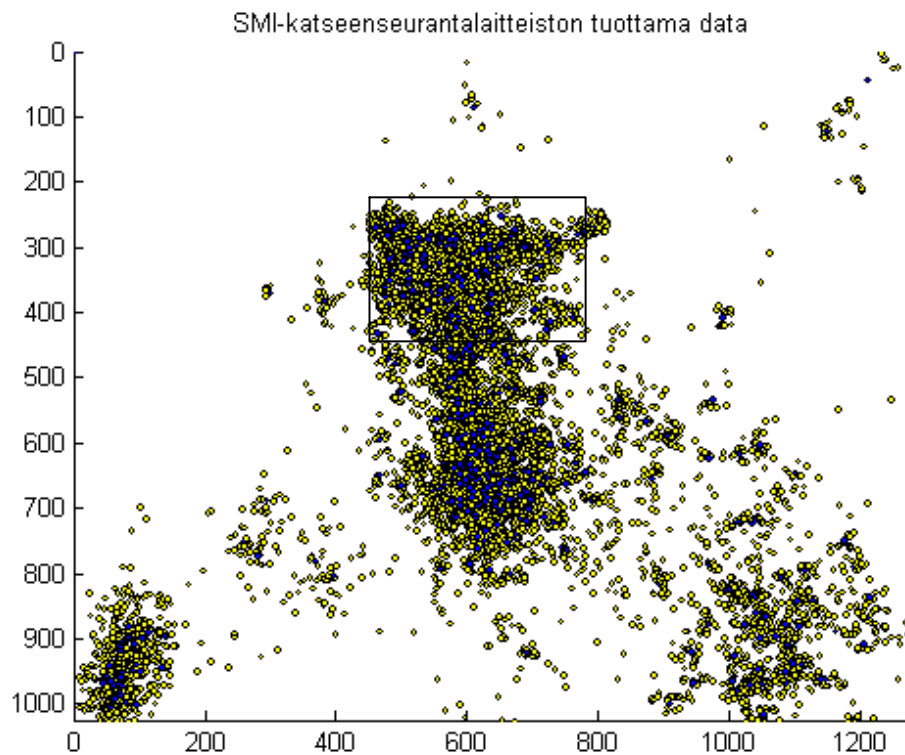
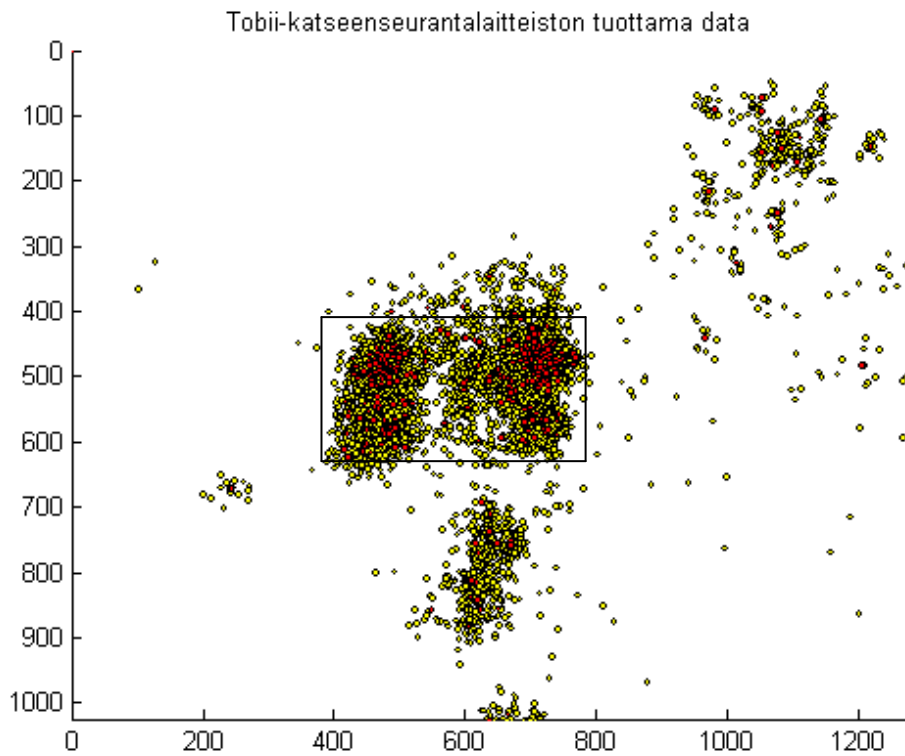
3.5.5 Katseparametrien laskeminen ja datan animointi

Katseparametrien laskeminen ja datan animointi suoritettiin fiksaatiopisteiden tunnistuksen jälkeen. Tämä tapahtui tarkoitusta varten erikseen kehitetyllä Matlab-sovelluksella. Sovelluksen tehtävänä oli selvittää luvussa 3.4 kuvattujen neljän katsetilan koekohtaiset yhteiskestot ja katsetilojen välisten siirtymien lukumäärät, sekä laskea edelleen niiden ja kokeen kokonaiskeston perusteella taulukoiden 1 ja 2 mukaiset parametrit, yhteensä 32 tunnuslukua.

Katsekontaktin ja yksipuolisten katseiden tunnistamista varten ohjelmalle syötettiin tiedot niistä kuvaruudun pisteistä, joissa koehenkilöiden silmät sijaitsivat. Silmien koordinaatit syötettiin sovellukselle kahtena koekohtaisesti paikallaan pysyvänä suorakulmiona (ks. kuva 4 luvussa 2.1.2), jotka rajasivat silmät valitun alueen sisälle.

Suorakulmioiden kulmapisteiden määrittämiseen käytettiin Matlabilla toteutettua apuohjelmaa, joka visualisoi kummankin katseenseurantalaitteiston tuottamien datapisteiden tiheyden videoruudun eri osissa. Kuvista oli tällöin helppo tarkistaa, mille alueille pääosa pisteistä osui. Myös silmien paikat voitiin karkeasti päätellä, kun tiedettiin, että suurin osa katsepisteistä osuu parikeskustelussa aina vastapuolen silmien ja suun alueelle (mikä vahvistui vertaamalla kutakin pistejakaumaa saman henkilön videotallenteeseen).

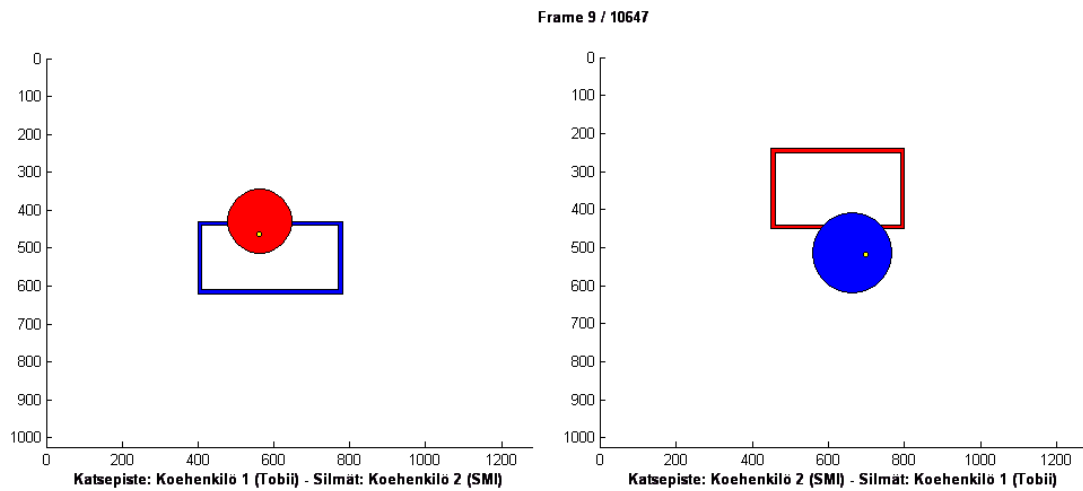
Kuvassa 16 on visualisoitu eräässä koeosiossa tallennettu Tobii- ja SMI-laitteistojen tuottama katsedata niin raakadatan kuin fiksaatiopisteiden osalta. Kuvasta on varsinkin Tobii:n pistekuvion osalta helppo nähdä, missä vastapuolen silmät likimain sijaitsevat. Vastaava kuvio on havaittavissa myös SMI:n tuottamasta datasta, joskin selvästi hajanaisempana ja epämääräisempänä kuin Tobii:lla. Kuvioiden tulkinnat ja koordinaattien määritykset tapahtuivat puhtaasti silmämääräisenä, manuaalisena työnä.



Kuva 16. Tobii- ja SMI-laitteistojen eräässä koeosiossa keräämä katsedata visualisoituna ruudulle. Keltaiset pisteet kuvaavat raakadataa, ja punaiset sekä siniset pisteet Tobiiin ja SMI:n fiksaatiopisteitä. Kuvaan on jälkikäteen merkitty suorakulmioina manuaalisesti rajatut silmien alueiden likimääräiset paikat videoruudulla.

Parametrien laskentaohjelma kävi koetilanteen läpi datarivi kerrallaan, ja tutki fiksaatiopisteiden kautta, millä aikaleimoilla kummankin henkilön katset osuivat toisen osapuolen silmien alueelle. Näistä tiedoista laskettiin katsetilojen SMG, S1, S2, ja S0 koekohtaiset kestot sekä kokeen yhteiskesto T. Lisäksi ohjelma laski, montako kertaa kokeen aikana siirryttiin yhdestä katsetilasta toiseen. Kun katsetilojen kestot ja tilasiirtymien lukumäärät oli saatu selville, myös katsekäyttäytymistä kuvaavat yleistajuiset parametrit olivat laskettavissa taulukkojen 1 ja 2 kaavojen perusteella.

Edellä kuvattujen laskentaoperaatioiden ohella ohjelma animoi katsedatan ja tallensi sen videotiedostoksi. Tällöin koehenkilöiden katsepisteiden yhtäaikainen tarkka liike ruudun eri osissa oli haluttaessa katsottavissa jälkikäteen. Kuvassa 17 on esitetty ruutukaappaus animoidusta datasta.



Kuva 17. Katsedata animoituna. Vasemmassa koordinaatistossa on visualisoitu koehenkilön 1 katsepisteet koehenkilön 2 kasvojen alueella (fiksaatiopiste on punaisen pallon keskipiste, pallon säde on fiksaatiosäde ja raakadataa kuvaa pieni keltainen piste). Oikeassa koordinaatistossa on vastaavalla tavalla visualisoitu koehenkilön 2 katsepisteet koehenkilön 1 kasvojen alueella. Kummankin henkilön silmien paikat on merkitty suorakulmioin, joiden rajat on määritetty kuvan 16 mukaisesta pistejoukosta ja vastaavasta videotallenteesta.

3.5.6 Tilastolliset menetelmät datan analysoimiseksi

Kun katsedata oli käsitelty, tehtiin mitatuille ja lasketuille parametreille tilastollinen analyysi. Kaikille parametreille laskettiin ensin keskiarvot ja keskihajonnat. Tämän jälkeen tutkittiin ei-parametrisella korrelaatiolla (Kendall's tau, parittainen testi) minkä parametrien välillä esiintyi tilastollisesti merkittäviä ($p < 0,05$) korrelaatioita. Ei-parametrinen korrelaatio valittiin analyysimenetelmäksi, koska ei voitu tehdä varmoja oletuksia datan muodosta ja jakautumisesta. Parametrien keskinäisten korrelaatioiden ohella tutkittiin myös koesion (1, 2 tai 3) mahdollinen vaikutus parametrien suuruusluokkaan. Tilastollinen analyysi toteutettiin kokonaisuudessaan SPSS Inc:n PASW Statistics 18 -ohjelmalla.

Korrelaatiolaskujen lisäksi tutkittiin, oliko katseenseurantalaitteilla vaikutusta mitattujen ja laskettujen parametrien keskiarvoihin. Nämä tekijät tutkittiin Studentin t-testillä (ANOVA One-way), olettamalla vertailtavat lukujoukot toisistaan riippumattomiksi. Samalla testillä tutkittiin myös, vaikuttiko henkilön sukupuoli tärkeimpien parametrien keskiarvoihin. Sukupuolta lukuun ottamatta muiden yksilöerojen ei oletettu vaikuttavan tuloksiin merkittävästi, sillä kaikki koehenkilöt olivat suomalaisia, eikä kenelläkään ollut tiedossa mielenterveydellisiä sairauksia, jotka olisivat voineet vaikuttaa katsekäyttäytymiseen. Henkilöiden persoonallisuuspiirteiden (kuten ulospäin suuntautuneisuuden) analysointi ei resurssien puolesta myöskään ollut tässä diplomityössä mahdollista, vaan se jätettiin jatkotutkimusten piiriin.

4. Tulokset

Katsedatan pohjalta lasketut numeeriset tulokset on esitetty taulukossa 3. Taulukossa on kuvattu keskiarvot ja -hajonnat kaikista mitatuista ja lasketuista parametreista. Tulokset on jaoteltu erikseen koeosion indeksin (1 = intiaanipokeri vastakkain, 2 = intiaanipokeri yhteistyössä ja 3 = vapaa keskustelu) mukaan.

Taulukko 3. Katsedatasta mitatut ja lasketut parametrit.

SUURE	Keskiarvo ja -hajonta					
Koeosio (nro)	1		2		3	
MITATUT PARAMETRIT (LÄHTÖSUUREET)						
Vuorovaikutuksen kokonaisaika (s)						
T	149,5	± 29,5	102,0	± 35,1	148,0	± 38,3
Henkilön 1 yksipuolinen katse (s)						
S1	41,6	± 20,9	25,2	± 14,7	34,5	± 19,5
Henkilön 2 yksipuolinen katse (s)						
S2	31,7	± 17,5	17,9	± 7,0	36,0	± 28,1
Katsekontaktin kesto (s)						
SMG	51,0	± 23,6	38,8	± 28,6	39,0	± 22,6
Molemminpuolinen aversio (s)						
S0	25,2	± 8,0	20,1	± 15,3	38,5	± 26,6
Tilasiirtymät (lkm/koeosio)						
S1S0	30	± 13	20	± 9	38	± 18
S0S1	31	± 16	20	± 10	38	± 17
SMGS1	35	± 26	23	± 11	38	± 29
S1SMG	36	± 27	23	± 12	39	± 27
S2SMG	35	± 21	23	± 13	42	± 20
SMGS2	36	± 22	23	± 13	43	± 21
S2S0	24	± 17	15	± 9	35	± 22
S0S2	25	± 16	16	± 8	34	± 23
LASKETUT PARAMETRIT						
Yksilön katseen kokonaismäärä (%)						
Gtot1 = (S1 + SMG) / T	61,6	± 14,0	61,2	± 16,1	53,0	± 22,5
Gtot2 = (S2 + SMG) / T	54,1	± 16,6	55,1	± 16,6	50,6	± 19,2
Yksipuolisen katseen määrä (%)						
Gind1 = S1 / T	28,6	± 14,9	24,6	± 10,7	25,2	± 16,8
Gind2 = S2 / T	21,1	± 12,1	18,6	± 6,9	22,8	± 15,4
Katsekontaktin määrä (%)						
Gmut = SMG / T	32,9	± 10,5	36,6	± 17,7	27,8	± 17,3

SUURE	Keskiarvo					
Koeosio (nro)	1		2		3	
Poispäin katsomisen kokonaismäärä (%)						
Gaway1 = (S0 + S2) / T	38,4	± 14,0	38,8	± 16,1	47,0	± 22,5
Gaway2 = (S0 + S1) / T	45,9	± 16,6	44,9	± 16,6	49,4	± 19,2
Katseen keskipituus (s)						
D1 = (S1 + SMG) / (S0S1 + S2SMG)	1,65	± 0,79	1,59	± 0,77	0,96	± 0,43
D2 = (S2 + SMG) / (S0S2 + S1SMG)	1,78	± 1,39	1,58	± 0,68	1,21	± 0,82
Yksipuolisen katseen keskipituus (s)						
Dind1 = S1 / (S0S1 + SMGS1)	0,72	± 0,36	0,62	± 0,33	0,49	± 0,34
Dind2 = S2 / (S0S2 + SMGS2)	0,55	± 0,23	0,50	± 0,14	0,43	± 0,28
Katsekontaktijakson keskipituus (s)						
Dmut = SMG / ((S1SMG) + (S2SMG))	0,78	± 0,29	0,80	± 0,29	0,48	± 0,10
Poispäin katsomisen keskipituus (s)						
Daway1 = (S0+S2) / ((S1S0) + (SMGS2))	0,97	± 0,37	0,96	± 0,40	0,91	± 0,56
Daway2 = (S0+S1) / ((S2S0) + (SMGS1))	1,44	± 0,73	1,26	± 0,53	1,49	± 1,80
Molemminpuolisen tarkentamisen indeksi						
MF = Gmut / (Gind1 + Gind2 + Gmut)	0,39	± 0,10	0,44	± 0,17	0,35	± 0,16
Katsetiheys (1/min)						
Ftot1 = (S0S1 + S2SMG) / T	25,9	± 9,4	25,7	± 7,4	33,6	± 8,2
Ftot2 = (S0S2 + S1SMG) / T	24,1	± 13,5	22,6	± 7,1	30,0	± 13,3
Poispäin katsomisen tiheys (1/min)						
Faway1 = ((S1S0) + (SMGS2)) / T	25,7	± 8,8	25,5	± 7,1	33,7	± 8,3
Faway2 = ((S2S0) + (SMGS1)) / T	23,5	± 13,0	22,6	± 7,3	30,1	± 13,7
Katsekontaktin aloitustiheys (1/min)						
Finit1 = (S2SMG) / T	13,7	± 6,9	14,2	± 7,7	17,7	± 9,4
Finit2 = (S1SMG) / T	14,1	± 8,7	13,0	± 5,9	16,7	± 11,5
Katsekontaktin lopetustiheys (1/min)						
Fbrake1 = (SMGS2) / T	13,8	± 7,5	13,4	± 6,8	18,2	± 10,2
Fbrake2 = (SMGS1) / T	13,7	± 8,3	13,7	± 6,1	16,3	± 11,5
Strongmanin ja Champnessin kaava (%)						
Gmut_exp = Gtot1 x Gtot2	32,3	± 10,1	35,1	± 16,7	26,6	± 17,5
Tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet (%)						
P_S1S0	47,5	± 9,2	49,6	± 15,2	52,7	± 18,6
P_S0S1	56,8	± 18,4	55,4	± 10,0	56,5	± 17,4
P_SMGS1	51,2	± 18,9	51,5	± 16,4	45,2	± 19,2
P_S1SMG	52,5	± 9,2	50,4	± 15,2	47,3	± 18,6
P_S2SMG	59,5	± 14,8	58,9	± 17,4	56,7	± 15,3
P_SMGS2	48,8	± 18,9	48,5	± 16,4	54,8	± 19,2
P_S2S0	40,5	± 14,8	41,1	± 17,4	43,3	± 15,3
P_S0S2	43,2	± 18,4	44,6	± 10,0	43,5	± 17,4

Taulukossa 3 kuvattujen laskettujen parametrien väliset riippuvuussuhteet (korrelaatio-kerroin ja vastaava tilastollinen merkitsevyys) on esitetty matriisimuodossa liitteessä 4.

