

Jani Vattula

# Katseenseurantatekniikan hyödyntäminen elektronisessa urheilussa



Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Kevät 2019



KAMK • University  
of Applied Sciences

## Tiivistelmä

**Tekijä:** Vattula Jani

**Työn nimi:** Katseenseurantatekniikan hyödyntäminen elektronisessa urheilussa

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), tieto- ja viestintäteknikka

**Asiasanat:** katseenseuranta, elektroninen urheilu, kilpelaaminen, ohjelmistokehitys

Työn tilaajana toimi Kajaanin ammattikorkeakoulun kehitysyksikkö Clever Simulation Entertainment (CSE). CSE on erikoistunut virtuaalitodellisuuteen (VR) ja lisättyyn todellisuuteen (AR) pohjautuviin sovelluksiin sekä hyötypeleihin. Uutena tutkimus- ja kehityssuuntana yksiköllä on ollut elektroninen urheilu sekä erilaiset pelaajamittaukset.

Työn tavoitteena oli kehittää CSE:n uuteen elektronisen urheilun pelaajan mittausjärjestelmään katseenseurantakomponentti. Katseenseurannan avulla mitattavat silmänliikkeet ovat yksi pelitilanteen aikana mitattavista kilpelaajan fysiologisista ominaisuuksista. Katseenseurantakomponentin tarkoituksena on toimia linkkinä katseenseurantalaitteiden sekä mittausohjelmiston ja pelaaja-analyysien välillä.

Katseenseurantatekniikkaa käytetään apuna laajalti, esimerkiksi mainoskuvien vaikuttavuuden tai erilaisten käyttöliittymien toimivuuden tutkimuksessa. Elektroninen urheilu on nuori ala, eikä kilpelaajiin liittyen ei ole vielä tehty paljoa tutkimustyötä. Katseenseurantatutkimus on yksi keino tarkkailla kilpelaajan visuaalista tarkkaavaisuutta pelitilanteen aikana. Katseenseurantaa hyödyntämällä voidaan esimerkiksi arvioida, kuinka usein ja tehokkaasti pelaaja hankkii tietoa ottelusta pelin visuaalisen käyttöliittymän kautta. Tällainen arviointi voi johtaa esimerkiksi uudenlaisten valmennusmetodien kehitykseen.

Työssä kehitettiin kokonaisuudessaan yksi mittausjärjestelmän datakomponenteista. Muita komponentteja ovat esimerkiksi syke- sekä ruudunkaappauskomponentti. Katseenseurantakomponentti vastaa eri katseenseurantalaitteiden tunnistamisesta, niihin yhdistämisestä sekä katsedatan keräämisestä sekä valmistelusta palvelimelle lähetystä varten. Komponentti voidaan muokata toimimaan minkä tahansa pelin tai ohjelman kanssa konfiguraatiodiestojen avulla.

Komponentin testausta varten kehitettiin myös PDF-raportointityökalu, jolla tallennettua katsedatua voidaan tutkia. Testeissä havaittiin pieniä puutteita työssä käytettyjen Gazepoint- ja Pupil-katseenseurantalaitteiden toiminnassa. Ohjelmisto sekä komponentti itsessään toimivat moitteettomasti.

Aikaansaannoksena syntyi hyvin toimiva osa kilpelaajan mittausjärjestelmään. Tulevaisuudessa sitä hyödynnetään elektronisen urheilun tutkimuksessa sekä kilpelaaja-analyysissä.

## **Abstract**

**Author:** Vattula Jani

**Title of the Publication:** The Use of Eye Tracking Technology in Esports

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Information and Communication Technology

**Keywords:** eye tracking, electronic sports, competitive gaming, software development

This Bachelor's thesis was commissioned by Clever Simulation Entertainment (CSE), a research and development unit of Kajaani University of Applied Sciences. CSE has specialized in virtual reality (VR) and augmented reality (AR) applications and serious games. Lately the R&D unit has been carrying out research in the field of electronic sports and player testing.

The goal of this thesis was to develop an eye tracking component for a new esports player measurement software which was being developed at CSE. The measurement software tracks different physiological parameters from esports players, eye movements being one of them. The purpose of this eye tracking component is to act as a link between different eye tracking devices and the measurement software and player analyses.

Eye tracking technology has applications in many different fields, some examples include researching the impact of marketing pictures or the usability of interfaces in vehicles and technology. Electronic sports is still a very young field, and there hasn't been much research done on competitive players yet. During gameplay, the players' visual attention can be tracked using eye tracking technology. For example, it can be evaluated how often and how efficiently the player gains information from the visual interface of the game. This kind of evaluation and research can lead, for example, to the development of new coaching methods.

The measurement system has several data components responsible for gathering and handling different kinds of data, such as heart rate or video. In this thesis, an eye tracking component was fully developed. Its responsibilities include recognizing and connecting to different eye tracking devices, gathering gaze data and preparing it for network delivery. The component can be customized to function with any game or program using configuration files.

A reporting tool was also created for testing purposes. The tool generates PDF files on the server software from received gaze data. During testing, small issues were found in the Gazepoint and Pupil eye tracking devices which were used in this thesis. The measurement software and the eye tracking component performed well in testing.

The result of this thesis was a well-performing component on the player measurement system. In the future it will be used for research in electronic sports and developing player analyses.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Elektroninen urheilu .....	3
2.1	Elektroninen urheilu yleisesti .....	3
2.2	Valmentaminen ja harjoittelu .....	6
2.3	Elektronisen urheilun ja kilpelaajien tutkimus .....	6
2.4	Kilpapelien eroavaisuudet .....	7
2.4.1	Ensimmäisen persoonan ammutapelit (FPS-pelit) .....	7
2.4.2	Reaaliaikaiset strategiapelit (RTS-pelit) .....	8
2.4.3	Taisteluareenamonipelit (MOBA-pelit) .....	9
2.4.4	Muut elektronisen urheilun lajimuodot .....	11
2.5	Tilannekuvan hahmottaminen pelitilanteessa .....	11
3	Silmänliikkeet ja katseenseuranta .....	13
3.1	Visuaalinen tarkkaavaisuus .....	13
3.2	Silmänliikkeet .....	14
3.2.1	Sakkadit .....	14
3.2.2	Fiksaatiot .....	15
3.2.3	Tasaiset seurantaliikkeet (engl. Smooth pursuit) .....	16
3.3	Katseenseurannan eri menetöt .....	16
3.3.1	Elektro-okulografia (EOG) .....	16
3.3.2	Korneaalinen piilolinssi / induktiokäämi .....	17
3.3.3	Valokuva- ja video-okulografia .....	17
3.3.4	Yhdistetty videopohjainen pupilli/heijastetekniikka .....	18
4	Työhön valittujen katseenseurantalaitteiden esittely .....	20
4.1	Gazepoint GP3 -laitteisto .....	20
4.2	Pupil-katseenseurantalasit .....	22
5	Työn toteutus .....	25
5.1	Katseenseurantakomponentin vaatimusmäärittely .....	25
5.2	Katseenseurantakomponentin suunnittelu .....	26
5.3	Ohjelmiston kehysrakenne .....	26
5.4	Yhdistäminen katseenseurantalaitteisiin .....	27

5.5	Mittausten käsittely, lähetys ja tallennus .....	29
5.6	Katseenseurantakomponentin konfigurointi .....	30
5.6.1	Kohdepelin valinta ohjelmiston prototyyppiin .....	31
5.6.2	Kohdepelin esittely.....	32
5.6.3	Kohdepelin intressialueet.....	33
5.7	Mittaustulosten raportointi .....	34
6	Työn testaus ja tulokset.....	36
6.1	Testien rakenteet .....	36
6.2	Testauksen tulosten tarkastelu .....	36
6.3	Päätelmät ja pohdinta .....	38
7	Yhteenveto .....	40
	Lähteet .....	41
	Liitteet	

## Symboliluettelo

<b>CSE</b>	Clever Simulation Entertainment
<b>CS:GO</b>	Counter-Strike: Global Offensive, videopeli
<b>FPS</b>	First Person Shooter (suom. Ensimmäisen persoonan ammuntopeli), peligenre
<b>HUD</b>	Heads-Up Display, heijastusnäyttö
<b>LAN</b>	Local Area Network, lähiverkko
<b>MOBA</b>	Multiplayer Online Battle Arena (suom. Taisteluareenamoninpeli), peligenre
<b>RTS</b>	Real-Time Strategy (suom. Reaaliaikastrategia), peligenre
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol / Internet Protocol, verkkoprotokolla
<b>XML</b>	Extensible Markup Language, merkintäkieli

## 1 Johdanto

Elektroninen urheilu on nuori ja nopeasti kasvava ala. Nuoret sukupolvet käyvät videopeleissään Internetin välityksellä lukemattomia kamppailuja suurelta yleisöltä näkymättömissä. Parhaimmat kilpapelajaajat tienaaavat nykyisin jopa miljoonia euroja turnausvoitoilla, sponsorirahoituksilla sekä mainonnan ja markkinoinnin kautta. Perinteiseen urheiluun verrattuna e-urheilukulttuuri ei kuitenkaan ole vielä yhtä varttunut, esimerkiksi vakiintuneita valmennus- tai harjoittelumetodeja ei juurikaan ole, eikä pelaajia testata tai tutkita samaan tapaan kuin perinteisessä urheilussa. Tämä työ liittyy elektronisen urheilun pelaajatutkimukseen.

Työn tilaaja on Kajaanin ammattikorkeakoulun virtuaalilaboratorio Clever Simulation Entertainment (CSE). CSE toteuttaa pääasiassa virtuaalitodellisuuteen sekä lisättyyn todellisuuteen perustuvia ratkaisuja teollisuuteen ja koulutukseen. Eräänä uutena avauksena CSE:llä ovat olleet elektroniseen urheiluun liittyvät hankkeet. Laboratorio sijaitsee Kajaanin ammattikorkeakoulun tiloissa ja työllistää noin 15 henkeä. [1.]

CSE on mukana *Esporttia*-hankkeessa, jossa tutkitaan elektronisen urheilun kilpapelajaajan suori-tuskyyvyn testaamista eri fysiologisten mittareiden avulla. Hankkeen tavoitteena on saada kilpa-pelajaajasta kokonaisvaltainen datapaketti, joka antaa tietoa pelajaajan fysiologisista muutoksista eri pelitilanteissa. Mitattavia suureita ovat esimerkiksi pelajaajan syke, silmänliikkeet, stressitaso, kommunikaatio sekä pelin sisäiset tapahtumat (engl. in-game events). Tämä työ keskittyy pelaa-jan silmänliikkeisiin eli katseenseurantaan.

Hankkeessa luodaan mittauslaboratorio sekä ohjelmisto, jonka tehtävänä on kerätä sekä tallen-taa tiedot useasta eri lähteestä ja mittarista. Tämän työn tavoitteena on toteuttaa kyseiseen oh-jelmistoon katseenseurantakomponentti, joka mahdollistaa kattavien katseenseuranta- ja suori-tuskyykyanalyysien tekemisen myöhemmin tulevaisuudessa.

Ohjelmistossa käytetään asiakas-palvelin-mallia (engl. client-server model), jossa palvelin toimii sisään tulevan datan päätepisteenä ja mittauksen ohjauskeskuksena, ja asiakkaina ovat testikäyt-täjien tietokoneet. Asiakas-ohjelman tarkoituksena on kerätä dataa eri lähteistä ja välittää se pal-velimelle häiritsemättä testikäyttäjän toimintaa.

Katseenseurantakomponentin tehtävänä on tunnistaa käytössä olevat katseenseurantalaitteet, luoda niihin yhteys sekä vastaanottaa ja lähettää käyttäjän silmänliikedataa palvelimelle muok-kausta, tallennusta ja analyysiä varten. Komponentin ohjelmoimisen lisäksi tähän työhön liittyy

selvitys ja perehtyminen katseenseurantalaitteisiin sekä valmiin komponentin, ohjelmiston sekä laitteistojen testaus. Myös mittauslaboratorion suunnittelu ja rakentaminen on ollut osa tätä työtä. Mittauslaboratorion rakentamisessa sekä ohjelmiston muiden osien luomisessa on ollut mukana myös muita henkilöitä CSE:ltä.

Työn teoriaosuus on kaksiosainen. Ensimmäisessä osuudessa tarkastellaan elektronista urheilua, kilpapelaajien tärkeitä ominaisuuksia sekä syitä työn tarpeellisuuden taustalla. Toisessa osuudessa syvennytään silmänliiketutkimukseen sekä katseenseurantalaitteisiin. Työn käytännön osuudessa esitellään työn suunnittelu, toteutus sekä testauksen tulokset. Työ päättyy tulosten pohjalta syntyneeseen pohdintaan sekä yhteenvetoon.



## 2 Elektroninen urheilu

Elektroninen urheilu on nopeasti kasvava ala. Kova kilpailu johtaa siihen, että joukkueet ja pelaajaorganisaatiot etsivät jatkuvasti tapoja olla askeleen edellä muita. Pelkkä harjoittelu ei enää riitä huipputuloksiin, sillä nykyään harjoittelumetodeja hiotaan huippuunsa myös tieteellisin keinoin. Perinteisessä urheilussa on jo kauan tutkittu urheilijoita erinäisin mittauksin ja testein, joiden tarkoituksena on saada selville parametrejä, joihin harjoittelussa tulisi kiinnittää huomiota [2]. Nyt tämänkaltainen mittauskulttuuri on yhä kasvavan kilpailun ja rahavirtojen siivittämänä leviämässä myös elektronisen urheilun pariin.

### 2.1 Elektroninen urheilu yleisesti

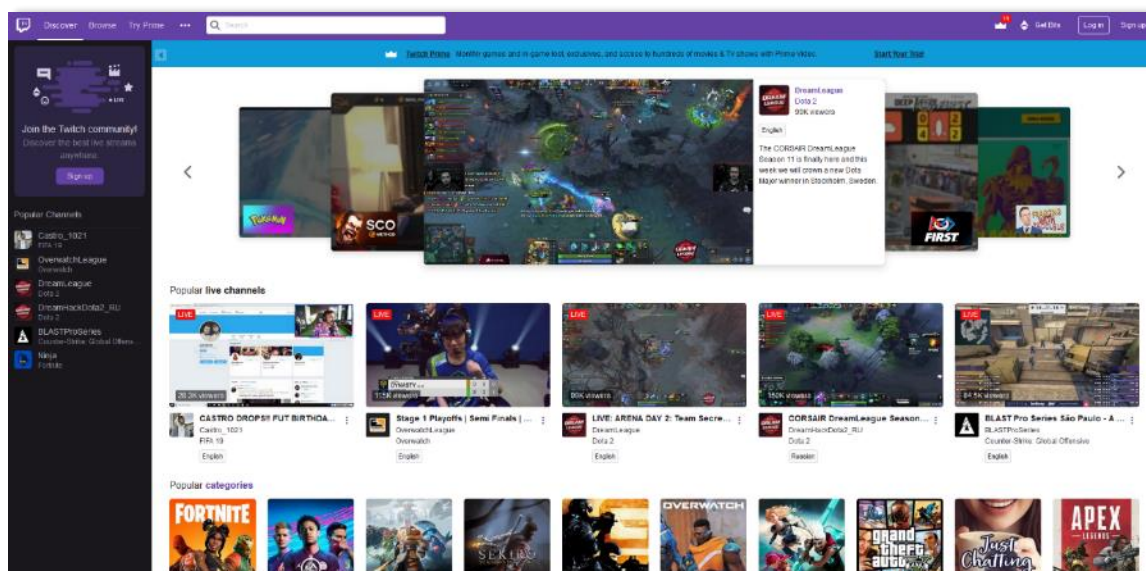
Elektroninen urheilu määritellään useimmiten videopelien sisällä käytäväksi kilpailuksi. Erilaisia videopeliturnauksia on järjestetty jo ensimmäisten elektronisten pelien luomisen jälkeen, mutta suureen suosioon elektroninen urheilu on noussut vasta 2000-luvun loppupuolella, kun erilaiset suoratoistopalvelut, kuten Twitch ja YouTube, ovat laajentaneet turnausten katsojamäärää merkittävästi. [3.] Kuvassa 1 havainnollistetaan, kuinka nykyisin suurimmat turnaukset houkuttelevat areenoille tuhansittain kävijöitä.



Kuva 1. Elektronisen urheilun turnaus, pelinä Counter-Strike: Global Offensive. [4]

Elektronista urheilua, tai e-urheilua, harrastetaan useissa eri peligenreissä ja useilla eri laitteilla. Suosituimpia e-urheilun genrejä ovat esimerkiksi MOBA-genre (Multiplayer Online Battle Arena), FPS-genre (First Person Shooter), RTS-genre (Real-Time Strategy) sekä Battle Royale -genre. Suosituimpia e-urheilun pelejä näistä genreistä ovat esimerkiksi *League of Legends* (MOBA), *Counter-Strike: Global Offensive* (FPS), *StarCraft II* (RTS) sekä *PlayerUnknown's Battlegrounds* (Battle Royale). Myös muita genrejä sekä alagenrejä löytyy elektronisesta urheilusta runsaasti. Elektronisen urheilun pelit ovat perinteisesti nousseet suosioon niiden ympärille kasvaneiden pelaajayhteisöjen myötä, mutta nykyään pelien kehittäjät ottavat huomioon elektronisen urheilun mahdollisuudet jo pelin kehitysvaiheessa. [3.]

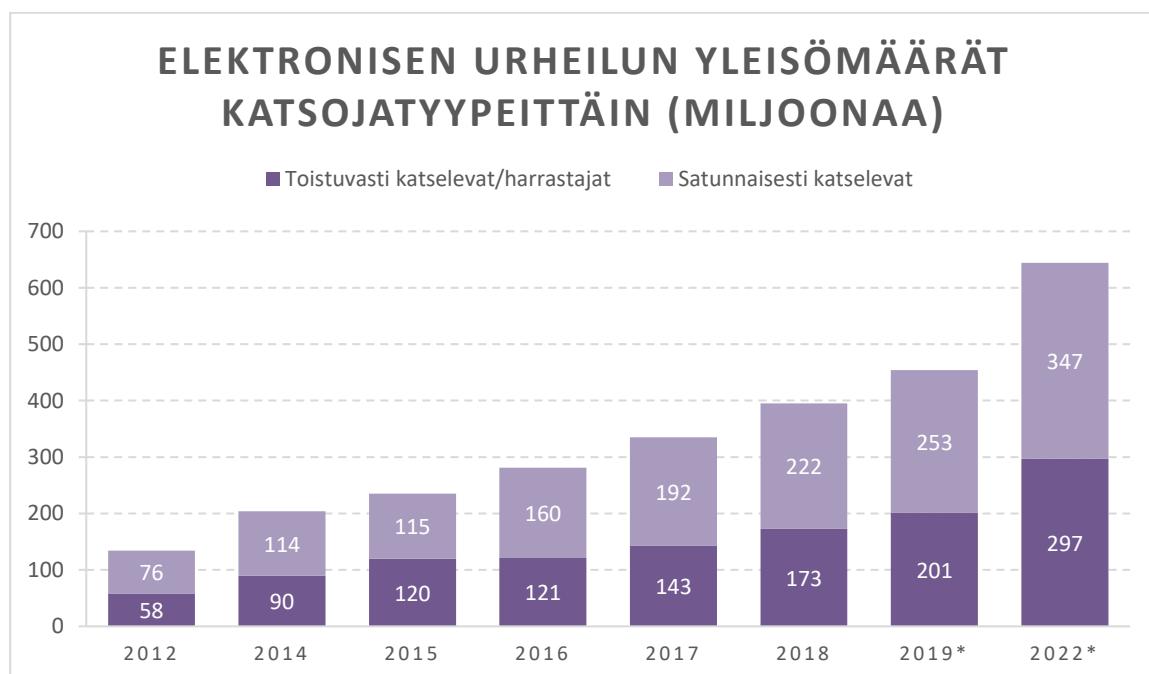
Erialaisten suoratoistopalveluiden kasvu on suuresti vaikuttanut elektronisen urheilun kulttuurin kasvamiseen. Lähes kaikki suurimmat e-urheiluturnaukset lähetetään nykyisin reaaliaikaisesti suoratoistopalveluiden kautta maailmalle. Kuvassa 2 esitellään nykyhetken suosituin suoratoistopalvelu Twitch.tv. Twitch houkuttelee paitsi elektronisen urheilun järjestäjiä mutta myös tavallisia ihmisiä, jotka haluavat jakaa pelaamistaan palvelun kautta. Suosituimmat sisällöntuottajat käyvät usein aktiivista dialogia yleisönsä kanssa lähetystensä aikana, mikä luo Twitch-palvelun sisälle tuhansittain pieniä yhteisöjä. Tämä suoratoiston sosiaalinen ulottuvuus on yksi syy palvelun valtaavan suosion takana. Esimerkiksi rekisteröityneillä käyttäjillä on turnausten aikana pääsy yhteiselle keskustelukanavalle, jossa he voivat kannustaa suosikkiaan tai kommentoida pelin tapahtumia. [5, s.143–145.]



Kuva 2. Kuvankaappaus Twitch.tv-sivustolta.

Elektronisen urheilun kenttä on pelikannaltaan laaja, mutta myös maantieteellisesti pirstaloitunut. Länsimaissa suosituimpia kilpapelejä ovat ensimmäisen persoonan ammutapelit, kuten Overwatch ja Counter-Strike, kun taas Aasiassa elektronisen urheilun painopiste on reaaliaikaisissa strategiapeleissä, kuten Starcraft II:ssa ja MOBA-peli League of Legendsissä. [6.]

Markkinat elektronisen urheilun ympärillä kasvavat edelleen. Newzoon tekemän markkinatutkimuksen mukaan vuonna 2019 e-urheilumarkkinoiden liikevaihto ylittää jo miljardin dollarin rajan [7]. Kasvua pitävät yllä elektronisen urheilun liigojen ja turnausten katsojalukujen suuri nousu. Arvioiden mukaan vuonna 2019 maailmanlaajuiset katsojamäärät tulevat yltämään jo 450 miljoonaan katsojaan, kun vuonna 2012 luku oli vielä noin 130 miljoonaa [8]. Kuvan 3 ennusteesta voi nähdä, ettei kasvun myöskään uskota pysähtyvän lähivuosina.



Kuva 3. Elektronisen urheilun katsojalukujen kehitys. Tähdellä merkityt vuodet ovat ennusteita. [8]

Suomessa elektronisen urheilun nousuun on herätty hitaammin kuin esimerkiksi naapurimaissamme Ruotsissa ja Tanskassa, jotka ovat jo pitkään olleet e-urheilun kärkimaita. Viime vuosina on kuitenkin nähty myös kotimaisia menestystarinoita. Näkyvimät saavutukset ovat olleet esimerkiksi Jesse "JerAx" Vainikan ja Topias "Topson" Taavitsaisen joukkueen voitto Dota 2 -pelin The International 2018 -turnauksessa, Joona "Serral" Sotalan maailmanmestaruus Starcraft II:ssa ja kotimaisen ENCE Esportsin nousu IEM XIII - Katowice 2019 Major Counter-Strike -turnauksen loppuotteluun [9]. Suomi vaikuttaisi olevan matkalla yhdeksi elektronisen urheilun huippumaaksi.

## 2.2 Valmentaminen ja harjoittelu

Perinteisen urheilun piirissä on olemassa paljon järjestelmiä, joiden tehtävänä on tukea nuorten urheilijoiden kasvua ja kehitystä. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset nuorisoliigat ja seurat. Elektronisessa urheilussa näin ei ole, vaan amatööritasolla harjoittelu tapahtuu pääasiassa omatoimisesti. Vasta viime aikoina on alettu huomata valmentamisen ja rakenteellisemmän harjoittelun hyödyt. Pelkkä harjoittelun määrä ei enää riitä huipulle pääsemiseen, vaan kasvavissa määrin huomiota kiinnitetään myös sen laatuun. [10.]

Valmentajan rooli pelaajaorganisaatioissa on viime vuosina kasvanut merkittävästi. Kilpapelaaajan kykyihin vaikuttavat monet pelin ulkopuoliset tekijät, kuten uni, ruokavalio, fyysinen ja henkinen kunto, palautumiskyky ja elämänhallinta. Näiden tekijöiden kunnossapidossa joukkueen valmentaja on suuressa roolissa. Kun pelin ulkopuoliset vaikuttajat ovat hallinnassa, voi harjoittelukin tuottaa tulosta parhaalla mahdollisella tavalla. Pelkkä valmentaja voi riittää parantamaan joukkueen tuloksia, mutta useilla huippujoukkueilla on tiimissään valmentajan lisäksi myös esimerkiksi fysioterapeutti, pelikohtainen analyttikko tai jopa urheilupsykologi. [10.]

Videopeleistä on tehty ajan saatossa paljon tutkimusta, etenkin niiden väkivaltaisuuden osalta. Elektronisen urheilun ja kilpapelaaajien tutkimus on kuitenkin ollut vähäistä, luultavasti koska ala on vielä kokonaisuudessaan nuori. Valmennustekniikat ja niihin liittyvä tutkimus on aihe, jossa elektroninen urheilu on vielä paljon perinteistä urheilua jäljessä.

## 2.3 Elektronisen urheilun ja kilpapelaaajien tutkimus

Jo 90-luvulla havaittiin intensiivisen pelaamisen nostavan pelaajan verenpainetta eli aiheuttavan kehossa selvää fyysistä kuormitusta. Kölnin yliopiston tutkimuksissa Saksassa on myös huomattu, että joissakin elektronisen urheilun peleissä stressitasot nousevat samalle tasolle kuin ralliautoilijoilla. Myös motoristen liikenopeuden vaatimusten on todettu joissakin elektronisen urheilun peleissä olevan vastaavan tasoisia maailman nopeimpien pallopelien kanssa. [5, s. 152.]

Pelit siis selkeästi aiheuttavat räsitystä, mutta millaisilla ominaisuuksilla varusteltu kilpapelaaaja selviytyy siitä parhaiten? Vaikka videopelien pelaamista ei mielletä fyysisesti raskaaksi toiminnaksi, on huomattu, että menestyvät pelaajat todennäköisemmin pitävät huolta myös omasta fyysisestä kunnostaan. Intensiivistä pelaamista jaksaa kauemmin, kun oma keho toimii niin kuin pitääkin. [5, s. 152.]

Valtaosa keskustelusta elektronisen urheilun ympärillä koskee lähinnä e-urheilun käsitettä, pelaamisen fyysisiä haittoja tai pelien väkivaltaisuutta [5, s. 164]. Saatavilla on vain vähän tietoja ja analyysejä huippupelaajien ominaisuuksista, sillä elektronisen urheilun pelaajien tai valmennusmenetelmien tutkimusta ei juurikaan tehdä. Elektronisen urheilun eri peligenret poikkeavat toisistaan myös merkittävän paljon, etenkin fyysisen rasituksen ja reaktionopeuden osalta. Siksi on hankala vetää johtopäätöksiä, millaisia kilpapelajaajan ihanneominaisuuksien tulisi olla. Pelaajalta vaadittavat ominaisuudet muuttuvat, kun tarkastellaan eri peligenrejä, ja usein vieläpä genren sisällä eri pelien välillä.