Koehenkilöiden sukupuolten pohjalta laskettiin keskiarvot ja -hajonnat muutamille tärkeimmiksi katsotuille parametreille molempien katseenseurantalaitteistojen yli. Näihin parametreihin valittiin yksilön katseen kokonaismäärä (Gtot), yksipuolisen katseen määrä (Gind), katseen keskipituus (D), yksipuolisen katseen keskipituus (Dind), katsetiheys (Ftot) ja katsekontaktin aloitus- ja lopetustiheydet (Finit ja Fbrake). Tulokset on esitetty taulukossa 4. Huolimatta toisistaan poikkeavista parametrien keskiarvoista miesten ja naisten välillä, tilastollisesti merkitseviä eroja niille ei Studentin t-testin perusteella löydetty.

Taulukko 4. Katseparametrien keskiarvot ja -hajonnat sukupuolen perusteella. Minkään parametrin tapauksessa miesten ja naisten keskiarvojen välinen ero ei ollut t-testin perusteella tilastollisesti merkitsevä ($p > 0,05$).

SUURE	Keskiarvo		Keskihajonta	
	Miehet	Naiset	Miehet	Naiset
Gtot (%)	54,5	58,7	18,9	13,6
Gind (%)	20,8	29,3	12,1	13,6
D (s)	1,52	1,36	1,01	0,57
Dind (s)	0,53	0,6	0,28	0,32
Ftot (1/min)	26,2	28,6	11,1	9,5
Finit (1/min)	15,4	14	8,7	7,7
Fbrake (1/min)	15,4	13,8	9,1	7,1

Koska taulukoissa 3 ja 4 sekä liitteen 4 korrelaatiomatriisissa kuvattujen tuloslukujen määrä on erittäin suuri, pyrittiin jo ennen niiden arviointia rajaamaan jälkitarkasteluun ainoastaan sellaisia havaintoja, joita voitiin tutkimuksen tavoitteiden kannalta pitää kiinnostavina. Tärkeimpinä taustavaatimuksina oli, että löydettyistä havainnoista tuli olla potentiaalista hyötyä virtuaalihahmojen kehitystyössä, ja että havainnot oli yleistettävissä koko koehenkilöjoukkoon, ja mahdollisesti myös muihin ihmisiin.

Liitteen 4 korrelaatiomatriisin ylimalkainenkin silmäily osoittaa, että tilastollisesti merkittäviä riippuvuussuhteita löytyi eri parametrien välillä runsaasti. Analyysin piiriin otettiin kuitenkin jo lähtövaiheessa ensisijassa niitä korrelaatioita, joissa vertailtavat parametrit eivät riippuneet toisistaan automaattisesti. Näin ollen esimerkiksi katsekontaktin määrän (Gmut) ja katsekontaktin keskipituuden (Dmut) välinen vahva riippuvuus oletettiin ilmeiseksi jo itsessään, koska molemmat parametrit lasketaan saman lähtösuureen, katsekontaktin kokonaiskeston (SMG) pohjalta. Silti useat näistäkin korrelaatioista olivat

mainitsemisen arvoisia tehtäessä tuloksista johtopäätöksiä, ja kokonaan huomiotta jätettiin lopulta ainoastaan ne riippuvuussuhteet, jotka olivat täysin suoria, ts. joiden korrelaatiokerroin oli 1 tai -1.

Jälkitarkasteluun ei myöskään valittu ensimmäistäkään riippuvuussuhdetta, joka esiintyi vain toispuoleisesti jommankumman katseenseurantalaitteen tuottaman datan kautta, tai oli muuten epäsymmetrinen katseenseurantalaitteiston suhteen (liitteen 4 matriisin vaaleanharmaat alkiot). Esimerkiksi parametri Gaway1 korreloi negatiivisesti Dind1:n kanssa ($p < 0,05$), mutta vastinparametri Gaway2 ei kuitenkaan Dind2:n kanssa ($p \gg 0,05$). Tällöin yhteys yksilön poisjärjestyksen määrän (Gaway) ja saman henkilön yksipuolisen katseen keskipituuden (Dind) kanssa ei todennäköisesti ole sellaisenaan yleistettävissä tutkimuksen ulkopuolelle, koska se esiintyy vain Tobii:lla mitattujen henkilöiden katsekäyttäytymisessä. Mikäli molemmat katseenseurantalaitteet olisivat toimineet virheettömästi ja samalla tavalla, ei epäsymmetrisiä riippuvuussuhteita todennäköisesti olisi esiintynyt.

Taulukossa 3 esitetyistä tuloksista katseenseurantalaitteiston vaikutus on jo silmä­määräisesti nähtävissä kaksiosaisien parametrien (esim. yksilön katseen kokonaismäärän, Gtot:n) kohdalla sisäisinä keskiarvoeroina: esimerkiksi koeosiossa 1 $G_{tot1} = 61,6\%$ ja $G_{tot2} = 54,1\%$, toisin sanoen Tobii:n luona istuneet henkilöt ovat datan perusteella katsooneet toista osapuolta silmiin hieman enemmän kuin SMI:n luona istuneet. Tunnuslukujen keskiarvoerot katseenseurantalaitteiden näkökulmasta eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkittäviä (Studentin t-testin perusteella $p > 0,05$) minkään lasketun parametrien tapauksessa, eikä eroja löydy myöskään lähtösuureista (esim. S1 ja S2 välillä). Koska tutkimuksessa kuitenkin havaittiin suuri määrä laskettujen parametrien välisiä riippuvuussuhteita, joihin katseenseurantalaite vaikuttaa, on selvää, että eroja esiintyy. Mahdollista onkin, että niiden vaikutus tuloksiin ei suurten hajontojen vuoksi näy yksittäisten laskettujen parametrien keskiarvoeroissa, vaan tulee tilastollisesti merkitseväksi vasta monen lähtösuureen yhteisvaikutuksesta.

Parametrien välisistä riippuvuussuhteista on tässä nostettu esille myöhempää arviointia varten seuraavat, kiinnostavimmiksi katsotut korrelaatiot:

- Yksilön katseen kokonaismäärän (G_{tot1} ja G_{tot2}) ja saman henkilön katseen keskipituuden ($D1$ ja $D2$) välillä esiintyy voimakas positiivinen korrelaatio ($p < 0,01$). Toisin sanoen yksilön katseen kokonaismäärä riippuu siitä, kauanko hän toista keskimäärin katsoo.

- Koehenkilöiden yksipuoleisten katseiden määrien (Gind1 ja Gind2) välillä esiintyy voimakas negatiivinen korrelaatio ($p < 0,01$). Toisin sanoen koehenkilön yksipuolisen katseen määrä on sitä vähäisempi, mitä suurempi se on vastapuolella.
- Strongmanin ja Champnessin kaavalla laskettu katsekontaktin odotettu määrä (Gmut_exp) korreloi voimakkaasti katsekontaktin mitatun määrän (Gmut) kanssa ($p < 0,01$). Studentin t-testillä tehty tarkistus osoitti, että parametrien keskiarvot eivät eroa toisistaan merkitsevästi ($p > 0,05$).
- Katsekontaktijakson keskipituus (Dmut) riippuu koeosion indeksistä 1-3 ($p < 0,05$). Tarkasteltaessa koeosioita pareittain saatiin selville, että negatiivinen korrelaatio on merkitsevä ainoastaan verrattaessa keskenään koeosioita 1 ja 3 (korr. kerroin $-0,451$, $p < 0,05$) tai osioita 2 ja 3 (korr. kerroin $-0,546$, $p < 0,01$). Osioiden 1 ja 2 välillä tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ei ollut (korr. kerroin $0,036$, $p > 0,05$).
- Katseen keskipituuden (D1 ja D2) ja saman henkilön katsetiheyden (Ftot1 ja Ftot2) välillä vallitsee voimakas negatiivinen korrelaatio ($p < 0,01$). Suunnilleen yhtä voimakas negatiivinen korrelaatio esiintyy katseen keskipituuden ja saman henkilön pois päin katsomisen tiheyden (Faway1 ja Faway2) välillä. Yksilön silmiin (ja niistä pois) katsomisen tiheys on siis sitä suurempi, mitä pienempi on katseen keskipituus.
- Koehenkilöiden katsetiheydet (Ftot1 ja Ftot2) riippuvat toisistaan positiivisella korrelaatiolla ($p < 0,05$).
- Katseen keskipituus (D1 ja D2) korreloi negatiivisesti saman henkilön katsekontaktin aloitustiheyden (Finit1 ja Finit2) ja lopetustiheyden (Fbrake1 ja Fbrake2) kanssa. Katseen keskipituus on siis yhteydessä paitsi katsetiheyteen ja pois päin katsomisen tiheyteen, myös katsekontaktin aloitus- ja lopetustiheksiin.
- Tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet korreloivat parametrissa riippuen erityisesti osapuolten pois päin katsomisen keskipituuksien (Daway1 ja Daway2) ja katseen keskipituuden (D1 ja D2) kanssa.

Taulukoiden 3 ja 4 tuloksia sekä edellä esille nostettuja parametrien välisiä riippuvuussuhteita arvioidaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

5. Arviointi

Tässä luvussa tarkastellaan, millaisia johtopäätöksiä tutkimuksen tuloksista on tehtävissä johdannossa esitettyjen kolmen alkuperäistavoitteen pohjalta. Ensin arvioidaan itse tuloksia, minkä jälkeen pohditaan niiden luotettavuutta koejärjestelyistä löydetty virhelähteet huomioon ottaen.

5.1 Tulosten arviointi

Tulosten arviointi jaettiin kolmeen osa-alueeseen diplomityön alkuperäistavoitteiden näkökulmasta: havaintoihin koskien katseen ja katsekontaktin määrää (tavoite 1), havaintoihin katsekäyttäytymisen ajallisista ulottuvuuksista (tavoite 2) ja havaintoihin siitä, kumpi osapuoli aloittaa tai lopettaa katseen tai katsekontaktin ja millä arvioidulla todennäköisyydellä (tavoite 3). Tässä osiossa on jaoteltu tärkeimmät havainnot ja niistä tehdyt johtopäätökset kunkin tavoitteen näkökulmasta.

5.1.1 Katseen määrä

Diplomityön ensimmäinen johdannossa esitetty tavoite oli mitata katsekontaktin määrää kahden henkilön välisessä videokeskustelussa. Taulukon 3 perusteella tätä katsekäyttäytymisen osa-alueetta kuvaavat luontevimmin seuraavat parametrit: yksilön katseen kokonaismäärä (G_{tot1} ja G_{tot2}), yksipuolisen katseen määrä (G_{ind1} ja G_{ind2}), katsekontaktin määrä (G_{mut}), pois päin katsomisen kokonaismäärä (G_{away1} ja G_{away2}), molemminpuolisen tarkentamisen indeksi (MF) ja Strongmanin ja Champnessin kaava (G_{mut_exp}).

Taulukosta 3 voidaan helposti nähdä, että kaikkien edellä mainittujen parametrien hajonta oli keskiarvoonsa nähden erittäin suurta. Esimerkiksi yksilön katseen kokonaismäärä määrä vaihteli molemmilla koehenkilöillä koeosioista riippumatta suurimmaksi osaksi välillä 30-75%, siinä missä pienin yksittäisessä kokeessa mitattu lukema oli 14% ja suurin 82%. Löydös on yhtenevä Kendonin (1967) havainnon kanssa, että katseen kokonaismäärä on erittäin vaihteleva suure. Lisäksi taulukon 3 lukemat yksilön katseen kokonaismääristä ovat hajonnan puolesta lähellä Kendonin tulosta (28-70%). Huomionarvoista on, että yksilön katseen kokonaismäärän vaihtelu oli lähes yhtä suurta niin vapaassa keskustelussa (koeosio 3), kuin pelillisissä osioissakin (koeosio 1 ja 2).

Katsekontaktin määrä (Gmut), joka kaikissa koeosioissa oli arviolta kolmannes kokeen kestosta, on taulukon 3 perusteella samaa luokkaa Argylen ja Deanin (1965) havainnon kanssa. Tämän havainnon mukaan tutkittavat henkilöt olivat katsekontaktissa n. 30% ajasta, kun heidän fyysinen etäisyytensä toisistaan oli n. 60 cm. Tämä on likimain sama etäisyys, kuin Tobii:n ja SMI:n luona istuneiden koehenkilöiden etäisyys monitorista. Mielenkiintoiseksi kysymykseksi virtuaalihahmojen kehitystyön kannalta nouseekin, missä määrin Argylen ja Deanin kuvaama läheisyyden tasapainotilan malli (ks. luku 2.3.4) on sovellettavissa ihmisen ja virtuaalihahmon väliseen kommunikaatioon. Yleisessä tiedossa ei näet toistaiseksi ole, koetaanko videoruudulla näkyvät kasvot läheisyyden tasapainotilan näkökulmasta missään määrin yhtä läheisiksi kuin fyysisesti paikalla olevan ihmisen kasvot. Oletettavissa silti on, että ihmisen etäisyys ruudulla näkyvistä kasvoista ei vaikuta katsekontaktin määrään ainakaan yhtä paljon, kuin etäisyys elävästä ihmisestä. Voikin olla, että läheisyyden tasapainon mallia on kehitettävä lisää, mikäli sitä halutaan katsekontaktin näkökulmasta soveltaa ihmisen ja virtuaalihahmon väliseen vuorovaikutukseen.

Paljon katsovat henkilöt katsoivat toista osapuolta nimenomaan pitkillä silmäyksillä; siitä kertovat aiemmin mainitut yksilön katseen kokonaismäärän (Gtot1 ja Gtot2) ja saman henkilön katseen keskipituuden (D1 ja D2) väliset positiiviset korrelaatiot ($p < 0,01$). Löydös on yhtenevä Kendonin ja Cookin (1969) vastaavista suureista tekemän havainnon kanssa. Havainto on luonteva ymmärtää, sillä jos katseet ovat pitkiä, ne myös täyttävät prosentuaalisesti suuremman osan kokeen kokonaiskestosta, kuin jos olisivat lyhyitä.

Katsekontaktin määrää eivät tässä tutkimuksessa voineet rajoittaa vapaan keskustelun aihealueet (koeosiossa 3), sillä kaikkien koehenkilöiden kohdalla ne käsittelivät ainoastaan yleisluontoisia asioita (kuten intiaanipokeria ja koetilannetta), eikä mitään henkilökohtaista. Koetilanteissa ei myöskään ollut esillä ylimääräisiä objekteja, jotka olisivat voineet viedä koehenkilöiden huomion, koska pelillisissäkin osioissa vastapuolen kortit näytettiin koehenkilöille vain kerran, lyhyesti, kunkin pelikierroksen alkaessa. Näin ollen vaikuttimia katsekontaktin määriin ei voinut näistä tekijöistä etsiä.

Koehenkilöiden yksipuolisten katseiden (Gind1 ja Gind2) välinen negatiivinen korrelaatio ($p < 0,01$) oli odotettavissa. Ilmiö on ymmärrettävissä, sillä jos koehenkilö katsoo tai tuijottaa toista silmiin suurimman osan kokeen kokonaiskestosta, ei vastapuolelle yksinkertaisesti jää aikaa tai mahdollisuutta katsoa häntä yksipuolisesti takaisin pitkillä silmäyksillä. Suurin osa vastapuolen katseen kokonaismäärästä jää tällaisissa tilanteissa osaksi katsekontaktia.

Kaikissa koeosioissa henkilöiden tuli osoittaa huomiota vastapuolelle, jotta koetilanteen suorittaminen onnistuisi. Koska luvun 2.3.3 mukaisesti vastapuolen huomioiminen on yksi tärkeimmistä katseen määrää lisäävistä psykologisista tekijöistä, pidettiin mahdollisena, että katsekontaktin määrä (Gmut) olisi ollut suurin pelillisissä koeosioissa (1 ja 2), joissa henkilöiden piti erikseen annetun tehtävän kautta keskittyä lukemaan vastapuolen kasvoja. Taulukon 3 perusteella katsekontaktin määrä todella on suurempi osioissa 1 (Gmut = 32,9%) ja 2 (Gmut = 36,6%), kuin osiossa 3 (Gmut = 27,8%). Tilastollisesti katsekontaktin määrien erot eivät kuitenkaan olleet merkittäviä koeosion puitteissa ($p > 0,05$). Mikään muukaan katseen prosentuaalista määrää kuvaava parametri (Gtot1, Gtot2, Gind1, Gind2, Gaway1, Gaway2) ei merkittävässä määrin riippunut koeosioista, eli koehenkilöt eivät tältä pohjalta katsoneet toisiaan tilastollisesti sen enempää intiaanipokerin kilpailu- ja yhteistyöversioissa, kuin vapaassa keskustelussa.

Vaikka eroja edellä mainittujen parametrien ja koeosion välillä ei tämän diplomityön puitteissa löytynyt, ei silti ole poissuljettua, ettei niitä voisi olla olemassa. Jos esimerkiksi henkilöiden yhteydenkaipuun aste olisi psykologisilla testeillä kartoitettu (ks. luku 2.3.5), olisi voitu tarkastella Exlinen (1963) alkuperäishavaintoa videokeskustelun puitteissa, eli onko katsekäyttäytymisen määrä henkilön yhteydenkaipuusta riippuen suurempi intiaanipokerin kilpailuversiossa (koeosio 1) kuin yhteistyöversiossa (koeosio 2). Asian varmistaminen jatkotutkimuksilla olisi suositeltavaa siksikin, että katsekontaktijakson keskipituuden (Dmut) ja koeosion välillä havaittiin tässä tutkimuksessa yhteys (ks. luku 5.1.2).

Parametrien välisistä yhteyksistä voidaan vielä mainita, että kuten jo luvussa 4 nostettiin esille, Strongmanin ja Champnessin kaavalla laskettu katsekontaktin odotettu määrä (Gmut_exp) ei merkittävästi eronnut katsekontaktin mitatusta, todellisesta määrästä (Gmut). Toisin sanoen kaava approksimoi tässä diplomityössä katsekontaktin määrää erittäin hyvin. Molemminpuolisen tarkentamisen indeksin (MF) keskiarvo puolestaan vaihteli koeosioista riippuen (taulukon 3 mukaisesti) välillä 0,35 - 0,44 (pienin yksittäisestä kokeesta laskettu lukema 0,15 ja suurin 0,66). Tuloksesta voidaan päätellä, että ainakaan koehenkilöt eivät pääsääntöisesti vältelleet katsekontaktia, sillä tällöin MF olisi ollut lähellä nollaa.

Taulukon 4 perusteella miesten ja naisten välillä on eroja yksilön katseen kokonaismäärässä (Gtot) ja yksipuolisen katseen kokonaismäärässä (Gind) siten, että luvut ovat naisilla miehiä korkeampia. Vaikka havainto on yhtenevä aiempien kirjallisuudessa ilmoitettujen

löydösten kanssa (ks. luku 2.3.5), keskiarvot eivät t-testin perusteella eronneet toisistaan merkittävästi ($p > 0,05$). Mahdollista kuitenkin on, että syynä tähän on tutkimuksen liian pieni otanta; naisia oli koehenkilöistä yhteensä vain 6, siinä missä miehiä 14, ja vain yhdessä koehenkilöparissa molemmat osapuolet olivat naisia. Koska $G_{tot:n}$ ja $G_{ind:n}$ hajonnat ovat jo yksilöiden välillä suuria, on syytä pitää mahdollisena, että sukupuolieron löytyminen olisi edellyttänyt nykyistä suurempaa otantaa, jossa miehiä ja naisia olisi ollut yhtä paljon.

5.1.2 Katsekäyttämisen ajalliset ulottuvuudet

Diplomityön toinen tavoite oli mitata videokeskustelusta koehenkilöiden katsekäyttämisen keskimääräiset ajalliset ulottuvuudet. Taulukon 3 perusteella tätä katsekäyttämisen osa-aluetta kuvaavat parhaiten seuraavat parametrit: katseen keskipituus ($D1$ ja $D2$), yksipuolisen katseen keskipituus (D_{ind1} ja D_{ind2}), katsekontaktijakson keskipituus (D_{mut}), pois päin katsomisen keskipituus (D_{away1} ja D_{away2}), katsetiheys (F_{tot1} ja F_{tot2}), pois päin katsomisen tiheys (F_{away1} ja F_{away2}), katsekontaktin aloitustiheys (F_{init1} ja F_{init2}) ja katsekontaktin lopetustiheys (F_{brake1} ja F_{brake2}).

Taulukosta 3 on nähtävissä, että koehenkilöiden katsejaksojen keskipituudet ($D1$ ja $D2$) sijoittuvat pääosin välille 1-2 s. Katseen keskipituuden hajonta oli kuitenkin tätä suurempaa, sillä pienin mitattu keskipituus oli 0,53 s ja suurin 5,24 s. Tulos on vähemmän kuin Argylen ja Deanin (1965) tutkimuksessa ilmoitettu keskipituus (3-10 s), mutta lähellä Kendonin (1967) tulosta (1-4 s). Taulukon 3 perusteella yhden katsekontaktijakson keskipituus (D_{mut}) oli vapaassa keskustelussa likimain puolet siitä (n. 0,5 s), mitä peleissä (vajaa 1 s). Näin ollen se on myös puolet siitä, mitä Kendonin (1967) tutkimuksessa (jossa se oli sekunnin luokkaa) löydettiin.

Katsekontaktijakson keskipituus (D_{mut}) on ainoa tutkimuksessa löydetty parametri, jonka suuruus korreloi tilastollisesti merkittävästi (negatiivisesti) koeosion (1-3) indeksin kanssa ($p < 0,05$). Kuten luvussa 4 nostettiin esille, korrelaatio päti ainoastaan vapaan keskustelun (3) ja jommankumman peliosion (1 ja 2) välillä. Katsekontaktijakson keskipituus on siis koeosiossa 3 aidosti pienempi kuin osioissa 1 ja 2.

Havainto kertoo, että ainakin tässä tutkimuksessa yksittäisen katsekontaktijakson pituus väheni, kun ilman ääntä toteutettu pelillinen vuorovaikutus muuttui puhetta sisältäväksi

vapaaksi keskusteluksi. Mutta miksi näin tapahtui? Yhtenä selityksenä voi olla, että peliosioissa koehenkilöt joutuivat erikseen tarkkailemaan vastustajansa kasvoja (ja silmiä) saadakseen pelin voittamiseen tarvittavia ei-verbaalisia vihjeitä. Koska tiedon kerääminen on yksi katsekäyttäytymisen perusfunktioista (ks. luvut 2.3.3 ja 2.3.4), on helppo ymmärtää, että katsekontaktin keskipituudet olivat suurempia osioissa 1 ja 2 kuin osiossa 3. Koska puhetta ei peleissä käytännössä ollut (pelikomentoja lukuun ottamatta), ei katsekontaktijakso myöskään voinut katketa keskustelun synkronoimisesta aiheutuviin keskeytyksiin esimerkiksi yksilön katsoessa vastapuolesta pois ennen pitkän lauseen aloittamista (ks. luku 2.3.4). Näiden syiden perusteella on relevanttia olettaa, että katsekontaktijaksot ovat sitä pidempiä, mitä vähemmän puhetta vuorovaikutustilanne sisältää, ja mitä intensiivisemmin osapuolten on toisiinsa keskityttävä. Tämä on syytä huomioida myös virtuaalihahmoja suunniteltaessa.

Huomionarvoinen on myös jo luvussa 4 esille nostettu havainto, että mitä pidemmällä silmäyksillä koehenkilöt toisiaan katsovat (D1 ja D2 suuria), sitä vähemmän kertoja he katsovat toisiaan kokeen aikana (Ftot1 ja Ftot2 pieniä, $p < 0,01$). Havainto on yhtenevä Kendonin ja Cookin (1969) löydöksen kanssa (havaittivat saman korrelaation) ja on helposti ymmärrettävissä, sillä jos henkilöt katsovat toisiaan silmiin tiheästi ja usein, ei pitkiin yksittäisiin silmäyksiin tai katsekontaktijaksoihin yksinkertaisesti jää aikaa. Tuloksin voi muotoilla myös siten, että pitkällä silmäyksillä vastapuolta katsovat ihmiset eivät ehdi katsoa toista minuutin aikana yhtä usein, kuin lyhyillä silmäyksillä katsovat.

Kendonin (1967) havainnolle (ks. luku 2.3.4), jonka mukaan kommunikaatiotilanteen osapuolet pääsevät aina ”sopimukseen” katseen keskipituuksista (D1 ja D2) ja katseen suunnan muutostiheyksistä (tässä työssä muutostiheyksiä kuvaavat luontevimmin katsetiheydet Ftot1 ja Ftot2) ei tässä tutkimuksessa löytynyt näyttöä kuin jälkimmäisten osalta. Alkuperäislöydöksen toteutuminen olisi edellyttänyt sekä D1:n ja D2:n, että Ftot1:n ja Ftot2:n keskinäisiä, tilastollisesti merkitseviä riippuvuuksia toisistaan. Kuitenkaan katseen keskipituuksien välille ei tässä työssä sellaisia löytynyt (D1:n ja D2:n välisessä korrelaatiossa $p > 0,05$).

Osapuolten keskinäiset katsetiheydet (Ftot1 ja Ftot2) kuitenkin korreloivat positiivisesti ($p < 0,05$), mikä kertoo, että jos koehenkilö 1 katsoo koehenkilöä 2 tietyllä katsetiheydellä (1/min), vastapuolen katsetiheys Kendonin havainnon mukaisesti todellakin riippuu tästä. Katsetiheyksien lisäksi pois päin katsomisen tiheydet (Faway1 ja Faway2) korreloivat positiivisesti keskenään ($p < 0,05$). Havainto on syytä huomioida virtuaalihahmojen katsekäyttäytymistä mallinnettaessa sikäli, että hahmon katsetiheys voi olla luontevinta

säätää sen mukaan, mikä on vastaavan ihmisosapuolen katsetiheys keskustelussa. Yhtä lailla ihmisosapuolen katsetiheyyteen voitaisiin ehkä vastavuoroisesti vaikuttaa säätämällä virtuaalihahmon katsetiheys vakioksi.

Diplomityössä tutkittiin myös sitä, kumpi osapuoli aloittaa katsekontaktin minuutin aikana useammin, jos toinen katsoo häntä jo valmiiksi; tätä ilmiötä kuvaavat katsekontaktin aloitustiheydet (Finit1 ja Finit2). Lisäksi tutkittiin vastaavat lopetustiheydet (Fbrake1 ja Fbrake2), eli millä tiheydellä osapuolet rikkovat katsekontaktin. Tässä työssä aloitus- ja lopetustiheydet olivat erittäin vaihtelevia suureita, sillä Finit1:n ja Finit2:n arvot vaihtelivat yksittäisestä kokeesta riippuen välillä 3-37 (1/min) ja Fbrake1:n ja 2:n välillä 4-40 (1/min). Molempien keskiarvot jäivät välille taulukon 3 mukaisesti välille 13-18 (1/min).

Sekä katsekontaktin aloitus- että lopetustiheydet riippuivat negatiivisesti yksittäisten katsejaksojen (D1 ja D2) pituuksista; esimerkkinä tästä on negatiivinen korrelaatio D1:n ja Finit1:n sekä Fbrake1:n välillä ($p < 0,05$). Tämä täydentää jo aiemmin tehtyä havaintoa (Kendon, Cook 1969), että mitä tiheämmin koehenkilöt katseensa toiseen osapuoleen kääntävät (tai kääntävät pois hänestä), sitä lyhyemmällä ajanjaksoilla he keskimäärin pystyvät toisiaan katsomaan.

Miesten ja naisten välillä ei tässä tutkimuksessa havaittu minkäänlaisia eroja katsekäyttäytymisen ajallista ulottuvuutta koskevissa parametreissa; taulukon 4 mukaisesti parametrit D, Dind, Ftot, Finit ja Fbrake ovat jo silminnähden hyvin lähellä toisiaan sukupuolten välillä, eikä tilastollisesti merkittäviä eroja t-testillä löytynyt. Myös näiden parametrien kohdalla mahdollisten sukupuolierojen löytäminen edellyttäisi lisätutkimuksia nykyistä suuremmalla osallistujajoukolla.

5.1.3 Tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet

Diplomityön kolmas ja viimeinen tavoite oli arvioida todennäköisyydet, joilla jompikumpi vuorovaikutuksen osapuolista keskimäärin aloittaa tai lopettaa katseen tai katsekontaktin kun meneillään oleva katsetila tunnetaan. Selvitystä siitä, kumpi katsoo toista ensin molemminpuolisen aversion jälkeen, on ainakin Argyle ehdottanut tutkimisen arvoiseksi kohteeksi (Argyle, Cook 1976, s. 38). Tässä diplomityössä asiaa tutkittiin kuvan 12 tilakaavion ja taulukossa 2 kuvattujen tilasiirtymien esiintymistodennäköisyyksien kautta. Todennäköisyyksiä kuvaavat siis parametrit P_S1S0, P_S0S1, P_SMGS1, P_S1SMG, P_S2SMG, P_SMGS2, P_S2S0 ja P_S0S2. Tällöin osapuolten katsekäyttäytyminen nähdään

puhtaana tilastollisena ilmiönä, jossa ei tutkita enää aika-ulottuvuutta tai katseen määriä, vaan ainoastaan arvioita todennäköisyyksistä, joilla osapuolten katsekäyttäytyminen voi vuorovaikutuksen aikana eri suuntiin (keskimäärin) edetä. Tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet ovat tällöin toinen tapa kuvata koehenkilöiden katseiden muutosiheyksiä koko kokeen ajalta.

Taulukon 3 mukaisesti tilasiirtymien arvioiduissa todennäköisyyksissä on erittäin paljon vaihtelua, keskiarvojen jäädessä välille 40-60%. Koska vaihtelua on paljon, on hyödyllistä tutkia, mitkä katsekäyttäytymistä kuvaavat tekijät (parametrit) vaikuttavat siirtymien todennäköisyyksiin eniten koko kokeen mittakaavassa. Virtuaalihahmojen katsealgoritmien kehittämisen näkökulmasta tämä on erityisen mielekästä, sillä kuten luvussa 3.4.2 pohjustettiin, on algoritmin kyettävä meneillään olevan katsetilan pohjalta määrittämään, mikä seuraava tila olisi vuorovaikutuksen luonnonmukaisuuden kannalta todennäköisin. Jos tätä todennäköisyyttä on approksimoitava vähillä tiedoilla, ovat taulukon 2 siirtymä-todennäköisyydet yksi tapa tehdä se.

Liitteen 4 korrelaatiomatriisiin mukaisesti tilasiirtymien todennäköisyydet riippuvat voimakkaasti muista lasketuista parametreista. Koska todennäköisyydet esiintyvät kunkin lähtötilan valossa pareittain siten, että niiden summa on 100% (esim. $S_0:n$ tapauksessa $P_{S_0S_1} + P_{S_0S_2} = 100\%$), ovat myös niihin liittyvät korrelaatiokertoimet toistensa vastalukuja.