## 2.4 Kilpapelien eroavaisuudet

Seuraavaksi tutustutaan elektronisen urheilun suosituimpiin peligenreihin sekä niiden yleispiirteisiin. Lisäksi tarkastellaan, millaisia erityispiirteitä näiden peligenrejen pelaajalta vaaditaan.

### 2.4.1 Ensimmäisen persoonan ammunta- ja pelit (FPS-pelit)

Ensimmäisen persoonan ammunta- ja pelit (engl. First-person shooter) ovat nimensä mukaisesti pelejä, joissa pelaaja näkee maailman hahmonsa silmien kautta. FPS-pelit ovat useimmiten hyvin toimintapitoisia ja vaativat pelaajalta nopeita refleksejä sekä tarkkuutta. Elektronisessa urheilussa pelattavat FPS-pelit ovat lähes poikkeuksetta ammuntapelejä, joissa osumatarkkuus, tiimityöskentely ja taktiikka ovat tärkeitä. [5, s. 28.]

Genren suurimpia nimiä elektronisessa urheilussa ovat Counter-Strike, Overwatch, Battlefield sekä Call of Duty (kuva 4). Pelkästään nämä sarjat kattavat useita FPS-pelijulkaisuja sekä tietokone- että konsolialustoilla, ja niiden pelit ovat lähes poikkeuksetta jo julkaisupäivänään myyntilistojen kärjessä. Näillä pelisarjoilla on pitkä historia, kuten on myös koko ammunta- ja peligenrellä. FPS-genreä pidetään myös elektronisen urheilun syntysijana, ensimmäiset e-urheiluturnaukset pidettiin Quake-pelin ympärillä järjestettävissä LAN-tapahtumissa (engl. Local Area Network). [5, s. 26–27.]



Kuva 4. Kuvankaappaus pelistä Call of Duty 4. [11]

FPS-pelien tiivis rytmi vaatii pelaajilta nopeita reaktioita sekä joustavuutta, jotta he pystyvät vastaamaan pelin aikana äkillisesti syntyviin tilanteisiin. Amsterdamin yliopiston tutkimuksessa tarkasteltiin FPS-pelaajien ja ei-pelaavien henkilöiden kognitiivista joustavuutta, eli kykyä vaihtaa tarkkaavaisuuden kohdetta. Kokeessa havaittiin, että paljon nopeatempoisia ammuntapelejä pelaavat henkilöt ovat sellaisia, joilla on myös korkea kognitiivisen joustavuuden taso. Tutkijat eivät tosin ottaneet kantaa siihen, olivatko pelaajat harjoittaneet tätä taitoa pelaamalla, vai valikoituvatko FPS-pelaajiksi sellaiset ihmiset, joilla tämä taito oli jo ennestään. On kuitenkin selvää, että huipputasolla pärjätäkseen on oltava sekä reaktioiltaan että mieleltään huippukunnossa. [12.]

#### 2.4.2 Reaaliaikaiset strategiapelit (RTS-pelit)

Strategiapeligenressä (engl. Real-time strategy) pelin katselukulmaa on nostettu ylös, ja pelaajan tehtävänä on ohjata joukkojaan kartalla. Useimmiten tämän genren peleissä on joukkojen ohjaimisen lisäksi myös tukikohdan rakentamiseen sekä resurssien hallinnointiin liittyviä elementtejä. Yleistä on myös, että pelaaja saa käyttöönsä vahvempia yksiköitä rakentamalla vaadittavia rakennuksia tai tutkimalla tietynlaista teknologiaa. Oikeanlaisten joukkojen rakentaminen ja vastustajan toimiin sopiva reagoiminen, toisin sanoen strategian luominen, on tämän genren peleissä tärkeämpää kuin puhdas nopeus tai ohjaustarkkuus. [13.]

Elektronisessa urheilussa pelatuin strategiapeli on ylivoimaisesti Starcraft II, mutta pienempiä liigoja ja turnauksia järjestetään myös muista peleistä. RTS-pelien suosio on hieman laskenut viime vuosina, enimmäkseen MOBA-pelien suosion räjähdysmäisen kasvun takia [14]. Kuvassa 5 on esitetty kuvankaappaus pelistä Starcraft II.



Kuva 5. Kuvankaappaus pelistä Starcraft II. [15]

Tilburgin yliopistossa Alankomaissa tutkittiin eroavaisuuksia aloittelevien Starcraft II -pelaajien ja ammattilaisten välillä. Selkeimmät erot löytyivät pelaajien visuospatiaalisesta eli avaruudellisesta hahmotuskyvystä sekä motorisista taidoista. Starcraft II:ssa pelaaja voi ohjata parhaimmillaan kymmeniä yksiköitä yhtä aikaa, joten korkeasta hahmotuskyvystä on hyötyä. Hyvät motoriset taidot auttavat hiiren ja näppäimistön käsittelyssä. Tällöin esimerkiksi pikanäppäinten käyttäminen on sujuvampaa ja virheitä syntyy vähemmän. [16.]

### 2.4.3 Taisteluareenamoinipelit (MOBA-pelit)

Taisteluareenamoinipelit (engl. Multiplayer online battle arena), tai MOBA-pelit, ovat strategia-pelien alalaji. Sen sijaan että pelaajat ohjaisivat kaikkia pelin yksiköitä, on heillä käytössään

yleensä vain yksi sankarihahmo, jonka taidot ja varusteet kehittyvät pelin edetessä [17]. Useimmiten ottelukartta sekä tekoälyn käyttäytyminen on tehty mahdollisimman symmetriseksi, jotta vain pelaajien kyvyillä olisi suora vaikutus otteluun [18].

Suosituimmissa MOBA-genren peleissä, Dota 2:ssa ja League of Legendsissä (kuva 6), pelaajat muodostavat kaksi viiden hengen joukkuetta, jotka taistelevat keskenään tavoitteenaan tuhota vastustajan tukikohta. Mukana kentällä on myös tekoälyn ohjaamia yksiköitä, joita päihittämällä pelaajat saavat resursseja sekä kokempuspisteitä hahmojensa kehitykseen. Genren peleille tyypillistä on, että käytettävissä on useita kymmeniä erilaisia hahmoja ja kykyjä, ja toimivia strategioita viiden sankarihahmon joukkueen muodostamiseen ja varustamiseen on valtavia määriä. [17.]



Kuva 6. Kuvankaappaus pelistä League of Legends. [19]

Vuonna 2016 League of Legends -pelin kehittäjä Riot Games arvioi, että heidän peliään pelaa joka kuukausi yli 100 miljoonaa käyttäjää. Alun perin vuonna 2009 julkaistu peli on nykyisin yksi maailman suosituimmista ja katsotuimmista peleistä. League of Legendsin maailmanmestaruuskilpailujen finaaliottelua seurasi noin 106 miljoonaa ihmistä, joista ylivoimainen osa oli Kiinasta. Pelin suurin kilpailija tällä hetkellä on alkuperäisen DotA-modin (Defense of the Ancients) pohjalta luotu Valve Softwarin Dota 2. DotA oli ensimmäinen varsinainen MOBA-peli, joka luotiin faniyh-teisön toimesta Blizzard Entertainmentin Warcraft III -pelin modifyökaluilla. Steam-pelipalvelussa Dota 2 oli ensimmäinen peli, joka ylitti miljoonan yhtäaikaisen pelaajan lukumäärän ja on yhä



edelleen yksi maailman pelatuimpia pelejä. Nämä kaksi peliä ovat olleet e-urheilun kehityksen kärjessä jo pitkään niin turnausten, katsojamäärien kuin pelattavuudenkin kannalta. [5, s. 38–41.]

#### 2.4.4 Muut elektronisen urheilun lajimuodot

Taistelupelit ovat peligenre, jossa pelaajat kamppailevat lähitaistelussa pelihahmoillaan. Tyypillisesti otteluita seurataan sivulta päin niin, että pelihahmot sijaitsevat vastakkaisilla puolilla ruutua. Taistelupelit vaativat hyvää reaktiokykyä sekä pelimekaniikan ymmärtämistä, sillä hahmoilla voi olla käytettävissään useita erilaisia liikesarjoja ja vastahyökkäyksiä. Tunnettuja taistelupelisarjoja ovat esimerkiksi Street Fighter, Tekken, Mortal Kombat sekä Super Smash Bros. Taistelupelit olivat suosittuja e-urheilupelejä vielä 1990-luvun alkupuolella, mutta nykyään FPS- ja MOBA-pelien suosion kasvu on vähentänyt niiden huomiota. [5, s. 42–47.]

Battle Royale -genre on verrattain uusi tulokas videopelimaailmassa. Pohjimmiltaan pelit ovat joko ensimmäisen tai kolmannen persoonan ammutapelejä, joissa kymmenet pelaajat käyvät keskenään selviytymistaistelua alati pienenevän alueen sisällä. Voittaja on se pelaaja tai joukkue, joka on viimeisenä jäljellä. Usein genren peleissä pelaajat aloittavat ilman aseita tai varusteita, ja tarkoituksena on etsiä ne pelimaailmasta. Battle Royale -peleissä vaaditaan osumatarkkuuden lisäksi taktiikkaa ja sopeutumiskykyä muuttuvaan ympäristöön. Tunnetuimpia sarjan pelejä ovat PlayerUnknown's Battlegrounds, Fortnite, H1Z1 sekä genren uusin tulokas Apex Legends. [5, s. 73–74.]

E-urheilua harrastetaan myös monissa muissa peligenreissä, kuten ajopeleissä, keräilykorttipeleissä, urheilupeleissä sekä mobiilipeleissä. Myös virtuaaliodellisuuspelien ympärille on alkanut kehittyä elektronisen urheilun liigoja sekä turnauksia.

#### 2.5 Tilannekuvan hahmottaminen pelitilanteessa

Pelaaja saa tietoa pelitilanteesta sekä omasta pelihahmostaan monen eri elementin välityksellä. Pelin visuaalinen käyttöliittymä, äänimaailma sekä esimerkiksi joukkuepeleissä tiimin jäsenten välinen kommunikaatio auttavat rakentamaan kuvaa pelitilanteesta myös oman näkökentän ulkopuolelta. Lähes jokaisesta e-urheilupelistä voidaan löytää jonkinlainen visuaalinen käyttöliittymä.

Suosituimpien elektronisen urheilun pelien visuaalisista käyttöliittymistä voidaan löytää paljon yhteneväisyyksiä. Useimmiten saman genren sisällä olevista peleistä löytää vakiintuneita käytäntöjä käyttöliittymän suhteen, mutta jotkin elementit ovat lähes universaaleja. Kuvassa 7 PlayerUnknown's Battlegrounds -pelin käyttöliittymän elementit on ympyröity keltaisella, ja yläpuolella on sama pelinäkymä ilman visuaalisia apukeinoja. Peli kuuluu Battle Royale -genreeseen, ja sen käyttöliittymä on hyvin samankaltainen perinteisten FPS-pelien kanssa. Omana kuriositeettinaan tämän genren peleissä on useimmiten ruudun ylälaidassa näkyvä kompassi, joka on tarpeen laajoissa pelikentissä suunnistamisen helpottamiseksi. Eräs esimerkki lähes universaalista käyttöliittymäelementistä on oikean alalaidan pikkukartta (engl. Minimap), jollainen löytyy lähes jokaisesta Battle Royale -, FPS-, MOBA- ja RTS-genren pelistä.

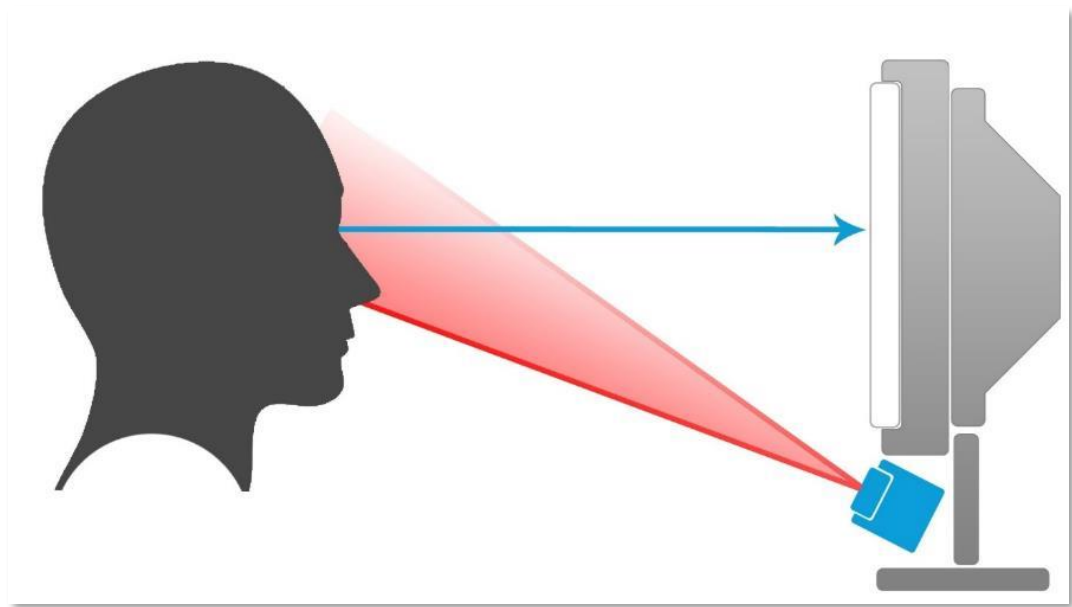


Kuva 7. Kuvankaappaukset pelistä PlayerUnknown's Battlegrounds (PUBG)

Visuaalinen käyttöliittymä, tai HUD (engl. Heads-up display), on eräänlainen pelinkehittäjän oikotie antaa pelaajalle tärkeää informaatiota pelin helpottamiseksi [20]. On todennäköistä, että elektronisen urheilun ammattilaiset osaavat aloitteleviin pelaajiin verrattuna käyttää nopeammin ja paremmin hyödykseen HUD-elementtejä. Katseenseuranta on yksi tärkeä keino tutkia, kuinka paljon pelaaja käyttää hyödykseen näitä visuaalisia apukeinoja.