Tarkasteltaessa Argylen ehdottamaa tutkimuskohdetta on tutkittava sitä, mihin yksipuoliseen katsetilaan (S_1 tai S_2) kokeessa todennäköisimmin siirrytään lähdetessä tilasta S_0 . Korrelaatiomatriisiin mukaisesti arvioitu todennäköisyys esimerkiksi sille, että koehenkilö 1 kääntää molemminpuolisesta aversiosta katseensa koehenkilöön 2 ($P_{S_0S_1}$) on koko kokeen mittakaavassa sitä suurempi, mitä pidempiä pois päin katsomisen jaksoja vastapuolella on ollut (Daway2). Toisin sanoen todennäköisyys kasvaa vastapuolen pois päin katsomisen keskipituuden kasvaessa ja vähenee saman yksilön pois päin katsomisen keskipituuden kasvaessa.

Havainto voidaan ymmärtää siten, että ihmiset, jotka katsovat toisen silmistä pois päin pitkillä silmäyksillä (Daway1 tai Daway2 suuri), katsovat häntä muutenkin prosentuaalisesti vähemmän. Siksi todennäköisyys, että tällainen henkilö kääntää molemminpuolisesta aversiosta (S_0) katseensa toiseen on pienempi kuin vastapuolella, joka katsoo vähemmän pois päin. Tämä on yhtenevää luvussa 5.1.1 esitetyn havainnon kanssa,

jossa todettiin, että yksilön katseen kokonaismäärän ja pitkien silmäyksien välillä on positiivinen yhteys.

Siirryttäessä katsekontaktista (SMG) jommankumman henkilön yksipuoliseen katseeseen (S1 tai S2) on siirtymätodennäköisyys (P_SMGS1 tai P_SMGS2) yksilöä kohden sitä suurempi, mitä pidemmillä silmäyksillä henkilö keskimäärin toista on katsonut (D1 tai D2 suuri). Vastaavasti todennäköisyys pienenee, jos vastapuolikin katsoo pitkillä silmäyksillä. Tästä kertovat esimerkiksi koehenkilö 1:n tapauksessa P_SMGS1:n ja D1:n positiivinen korrelaatio ($p < 0,01$), samoin kuin P_SMGS1:n ja D2:n negatiivinen korrelaatio ($p < 0,01$). Vastaava pätee koehenkilölle 2. Havainto on tulkittavissa siten, että jos henkilö katsoo toista keskimäärin pidemmillä silmäyksillä kuin toinen häntä takaisin, on myös relevanttia, että vastapuoli lopettaa katsekontaktin keskimäärin useammin.

Jos meneillään oleva katsetila on jommankumman henkilön yksipuolinen katse (S1 tai S2), katsekontaktin alkamisen todennäköisyyteen (P_S1SMG tai P_S2SMG) vaikuttaa erityisesti vastapuolen pois päin katsomisen keskimääräinen aika (Daway1 tai Daway2). Nähtävissä on, että mitä pienempi tämä on vastapuolella (Daway1 tai Daway2 pieni), sitä suurempi on yksilön todennäköisyys aloittaa katsekontakti. Tämä nähdään helposti esimerkiksi P_S1SMG:n ja Daway2:n välisenä negatiivisena korrelaationa ($p < 0,01$). Havainto voidaan selittää mahdollisesti siltä pohjalta, että mitä pidemmillä silmäyksillä ihminen katsoo toisesta pois päin (esim. Daway2 suuri), sitä epätodennäköisempää hänellä on aloittaa katsekontakti, vaikka toinen jo katsoisi häntä valmiiksi (P_S1SMG pieni).

Lopuksi on vielä mainittava, että tilasiirtymien todennäköisyyksissä katseen-seurantalaitteiston vaikutus useisiin riippuvuussuhteisiin on valitettavan suuri. Esimerkiksi katsekontaktijakson keskipituus (Dmut) korreloi positiivisesti P_S0S1:n kanssa, mutta negatiivisesti P_S0S2:n kanssa ($p < 0,05$). Periaatteessa tämä olisi tulkittava siten, että mitä pidempi katsekontaktijakson kesto aika kokeessa on, sitä todennäköisempää on, että koehenkilö 1 kääntää katseensa 2:n silmiin. Tämä ei oletettavasti voi olla yleistettävissä, ja on syytä huomioida suunniteltaessa mahdollisia jatkotutkimuksia.

5.2 Virhelähteet ja tulosten luotettavuus

Tutkimuksen aikana löydettiin laboratorion toiminnasta useita virhelähteitä, jotka hidastivat kokeiden tekemistä ja vaikuttivat tallennetun datan luotettavuuteen. Osa virhelähteistä oli luonteeltaan sellaisia, että niiden vaikutus tuloksiin oli mahdollista ainakin pääosin kumota

kokeiden aikana tai datan analysointivaiheessa. Osa virhelähteistä oli kuitenkin sellaisia, ettei niiden kattava eliminoiminen ollut käytössä olleiden resurssien puolesta mahdollista. Tässä osiossa kuvataan ensin merkittävimmät virhelähteet, jotka koejärjestelyistä löydettiin. Tämän jälkeen tarkastellaan niiden kokonaisvaikutuksia tuloksiin.

5.2.1 SMI-laitteiston virhealttius

Ylivoimaisesti suurin yksittäinen virhelähde tutkimuksessa oli SMI-katseenseurantalaitteiston Tobii:ta suurempi virhealttius koehenkilön pään liikkeille ja silmien tunnistamiselle. Tähän oli syynä ennen muuta laitteiston tekninen toteutus, jossa koehenkilön silmää seurattiin mekaanisesti kääntyvällä infrapunakameralla. Tällöin pään äkkinäiset liikkeet tai jopa henkilön kasvolihasen toiminta (kuten hymyily) saattoivat viedä silmän pois seurantalaitteen kuvasta tai häiritä silmän tunnistusta. Datan tallennuksen kannalta tämä näkyi lokitiedostossa SMI:n lähettämänä nolladatana (tunnistuksen puuttuessa) tai katseen koordinaattilukemina, joiden suuruusluokka viittasi kauas videoruudun rajojen ulkopuolelle. Lisäksi joidenkin koehenkilöiden kohdalla pupillin erottaminen kuvasta osoittautui SMI:lle hankalaksi yksin silmän rakenteen takia, jolloin laite kadotti yhteyden pupilliin herkästi.

SMI:n virhealttiuden vaikutus tutkimustuloksiin näkyy siinä, että tuloksista on havaittavissa katseenseurantalaitteistosta aiheutuvia riippuvuustekijöitä, joita ideaalitulanteessa ei tulisi olla. Selvimmin tätä ilmentävät liitteen 4 korrelaatiomatriisin vaaleanharmaat alkiot eli laitteiston suhteen epäsymmetriset riippuvuussuhteet. Kaiken kaikkiaan SMI:n tuottama katsedata oli keskimäärin kohinaisempaa ja sisälsi enemmän häiriöpiikkejä kuin Tobii:n data, mikä teki sen analysoimisesta vaikeampaa. Tämä on helposti nähtävissä silmämääräisestäikin vertaamalla visualisoitua Tobii:n ja SMI:n raakadataa (ja fiksaatioita) keskenään kuvissa 14 ja 15; Tobii:n data on selvästi stabiilimpaa kuin SMI:n.

SMI:n virhealttiutta pyrittiin tutkimuksessa eliminoimaan ohjeistamalla koehenkilöitä pitämään päänsä paikallaan, sekä kysymällä ennen kokeiden alkamista, kumpi koehenkilöistä osaisi pitää päänsä paremmin liikkumattomana. Tällöin ”stabiilimpi” yksilö ohjattiin SMI:n luo. Virhealttiutta eliminoitiin myös kalibroimalla SMI jokaisen koeosion alussa uudelleen (mikä tosin tehtiin myös Tobii:lle) sekä validoimalla kalibraation tulos tämän jälkeen. Datan analyysivaiheessa SMI:n tuottaman katsedatan virheellisyyttä kompensoitiin mm. jättämällä tutkimuksen ulkopuolelle paljon virheitä sisältäneet koeosiot (yli 30% SMI:n datasta nolladataa, yht. 3 kpl) ja sallimalla fiksaatiopisteiden tunnistukselle

SMI:n kohdalla Tobii:ta suurempi hajonta (fiksaatiosäde) lähes kaikissa kokeissa. Kaikista korjauksista huolimatta katseenseurantalaitteiston vaikutusta koetilanteeseen ei saatu poistettua kokonaan, kuten tulokset kertovat.

5.2.2 Manuaaliset tekijät datan analysoimisessa

Toinen merkittävä virhelähde aiheutui tallennetun datan manuaalisesta analysoinnista. Kuten luvussa 3.5 kerrottiin, valittiin koeosiosta riippuen fiksaatiosäteet eri katseenseurantalaitteille (fiksaation yhteisen vähimmäiskeston ohella) silmämääräisesti. Tämä tehtiin ajan funktiona visualisoidun datan pohjalta (kuvat 14 ja 15). Myös analyysi-ohjelmalle syötettävät koehenkilöiden silmien paikat videoruuduilla määritettiin manuaalisesti (kuva 16). Lisäksi datan jälkikäsitteily sisälsi manuaalista työtä (ks. 3.5.1), joskin se oli luonteeltaan selvästi mekaanisempaa kuin muu edellä mainittu manuaalinen työ.

Vaikka kaikki määrytykset fiksaatioparametreista ja silmien paikoista pyrittiin tekemään mahdollisimman objektiivisesti, on oletettavaa, että myös analysoijan subjektiivisella näkemyksellä oli vaikutuksensa tuloksiin. Tämä saattoi tulla esiin esimerkiksi siinä, mikä oli analysoijan mielestä paras tapa määrittää silmien koordinaatit ruudulta, jos katsepisteiden jakauma ei ollut muodoltaan yhtä selkeä kuin kuvassa 16 (kuten asia usein oli). Toinen mahdollisuus manuaalisesta analysoinnista aiheutuviin virheisiin syntyi kuvien 14 ja 15 kaltaisten datakaavioiden analysoinnista; kun eri fiksaatiosäteillä (ja vähimmäiskestoilla) oli tutkittu datakaavion muotoa tarpeeksi, oli jossakin vaiheessa tehtävä päätös, milloin fiksaatiopisteiden katsottiin seuraavan raakadatan ilmeisiä fiksaatiojaksoja riittävän tarkasti. Tämä päätös oli analysoijan omassa harkinnassa, sillä automaattisen tunnistusjärjestelmän kehittämiseen ei ollut työn puitteissa resursseja. Lisäksi oli otettava huomioon inhimillisen erehdyksen mahdollisuus kaikissa manuaalisen data-analyysin osa-alueissa.

Datan manuaalinen analysointi oli virhelähde, jonka tehokas eliminoiminen tutkimuksesta ei resurssien pohjalta ollut mahdollista. Analysoijan subjektiivinen näkemys parhaasta analysointimenetelmästä eri koetilanteiden yli saatiin tosin poistettua sillä, että analyysin teki kaikkien kokeiden osalta yksi ja sama henkilö. Tällöin eri henkilöiden mielipide- ja näkemyserot eivät voineet vääristää tuloksia. Inhimillisen erehdyksen mahdollisuutta pyrittiin myös torjumaan tarkastamalla lukemat (esimerkiksi kuvasta katsotut koordinaattiarvot silmien paikoista ruudulla) moneen kertaan ja olemalla huolellinen. Vaikka tulosten manuaalinen tulkinta aiheuttikin ilmeistä epätarkkuutta tuloksiin, ei

toisaalta ole olemassa näyttöä, että tehtävä olisi sujunut automaattiselta tunnistusohjelmalta (esimerkiksi katsepisteiden jakaumiin perustuvalta tunnistajalta) välttämättä paremmin. Silti automaattisten järjestelmien kehittäminen olisi paitsi yhdenmukaistanut, myös ennen kaikkea nopeuttanut analyysin tekemistä.

5.2.3 Muita virhelähteitä

SMI:n virheellisuuden ja datan manuaalisen analysoinnin ohella tutkimuksessa ilmeni myös eräitä muita, pienempiä virhelähteitä. Osa virhelähteistä oli luonteeltaan teknisiä, osa psykologisia. Virhelähteisiin kuuluivat ainakin seuraavat tekijät:

- Tobii-laitteistolta tulevan datan puskuroituminen ja siten viivästyminen lähiverkossa ennen sen saapumista EMO-Enginelle 1-10 rivin purskeina (n. 180 ms välein).
- Satunnaiset viiveet Skype-videoyhteydessä ja niistä joskus aiheutuva videon pätkinen.
- Koehenkilöiden liikkuminen kiellostä huolimatta, mistä seurasi, ettei täydellisen staattisia koordinaattialueita osapuolten silmille ollut olemassa.
- Se tosiasia, että osa koehenkilöistä tunsivat toisensa jo ennen koetta, mutta osa ei; teoriassa tämä voisi vaikuttaa katsekäyttäytymiseen, koska esimerkiksi ystävien voi olettaa pitävän toisistaan enemmän kuin tuntemattomien, mikä luvun 2.3.3 mukaisesti lisäisi katseen määrää.

Näiden virhelähteiden eliminoiminen onnistui kuitenkin kohtuullisen hyvin. Tobii-laitteiston datan puskuroituminen lähiverkossa eliminoitiin datan esikäsittelyvaiheessa skaalaamalla Tobii-datan aikaleimat uudelleen purske kerrallaan, ja synkronoimalla ne sen jälkeen yhteen SMI:n vastaavien aikaleimojen kanssa. Tämä onnistui, kun Tobii:n sisäisten aikaleimojen erotus tiedettiin (ks. liite 3). Skype-yhteyden viiveet puolestaan olivat harvinaisia, ja koska niiden kesto oli parhaimmillaankin vain joitain sekunteja, niiden ei katsottu häirinneen koetilannetta merkittävästi. Jos virhe kesti pidempään, keskeytettiin koe ja aloitettiin tarvittaessa alusta.

Koehenkilöiden hienovarainen liikkuminen eliminoitui datan jälkikäsittelyvaiheessa teoriassa kokonaan, kun silmien koordinaattialueet määritettiin ensisijaisesti kuvan 16 kaltaisten pistekuvioiden kautta; tämä otti huomioon kokeen ajalta koko alueen, jossa koehenkilön silmät olivat liikkuneet. Tosin alue oli aina sitä pienempi, mitä paremmin henkilö päänsä piti paikallaan. Tämä puolestaan teki myös tuloksista aina sitä tarkempia, mitä paremmin henkilö oli pysynyt liikkumattomana.

Vaikka osa koehenkilöistä tunsivat toisensa ennen koetta, ei henkilöiden välisiä ihmissuhteita katsottu niin syviksi, että ne olisivat merkittävästi vaikuttaneet katsekäyttäytymiseen. Siinä missä yhteensä 4 paria 10:stä koostui sellaisista koehenkilöistä, jotka tunsivat toisensa ennestään, olivat osapuolet toisilleen lähinnä puolittuja, tai parhaimmillaankin kavereita tai työkavereita. Lisäksi kaikki koehenkilöt tutustutettiin toisiinsa intiaanipokerin kuivaharjoittelun yhteydessä, mistä seurasi, että myös toisilleen aiemmin tuntemattomat henkilöt tunsivat toisensa ainakin jollain tapaa ennen kokeita. Huomattava on myös, että koska tutkimuksen kaikki koeosiot olivat vuorovaikutuksen sisällön suhteen neutraaleja (eli eivät sisältäneet esimerkiksi henkilökohtaisista asioista puhumista), katsottiin kaikkien koehenkilöiden olevan riittävän tasaveroisessa asemassa osallistuakseen kokeisiin.

5.2.4 Tulosten luotettavuus virhelähteiden valossa

Vaikka virhelähteitä ilmeni tutkimuksessa useita, on todennäköistä, että luvussa 4 kuvatut tulokset ovat ainakin suuruusluokaltaan oikeita, jos eivät eksakteja. Tukea tälle antaa mm. useiden havaintojen osuminen yhteen aiempien tutkimusten kanssa, esimerkiksi yksilön katseen kokonaismäärän sijoittuminen samoihin mittoihin Kendonin (1967) kokeen kanssa.

Useat parametrit myös korreloivat keskenään yhdenmukaisesti, toisistaan riippumatta, antaen samansuuntaisia tuloksia. Esimerkiksi yksilön katseen kokonaismäärä (G_{tot1} ja G_{tot2}) korreloi positiivisesti saman henkilön katseen keskipituuden ($D1$ ja $D2$) kanssa ($p < 0,01$). Vastaavasti korrelaatio on negatiivinen yksilön katseen kokonaismäärän ja saman henkilön pois päin katsomisen keskipituuden (D_{away1} ja D_{away2}) kanssa ($p < 0,01$). Koska molemmat eri parametrien pohjalta lasketut korrelaatiot kertovat samasta ilmiöstä, eli yksilön katseen kokonaismäärän ja katseen keskipituuden välisestä positiivisesta yhteydestä, on todennäköistä, että havainto on ainakin suunnaltaan oikea. Sitä vastoin kaikki korrelaatiot, jotka esiintyivät ainoastaan toisen katseenseurantalaitteiston tapauksessa, ovat ainakin jossain mielessä virheellisiä, eikä niiden vahvistaminen ole mahdollista kuin tekemällä tutkimus uudestaan. Tämän johdosta ne jätettiin analyysistä pois.

Kaiken kaikkiaan tutkimuksen luotettavuutta voinee pitää kohtuullisena ainakin luvuissa 5.1.1 - 5.1.3 arvioitujen havaintojen osalta. Tarkkoja virhemarginaaleja tuloksille ei voida antaa, koska virhelähteissä on osa-alueita (lähinnä datan manuaalisessa analysoinnissa), joissa virheen suuruusluokan määrittäminen matemaattisesti on erittäin epävarmaa, jos lainkaan mahdollista.

6. Yhteenveto ja jatkotutkimus

Tässä luvussa tarkastellaan tutkimuksen tuloksia kokonaisvaltaisesti, ja pohditaan, missä määrin diplomityö on täyttänyt sille asetetut tavoitteet. Lopuksi kootaan yhteen ideoita ja suosituksia, miten tutkimusta on perusteltua jatkaa nykyisten tulosten pohjalta.

6.1 Yhteenveto

Tämän diplomityön tarkoituksena oli tutkia kahden ihmisen katsekäyttäytymistä reaaliaikaisessa videokeskustelussa. Tutkimus tehtiin, jotta saataisiin entistä tarkempaa tietoa katsekäyttäytymisen tilastollisista ominaisuuksista, joilla puolestaan olisi käyttöä kehitettäessä virtuaalihahmoille entistä luonnonmukaisempia katseenohjausalgoritmeja.

Tarkasteltaessa työn tuloksia kolmen johdannossa kuvatun päätavoitteen valossa voidaan todeta, että tietoa kahden henkilön katsekäyttäytymisestä saatiin kaikkien toivottujen osalueiden taholta. Tiedot saatiin 32 yksittäisenä tunnuslukuna etukäteen määritellyistä parametreista. Sekä katseen määrät, ajalliset ulottuvuudet että tilasiirtymien arvioidut todennäköisyydet saatiin selville keskihajontojensa puitteissa, samoin kuin parametrien väliset korrelaatiot. Merkittävimmät tulosten perusteella tehdyt havainnot ja johtopäätökset on koottu yhteen taulukossa 5.

Taulukko 5. Tuloksista tehdyt havainnot, sekä olennaisimmat niitä vastaavat korrelaatiot.

Havainto ja johtopäätös	Parametrit	Korr. kerroin	p
Henkilöiden katseen ja katsekontaktin määrät videokeskustelussa ovat erittäin vaihtelevia. Käytännössä niitä vastaavien parametrien hajonnat ovat suuria. Yksilön katseen kokonaismäärän (Gtot) osalta saman on todennut myös Kendon (1967).	Gtot1, Gtot2, Gind1, Gind2, Gmut, Gaway1, Gaway2	-	-
Yksilön katseen kokonaismäärä ja keskipituus korreloivat keskenään. Oletettavaa on, että henkilöt, jotka katsovat toista paljon, katsovat myös pitkällä silmäyksillä. Havainto on yhtenevä Kendonin ja Cookin löydöksen (1969) kanssa.	Gtot1 ja D1 Gtot2 ja D2	0,516 0,436	< 0,01 < 0,01
Henkilöiden yksipuolisten katseiden määrät korreloivat keskenään negatiivisesti. Oletettavaa on, että jos keskustelun toinen osapuoli katsoo toista yksipuolisesti paljon, ei vastapuolelle jää mahdollisuutta katsoa yksipuolisesti takaisin.	Gind1 ja Gind2	-0,726	< 0,01

Havainto ja johtopäätös	Parametrit	Korr. kerroin	p
Strongmanin ja Champnessin (1986) kaava approksimoi hyvin katsekontaktin määrää videokeskustelussa.	Gmut ja Gmut_exp	0,943	< 0,01
Pelillisessä, ilman keskustelua tapahtuvassa vuorovaikutuksessa henkilöt katsovat toisiaan pidemmillä silmäyksillä kuin keskustellessaan vapaasti. Mahdollista on, että peleissä (ainakin intiaanipokerissa) osapuolten on huomioitava toisiaan enemmän kuin vapaassa keskustelussa. Tästä seuraa myös katsekontaktin esiintyminen ajallisesti pidemmissä jaksoissa.	Dmut ja koeosion indeksi (1-3)	-0,364	< 0,05
	Dmut ja koeosion indeksi (osiot 2 ja 3)	-0,546	< 0,01
	Dmut ja koeosion indeksi (osiot 1 ja 3)	-0,451	< 0,05
	Dmut ja koeosion indeksi (osiot 1 ja 2)	0,036	> 0,05
Henkilöt, jotka katsovat toista usein, katsovat lyhyillä silmäyksillä. Myös tämä havainto on yhtenevä Kendonin ja Cookin tutkimuksen (1969) kanssa. Usein katsovat ihmiset myös aloittavat ja lopettavat katsekontaktin tiheästi. Oletettavaa on, että jos henkilö katsoo toista usein, hän voi tehdä sen minuutin aikana vain lyhyillä silmäyksillä (verrattuna henkilöön, joka katsoo toista harvakseltaan).	D1 ja Ftot1	-0,573	< 0,01
	D2 ja Ftot2	-0,601	< 0,01
	D1 ja Finit1	-0,271	< 0,05
	D1 ja Fbrake1	-0,299	< 0,05
	D2 ja Finit2	-0,419	< 0,01
	D2 ja Fbrake2	-0,35	< 0,05
Videokeskustelussa osapuolten katsetiheydet riippuvat toisistaan ja siten yksilön kohdalla parista, jonka kanssa hän vuorovaikutukseen joutuu. Sama pätee poispäin katsomisen tiheyksille. Havainnon on tehnyt myös Kendon (1967). Katseen keskipituudet eivät kuitenkaan korreloi keskenään.	Ftot1 ja Ftot2	0,328	< 0,05
	Faway1 ja Faway2	0,333	< 0,05
	D1 ja D2	0,117	> 0,05
Henkilöiden arvioidut todennäköisyydet aloittaa tai lopettaa katse tai katsekontakti (koko vuorovaikutuksen mittakaavassa) riippuvat erityisesti siitä, miten pitkällä silmäyksillä he toisiaan keskimäärin katsovat (ja ovat katsomatta). Mikäli henkilö katsoo toista vain lyhyillä silmäyksillä, on keskimäärin todennäköisintä, että katseen tai katsekontaktin seuraava aloittaja on vastapuoli.	P_S0S1 ja Daway1	-0,396	< 0,01
	P_S0S1 ja Daway2	0,362	< 0,01
	P_S0S2 ja Daway1	0,396	< 0,01
	P_S0S2 ja Daway2	-0,362	< 0,01
	P_S1SMG ja Daway2	-0,456	< 0,01
	P_S2SMG ja Daway1	-0,39	< 0,01
	P_SMGS1 ja D1	0,459	< 0,01
	P_SMGS1 ja D2	-0,425	< 0,01
	P_SMGS2 ja D1	-0,459	< 0,01
	P_SMGS2 ja D2	0,425	< 0,01
	P_S1S0 ja Daway2	0,456	< 0,01
	P_S2S0 ja Daway1	0,39	< 0,01

Työn lopuksi on vielä kysyttävä, missä määrin saatuja tuloksia ja johtopäätöksiä voidaan hyödyntää virtuaalihahmojen kehitystyössä – ja jos näin tehdään, mikä olisi paras tapa tehdä se? Selkein vastaus on, että tuloksia voidaan hyödyntää ennen muuta validoimalla jo kehitettyjen algoritmien toimivuutta. Mikäli jollakin olemassa olevalla algoritmilla saadaan ihmisen ja virtuaalihahmon välisestä kommunikaatiotilanteesta samansuuntaiset mittaus-tulokset kuin tässä tutkimuksessa, on perusteltua olettaa, että tällöin ihmisen ja virtuaalihahmon välinen videokeskustelu on ainakin joiltain osin muistuttanut kahden oikean ihmisen välistä videokeskustelua. Validoinnin ohella tarvitaan luonnollisesti myös koehenkilöiden subjektiiviset arviot siitä, miten luonnolliselta kyseistä algoritmia käyttävä hahmo on tuntunut.

Olemassa olevien algoritmien testaamisen ohella voidaan tämän tutkimuksen tuloksista myös poimia esille yksittäisiä parametreja tai niiden välisiä riippuvuussuhteita kokonaan uusien katseenohjausjärjestelmien kehittämiseksi. Jos halutaan esimerkiksi toteuttaa ilman äänikeskustelua toimiva viihdesovellus, jossa ihminen pelaa virtuaalihahmon kanssa korttipeliä, voitaisiin hahmon katseen keskimääräinen pituus asettaa likimain samaksi kuin tämän tutkimuksen osioissa 1 ja 2 (eli 1-2 sekuntia). Lisäksi järjestelmä voitaisiin opettaa mittaamaan ihmisosapuolen katsetiheys, ja sitä kautta säätämään virtuaalihahmonkin katsetiheys samalle tasolle.

Diplomityön osatarkoituksena oli tutkimuslaboratorion rakentaminen ja testaaminen, jotta mahdollisille tuleville katsetutkimusprojekteille avautuisi mahdollisuus toteutua. Kokonaisuudessaan laboratorion voidaan katsoa täyttäneen tässä työssä tavoitteensa vähintäänkin kohtuullisesti. Suurimmaksi ongelmaksi osoittautui katseenseuranta-laitteistojen erilaisuus, ja erityisesti SMI-laitteiston virhealttius silmien tunnistamisessa. Mikäli tutkimuksia jatketaan, on SMI-laitteisto erittäin suositeltavaa korvata jollakin vähemmän virhealttiilla järjestelmällä. Suositeltavaa on myös, että ennen kuin virtuaalihahmoja lähdetään tulosten pohjalta oikeasti kehittämään, tämän tutkimuksen tulokset varmennetaan uusimalla kokeet nykyistä suuremmalla koehenkilöjoukolla. Jatkotutkimukseen liittyviä suosituksia on käsitelty tarkemmin seuraavassa osiossa.

6.2 Jatkotutkimus

Tämän diplomityön viimeisessä osiossa esitellään tärkeimmät ideat ja suositukset, jotka on perusteltua huomioida suunniteltaessa katseenseurantaan liittyviä jatkotutkimuksia nykyisellä laboratorion kehittämisellä. Potentiaaliset jatkotutkimusideat on eritelty tämän työn tulosten lisäanalysointiin, laboratorion kehittämiseen ja lopuksi virtuaalihahmoilla tehtävään tutkimukseen.

6.2.1 Koehenkilöiden tunnetilojen ja katsekäyttäytymisen välinen yhteys

Vaikka diplomityössä kartoitettiin kyselylomakkeilla koehenkilöiden tunnetiloja, lomakkeiden analysointi ei resurssien puolesta kuulunut tutkimuksen sisältöön. Mikäli lomakkeiden sisällöt kuitenkin analysoitaisiin, voitaisiin saada entistä laajempi psykologinen näkökulma siihen, millaisena koehenkilöt todella kokivat koetilanteet. Tällöin myös luvussa 2.3.3 kuvattujen psykologisten löydösten ja tulosten välille saattaisi löytyä tarkempia yhteyksiä, kuin tämän tutkimuksen puitteissa oli mahdollista esittää; esimerkiksi koehenkilöiden toisistaan pitäminen ja sen suhde katsekontaktin määrään voisi olla tunnistettavissa.

Lisäksi kuvan 12 tilakaaviota voisi laajentaa ottamaan huomioon suunnat, joihin henkilö kulloinkin kääntää katseensa esimerkiksi katsoessaan vastapuolesta pois päin (ylös, alas, vasen ja oikea). Tämä lisäisi katsekäyttäytymisen ja emootioiden välisten relaatioiden tunnistamismahdollisuuksia selvästi, sillä esimerkiksi katseen alaspäin kääntäminen on aiemmin kerrotun mukaisesti merkki nolostumisesta. Kaikki tämä olisi mahdollista toteuttaa jo olemassa olevan datan pohjalta.

6.2.2 Puhekeskustelun ja katsekontaktin välinen yhteys

Jos katsekäyttäytymisen ja puhekeskustelun suhdetta haluttaisiin tutkia tarkemmin, voitaisiin jo tallennettujen Skype-videoiden pohjalta selvittää, miten koehenkilöiden yksittäiset lauseet ja katsekontaktijaksot sijoittuvat ajallisesti toisiinsa nähden. Tällöin olisi mahdollista tutkia tarkemmin erityisesti luvussa 2.3.4 kuvattuja löydöksiä katsekontaktin osuudesta keskustelun synkronointiin; voitaisiin esimerkiksi laskea, katsovatko henkilöt toisiaan enemmän kuunnellessaan kuin puhuessaan sekä sitä, katsovatko he toista osapuolta silmiin juuri ennen pitkän lauseen aloittamista (Kendon 1967).

6.2.3 Laboratorion kehittäminen

Jos tutkimuksia aiotaan laajentaa, on suositeltavaa investoida jo alkuvaiheessa myös laboratorion kehittämiseen ja laajentamiseen. Kuten aiemmin on todettu, tulisi kehittämisen etusijalle laittaa SMI iViewX RED -laitteiston korvaaminen uudemmalla ja nykyistä luotettavammalla laitteistolla. Ideaalitapauksessa molemmissa huoneissa sijaitsevat katseenseurantalaitteistot olisivat keskenään identtisiä.

Katsekontaktin ja silmänliikkeiden mittaamisen ohella olisi hyödyllistä, jos laboratoriossa voitaisiin mitata myös koehenkilöiden fysiologisia parametreja; näihin kuuluvat esimerkiksi hengitystiheys, pulssi ja pupillin koko. Jälkimmäinen voitaisiin mitata jo nykyisillä katseenseurantalaitteilla, kun taas kaksi ensin mainittua vaatisivat erilliset mittalaitteet ja anturit. Lisäksi koehenkilöiden fysiologinen data tulisi synkronoida yhteen katsedatan tallennuksen kanssa; tämä vaatisi luultavasti myös EMO-Enginen kehittämistä tai korvaamista uudella rajapinnalla.

6.2.4 Tutkimukset virtuaalihahmoilla

Mikäli kerätyn katsedatan pohjalta pystytään joskus kehittämään aidon ihmisen katsekäyttäytymistä jäljittelevä virtuaalihahmo, sen luonnollisuutta voitaisiin helposti testata myös nykyisellä laboratorionlailla. Testaus voitaisiin toteuttaa pyytämällä koehenkilöitä yksi kerrallaan arvioimaan virtuaalihahmon uskottavuutta kolmessa erilaisessa kokeessa: Ensimmäisessä hahmon silmät liikkuisivat ilman vuorovaikutusta, toisessa niitä ohjaisivat kokeenhoitajan silmien liikkeet toisesta huoneesta, ja kolmannessa ja viimeisessä kokeessa silmiä ohjaisi algoritmi, joka vastaisi koehenkilön katseeseen niin luonnonmukaisesti kuin mahdollista. Kartoittamalla koehenkilöiden kokemukset virtuaalihahmojen katsekäyttäytymisen luonnollisuudesta eri koetilanteissa olisi helppoa verrata, miten luonnonmukaisena hahmo koettaisiin aitoon ihmiseen verrattuna.

Hahmon uskottavuuden arviointi tällä tavalla auttaisi myös selvittämään monia vielä tuntemattomia kysymyksiä. Tutkia voisi esimerkiksi, kuinka paljon, kuinka pitkällä silmäyksillä ja missä tilanteissa hahmon pitäisi katsoa ihmistä, jotta se tulkittaisiin miellyttäväksi. Lisäkyselyillä ja koehenkilöiltä saadulla palautteella algoritmia voisi edelleen hienosäätää ja kehittää eteenpäin.