### 3 Silmänliikkeet ja katseenseuranta

Koska elektronisessa urheilussa pelitilanteen kokonaiskuvan hahmottaminen vaatii ruudulla näkyvien visuaalisten elementtien havainnointia ja ymmärtämistä, voidaan olettaa, että kokeneempi kilpelaaja on tehokkaampi havainnoimaan ja omaksumaan tätä tietoa. Eräs tapa tutkia kilpelaajien tiedon havainnointia on katseenseuranta. Esimerkki katseenseurantatekniikan hyödyntämisestä on esitelty kuvassa 8.



Kuva 8. Havainnekuva monitoriin kiinnitetystä katseenseurantalaitteesta, jolla voidaan seurata koehenkilön katsetta monitorin ruudulla. [21]

Silmänliiketutkimusta tehdään laajalla kentällä. Katseenseurantaa käytetään apuna esimerkiksi markkinoinnissa, psykologiassa, lääketieteessä sekä käyttöliittymäsuunnittelussa peleihin, ohjelmistoihin, lentokoneisiin ja raskaisiin työkoneisiin. [22].

#### 3.1 Visuaalinen tarkkaavaisuus

Ihmisen näkökyky ei ole tasalaatuinen kaikkialla näkökentässämme. Silmän takaosassa sijaitseva syväne eli fovea on verkkokalvon erikoistunut alue, joka luo näkökenttäämme tarkan näön alueen. Fovea on näkökykymme kannalta äärimmäisen tärkeä, sillä sitä tarvitaan kaikissa yksityiskohtaista näköä vaativissa tehtävissä, kuten vaikkapa lukemisessa. [23].

Jotta pystyisimme näkemään silmillämme tarkasti, meidän täytyy ensin kohdistaa näkökentäsämme oleva tarkan näön alue haluamaamme kohteeseen. Katseenseurannan perusajatuksena on, että tarkan näön aluetta kohdistuessamme siirrämme samalla myös huomiomme tuohon kohteeseen. Täten tutkimalla henkilön silmien liikettä voimme tutkia asioita, joihin kyseinen henkilö kiinnittää huomiotaan. Katseen avulla tehtävää ympäristön havainnointia kutsutaan visuaaliseksi tarkkaavaisuudeksi (engl. Visual attention). [24, s. 3.]

Katseenseurannan avulla voidaan tutkia, mihin henkilö kohdistaa tarkkaavaisuutensa, mutta tekniikassa on myös yksi suuri puute. Meillä on kyky havainnoida asioita myös tarkan näkökenttämme ulkopuolelta. Kykenemme myös kiinnittämään tietoisesti huomiomme johonkin tarkan näön alueen ulkopuolella sijaitsevaan kohteeseen. Tätä ”sivusilmällä näkemistä” käyttävät hyväksi esimerkiksi tähtitieteilijät, sillä silmän tarkan näön ulkopuolinen alue on parempi havaitsemaan himmeitä valonlähteitä, kuten tähtiä. [24, s. 12–13.]

Katseenseurantalaitteistot kykenevät havainnoimaan vain silmän liikettä, eikä meillä ole keinoa ulkopuolisena tietää, mihin henkilö todellisesti kiinnittää huomionsa. Tästä syystä, vaikka katseenseurantatutkimuksessa olettaisimme henkilön huomion olevan heidän katseensa keskipisteessä, täytyy meidän myös tunnustaa, ettei tilanne välttämättä aina ole niin. Tämä on tunnettu ongelma katseenseurantatutkimuksessa. [24, s. 13.]

## 3.2 Silmänliikkeet

Kun silmänliiketutkimuksessa halutaan seurata ihmisen visuaalista tarkkaavaisuutta, käytetään tällöin apuna katseenseurantaa erilaisten silmänliikkeiden tunnistamiseen. Katseenseurannassa tärkeimpiä silmänliikkeitä ovat sakkadit, fiksaatiot sekä niin sanotut seurantaliikkeet (engl. smooth pursuits). [24, s. 46.]

### 3.2.1 Sakkadit

Sakkadit ovat nopeita silmänliikkeitä, joilla tarkan näön alue kohdistetaan uuteen paikkaan. Ne voivat olla pieniä, kuten esimerkiksi kirjaa lukiessa, tai suuria, kun katse siirretään näkökentän laidalta toiseen. Sakkadit kestävät yleensä noin 10 ms – 100 ms. Sakkadien aikana ihmissilmä ei kykene havainnoimaan näkökenttää. [24, s.40.]

Tapahtumasarja esimerkiksi näkökentän laidalla havaitulle ärsykkeelle ja katseen kohdistamiselle siihen on seuraavanlainen. Ensiksi aivot laskevat etäisyyden ärsykkeen ja tarkan näön alueen välille, eli ottavat selville, kuinka paljon silmän täytyy kääntyä kohdistuakseen oikeaan paikkaan. Tämän tehtyään aivot lähettävät lasketun signaalin silmän ohjauslihaksille, jotka kääntävät silmää sopivan määrän oikeaan suuntaan. Kun sakkadi on aloitettu, ihmissilmä ei havainnoi näkökenttää ennen kuin liike on pysähtynyt, eikä täten kykene tekemään muutoksia silmän liikerataan. Sakkadi suoritetaan ensin loppuun, ja vasta sitten silmä kykenee tekemään korjausliikkeen, jos alkuperäinen signaali ei osunut maaliinsa. [25.]

### 3.2.2 Fiksaatiot

Fiksaatiot ovat joukko pieniä silmänliikkeitä, joiden tehtävänä on pitää katse kohdistettuna paikallaan olevaan kohteeseen. Ennen luultiin, että fiksaatioiden aikana silmät eivät yksinkertaisesti suorita mitään liikkeitä, mutta nykyään on huomattu, että silmät eivät oikeastaan juuri koskaan ole täysin liikkumatta. Tämä johtuu siitä, että silmänpohjan näkösolut kykenevät havainnoimaan ainoastaan valon muutoksia, joten täysin liikkumaton silmä johtaisi näkökyvyn heikkenemiseen tai sokeuteen. [24, s. 44.]

Pitääkseen näkökykyä yllä silmä tekee jatkuvasti pieniä mikroliikkeitä, joita kutsutaan fiksaatioliikkeiksi (engl. fixational eye movements). Ihmisen silmä tekee fiksaatioliikkeitä itsenäisesti, eikä niitä voi tietoisesti estää. Fiksaatioliikkeitä ovat mikrosakkadit, ajelehtiminen sekä tärinä (engl. tremor). Mikrosakkadit ovat samankaltaisia kuin varsinaiset sakkadit, ja niiden tehtävänä on todennäköisesti korjata ajelehtimisen aiheuttamaa katseen siirtymää [26]. Ajelehtiminen on katseen hidasta liikettä fiksaatiopisteen lähetyvillä, ja tärinä on näköhermon aktiivisen toiminnan aiheuttamaa ”häiriötä” silmän lihaksissa. Fiksaatioliikkeitä on vaikea mitata ilman korkealaatuista katseenseurantatekniikkaa. [27.]

Fiksaatioliikkeet ovat yleensä liian pieniä kaupallisten katseenseurantalaitteiden havaittavaksi, joten ne jäävät silmänliiketutkimuksessa pienelle huomiolle. Useimmiten fiksaatiot luokitellaan vain silmän liikkumattomuudeksi, mikä on suurimpaan osaan tutkimuksista riittävä ratkaisu. [27.]

### 3.2.3 Tasaiset seurantalikkeet (engl. Smooth pursuit)

Seurantalikkeiden tarkoituksena on pitää haluttu visuaalinen kohde tarkan näön alueella. Seurantalikkeiden avulla nimensä mukaisesti seurataan liikkuvia kohteita. Niiden suurin eroavaisuus sakkadeihin on se, että ne ovat tasaisia, kun taas sakkadit ovat nopeita, pyrähteleviä liikkeitä. Seurantalikkeet ovat myös vapaaehtoisia, mikä tarkoittaa sitä, että niitä ei tapahdu refleksiivisesti, vaan henkilön täytyy itse keskittyä kohteeseen. Tavallisella ihmisellä on myös lähes mahdotonta tehdä silmillään seurantalikettä ilman varsinaista liikkuvaa kohdetta, johon kohdistaa katseensa. [25.]

### 3.3 Katseenseurannan eri menetöt

Silmänliikkeiden mittaukseen ja tarkasteluun suunniteltua laitetta kutsutaan katseenseurantalaitteeksi. Ensimmäiset katseenseurantalaitteet olivat mekaanisia, ja niiden haittapuolena oli useimmiten se, että toimiakseen laitteen täytyi olla kosketuksessa silmän kanssa. Silmänliiketutkimusta on tehty jo 1700-luvun lopulta lähtien, mutta vasta 1900-luvun alusta tutkimukseen käytettävät laitteet alkoivat muuttua ei-invasiivisiksi, eli niiden ei toimiakseen enää täytynyt koskettaa testihenkilön silmää. [28.]

Katseenseurantalaitteet ovat viime aikoina tulleet yhä useamman kuluttajan saataville, lähinnä teknologian käytettävyyden parantumisen myötä. Tutkimuskäyttöön suunnitellut, huipputason katseenseurantalaitteet maksavat kirjoitushetkellä vielä tuhansia euroja, mutta saatavilla on myös kuluttajakäyttöön ja katsedatan keräämiseen soveltuvia edullisempia vaihtoehtoja. [29.]

Katseenseurantalaitteiden tekniikat voidaan jakaa karkeasti neljään eri malliin. Näistä viimeisin, Purkinje-heijasteisiin ja pupillin asentoon perustuva malli, on nykyään käytössä useimmissa kaupallisissa katseenseurantalaitteissa [24, s. 49]. Katsaus katseenseurantalaitteiden tekniikoihin antaa myös tietoa katseenseurannan lähihistoriasta.

#### 3.3.1 Elektro-okulografia (EOG)

Elektro-okulografia on katseenseurantatekniikka, jossa silmän asentoa mitataan sen ympärille asennettavien elektrodien avulla. Elektrodit mittaavat ihosta jännitteen muutoksia, jotka ovat

seurausta silmän ohjauslihasten toiminnasta. Jännitteen muutokset viestivät silmän asennon vaihteluista. Tekniikan haittapuolena on se, että sillä ei saada selville testihenkilön katseen kohdetta (fiksaatiopistettä), ellei myös pään asentoa mitata erikseen. EOG oli suosituin katseenseurantatekniikka vielä 1970-luvulla. Sitä käytetään edelleen joissakin tutkimuksissa, mutta nykyään kamera- ja heijastepohjaiset tekniikat ovat laajalti korvanneet sen. [24, s. 49–50.]

### 3.3.2 Korneaalinen piilolinssi / induktiokäämi

Erilaiset piilolinssihin pohjautuvat katseenseurantatekniikat luetellaan tähän malliin. Ensimmäiset linssellä käyttävät katseenseurantalaitteet olivat mekaanisia ja aiheuttivat käyttäjilleen epä-mukavuutta. Nykyaikaisemmat tekniikat hyödyntävät piilolinssihin upotettuja johtokäämejä tai heijastavaa merkkiä. Johtokäämin avulla piilolinssin, ja sitä kautta silmän, liikettä voidaan mitata hyvinkin tarkasti magneettikentän muutosten myötä. Tekniikka tosin vaatii mitattavan magneettikentän luomisen testihenkilön pään ympärille, eikä tekniikan avulla saada selville käyttäjän fiksaatiopistettä, ellei myös pään asentoa mitata erikseen. [24, s. 51.]

### 3.3.3 Valokuva- ja video-okulografia

Valokuva- tai video-okulografiaan pohjautuvat katseenseurantatekniikat määrittelevät silmän asentoa tarkastelemalla kuva-aineistosta visuaalisia elementtejä. Tällaisia tarkastelun kohteita voivat olla esimerkiksi pupillin muoto, iiriksen rajat tai mitattavan valonlähteen heijastukset silmän pinnasta. Tähän malliin kuuluvat tekniikat eivät selvitä katseen fiksaatiopistettä ilman pään asennon mittaamista. [24, s. 52.] Mittausten tarkkuus riippuu myös suuresti kuvamateriaalin resoluutiosta [30].

Useimmiten video-okulografiassa käytetään infrapunavalaistusta, sillä siitä ei aiheudu testihenkilölle häiritsevää näköhaittaa. Kuvassa 9 havainnollistetaan, kuinka infrapunavalon heijastukset on helpompi havainnoida silmän pinnasta infrapunasuodattimen avulla. Myös pupillin muoto on selkeämmin erotettavissa.