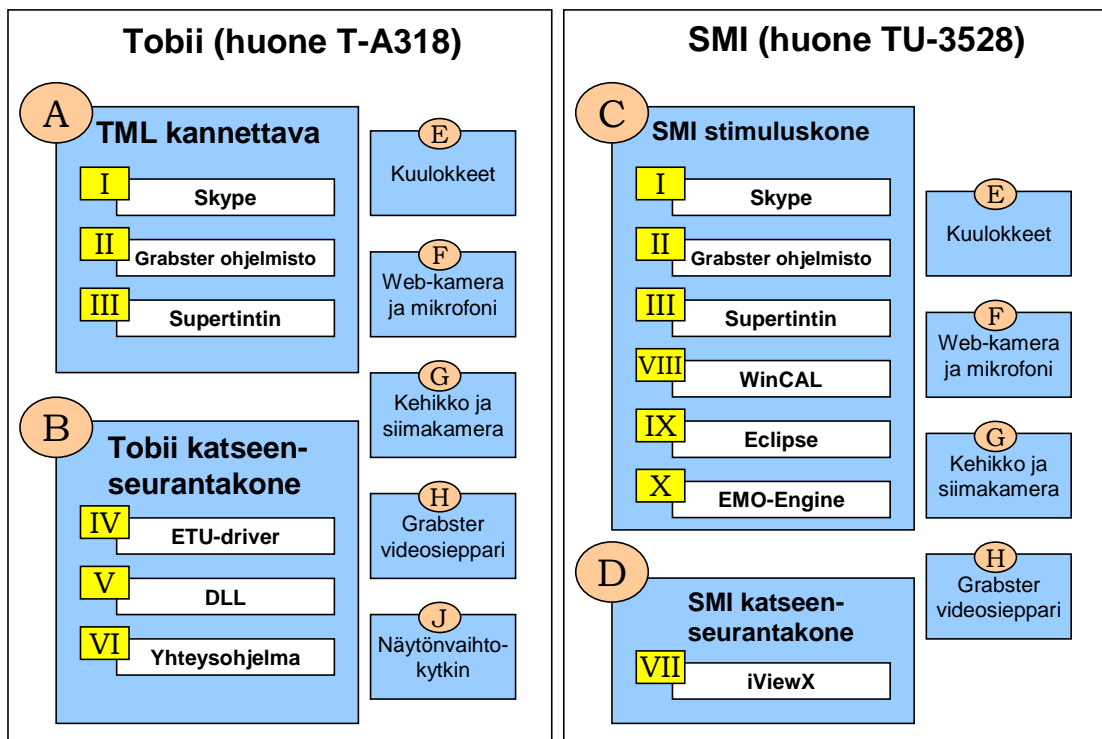
Lähdeluettelo

- Argyle, M. & Cook, M. 1976, *Gaze and mutual gaze*, Syndics of the Cambridge University Press, Cambridge.
- Argyle, M. & Dean, J. 1965, "Eye-contact, distance and affiliation", *Sociometry*, vol. 28, pp. 289-304.
- Chance, M.R.A. 1967, "Attention structure as the basis of primate rank orders", *Man, New Series, Vol. 2, No. 4 (Dec., 1967)*, pp. 503-518.
- Colburn, A., Cohen, M. & Drucker, S. 2000, "The role of eye gaze in avatar mediated conversational interfaces", *Technical Report MSR-TR-2000-81, Microsoft Research*.
- Duchowski, A.T. 2007, *Eye tracking methodology: theory and practice*, 2nd edition (July 31, 2007) edn, Springer.
- Ellsworth, P.C. & Ludwig, L.M. 1972, "Visual behavior in social interaction", *The Journal of Communication*, vol. 22, December 1972, pp. 375-403.
- Es, I.v., Heylen, D., Dijk, B.v. & Nijholt, A. 2002, "Gaze behaviour of talking faces makes a difference", *In Anonymous CHI '02: CHI '02 extended abstracts on Human factors in computing systems. (Minneapolis, Minnesota, USA)*, pp. 734-735.
- Exline, R.V. 1963, "Explorations in the process of person perception: visual interaction in relation to competition, sex and need for affiliation", *Journal of Personality*, vol. 31, pp. 1-20.
- Exline, R.V., Gray, D. & Schuette, D. 1965, "Visual behavior in a dyad as affected by interview content and sex of respondent", *Journal of personality and social psychology*, vol. 95, pp. 201-209.
- Exline, R.V. & Yellin, A. 1969, "Eye contact as a sign between man and monkey", *Symposium on Non-verbal Communication, 19th International Congress of Psychology, London, .*
- Fantz, R.L. 1965, "Visual perception from birth as shown by pattern selectivity", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 118, no. 21, pp. 793-814.
- Fukayama, A., Ohmo, T., Mukawa, N., Sawaki, M. & Hagita, N. 2002, "Messages embedded in gaze of interface agents – impression management with agent's gaze", *In Anonymous CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. (Minneapolis, Minnesota, USA)*, pp. 41-48.

- Goffman, E. 1963, *Behavior in public places*, Glencoe: The Free Press.
- Haaf, R.A. & Bell, R.Q. 1967, "A facial dimension in visual discrimination by human infants", *Child development*, vol. 38, no. 3, pp. 893-899.
- Harper, R.G., Wiens, A.N. & Matarazzo, J.D. 1978, *Nonverbal communication: the state of the art*, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Kendon, A. 1967, "Some functions of gaze-direction in social interaction.", *Acta Psychologica*, vol. 26, pp. 22-63.
- Kendon, A. & Cook, M. 1969, "The consistency of gaze patterns in social interaction", *British journal of psychology (London, England : 1953)*, vol. 60, no. 4, pp. 481-494.
- Kleinke, C.L. 1986, "Gaze and eye contact: a research review", *Psychological Bulletin*, vol. 100 No. 1, pp. 78-100.
- Morency, L., Christoudias, C.M. & Darrel, T. 2006, "Recognizing gaze aversion gestures in embodied conversational discourse", *In Anomynous ICMI '06: Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces (Banff, Alberta, Canada)*, pp. 287-294.
- Raidt, S., Bailly, G. & Elisei, F. 2007, "Analyzing gaze during face-to-face interaction", *Intelligent Virtual Agents*, pp. 403-404.
- Salvucci, D.D. & Goldberg, J.H. 2000, "Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols", *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*, pp. 71-78.
- Spitz, R.A. & Wolf, K.M. 1946, "The smiling response: a contribution to the ontogenesis of social relationships" in *Genet. Psychol. Monogr.*, 34, pp. 57-125.
- Strongman, K.T. & Champness, B.G. 1986, "Dominance hierarchies and conflict in eye contact", *Acta Psychologica*, vol. 28, pp. 376-386.
- Tankard, J.W.J. 1970, "Effects of eye position on person perception", *Perceptual and motor skills*, vol. 31, no. 3, pp. 883-893.
- Wada, J.A. 1961, "Modification of cortically induced responses in brain stem by shift of attention in monkeys", *Science (New York, N.Y.)*, vol. 133, pp. 40-42.
- Watson, O.M. 1970, *Proxemic Behavior: a cross-cultural study*, The Hague: Mouton, Paris.

Liite 1. Laboratorion laitteisto- ja ohjelmistokomponentit

Diplomityössä käytetty laboratorio rakennettiin kevät-kesällä 2009 Teknillisen Korkeakoulun tiloihin Espoon Otaniemessä. Alla on esitetty tutkimuksessa käytetyt laitteisto- ja ohjelmistokomponentit lohkokaaviona. Kirjaimet (A-J, kirjainta I lukuun ottamatta) viittaavat laitteistokomponentteihin ja roomalaiset numerot (I-X) ohjelmistokomponentteihin.



Laitteistokomponentit

A TML kannettava

TML kannettava on TKK:n Mediatekniikan laitoksen omistuksessa oleva kannettava tietokone, mallia HP Compaq nc8000. Kone on varustettu 1,6 GHz:n prosessorilla ja 1 GB:n keskusmuistilla, sekä Windows XP -käyttöjärjestelmällä. TML kannettavaa käytetään pyörittämään videoyhteyttä **Skypen (I)** avulla ja videon tallennusta **Supertintin-sovellusohjelmalla (III)** Tobii-katseen-seurantalaitteiston tutkimuhuoneessa.

B Tobii katseenseurantakone ja -laitteisto

Tobii 1750 on videopohjainen, yhtäaikaaisesti pupilli- ja sarveiskalvoheijastusta mittaava katseenseurantalaitteisto, joka on integroitu suoraan 17” TFT-monitoriin. Tobii-laitteisto käyttää silmänliikkeiden mittaamiseen infrapunavaloa tuottavia LEDejä ja järjestelmä mittaa yhtä aikaa molempien silmien liikkeitä taajuudella 50 Hz. Silmien kohdistuspisteiden paikat ruudulla kalibroidaan siten, että ruudun sisälle osuvat katseet määrittyvät x-suunnassa välille 0-1280 pikseliä ja y-suunnassa vastaavasti välille 0-1024, ja koordinaatti (0,0) sijaitsee ruudun vasemmassa yläkulmassa. Tobii 1750:n alustana toimii varsinainen katseenseurantakone, Windows XP -käyttöjärjestelmällä varustettu PC.

C SMI stimuluskone

SMI stimuluskone on SMI -katseenseurantalaitteiston tutkimushuoneessa sijaitseva PC, jonka keskeisin rooli on Skype-videoyhteyden pyörittämisessä ja katsedatan tallennuksessa. Kone on varustettu tuplaytimisellä 3,0 GHz prosessorilla, 3,5 GB:n keskusmuistilla ja Windows XP -käyttöjärjestelmällä. SMI stimuluskone pyörittää paitsi SMI-huoneen puoleista videoyhteyttä ja videontallennusta (vrt. **TML kannettava (A)**), myös **EMO-Engine -sovellusta (X)**, joka ohjaa katsedatan tallennusta lokitiedostoon molempien seurantalaitteistojen osalta.

D SMI katseenseurantakone ja laitteisto

SMI iViewX RED on videopohjainen, pupilli- ja sarveiskalvoheijastusta mittaava katseenseurantalaitteisto, joka Tobii:sta poiketen sijaitsee pöydällä koehenkilön edessä. Laitteisto mittaa kerrallaan yhden silmän liikkeitä taajuudella 60 Hz infrapunakameralla. Mittaus tapahtuu (kuten Tobiinkin tapauksessa) resoluutioltaan 1280x1024 kokoiselta ruudulta, jossa katsepisteen koordinaatti (0,0) vastaa ruudun vasenta yläkulmaa. Silmänliikekamera on motorisoitu, joten se pystyy seuraamaan käyttäjän pieniä vartalon ja pään liikkeitä. Laitteisto on kytketty Windows XP -käyttöjärjestelmällä varustettuun katseenseurantakoneeseen, jossa sen toimintaa ohjaa sovellusohjelma **iViewX (VII)**.

E Kuulokkeet

Sekä **SMI stimuluskoneen (C)** että **TML kannettavan (A)** analogiseen audio-ulostuloon on kytketty Sennheiser HD 212Pro -merkkiset stereokuulokkeet. Kuulokkeita käytetään koehenkilöiden väliseen audioviestintään Skype-yhteyden kautta.

F Web-kamera ja mikrofoni

SMI stimuluskoneeseen (C) ja **TML kannettavaan (A)** on kumpaankin kytketty Logitech Quickcam Pro 9000 -mallinen web-kamera. Web-kameroita käytetään kokeessa kameroihin

sisäänrakennetun mikrofonin takia, mikä yhdessä kuulokkeiden kanssa mahdollistaa koehenkilöiden välisen ääniviestinnän Skype-yhteyden kautta. Web-kameroiden kamera-osaa ei tutkimuksessa käytetä. Kumpikin kamera on asetettu koehenkilön eteen.

G Kehikko ja siimakamera

Kummankin koehenkilön kasvoja kuvataan siimoihin kiinnitetyllä pikkukameralla (koko n. 12,5 x 12,5 x 18 mm), joka asetetaan korkeussuunnassa osapuilleen koehenkilön silmäluomien korkeudelle keskelle ruutua.

Kehikko:

Koehenkilöitä kuvaavat kamerat ovat kiinni vanerista ja puusta valmistetuissa kehikoissa, joiden ulkoiset mitat ovat noin 70 x 70 x 70 cm. Kummassakin kehikossa kamera on kiinnitetty ohuilla siimoilla kehikon keskelle kohti koehenkilön kasvoja. Käytössä oleva siima on läpikuultavaa kalastajan siimaa, Ø 0,1 mm. Kehikko kameroineen on asetettu kummankin katseenseurantalaitteiston osalta monitorin ja koehenkilön väliin siten, että kameran etäisyys monitorista on n. 10-15 cm ja henkilön kasvoista n. 50 cm.

Siimakamera:

Kumpaankin kehikkoon kiinnitetty kamera on malliltaan SS-20PCK, Snake type wired CCD Camera. Kamera antaa ulos analogista PAL-videokuvaa maksimiresoluutiolla 768x582 (johon kokeessa kylläkään ei päästä) ja sen katselukulma on 80°. Kameran ulostulevaan videoliittimeen kytketään RCA-kaapeli, joka liitetään **Grabster AV 150 MX videosiepparin (H)** ”composite” -sisääntuloon. Kamera toimii 9 voltin tasajännitteellä, jota saadaan erillisen muuntajan kautta verkkovirrasta.

H Grabster videosieppari

Grabster AV 150 MX videosieppari toimii rajapintana analogisen siimakameran ja tietokoneen USB-väylän välissä. Grabsterin sisääntulona on kameran lähettämä analoginen PAL-videosignaali, jonka Grabster konvertoi digitaaliseen muotoon. Tällöin kameraa voidaan käyttää esimerkiksi **Skypessä (I)** web-kamerana, kuten tässä tutkimuksessa tehdään.

Kamera kytketään Grabster AV 150 MX videokonvertterin ”composite” -liitäntään, ja laitteen USB-portti kytketään USB A-B kaapelilla tietokoneen USB-porttiin. PAL-signaalin osalta Grabster AV kykenee digitoimaan parhaimmillaan 720x576-resoluutioista ja kuvataajuudeltaan 25/fps tasoista videokuvaa. Laite saa virtansa USB-väylästä.

J Näytönvaihtokytkin

Kokeen aikana **Tobii katseenseurantakoneen (B)** monitorin on kyettävä näyttämään koehenkilölle reaaliajassa toisen koehenkilön kasvokuvaa **Skype-videoyhteyden (I)** kautta. Koska Skype-yhteyttä ei pyöritä Tobii katseenseurantakone itse vaan **TML kannettava (A)**, on kokeenhoitajalla oltava mahdollisuus vaihtaa monitorin näyttökuva katseenseurantakoneen ja TML kannettavan välillä mahdollisimman helposti. Katseenseurantakoneelta tulevaa näyttökuvaa tarvitaan kalibroitaessa Tobii-laitteisto ja käynnistettäessä datan lähetys **EMO-Enginelle (VII)**.

Näyttökuvan vaihtamiseen käytetään kokeessa ATEN VS-291 -mallista ulkoista videokytkintä, johon voidaan kytkeä kaksi erillistä tietokonetta VGA-kaapeleilla. Ulostulona kytkimeen liitetään monitoriin menevä VGA-kaapeli. Molempien koneiden ollessa päällä voidaan monitorissa olevan kuvan lähde valita helposti näytönvaihtokytkimen painonapista. Näytönvaihtokytkin on puhtaasti koneista riippumaton erillislaitte, jonka käyttö ei edellytä muutoksia tai asennuksia Tobii katseenseurantakoneeseen tai TML kannettavaan.

Ohjelmistokomponentit

I Skype

Skypeä käytetään tutkimuksessa molemminpuolisen, reaaliaikaisen video- ja audioyhteyden toteuttamiseksi tutkimushuoneiden välille. Skype on *Skype Limited:n* kehittämä ilmainen sovellusohjelma, jonka avulla käyttäjät voivat keskustella Internetin kautta toistensa kanssa maksutta. Ohjelma mahdollistaa myös videopuhelut web-kameroiden avulla. Kokeessa Skype on asennettu sekä **TML Kannettavaan (A)** että **SMI stimuluskoneeseen (C)**, jottei sen käyttö kuormita varsinaisia katseenseurantakoneita (**B ja D**). Ohjelmistoa käytetään tutkimuksessa kahden erikseen luodun Skype-tunnuksen avulla, soittamalla videopuhelu koneesta toiseen.

II Grabster-ohjelmisto

Grabster videosiepparin (H) käyttö **TML kannettavassa (A)** ja **SMI stimuluskoneessa (C)** edellyttää Terratecin Grabster series -ajurin ja Terratec Home Cinema Software -ohjelmiston asentamista koneille. Ohjelmia ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa käytetä enää asentamisen jälkeen, vaan niiden olemassaolo koneilla riittää.