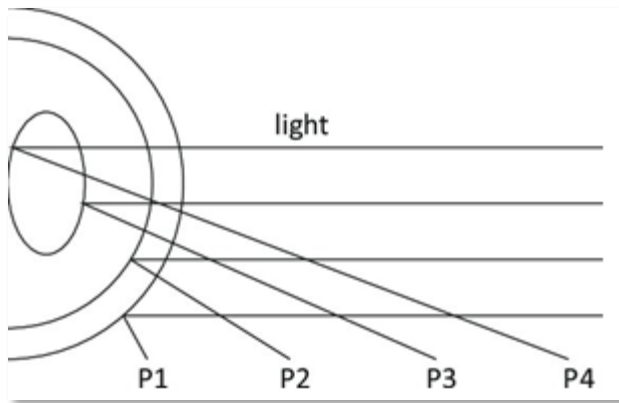
Kuva 9. Ihmissilmä kuvattuna ilman infrapunasuodatinta sekä infrapunasuodattimen kanssa. [30]

### 3.3.4 Yhdistetty videopohjainen pupilli/heijastetekniikka

Suurena ongelmana aikaisemmissa katseenseurantatekniikoissa on ollut testikäyttäjän katseen kohteen eli fiksaatiopisteen määrittäminen. Fiksaatiopisteen selvittäminen mittausten perusteella vaatii joko testikäyttäjän pään pitämisen paikoillaan tai useamman mittauksen yhdistämisen. Eräitä fiksaatiopisteen määrittämiseen vaadittavia mittauksia ovat sarveiskalvoheijastukset sekä pupillin keskiö. [24, s. 52.]

Valoa käyttämällä voidaan testihenkilön silmään luoda mitattavia heijastuksia, jotka on mahdollista tallentaa sopivalla kameralla. Näitä heijastuksia kutsutaan Purkinje-heijasteiksi (kuva 10). Kameran tuottamasta kuvasta etsitään sopivalla algoritmilla silmän pupilli sekä tietty Purkinje-heijaste. Uusimmat katseenseurantalaitteet osaavat löytää myös useampia heijasteita. Pupillin ja heijasteen sijaintien ja muotojen vaihtelut paljastavat silmän liikkeen sekä aseman valonlähteen suhteen. [24, s. 54–57.]





Kuva 10. Silmän pinnasta syntyvät Purkinje-heijasteet. [30]

Katseenseurantalaitteiston kalibroinnin jälkeen testikäyttäjän fiksaatiopistettä voidaan seurata esimerkiksi tietokoneen näytöltä tai useampaa kameraa käyttämällä myös kolmiulotteisesta avaruudesta. Tämä tekniikka on yleisimmin käytössä kaupallisissa katseenseurantalaitteistoissa.

#### 4 Työhön valittujen katseenseurantalaitteiden esittely

Työn aloitusvaiheessa laboratorioon oli jo hankittu Gazepoint GP3 -mallin katseenseurantalaitteita. Testattaessa GP3:n soveltuvuutta työhön ilmeni joillakin testikäyttäjillä ongelmia. Osa pelaajista on oppinut istumaan tietokoneen edessä hyvin lähellä monitoria, jolloin GP3:n kameras näkökenttään suhteutettuna pelaajan silmät sijaitsevat liian korkealla eikä käyttökelpoista katsedataa saada. Kameralla oli myös ongelmia havaita tyystin joidenkin testihenkilöiden silmiä, mutta nämä tapaukset olivat onneksi harvinaisia. Näistä ongelmista huolimatta GP3 toimi muilta osin hyvin, ja se päätettiin ottaa integroitavaksi mittausjärjestelmään.

Pöytäkameramallisen katseenseurantalaitteen puutteiden vuoksi todettiin, että oli viisainta hankkia myös päähän asetettavat katseenseurantalasit, joilla pöytämallisen kameras näkökentän ongelmat voitaisiin tarvittaessa kiertää. Sopivaksi malliksi tähän työhön valikoituivat Pupil Labsin modulaariset katseenseurantalasit. Pupil-laitteiston etuja ovat avoimen lähdekoodin järjestelmä, lasien muokattavuus sekä kameroiden korkea kuvaustaajuus.

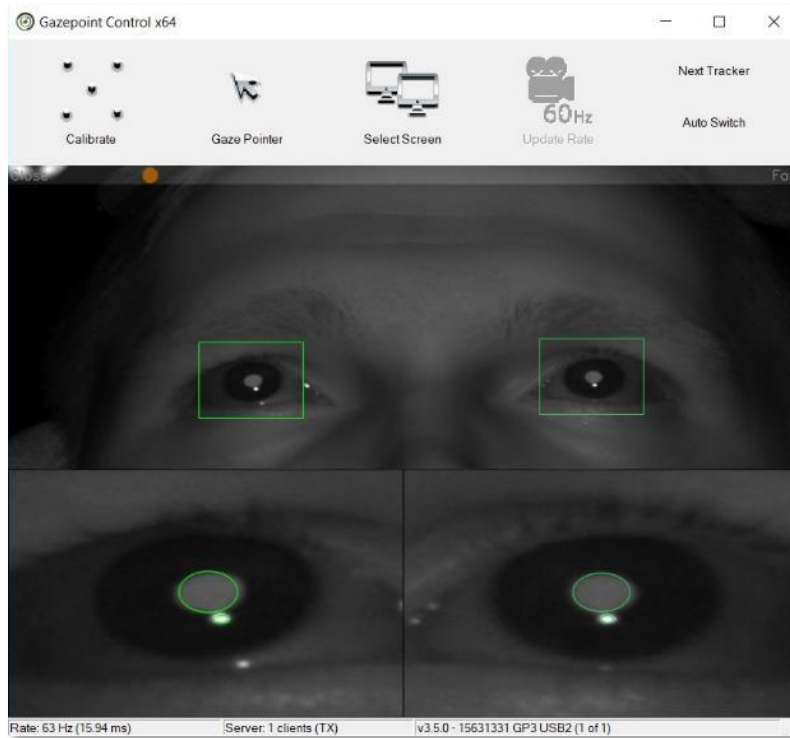
##### 4.1 Gazepoint GP3 -laitteisto

Gazepoint GP3 on pöytäkameramallinen katseenseurantalaite, jonka avulla voidaan määrittää testihenkilön katsepiste laitteeseen yhdistetyn tietokoneen näytöltä. Katsepisteen määrittämiseen käytetään yhdistettyä videopohjaista pupilli- ja heijastetekniikkaa. Laitteen tarkemmat tekniset tiedot löytyvät liitteestä 1, ja itse laite on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Gazepoint GP3 -katseenseurantalaitteisto.

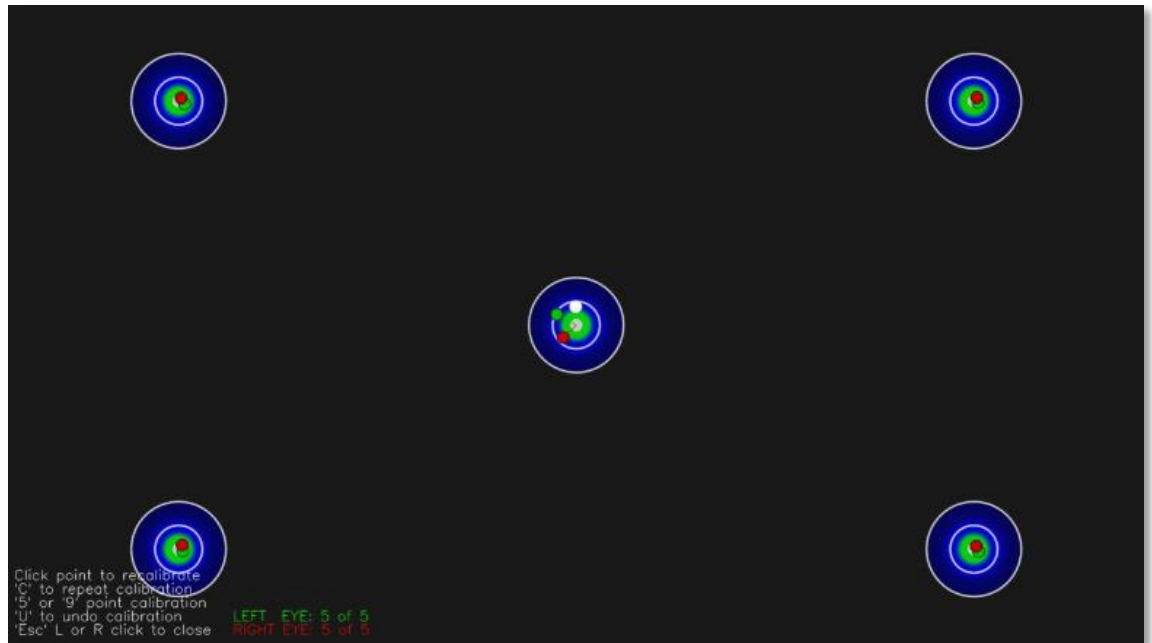
Gazepoint GP3 on suunniteltu käytettäväksi yhdessä Gazepoint Control - sekä Gazepoint Analysis -ohjelmistojen kanssa. Gazepoint Control on katseenseurannan kalibrointiin sekä testaukseen tarkoitettu työkalu, joka huolehtii myös itse laitteen hallinnasta ja katseenseurannasta. Gazepoint Analysis on silmänliiketutkimukseen suunniteltu ohjelmisto, jonka avulla katsedataa voi tallentaa sekä analysoida. [31.] Kuvassa 12 esitellään Gazepoint Control -ohjelman käyttöliittymä.



Kuva 12. Gazepoint Control -ohjelman käyttöliittymä.

Gazepoint Control -ohjelmaan voidaan luoda etäyhteys, jonka avulla katseenseurantalaite on mahdollista integroida mihin tahansa järjestelmään, jossa on TCP/IP-verkkotuki. Gazepoint GP3:n tallentamaa katsedataa voidaan tällöin lukea etäältä käsin, kunhan Control-ohjelma on käynnissä ja yhteys muodostettu oikein. Gazepointin laite/ohjelmisto -parille voidaan lähettää myös etäkomentoja esimerkiksi kalibrointia varten. [32.]

Kamera asetetaan katseen kohteena olevan monitorin alapuolelle ja suunnataan kohti testikäyttäjää. Infrapunavalon avulla kamera tutkii testikäyttäjän silmiin syntyviä heijasteita sekä pupillin rajojen muotoja ja määrittää niiden avulla katsepisteen monitorilta. Ennen laitteen käyttöä vaaditaan kalibrointi, jossa testikäyttäjää seuraa silmillään näytön ruudulla liikkuvaa pistettä. Samalla kamera yhdistää silmien heijastukset sekä pupillien muodot monitorin tunnettuihin koordinaatteihin. [24, s. 52–56.] Kuvassa 13 on esimerkki viisipisteisen kalibroinnin tuloksesta monitorin ruudulta.



Kuva 13. GazePoint Control -ohjelmiston kalibrointitulokset. [33]

#### 4.2 Pupil-katseenseurantalasit

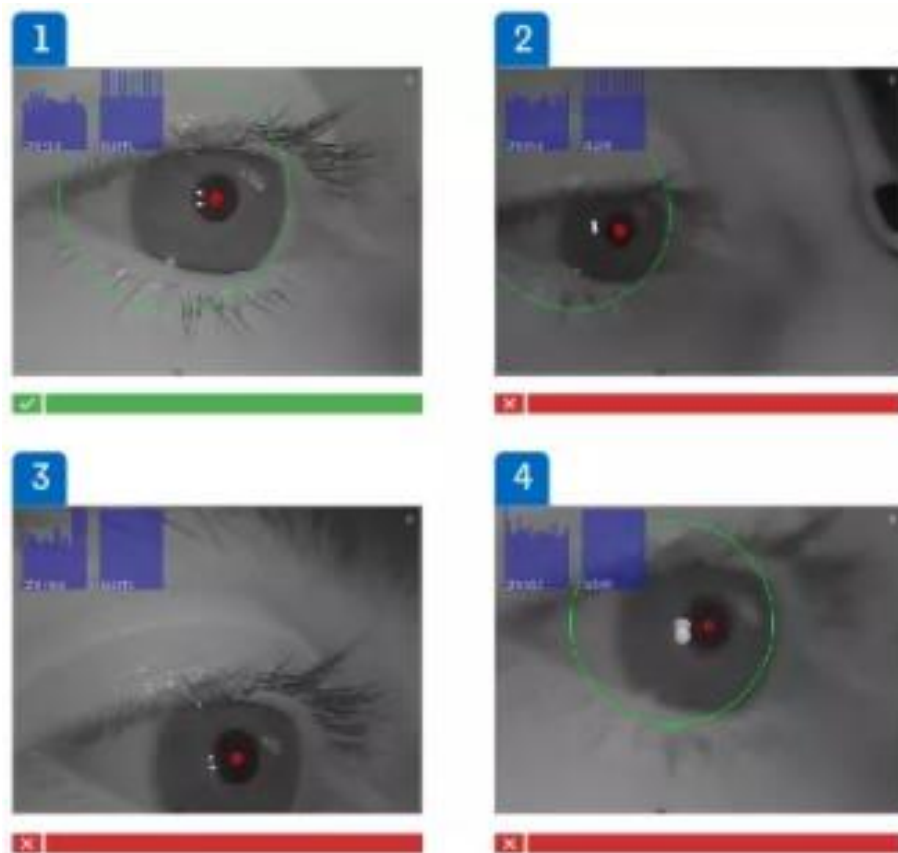
Pupil-lasit ovat Pupil Labs -nimisen saksalaisen yrityksen valmistamat modulaariset, silmänliiketutkimukseen suunnitellut katseenseurantalasit (kuva 14). Päähän asetettavien katseenseurantalasien etuna pöytäkameramallisiin laitteistoihin on se, että koehenkilö voi vapaasti liikuttaa päätänsä mittauksen aikana. Pupil-lasit ovat modulaariset ja niiden komponentit ovat vapaasti muokattavissa. Lasit voi myös halutessaan rakentaa itse. Myös lasien hallintajärjestelmä, Pupil Capture, perustuu avoimeen lähdekoodiin. [34.] Pupil-lasien tekniset tiedot löytyvät liitteestä 2.