III Supertintin Skype call recorder

Skype-videopuhelut tallennetaan **TML kannettavan (A)** ja **SMI stimuluskoneen (C)** kiintolevyille videotiedostoiksi Supertintin Skype call recorder -sovelluksella, joka on Internetistä ladattava ilmaisohjelma puheluiden nauhoittamista varten. Kummallekin koneelle asennettu ohjelma nauhoittaa kyseisen koneen luona istuvan koehenkilön kasvokuvaa ja molempien osapuolten puhetta Skypen datavirrasta. Supertintin ilmaisversiolla puheluita voi tallentaa maksimissaan 5 minuuttia kerrallaan, mikä on riittävä määrä tälle tutkimukselle (kokeiden kestot 2-3 minuuttia).

IV ETU-driver

Eye-Tracking Universal Driver (ETU-driver) on useiden katseenseurantalaitteistojen kanssa yhteensopiva ajuri, jonka päälle katseenseurantalaitteistoja hyödyntävät ohjelmat voidaan toteuttaa. Tällä hetkellä ETU-driver tukee kokeessa käytettävää Tobii-katseenseurantajärjestelmää **(B)**, mutta ei SMI-järjestelmää **(D)**.

V DLL

ETUDriverWrapper.dll on yksinkertainen komponentti, joka **Tobii-katseenseurantakoneessa (B)** kuuntelee **ETU-driveria (IV)** ja lähettää katsedataa eteenpäin haluttuun IP-osoitteeseen ja porttiin. Tutkimuksessa DLL-komponentille syötetään **EMO-Engineä (X)** käyttävän **SMI stimuluskoneen (C)** IP-osoite.

VI Yhteysohjelma

Koska **ETU-driveria (IV)** kuunteleva ohjelma on alun perin tehty DLL:ksi, eikä ajettavaksi ohjelmaksi, on yhteyden muodostamiseen tehty erillinen pieni komentorivi-ohjelma. Tämä ohjelma käynnistää **ETUDriverWrapper.dll:n (V)** ja antaa sille käynnistysparametreiksi sen IP-osoitteen ja portin, johon katsedataa halutaan lähettää.

VII IViewX

IViewX (versio 2.0) on **SMI katseenseurantakoneessa (D)** käytettävä ohjelmisto, joka ohjaa koneeseen kytkettyä videopohjaista SMI iViewX RED -katseenseurantalaitteistoa. Katsedatan keruuta ohjelma koordinoi **EMO-Enginen (X)** lähettämien komentojen kautta. Ohjelmaa käytetään yhdessä **WinCAL (VIII)** -ohjelman kanssa SMI-katseenseurantalaitteiston kalibroimiseen ennen kokeen aloittamista.

VIII WinCAL

WinCAL on yhteistyössä **iViewX:n (VII)** kanssa käytettävä pieni apuohjelma **SMI-katseenseurantalaitteiston (D)** kalibroimiseksi. Ohjelma sijaitsee **SMI stimuluskoneella (C)** ja sitä käytetään joka kerta kalibroitaessa katseenseurantalaitteisto ennen kokeiden aloittamista. WinCAL mahdollistaa kalibrointiin käytettävien, katseella seurattavien pistekuvien välittymisen **IViewX -ohjelmasta SMI stimuluskoneelle**.

IX Eclipse

Eclipse on ohjelmistokehitysalusta, jota on käytetty Java-pohjaisen **EMO-enginen (X)** rakentamiseen. EMO-Enginen kehitysversiona ei tähän tutkimukseen ole vielä tehty ajettavaa erillistä ohjelmistoa, vaan sitä käytetään Eclipsen kautta. Siksi Eclipsen tulee aina olla päällä ennen EMO-Enginen käynnistämistä.

X EMO-Engine

EMO-Engine on Java-pohjainen ohjelmistorajapinta, jota käytetään **Eclipsen (IX)** kautta **SMI Stimuluskoneella (C)**. EMO-Enginen tehtävänä on kerätä **Tobii-katseenseurantakoneen (B)** ja **SMI-katseenseurantakoneen (D)** lähettämä katsedata yhteen, ja tallentaa se lokitiedostoon myöhempää käyttöä varten. Ennen EMO-Enginen käynnistämistä **SMI:n kalibrointiin käytettävä WinCAL (VIII)** on suljettava.

Liite 2. Ohjeet koehenkilöille

Tässä liitteessä on kuvattu sanalliset peliohjeet, jotka koehenkilöille annettiin ennen kuivaharjoittelua ja kokeiden aloittamista.

Osa 1: Intiaanipokeri vastakkain

”Pelaamme yhden kortin pokeria, jossa molemmille pelaajille jaetaan kierroksittain yksi kortti, ja isommalla kortilla voittaa pelin. Kumpikin pelaaja näkee kuitenkin ainoastaan vastustajan kortin, joka näytetään alussa. Peli kulkee seuraavasti. Pelaaja voi vuorollaan, vastustajan kortin nähtyään, tehdä yhden kolmesta toiminnosta, jonka ilmoittaa sanallisesti: **luovuttaa, katsoa kortit**, tai **panostaa**. Panostaessa pelaaja voi panostaa 1-3 peliyksikköä. Luovuttaessa toinen pelaaja voittaa sen hetkisen potin, katsoessa pelaaja taas vastaa toisen pelaajan aiempaan panostukseen, jonka jälkeen kortit paljastetaan, ja isomman kortin haltija voittaa. Tasatilanteessa kumpikaan ei voita. Panostaessa pelaaja korottaa toisen pelaajan panosta (1-3 peliyksikköä), ja vuoro siirtyy toiselle pelaajalle. Puhuminen pelin aikana ei ole sallittua pelikomentoja lukuun ottamatta. Pelipanoksista ja voitetuista kierroksista pitävät kirjaa kokeenhoitajat. Peli kestää noin kolme minuuttia.”

Osa 2: Intiaanipokeri yhteistyössä

”Pelataan samaa intiaanipokeria siten, että molemmat panostavat kullakin kierroksella yhden kerran (1-3 yksikköä), ja sen jälkeen pyrkivät arvaamaan kummalla pelaajista on korkeampi kortti. Pelaajat voittavat silloin, kun arvaavat samalla tavalla, **vaikka arvaisivat väärin**. Arvaukset voittajasta kirjoitetaan paperille (joko ”hän” tai ”minä”) ennen ääneen julkistamista. Kirjoittakaa mahdollisuuksien mukaan katsomatta paperia. Puhuminen pelin aikana ei tässäkään osiossa ole sallittua pelikomentoja lukuun ottamatta. Peli kestää noin kolme minuuttia.”

Osa 3: Vapaa keskustelu

”Pääsette molemmat keskustelemaan pokerivastustajanne kanssa itse valitsemistanne aiheista, tarkoituksena tutustua ihmiseen lisää. Voitte keskustella esimerkiksi tästä kokeesta tai pokerista. Teillä on noin kolme minuuttia aikaa keskustella.”

Liite 3. Katsedatan syntaksi

Tässä liitteessä on kuvattu tallennettavan katsedatan syntaksi EMO-Enginen lokitiedostossa kahden peräkkäisen esimerkkirivin kautta. Syntaksi on erilainen Tobii- ja SMI-laitteistoille.

Tobii

Rivi:

1242815717406#Eyetracker1#50961#694.871887#769.518982#677.427429#584.368469#
6.473622#6.514877#

Datarivin sarakkeiden selitykset vasemmalta oikealle:

1. **1242815717406**: EMO-Enginen aikaleima, joka etenee n. 16 ms välein
2. **Eyetracker1**: Seurantalaitteiston tunnus; ”Eyetracker1” viittaa Tobii-laitteistoon
3. **50961**: Tobii-laitteiston tuottama oma sisäinen aikakoodi, joka etenee n. 20 ms välein
4. **694.871887**: Koehenkilön vasemman silmän katsepisteen x-koordinaatti ruudulla
5. **769.518982**: Koehenkilön oikean silmän katsepisteen x-koordinaatti ruudulla
6. **677.427429**: Koehenkilön vasemman silmän katsepisteen y-koordinaatti ruudulla
7. **584.368469**: Koehenkilön oikean silmän katsepisteen y-koordinaatti ruudulla
8. **6.473622**: Koehenkilön vasemman silmän pupillin koko (mm), ei käsitellä tässä työssä
9. **6.514877**: Koehenkilön oikean silmän pupillin koko (mm), ei käsitellä tässä työssä

SMI

Rivi: 1242815717406#Eyetracker2#597757141#229#195#798#15639#

Datarivin sarakkeiden selitykset vasemmalta oikealle:

1. **1242815717406**: EMO-Enginen aikaleima (sama kuin Tobii:lla), joka etenee n. 16 ms välein
2. **Eyetracker2**: Seurantalaitteiston tunnus; ”Eyetracker2” viittaa SMI-laitteistoon
3. **597757141**: SMI-laitteiston oma sisäinen aikakoodi, joka etenee n. 16 ms välein
4. **229**: Koehenkilön tutkimukseen valitun silmän katsepisteen x-koordinaatti ruudulla
5. **195**: Koehenkilön tutkimukseen valitun silmän katsepisteen y-koordinaatti ruudulla
6. **798**: Koehenkilön tutkittavan silmän pupillin koko pystysuunnassa (pikseliä), ei käsitellä
7. **15639**: Koehenkilön tutkittavan silmän pupillin koko vaakasuunnassa (pikseliä), ei käsitellä

Liite 4. Laskettujen parametrien väliset korrelaatiot

Tässä liitteessä on kuvattu tutkimuksessa laskettujen parametrien väliset korrelaatiot matriisimuodossa. Samat parametrit sijaitsevat matriisin pysty- ja vaakariveillä, ja yksittäiset alkiot kuvaavat kunkin parametriparin keskinäistä korrelaatiota. Näin ollen lävistäjärivi koostuu ykkösistä (tummanharmaalla merkityt alkiot). Koeosoiden indeksit (1-3) on kuvattu omana parametrinaan viimeisenä sarakkeena ja alimpana rivinä. Näytteiden määrä kunkin parametrin korrelaatiolaskussa oli 27 kpl, koska 3 koetta yhteensä 30:stä piti hylätä epäonnistuneen SMI-datan liian suuren määrän johdosta (nolladataa yli 30 %). Koska taulukoista muodostuva matriisi on lävistäjän suhteen symmetrinen, merkinnät on tehty vain yhdelle puolelle (oikea yläkulma). Kokonsa vuoksi matriisi on jaettu kahdelle sivulle.

Matriisissa huomionarvoisiksi katsotut tilastollisesti merkitsevät ($p < 0,05$) korrelaatio-kertoimet on merkitty **tähdellä (*) ja keltaisella pohjalla**, ja erittäin merkitsevät ($p < 0,01$) **kahdella tähdellä (**)** ja **oranssilla pohjalla**. **Vaaleanharmaalla pohjalla** on merkitty kaikki ne korrelaatiot, jotka ovat merkitseviä (*) tai erittäin merkitseviä (**), mutta jotka esiintyvät ainoastaan jompaakumpaa katseenseurantalaitteistoa ilmaisevan parametrin tapauksessa. Nämä korrelaatiot ovat seurantalaitteiston suhteen epäsymmetrisiä ja ei siten yleistettävissä diplomityön ulkopuolelle. Tilastollisesti ei-merkitsevät riippuvuussuhteet on jätetty **valkoiselle** pohjalle, samoin kuin kaikki täysin suorat riippuvuudet, joissa korrelaatiokerroin on 1 tai -1.