Kuva 14. Pupil-katseenseurantalasit lasipäähän asetettuna.

Pupil-laseja saa yksi-, kaksi- sekä kolmikameraisena mallina. Tätä työtä varten hankittiin kolmikamerainen malli, jossa on molemmille silmille oma infrapuna-silmäkameransa sekä yksi näkökenttää kuvaava etukamera. Erona yleiseen pupilli/heijaste-katseenseurantatekniikkaan silmäkameroiden kuvasta ei tutkita heijasteita, vaan pelkkää pupillia. Kolme kameraa mahdollistaa kolmeulotteisen katsepisteen määrittämisen kahden silmäkameran avulla, ja sen kiinnittämisen etukameran tuottamaan videomateriaaliin. Tällöin voidaan tutkia koehenkilön katsetta kolmiulotteisessa ympäristössä niin, että mukana on myös syvyysnäkö. [35.]

Pupil-laitteisto vaatii toimiakseen Pupil Capture -ohjelmiston. Ohjelmiston avulla laite voidaan kalibroida ja sillä voidaan suorittaa mittauksia. Kalibrointia varten laitteen silmäkamerat täytyy suunnata oikein. Kuvan 15 kohdassa 1 on esimerkki oikeaoppisesta silmäkameran suuntauksesta, kohta 2 on suunnattu liian kauas silmästä, kohta 3 on suunnattu ohi silmästä ja kohdassa 4 silmäkameran objektiivia ei ole tarkennettu silmään. Suuntauksen jälkeen suoritetaan kalibrointi, jossa seurataan katseella tietokoneen monitorilla olevia muotoja. Kalibroinnin voi suorittaa myös monitorin ulkopuolella, tai jopa ulkoilmassa, erityisiä tulostettavia kalibrointimerkkejä käyttäen. [36.]



Kuva 15. Pupil-laitteiston silmäkameran suuntaus. [37]

Pupil Capture -ohjelmistossa on mukana algoritmi, jolla etukameran kuvasta voidaan tunnistaa erilaisia tasaisia pintoja vertausmerkkien (engl. fiducial markers) avulla. Tämä mahdollistaa esimerkiksi koehenkilön katseen sijoittamisen kaksikulotteiseen koordinaatistoon vaikkapa kirjan, monitorin tai taideteoksen ylle. Kuvassa 16 on näkymä katseenseurantalasien etukamerasta. Vertausmerkkien avulla on muodostettu seurattava pinta vasemmanpuoleisen monitorin ylle. Ohjelmisto normalisoi koordinaatit niin, että tarkasteltavan pinnan vasemman alakulman koordinaatit ovat (0,0) ja oikean yläkulman koordinaatit ovat (1,1). Kun koehenkilö katsoo tarkasteltavaa pintaa, nämä normalisoidut arvot voidaan lukea etäyhteyden avulla Pupil Capture -ohjelmasta. [38.]



Kuva 16. Kuvankaappaus Pupil Capture -ohjelmasta.

## 5 Työn toteutus

Katseenseurantakomponentin koko työkaari voidaan jakaa perinteisen ohjelmistokehitysprosessin mukaisesti osiin, jotka ovat määrittely, suunnittelu, toteutus ja testaus. Prosessin ensimmäiset osat käsitellään seuraavissa alaluvuissa, ja testaus Työn tulokset -luvussa.

### 5.1 Katseenseurantakomponentin vaatimusmäärittely

Katseenseurantakomponentti tulee osaksi laajempaa ohjelmistokokonaisuutta, jonka tarkoituksena on mitata ja analysoida kilpapelaaajan fysiologisia ominaisuuksia. Komponentti tulee suunnitella siten, että se on yhdistettävissä useimpiin kaupallisesti saatavilla oleviin katseenseurantajärjestelmiin ja että tuotoksena on samantasoinen katseenseurantaraportti laitteesta riippumatta.

Katseenseurantakomponentin kehitys tehdään rinnakkain muun mittausohjelmiston kehitystyön kanssa. Valtaosa ohjelmistosta ja katseenseurantakomponentista ohjelmoidaan C++-kielellä. Ohjelmointiympäristönä käytetään Qt Creatoria, ja työssä käytetään hyödyksi Qt:n vapaassa lisensikäytössä olevia kirjastoja. Kirjastoja, joiden lisenssi estää kaupallisen käytön, ei voida hyödyntää mittausohjelmiston luomisessa. Järjestelmän kohdealusta on Windows-käyttöjärjestelmä.

Kaikkien mittausohjelmistoon luotavien komponenttien tulee toimia saman käyttöliittymän sekä taustajärjestelmien avulla. Muita tämän työn ulkopuolisia komponentteja ovat esimerkiksi sykkeen tallennus, pelaajan näppäinsyötteet sekä ruudunkaappaus. Katseenseurantakomponentin erityispiirteenä on katseenseurantalaitteiston kalibroinnin tarve. Komponentti tulee myös pystyä konfiguroimaan kulloinkin pelattavissa olevan pelin mukaiseksi.

Tässä työssä ei vielä ryhdytä luomaan elektronisen urheilun kilpapelaaajan analyysijä, vaan keskittyyään laitteistojen integrointiin sekä katseenseurantadatan luomiseen, tallennukseen ja raportointiin. Mahdolliset mittauksen pohjalta tehtävät analyysit tulevat ajankohtaiseksi vasta myöhemmissä projekteissa.

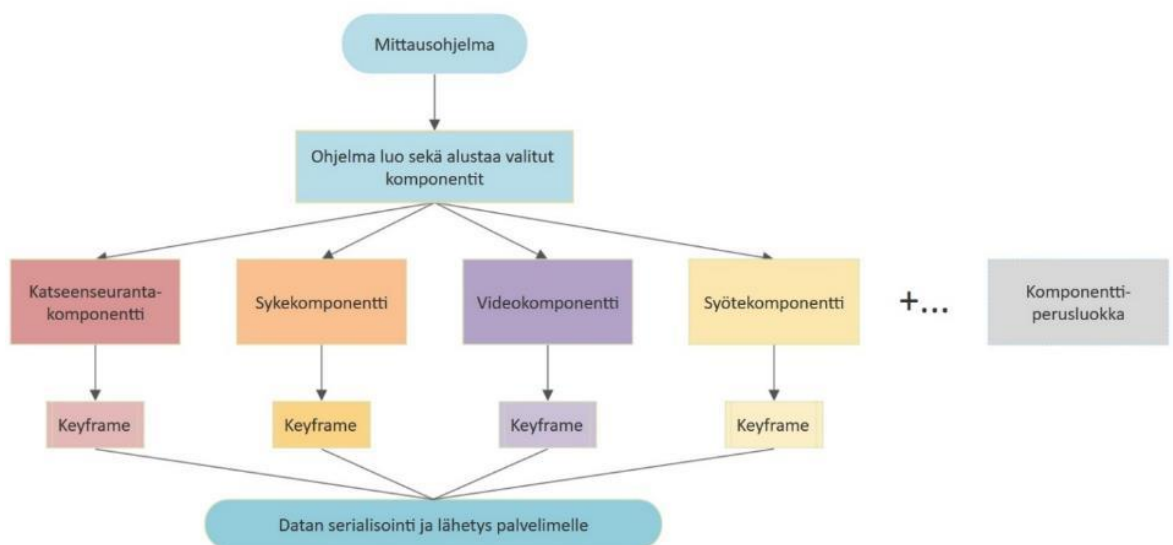
## 5.2 Katseenseurantakomponentin suunnittelu

Kun vaatimusmäärittelyn perusteella tiedetään mitä katseenseurantakomponentin kehityksessä tulee ottaa huomioon, voidaan aloittaa sen suunnittelu. Tavoitteena suunnittelussa on määritellä komponentille toiminnot, jotka vastaavat vaatimusmäärittelyä. Käytännössä vaatimuksista luodaan ongelma, johon suunnittelussa etsitään ratkaisu.

Huomioitavia asioita suunnittelussa ovat yhteensopivuus muun ohjelmiston kanssa, liitännät käytettäviin katseenseurantalaitteisiin, mitatun datan käsittely, komponentin muokattavuus sekä komponentin toimivuuden testaus. Seuraavissa alaluvuissa esitellään näihin toimintoihin luodut ratkaisut.

## 5.3 Ohjelmiston kehysrakenne

Jo varhaisessa kehitysvaiheessa tiedettiin, että mittausohjelmiston tulee pystyä keräämään dataa useasta eri lähteestä. Tämä johti ajatukseen datankeräyskomponenteista, jotka pystyvät tallentamaan mittaustuloksia itsenäisesti ja valmistelemaan ne lähetettäväksi palvelimelle. Mittausohjelmiston tehtävänä on hallita näitä komponentteja, ja huolehtia valmistellun datan lähettämisestä. Koska komponenttien perustehtävä on niillä kaikilla samankaltainen, on järkevää luoda komponentista perusluokka, joka toimii mallina eri datalähteisiin erikoistuville komponenteille. Kuvassa 17 esitetään komponenttien toiminta ohjelmistossa.



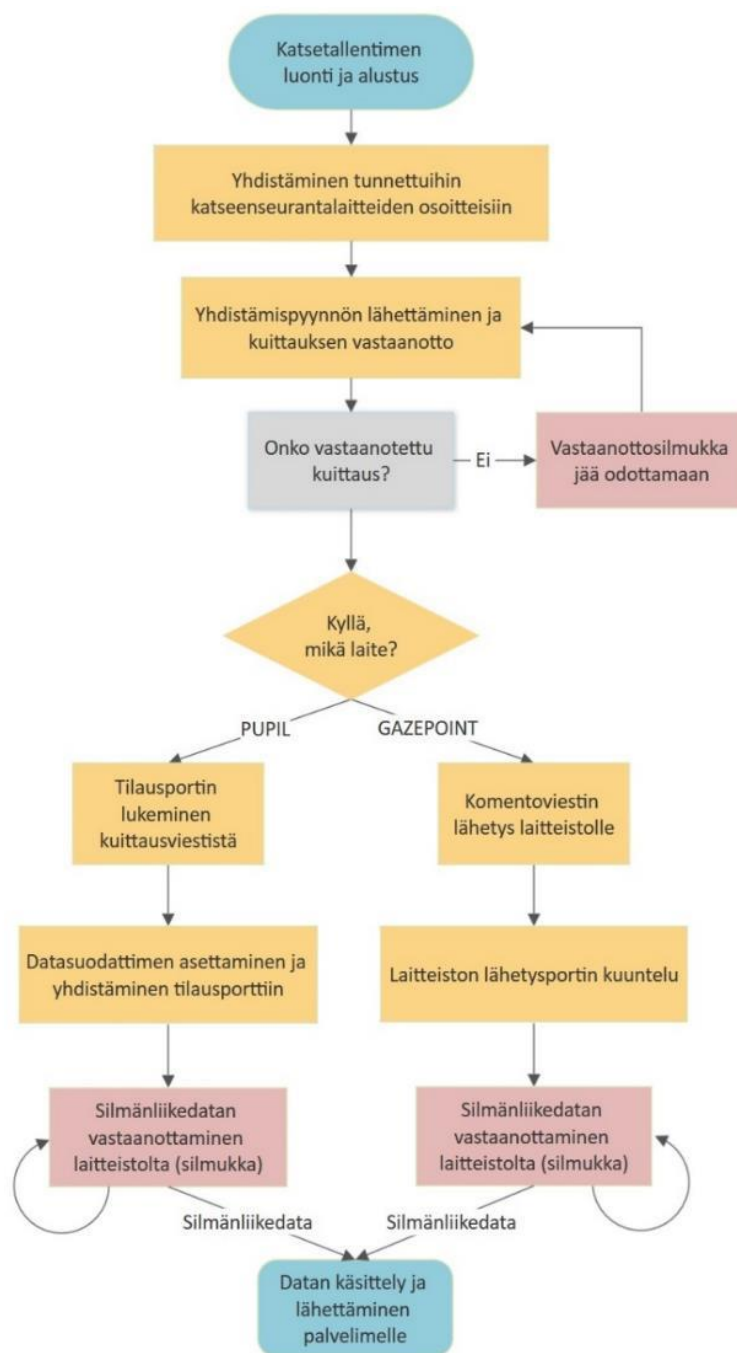
Kuva 17. Mittausohjelmiston kehysrakenne.



Rakenteet eri datankeräyskomponenttien välillä ovat hyvin erilaisia, mutta niitä kaikkia yhdistää peruskomponenttiluokasta peritty *process()* -funktio. Mittausohjelmisto ajaa halutuin väliajoin jokaisen aktiivisen komponentin prosessifunktiota. Sen tehtävä on kaikilla datankeräyskomponenteilla tuoreimman datan lähettäminen palvelimelle tallennettavaksi. Data pakataan lähetystä varten avainkehysiin (engl. Keyframe), jotka on mukautettu kuhunkin eri datatyypin sopivaksi. Palvelinohjelma osaa päätellä minkä datatyyppin avainkehys on kulloinkin kyseessä ja purkaa siitä tallennettavat tiedot.

#### 5.4 Yhdistäminen katseenseurantalaitteisiin

Koska hankkeen tavoitteena olevissa pelaajamittauksissa on suunniteltu käytettävän kahdenlaisia katseenseurantalaitteita, on katseenseurantakomponenttiin luotava ratkaisu, joka osaa tunnistaa ja yhdistää mittausohjelman haluttuihin laitteisiin mahdollisimman helposti. Ennen kuin silmäliikedataa aletaan kerätä ja käsitellä, katsetallennin suorittaa prosessiketjun, jonka päämääränä on avata yhteys tunnistettuun katseenseurantalaitteeseen. Tämä prosessiketju on visualisoitu kuvassa 18.



Kuva 18. Katseenseurantakomponentin yhdistäminen katseenseurantalaitteisiin.

Katsetallennin avaa heti alustuksensa jälkeen TCP-yhteyden Pupil- sekä Gazepoint-laitteiden hallintaohjelmistojen tietoliikenneosoitteisiin. Ohjelmistojen osoitteet ovat julkisesti tiedossa, joten ne voidaan ohjelmoida katsetallentimen muistiin jo etukäteen. Osoitteisiin lähetetään yhdistämispyyntö, jonka jälkeen tallennin jää koodisilmukkaan odottamaan mahdollista kuittausviestiä valmiustilassa olevalta katseenseurantalaitteelta. Kun kuittausviesti on vastaanotettu, siitä voidaan päätellä yhdistettävä laite sekä valita seuraavaksi suoritettavat aliohjelmat, jotka poikkeavat toisistaan hieman laitteesta riippuen.

Pupil-lasien hallintaohjelmisto lähettää yhdistämispyyntöön vastaukseksi kuittausviestin, joka sisältää ohjelmiston senhetkisen avonaisen tietoliikenneportin. Porttia kutsutaan tilausportiksi (engl. Subscriber Port). Sen käyttötarkoituksena on tarjota ulkopuolisille ohjelmistoille mahdollisuus ”tilata” katseenseurantalaitteen sekä ohjelmiston tuottamaa dataa. Kun portti on selvitetty kuittausviestistä, voidaan yhteys luoda. Sitä ennen yhteyden luovalle verkkopistokkeelle (engl. network socket) asetetaan vielä datasuodatin, jolloin tilausportista saadaan vain haluttua dataa. Suodatin toimii yksinkertaisia asiasanoja asettamalla, kuten ”surface” tai ”gaze” [39]. Ilman suodatinta portti lähettää kaiken laitteiston datan kerralla, jolloin sitä voi olla hankala ja raskas käsitellä. Yhdistämisen jälkeen dataa luetaan verkkopistokkeen kautta koodisilmukassa.

Gazepoint-laitteiston yhdistäminen katsetallentimeen on Pupil-laseja selvästi suoraviivaisempaa. Kuittausviestin vastaanottamisen jälkeen katsetallennin luo palvelinkomennon, joka lähetetään Gazepoint Control -ohjelmiston tunnettuun IP-osoitteeseen. Palvelinkomennot ovat XML-muotoiltuja merkkijonoja, jotka välittävät katseenseurantalaitteelle käskyjä esimerkiksi kalibroinnin aloittamiseen tai datan lähettämiseen. Katsetallentimen lähettämä palvelinkomento sisältää käskyt mittausajan ja -datan lähettämiseen sekä pääkäskyn datalähetyksen aloittamiseksi. Esimerkki XML-muotoilluista komennoista on esitetty kuvassa 19. Käskyn lähettämisen jälkeen katsetallentimen tehtäväksi jää kuunnella Gazepoint Control -ohjelmistoon luotua yhteyttä ja vastaanottaa katsedataa koodisilmukassa.

```
char server_command[] = "<SET ID=\"ENABLE_SEND_TIME\" STATE=\"1\" />\r\n"
                        "<SET ID=\"ENABLE_SEND_POG_FIX\" STATE=\"1\" />\r\n"
                        "<SET ID=\"ENABLE_SEND_DATA\" STATE=\"1\" />\r\n";
```

Kuva 19. Palvelinkomento Gazepoint Control -ohjelmiston ohjausta varten.

## 5.5 Mittausten käsittely, lähetys ja tallennus

Katseenseurantakomponentin koodisilmukka tallentaa jatkuvasti katseenseurantalaitteilta tulevaa dataa ohjelman muistiin käsittelyä ja lähetystä varten. Kaikki laitteiden lähettämä data ei kuitenkaan ole tämän työn tarkoituksiin hyödyllistä. Kun koehenkilö katsoo muualle kuin monitorin ruudulle tai räpäyttää silmiään, laitteet lähettävät komponentille virhearvoja. Ohjelma tutkii, onko uusin laitteelta vastaanotettu arvo monitorin ruudun sisäpuolella, ennen kuin avainkehys lähetetään palvelimelle. Käytännössä arvoja verrataan sekä x- että y-akselilla välille 0.000 – 1.000.

Jos koehenkilö räpäyttää silmiään, laitteet lähettävät nolla-arvoa (0.0<sub>x</sub>, 0.0<sub>y</sub>). Ohjelmisto rajaa myös nämä arvot pois lähetettävästä datasta.

Kun uusin katsedata on käsitelty koodisilmukassa, lisätään avainkehukseen vielä järjestelmän aikaleima Qt:n `QDateTime::currentDateTime()` -funktiolla. Aikaleiman lisäämisen jälkeen avainkehys on valmiina lähettämistä varten. Katsetallennin kutsuu ohjelman `sendKeyframe()` -funktiota, jolloin ohjelma ottaa vastuun avainkehuksesta ja sen lähetyksestä. Katsetallennin jatkaa koodisilmukassa datan vastaanottoa sekä valmistelua.

Palvelinohjelmassa vastaanotettu data asetetaan taulukkoon aikaleimajärjestyksessä. Jokaiselle avainkehystyypille (katsedata, syke, ym.) on oma taulukkonsa, joista dataa on helppo myöhemmin käsitellä tai analysoida. Mitatun datan voi myös tallentaa tiedostoon myöhempää tarkastelua varten.

## 5.6 Katseenseurantakomponentin konfigurointi

Kilpapelajaajan mittausohjelmiston kehityksessä on tavoitteena, että sen komponentit ovat muokattavissa toimimaan minkä tahansa pelin kanssa. Tämä vaatii erillisten konfiguraatitiedostojen luomista eri kilpapeleille. Konfiguraatitiedostot sisältävät arvoja mittaustulosten tulkitsemiseen ohjelmiston eri komponenteille. Katseenseurannan kannalta tärkeimpänä asiana ne sisältävät mittattavan pelin käyttöliittymän intressialueet.

Intressialueet ovat pelin visuaaliseen käyttöliittymään tehtyjä rajoituksia, joiden tehtävänä on toimia aluekoordinaatteina, kun mittaustulosten raaka-arvoja luokitellaan. Pelkkä katseenseurantalaitteen tallentama data ei kerro, mitä elementtiä käyttöliittymästä pelaaja on milläkin hetkellä katsonut, joten tallentamisen jälkeen arvoja verrataan tunnettuihin intressialueisiin.

Kuvassa 20 on rajattu keltaisilla laatikoilla Apex Legends -pelin visuaalisen käyttöliittymän kaksi elementtiä. Ylempi laatikko pitää sisällään pelin pikkukartan (engl. Minimap), ja alempi pitää sisällään ajastimen, joka ilmoittaa pelaajille, milloin pelialueen koko pienenee. Katseenseurantamittauksessa molemmat laatikot voisivat olla intressialueita.



Kuva 20. Osittainen kuvankaappaus pelistä Apex Legends.

#### 5.6.1 Kohdepelin valinta ohjelmiston prototyyppiin

Ohjelmiston prototyypin kehitysvaiheessa päätettiin, että alkuvaiheessa on parasta valita yksi kilpapeli, jonka toteutus hiotaan toimivaan kuntoon. Kohdepeliksi prototyyppiin valittiin FPS-peli Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO).

Counter-Striken eduksi todettiin sen suuri suosio sekä mittausohjelmistoon hyvin soveltuva visuaalinen käyttöliittymä. Kehittäjätiimillä oli myös paljon aikaisempaa kokemusta pelistä. CS:GO -pelissä on sen kehittäjän Valve Corporationin luoma sisäinen käyttöliittymä, jonka avulla pelinaikaisia tapahtumia voi lukea ja tallentaa ulkopuoliselle tietokoneelle. Käyttöliittymän nimi on Game State Integration, ja myös se päätettiin integroida mittausjärjestelmään. Pelinaikainen näkymä CS:GO-pelistä on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Kuvankaappaus pelistä Counter-Strike: Global Offensive. [40]

CS:GO on pelimekaniikoiltaan hyvin vaativa, ja eritasoisia pelaajia löytyy runsaasti. Pelin sisäinen taitoasteikko antaa vertailukohtaa pelaajien taidoista ja kokemuksesta mittauksia tehdessä. Tämän ajateltiin auttavan tulevaisuudessa pelaaja-analyysoimisen tekemisessä.

### 5.6.2 Kohdepelin esittely

Counter-Strike: Global Offensive on erittäin suosittu ensimmäisen persoonan ammuntopeli (FPS-peli), jota pelataan ympäri maailman erilaisissa turnauksissa, liigoissa sekä verkon välityksellä. Pelissä kaksi viiden hengen joukkuetta pelaavat toisiaan vastaan. Toinen joukkue aloittaa ottelun terroristihahmoilla (engl. Terrorists) ja toinen poliisihahmoilla (engl. Counter-Terrorists). Ottelut kestävät 30 erää, ellei tasatilannetta synny. Joukkueet vaihtavat pelihahmojaan ja tavoitteitaan ottelun puolivälissä, eli 15 erän jälkeen. Jos jatkoajalle ei mennä, ensiksi 16 erää voittanut joukkue voittaa ottelun.

Suosituin ja suurimpiin turnauksiin vakiintunut otteluiden pelimuoto on nimeltään Pomminpurku (engl. Bomb Defusal). Pelimuodossa terroristijoukkueen tehtävänä on asettaa ajastettu räjähdettä toiselle kahdesta pommipaikasta, kun taas poliisijoukkueen tehtävänä on estää terroristeja. Jos räjähdettä saadaan onnistuneesti paikoilleen, on poliisijoukkueella vielä rajallinen määrä aikaa yrittää vallata pommipaikka takaisin sekä purkaa räjähdettä. Voittava joukkue on se, joka saa räjähteen

purettua (poliisit), räjäytettyä (terroristit) tai onnistuu erän aikana ampumaan kaikki vastajoukkueen pelaajat.

Pelaajat saavat erän aikana tehdyistä tapoista sekä räjähteen asettamisesta ja purkamisesta rahaa, jota he voivat jokaisen erän alussa käyttää parempien varusteiden ostamiseen. Erän häviämistä joukkue saa vain minimaalisen määrän rahaa käytettäväksi, minkä seurauksena joukkue voi joutua pelaamaan seuraavan erän huonoilla varusteilla. Tämä rahankäytön elementti tuo peliin ylimääräisen taktisen ulottuvuuden. Ottelut ovat harvoin samankaltaisia.

### 5.6.3 Kohdepelin intressialueet

Ottelun aikana Counter-Striken visuaalinen käyttöliittymä antaa pelaajalle paljon tietoa pelitilanteesta sekä pelihahmon tilasta ja varusteista. Katseenseurantakomponentin testausta ja tulevia mittauksia varten CS:GO:n visuaalisesta käyttöliittymästä eroteltiin kiinnostavat intressialueet, ja niitä varten luotiin oma konfiguraatiodostonsa. Kuvassa 22 intressialueet on rajattu keltaisilla laatikoilla. Intressialueet eivät näy pelaajille ottelun aikana. Mukana ovat kaikki hahmon sekä pelin tilanteesta kertovat käyttöliittymäelementit sekä ruudun keskellä sijaitseva hiusristikko (engl. Crosshair), jota käytetään aseilla tähtäämiseen.



Kuva 22. Katseenseurantaa varten luodut intressialueet Counter-Strike: Global Offensive -peliin.

Intressialueiden sijainnit monitorin ruudulla on normalisoitu konfiguraatitiedostoon välille 0.000 – 1.000, x- ja y-akselilla. Nämä sijainnit luetaan ohjelman muistiin, ja mittauksen jälkeen katseen seurannasta saatujen arvojen sijainteja verrataan intressialueiden koordinaatteihin. Lyhyet kuvaukset intressialueista löytyvät liitteestä 3.

## 5.7 Mittaustulosten raportointi

Mittausohjelmiston palvelimelle kehitettiin työkalu, jolla voidaan luoda tallennetusta katsedatasta PDF-muotoinen raportti. Raportti sisältää tilastoja kohdepelin intressialueista sekä joitakin yksinkertaisia laskelmia mittauksesta. Raportin tarkoituksena on toimia apuvälineenä mittausjärjestelmän testauksessa sekä eri laitteistojen toimivuuden vertailussa.

Raportti sisältää viimeisimmän mittauksen katsedatatieidot valitun pelin intressialueille lajiteltuna. Taulukon sarakkeissa esitellään intressialueiden avainkehysten määrä (engl. Number of frames), prosentuaalinen osuus (engl. Percentage), keskimääräinen katselu-aika (engl. Average view time) sekä katselukerrat (fiksaatiot) mittauksen ajalta (engl. Number of views). Taulukon alla on lisäksi eroteltu avainkehykset koko käyttöliittymän (engl. Interface) sekä muun peliympäristön (engl. Environment) välillä. Katseenseurantaraportti löytyy kokonaisuudessaan kuvasta 23.