		P_S1S0	P_S0S1	P_S0SG1	P_S1SGM	P_S2SMG	P_S0SG2	P_S2S0	P_S0S2	G1ot1	G1ot2	G1nd1	G1nd2	Gmut	Gaway1	Gaway2	D1	D2
P_S1S0	Corr. coef.	1,000	-,006	-,325*	-,1000**	-,097	-,325*	-,097	-,006	-,348*	-,188	-,074	-,188	-,479**	-,348*	-,188	-,234	-,171
	Sig.		,967	,017		,478	,017	,478	,967	,011	,169	,588	,169	,000	,011	,169	,087	,211
P_S0S1	Corr. coef.	-,006	1,000	-,123	-,006	-,174	-,123	-,174	-,1000**	-,510**	-,225	-,487**	-,533**	-,071	-,510**	-,225	-,333*	-,088
	Sig.	,967		,370	,967	,203	,370	,203		,000	,100	,000	,000	,602	,000	,100	,015	,518
P_S0SG1	Corr. coef.	-,325*	-,123	1,000	-,325*	-,225	-,1000**	-,225	-,123	-,282*	-,419**	-,533**	-,544**	-,043	-,282*	-,419**	-,459**	-,425**
	Sig.	,017	,370		,017	,100		,100	,370	,039	,002	,000	,000	,755	,039	,002	,001	,002
P_S1SGM	Corr. coef.	1,000**	-,006	-,325*	1,000	-,097	-,325*	-,097	-,006	-,348*	-,188	-,074	-,188	-,479**	-,348*	-,188	-,234	-,171
	Sig.		,967	,017		,478	,017	,478	,967	,011	,169	,588	,169	,000	,011	,169	,087	,211
P_S2SMG	Corr. coef.	-,097	-,174	-,225	-,097	1,000	-,225	1,000**	-,174	-,379**	-,521**	-,111	-,060	-,544**	-,379**	-,521**	-,123	-,425**
	Sig.	,478	,203	,100	,478		,100		,203	,006	,000	,416	,662	,000	,006	,000	,370	,002
P_S0SG2	Corr. coef.	-,325*	-,123	1,000**	-,325*	-,225	1,000	-,225	-,123	-,282*	-,419**	-,533**	-,544**	-,043	-,282*	-,419**	-,459**	-,425**
	Sig.	,017	,370		,017	,100		,100	,370	,039	,002	,000	,000	,755	,039	,002	,001	,002
P_S2S0	Corr. coef.	-,097	-,174	-,225	-,097	1,000**	-,225	1,000	-,174	-,379**	-,521**	-,111	-,060	-,544**	-,379**	-,521**	-,123	-,425**
	Sig.	,478	,203	,100	,478		,100		,203	,006	,000	,416	,662	,000	,006	,000	,370	,002
P_S0S2	Corr. coef.	-,006	1,000**	-,123	-,006	-,174	-,123	-,174	1,000	-,510**	-,225	-,487**	-,533**	-,071	-,510**	-,225	-,333*	-,088
	Sig.	,967		,370	,967	,203	,370	,203		,000	,100	,000	,000	,602	,000	,100	,015	,518
G1ot1	Corr. coef.	-,348*	-,510**	-,282*	-,348*	-,379**	-,282*	-,379**	-,510**	1,000	-,048	-,442**	-,613**	-,459**	1,000**	-,048	-,516**	-,100
	Sig.	,011	,000	,039	,011	,006	,039	,006	,000		,723	,001	,000	,001		,723	,000	,466
G1ot2	Corr. coef.	-,188	-,225	-,419**	-,188	-,521**	-,419**	-,521**	-,225	-,048	1,000	-,487**	-,328*	-,578**	-,048	1,000**	-,117	-,436**
	Sig.	,169	,100	,002	,169	,000	,002	,000	,100	,723		,000	,017	,000	,723		,393	,001
G1nd1	Corr. coef.	-,074	-,487**	-,533**	-,074	-,111	-,533**	-,111	-,487**	-,442**	1,000	-,726**	-,100	-,442**	-,487**	-,470**	-,242	-,076
	Sig.	,588	,000	,000	,588	,416	,000	,416	,000	,001	,000	,000	,466	,001	,000	,001	,139	,076
G1nd2	Corr. coef.	-,188	-,533**	-,544**	-,188	-,060	-,544**	-,060	-,533**	-,328*	-,726**	1,000	-,094	-,613**	-,328*	-,527**	-,185	-,175
	Sig.	,169	,000	,000	,169	,662	,000	,662	,000	,000	,017	,000	,491	,000	,017	,000	,000	,175
Gmut	Corr. coef.	-,479**	-,071	-,043	-,479**	-,544**	-,043	-,544**	-,071	-,459**	-,578**	-,100	-,094	1,000	-,459**	-,578**	-,202	-,242
	Sig.	,000	,602	,755	,000	,000	,755	,000	,602	,001	,000	,466	,491		,001	,000	,139	,076
Gaway1	Corr. coef.	-,348*	-,510**	-,282*	-,348*	-,379**	-,282*	-,379**	-,510**	1,000**	-,048	-,442**	-,613**	-,459**	1,000	-,048	-,516**	-,100
	Sig.	,011	,000	,039	,011	,006	,039	,006	,000		,723	,001	,000	,001		,723	,000	,466
Gaway2	Corr. coef.	-,188	-,225	-,419**	-,188	-,521**	-,419**	-,521**	-,225	-,048	1,000**	-,487**	-,328*	-,578**	-,048	1,000	-,117	-,436**
	Sig.	,169	,100	,002	,169	,000	,002	,000	,100	,723		,000	,017	,000	,723		,393	,001
D1	Corr. coef.	-,234	-,333*	-,459**	-,234	-,123	-,459**	-,123	-,333*	-,516**	-,117	-,470**	-,527**	-,202	-,516**	-,117	1,000	-,117
	Sig.	,087	,015	,001	,087	,370	,001	,370	,015	,000	,393	,001	,000	,139	,000	,393		,393
D2	Corr. coef.	-,171	-,088	-,425**	-,171	-,425**	-,425**	-,088	-,100	-,436**	-,242	-,185	-,242	-,100	-,436**	-,117	1,000	-,117
	Sig.	,211	,518	,002	,211	,002	,002	,518	,466	,001	,076	,175	,076	,466	,001	,393		,393
D1nd1	Corr. coef.	-,194	-,328*	-,202	-,194	-,048	-,202	-,048	-,328*	-,293*	-,225	-,442**	-,328*	-,100	-,293*	-,225	-,573**	-,202
	Sig.	,156	,017	,139	,156	,723	,139	,723	,017	,032	,100	,001	,017	,466	,032	,100	,000	,139
D1nd2	Corr. coef.	-,262	-,322*	-,231	-,262	-,134	-,231	-,134	-,322*	-,413**	-,060	-,333*	-,425**	-,214	-,413**	-,060	-,020	-,362**
	Sig.	,055	,018	,091	,055	,327	,091	,327	,018	,003	,662	,015	,002	,118	,003	,662	,884	,008
Dmut	Corr. coef.	-,131	-,311*	-,071	-,131	-,373**	-,071	-,373**	-,311*	-,447**	-,179	-,185	-,265	-,385**	-,447**	-,179	-,601**	-,504**
	Sig.	,337	,023	,602	,337	,006	,602	,006	,023	,001	,189	,175	,053	,005	,001	,189	,000	,000
Daway1	Corr. coef.	-,223	-,396**	-,031	-,223	-,390**	-,031	-,390**	-,396**	-,567**	-,128	-,259	-,350*	-,402**	-,567**	-,128	-,083	-,071
	Sig.	,104	,004	,819	,104	,004	,819	,004	,004	,000	,348	,058	,010	,003	,000	,348	,545	,602
Daway2	Corr. coef.	-,456**	-,362**	-,066	-,456**	-,100	-,066	-,100	-,362**	-,014	-,430**	-,316	-,202	-,362**	-,014	-,430**	-,254	-,134
	Sig.	,001	,008	,632	,001	,466	,632	,466	,008	,917	,002	,021	,139	,008	,917	,002	,064	,327
MF	Corr. coef.	-,485**	-,043	-,037	-,485**	-,538**	-,037	-,538**	-,043	-,464**	-,561**	-,094	-,111	-,915**	-,464**	-,561**	-,197	-,225
	Sig.	,000	,755	,786	,000	,000	,786	,000	,755	,001	,000	,491	,416	,000	,001	,000	,150	,100
F1ot1	Corr. coef.	-,011	-,077	-,282*	-,011	-,134	-,282*	-,134	-,077	-,088	-,248	-,214	-,179	-,123	-,088	-,248	-,573**	-,145
	Sig.	,934	,574	,039	,934	,327	,039	,327	,574	,518	,070	,118	,189	,370	,518	,070	,000	,288
F1ot2	Corr. coef.	-,365**	-,259	-,185	-,365**	-,265	-,185	-,265	-,259	-,100	-,037	-,100	-,054	-,066	-,100	-,037	-,276**	-,601**
	Sig.	,008	,058	,175	,008	,053	,175	,053	,058	,466	,786	,466	,692	,632	,466	,786	,043	,000
Faway1	Corr. coef.	-,040	-,071	-,311*	-,040	-,128	-,311*	-,128	-,071	-,105	-,242	-,208	-,197	-,117	-,105	-,242	-,590**	-,117
	Sig.	,770	,602	,023	,770	,348	,023	,348	,602	,441	,076	,128	,150	,393	,441	,076	,000	,393
Faway2	Corr. coef.	-,320*	-,271*	-,162	-,320*	-,265	-,162	-,265	-,271*	-,134	-,037	-,088	-,088	-,031	-,134	-,037	-,299**	-,601**
	Sig.	,020	,048	,235	,020	,053	,235	,053	,048	,327	,786	,518	,518	,819	,327	,786	,029	,000
F1nd1	Corr. coef.	-,200	-,105	-,265	-,200	-,368**	-,265	-,368**	-,105	-,088	-,550**	-,299**	-,197	-,459**	-,088	-,550**	-,271**	-,123
	Sig.	,144	,441	,053	,144	,007	,053	,007	,441	,518	,000	,029	,150	,001	,518	,000	,048	,370
F1nd2	Corr. coef.	-,525**	-,077	-,231	-,525**	-,060	-,231	-,060	-,077	-,128	-,043	-,083	-,117	-,191	-,128	-,043	-,083	-,419**
	Sig.	,000	,574	,091	,000	,662	,091	,662	,574	,348	,755	,545	,393	,162	,348	,755	,545	,002
Fbrak1	Corr. coef.	-,171	-,066	-,305*	-,171	-,339*	-,305*	-,339*	-,066	-,071	-,464**	-,271*	-,179	-,396**	-,071	-,464**	-,299**	-,128
	Sig.	,211	,632	,026	,211	,013	,026	,013	,632	,602	,001	,048	,189	,004	,602	,001	,029	,348
Fbrak2	Corr. coef.	-,514**	-,111	-,185	-,514**	-,014	-,185	-,014	-,111	-,151	-,111	-,048	-,105	-,271*	-,151	-,111	-,060	-,350*
	Sig.	,000	,416	,175	,000	,917	,175	,917	,416	,269	,416	,723	,441	,048	,269	,416	,662	,010
Gmut_exp	Corr. coef.	-,468**	-,083	-,066	-,468**	-,533**	-,066	-,533**	-,083	-,470**	-,578**	-,088	-,083	-,943**	-,470**	-,578**	-,202	-,276**
	Sig.	,001	,545	,632	,001	,000	,632	,000	,545	,001	,000	,518	,545	,000	,001	,000	,139	,043
koe (1-3)	Corr. coef.	-,113	-,082	-,082	-,113	-,048	-,082	-,048	-,082	-,130	-,034	-,082	-,062	-,144	-,130	-,034	-,309*	-,213
	Sig.	,463	,593	,593	,463	,755												

		Dind1	Dind2	Dmut	Daway1	Daway2	MF	Ftot1	Ftot2	Faway1	Faway2	Finit1	Finit2	Fbrake1	Fbrake2	Gmut_exp	koe (1-3)
P_S1S0	Corr. coef.	.194	.262	-.131	.223	.456**	-.485**	.011	-.365**	.040	-.320*	-.200	-.525**	-.171	-.514**	-.468**	.113
	Sig.	.156	.055	.337	.104	.001	.000	.934	.008	.770	.020	.144	.000	.211	.000	.001	.463
P_S0S1	Corr. coef.	.328*	-.322*	.311*	-.396**	.362**	.043	-.077	-.259	-.071	-.271*	-.105	-.077	-.066	-.111	.083	-.082
	Sig.	.017	.018	.023	.004	.008	.755	.574	.058	.602	.048	.441	.574	.632	.416	.545	.593
P_SMGS1	Corr. coef.	.202	-.231	.071	-.031	.066	-.037	-.282*	.185	-.311*	.162	-.265	.231	-.305*	.185	-.066	-.082
	Sig.	.139	.091	.602	.819	.632	.786	.039	.175	.023	.235	.053	.091	.026	.175	.632	.593
P_S1SMG	Corr. coef.	-.194	-.262	.131	-.223	-.456**	.485**	-.011	.365**	-.040	.320*	.200	.525**	.171	.514**	.468**	-.113
	Sig.	.156	.055	.337	.104	.001	.000	.934	.008	.770	.020	.144	.000	.211	.000	.001	.463
P_S2SMG	Corr. coef.	.048	-.134	.373**	-.390**	-.100	.538**	.134	-.265	.128	-.265	.368**	-.060	.339**	-.014	.533**	-.048
	Sig.	.723	.327	.006	.004	.466	.000	.327	.053	.348	.053	.007	.662	.013	.917	.000	.755
P_SMGS2	Corr. coef.	-.202	.231	-.071	.031	-.066	.037	.282*	-.185	.311*	-.162	.265	-.231	.305*	-.185	.066	.082
	Sig.	.139	.091	.602	.819	.632	.786	.039	.175	.023	.235	.053	.091	.026	.175	.632	.593
P_S2S0	Corr. coef.	-.048	.134	-.373**	.390**	.100	-.538**	-.134	.265	-.128	.265	-.368**	.060	-.339**	.014	-.533**	.048
	Sig.	.723	.327	.006	.004	.466	.000	.327	.053	.348	.053	.007	.662	.013	.917	.000	.755
P_S0S2	Corr. coef.	-.328*	.322*	-.311*	.396**	-.362**	-.043	.077	.259	.071	.271*	.105	.077	.066	.111	-.083	.082
	Sig.	.017	.018	.023	.004	.008	.755	.574	.058	.602	.048	.441	.574	.632	.416	.545	.593
Gtot1	Corr. coef.	.293*	-.413**	.447**	-.567**	-.014	.464**	-.088	-.100	-.105	-.134	.088	.128	.071	.151	.470**	-.130
	Sig.	.032	.003	.001	.000	.917	.001	.518	.466	.441	.327	.518	.348	.602	.269	.001	.398
Gtot2	Corr. coef.	-.225	.060	.179	-.128	.430**	.561**	.248	-.037	.242	-.037	.550**	.043	.464**	.111	.578**	-.034
	Sig.	.100	.662	.189	.348	.002	.000	.070	.786	.076	.786	.000	.755	.001	.416	.000	.824
Gind1	Corr. coef.	.442**	-.333*	.185	-.259	.316*	-.094	-.214	-.100	-.208	-.088	-.299**	.083	-.271*	.048	-.088	-.082
	Sig.	.001	.015	.175	.058	.021	.491	.118	.466	.128	.518	.029	.545	.048	.723	.518	.593
Gind2	Corr. coef.	-.328*	.425**	-.265	.350*	-.202	-.111	.179	.054	.197	.088	.197	-.117	.179	-.105	-.083	.082
	Sig.	.017	.002	.053	.010	.139	.416	.189	.692	.150	.518	.150	.393	.189	.441	.545	.689
Gmut	Corr. coef.	-.100	-.214	.385**	-.402**	.362**	.915**	.123	.066	.117	.031	.459**	.191	.396**	.271*	.943**	-.144
	Sig.	.466	.118	.005	.003	.008	.000	.370	.632	.393	.819	.001	.162	.004	.048	.000	.350
Gaway1	Corr. coef.	-.293*	.413**	-.447**	.567**	.014	-.464**	.088	.100	.105	.134	-.088	-.128	-.071	.151	-.470**	.130
	Sig.	.032	.003	.001	.000	.917	.001	.518	.466	.441	.327	.518	.348	.602	.269	.001	.398
Gaway2	Corr. coef.	.225	-.060	-.179	.128	.430**	.561**	.248	-.037	.242	-.037	.550**	.043	.464**	.111	.578**	-.034
	Sig.	.100	.662	.189	.348	.002	.000	.070	.786	.076	.786	.000	.755	.001	.416	.000	.824
D1	Corr. coef.	.573**	-.020	.601**	-.083	.254	.197	-.573**	-.276*	-.390**	-.299**	-.271*	-.083	-.299**	-.060	.202	-.309*
	Sig.	.000	.884	.000	.545	.064	.150	.000	.043	.000	.029	.048	.545	.029	.662	.139	.045
D2	Corr. coef.	.202	.362**	.504**	.071	.134	.225	-.145	-.601**	-.117	-.601**	.123	-.419**	.128	-.350*	.276*	-.213
	Sig.	.139	.008	.000	.602	.327	.100	.288	.000	.393	.348	.000	.370	.002	.348	.010	.043
Dind1	Corr. coef.	1.000	.145	.481**	.037	.613**	-.117	-.533**	-.567**	-.516**	-.567**	-.436**	-.396**	-.464**	-.373**	-.088	-.288
	Sig.		.288	.000	.786	.000	.393	.000	.000	.000	.000	.001	.004	.001	.006	.518	.062
Dind2	Corr. coef.	.145	1.000	.094	.630**	.248	-.219	-.328*	-.305*	-.311*	-.282*	-.197	-.430**	-.191	-.407**	-.191	-.247
	Sig.	.288		.000	.070	.108	.108	.017	.026	.023	.039	.150	.002	.162	.003	.162	.109
Dmut	Corr. coef.	.481**	.094	1.000	-.105	.174	.345*	-.390**	-.447**	-.385**	-.493**	-.077	-.219	-.117	-.151	.396**	-.364*
	Sig.	.000	.491		.441	.203	.012	.004	.001	.005	.000	.574	.108	.393	.269	.004	.018
Daway1	Corr. coef.	.037	.630**	-.105	1.000	.208	-.419**	-.345*	-.094	-.328*	-.105	-.362**	-.288*	-.379**	-.288*	-.390**	-.089
	Sig.	.786	.000	.441		.128	.002	.012	.491	.017	.441	.008	.035	.006	.035	.004	.563
Daway2	Corr. coef.	.613**	-.248	.174	-.208	1.000	-.379**	-.419**	-.533**	-.402**	-.533**	-.504**	-.521**	-.453**	-.533**	-.362**	-.137
	Sig.	.000	.070	.203	.128		.006	.002	.000	.003	.000	.000	.000	.001	.000	.008	.373
MF	Corr. coef.	-.117	-.219	.345*	-.419**	-.379**	1.000	.140	.105	.134	.071	.442**	.231	.379**	.311*	.869**	-.151
	Sig.	.393	.108	.012	.002	.006		.307	.441	.327	.602	.001	.091	.006	.023	.000	.327
Ftot1	Corr. coef.	-.533**	-.328*	-.390**	-.345*	-.419**	.140	1.000	.328*	.949**	.350*	.516**	.293*	.556**	.282*	.111	.274
	Sig.	.000	.017	.004	.012	.002	.307		.017	.000	.010	.000	.032	.000	.039	.416	.075
Ftot2	Corr. coef.	-.567**	-.305*	-.447**	-.094	-.533**	.105	.328*	1.000	.311*	.954**	.197	.590**	.168	.556**	.020	.185
	Sig.	.000	.026	.001	.491	.000	.441	.017		.023	.000	.150	.000	.219	.000	.884	.229
Faway1	Corr. coef.	-.516**	-.311*	-.385**	-.328*	-.402**	.134	.949**	.311*	1.000	.333*	.510**	.288*	.550**	.276*	.117	.268
	Sig.	.000	.023	.005	.017	.003	.327	.000	.023		.015	.000	.035	.000	.043	.393	.083
Faway2	Corr. coef.	-.567**	-.282*	-.493**	-.105	-.533**	.071	.350*	.954**	.333*	1.000	.197	.578**	.179	.544**	.009	.199
	Sig.	.000	.039	.000	.441	.000	.602	.010	.000	.015		.150	.000	.189	.000	.950	.197
Finit1	Corr. coef.	-.436**	-.197	-.077	-.362**	-.504**	.442**	.516**	.197	.510**	.197	1.000	.162	.869**	.162	.470**	.137
	Sig.	.001	.150	.574	.008	.000	.001	.000	.150	.000	.150		.235	.000	.235	.001	.373
Finit2	Corr. coef.	-.396**	-.430**	-.219	-.288*	-.521**	.231	.293*	.590**	.288*	.578**	.162	1.000	.111	.863**	.168	.096
	Sig.	.004	.002	.108	.035	.000	.091	.032	.000	.035	.000	.235		.416	.000	.219	.533
Fbrake1	Corr. coef.	-.464**	-.191	-.117	-.379**	-.453**	.379**	.556**	.168	.550**	.179	.869**	.111	1.000	.100	.419**	.178
	Sig.	.001	.162	.393	.006	.001	.006	.000	.219	.000	.189	.000	.416		.466	.002	.247
Fbrake2	Corr. coef.	-.373**	-.407**	-.151	-.288*	-.533**	.311*	.282*	.556**	.276*	.544**	.162	.863**	.100	1.000	.248	.034
	Sig.	.006	.003	.269	.035	.000	.023	.039	.000	.043	.000	.235	.000	.466		.070	.824
Gmut_exp	Corr. coef.	-.088	-.191	.396**	-.390**	-.362**	.869**	.111	.020	.117	.009	.470**	.168	.419**	.248	1.000	-.165
	Sig.	.518	.162	.004	.004	.008	.000	.416	.884	.393	.950	.001	.219	.002	.070		.285
koe (1-3)	Corr. coef.	-.288	-.247	-.364*	-.089	-.137	-.151	.274	.185	.268	.199	.137	.096	.178	.034	-.163	1.000
	Sig.	.062	.109	.018	.563	.373	.327	.075	.229	.083	.197	.373	.533	.247	.824	.285	