### Esporttia - Eye-tracking Test

Test Duration: 24:06

Interest area	Number of frames	Percentage	Average view time	Number of views
1. Location	184	0.23 %	4 ms	171
2. Minimap	2284	2.86 %	213 ms	196
3. Money	250	0.31 %	67 ms	92
4. Chat	461	0.58 %	143 ms	57
5. Health/Armor	182	0.23 %	127 ms	23
6. Scoreboard	319	0.4 %	47 ms	104
7. Killfeed	371	0.46 %	146 ms	50
8. Equipment	298	0.37 %	289 ms	18
9. Ammo	1	0 %	0 ms	1
10. Crosshair	20250	25.36 %	398 ms	861

Interest area	Number of frames	Percentage
Interface	24600	30.8 %
Environment	55259	69.2 %

Kuva 23. Katseenseurantakomponentin mittausraportti.



Kun raportti luodaan, palvelinohjelma käy läpi koko tallennetun katsedatan ja tarkastaa avainkehysten kerrallaan kuuluuko kyseinen arvo johonkin intressialueeseen. Avainkehysten aika-arvoja tutkimalla saadaan selville keskimääräisten katselukertojen pituus sekä määrä. Ohjelmassa on säädettävä toleranssiarvo, joka kertoo ohjelman laskentafunktiolle kauanko henkilön katse voi kerrallaan käydä jonkin intressialueen ulkopuolella. Toleranssiarvoa säätämällä voidaan esimerkiksi häivyttää silmänräpäytysten aiheuttamat virheet raportoinnissa. Ilman toleranssiarvoa katselukerrat pirstoutuisivat osiin, jos koehenkilö räpäyttäisi silmiään.

## 6 Työn testaus ja tulokset

Katseenseurantakomponentin valmistuttua suoritetaan vielä testaus, jossa tarkastellaan komponentin sekä laitteiden toimintaa. Testeissä otetaan selvää, kuinka hyvin ohjelmisto toimii pelitilanteessa ja millaisella tarkkuudella. Testejä tehdään yhteensä neljä per koehenkilö; kaksi molemmille katseenseurantalaitteille. Samalla tutkitaan, onko ohjelmiston toiminnassa selviä ongelmia.

### 6.1 Testien rakenteet

Ensimmäinen testi mittaa katseenseurantalaitteen tarkkuutta. Koehenkilö tarkastelee tietokoneen monitorin ruudulta staattista kuvaa, johon on rajattu CS:GO -pelin intressialueita. Jokaista intressialuetta katsotaan viisi sekuntia, minkä jälkeen katse siirretään numerojärjestyksessä seuraavaan intressialueeseen. Katse kohdistetaan aina mahdollisimman lähelle intressialueen keskipistettä. Testin jälkeen mittausohjelmasta tulostetaan PDF-tiedosto, josta nähdään kuinka hyvin ohjelmisto osasi tunnistaa koehenkilön katseen eri intressialueilla. Testi toteutetaan sekä Gazepoint- että Pupil-laitteilla.

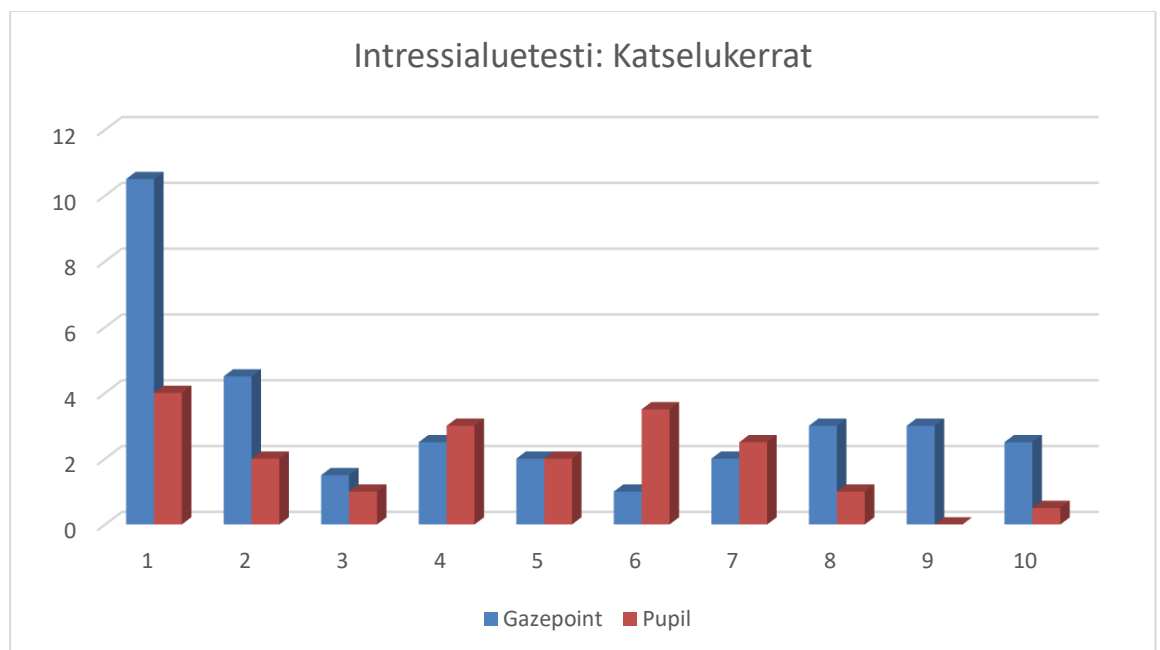
Toinen testi tarkastelee laitteen sekä ohjelmiston toimintaa pelitilanteessa. Koehenkilö asetetaan pelaamaan CS:GO -pelin Arms Race -pelimuotoa katseenseurantalaitteen kanssa n. 5 - 10 minuuttia, tai niin kauan kuin ottelun erä kestää. Erän päätteeksi mittausohjelmasta tulostetaan PDF-tiedosto, ja siitä tarkastellaan mahdollisia virheitä ohjelman toiminnassa tai selkeitä eroavaisuuksia raporteissa eri laitteiden välillä. Oletuksena on, että raporttien pitäisi olla pääpiirteittäin samankaltaiset laitteesta riippumatta. Testi toistetaan molemmilla laitteilla.

### 6.2 Testauksen tulosten tarkastelu

Testimittausten tuloksista luotiin keskiarvot eri testeille. Osalla koehenkilöistä katseenseurantalaite ei toiminut ollenkaan (ei havainnut silmiä kuvasta) tai toimi äärimmäisen huonosti kalibroinneista huolimatta. Tällaiset mittaukset hylättiin tarkastelusta. Syynä toimimattomuuteen voivat olla huonot valaistusolosuhteet, väärät heijastukset silmistä tai jokin katseenseurantalaitteen erottelukykyä haittaava ominaisuus henkilön silmissä tai ripsissä.

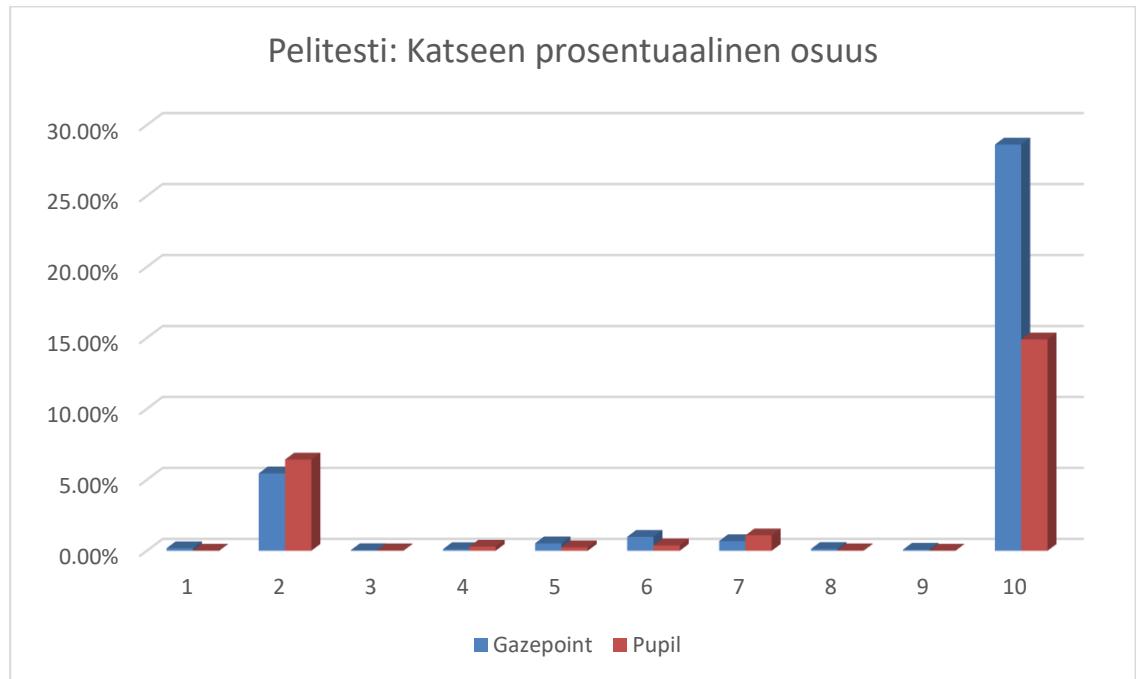
Mittausohjelmisto toimi odotetulla tavalla, eikä laitteiden yhdistämisessä tai datan keräyksessä ja tallentamisessa ilmennyt ongelmia. Myös PDF-raportit tulostuivat testeissä suunnitellusti.

Testien tuloksien tarkastelussa huomion herättivät eroavaisuudet katseenseurantalaitteiden välillä. Kuvassa 24 esitetään intressialuetestin tulosten keskiarvot. Testissä katse pidettiin paikallaan intressialueiden keskipisteissä viisi sekuntia kerrallaan. Tuloksista on havaittavissa, kuinka Gazepoint-laitteistolla on ongelmia katsepisteen kohdistamisessa paikoilleen. Tämä ilmenee useina katselukertoina, vaikka testeissä käytännössä katselukertoja oli jokaista intressialuetta kohden vain yksi. Ongelma on suurin intressialueella 1, joka sijaitsee aivan monitorin vasemmassa ylä-laidassa.



Kuva 24. Intressialuetestin tulosten keskiarvot. Pystyakselilla on esitetty katselukertojen lukumäärä ja vaaka-akselilla intressialueen numero.

Pupil-laitteistokaan ei selvinnyt testeistä täysin ongelmitta. Pelitesteissä havaittiin, että Gazepoint-laitteistolla mitattuna pelaaja katsoo CS:GO-pelin hiusristikkoa useimmiten noin 25-40 % mittausajasta. Pupil-laitteisto antoi kuitenkin mittauksissa selkeästi alhaisempia tuloksia. Myöhempi tutkimus paljasti, että kalibroinnista huolimatta Pupil-laseilla katsepisteen tarkkuus vaihteli suuresti. Esimerkiksi hiusristikkoa katsovan pelaajan katsepiste oli Pupil-laseilla mitattuna usein noin 5 cm varsinaisen katseen kohteen alapuolella. Erot ovat havaittavissa kuvassa 25. Intressialue 10 on pelinäkömman keskellä sijaitseva hiusristikko.



Kuva 25. Koehenkilön katseen prosentuaalisten osuuksien keskiarvot CS:GO-pelitesteissä. Pystyakselilla on esitetty prosenttiluku ja vaaka-akselilla intressialueen numero.

### 6.3 Päätelmät ja pohdinta

Testien tulokset ovat laitteiden epätarkkuuksista huolimatta oikean suuntaisia. Gazepoint- ja Pupil-laitteet sisältävät molemmat omat heikkoutensa sekä vahvuutensa. Testit sekä kehitystyön aikainen tutustuminen Gazepoint-laitteeseen on osoittanut, että sillä on suuria vaikeuksia seurata koehenkilön katsetta monitorin yläkulmissa. Kun koehenkilö katsoo yläkulmiin, laitteiston algoritmit tunnistavat silmän alalaidassa näkyvän infrapunavalon heijastuksen pupilliksi oikean pupillin sijaan, mikä aiheuttaa häiriötä katsepisteen laskennassa. Ongelma voi johtua laitteen teknologian iästä tai Gazepoint Control -ohjelman tunnistusalgoritmista. On mahdollista, että uusimmissa ohjelmistoversioissa ongelma on korjattu, mutta niitä ei ollut tämän työn toteuttamisen aikaan saatavilla. Testauksen aikaan käytössä oli Gazepoint Control -ohjelman versio 3.5.0.

Pupil-lasit osoittautuivat testeissä yllättävän epätarkoiksi. Toisin kuin Gazepoint-laitteella, Pupil-laseilla katseenseurannan näkökenttä on hyvin leveä, jolloin ongelmaa monitorin ääri-alueiden kanssa ei synny. Ongelmaksi tosin muodostui kalibroinnin epätarkkuus, joka voi johtua koehenkilön pään syvyysuuntaisesta liikkeestä monitoriin nähden. Pupil-lasien kalibrointi on myös moni-

mutkaista, sillä se vaatii molempien silmäkameroiden suuntaamisen sekä vertausmerkkien asettelun monitorin ympärille ennen kalibrointia. Gazepoint-laitteella vastaava prosessi sisältää vain kameran suuntauksen ja kalibroinnin.

Työn loppuvaiheessa testattiin myös Tobii-nimisen valmistajan katseenseurantakameran toimintaa, ja se todettiin huomattavasti tarkemmaksi kuin tässä työssä käytetyt laitteet. Kameralla ei ollut ongelmia havaita koehenkilön katsetta monitorin kulmissa, ja katsepiste tuntui pysyvän tarkasti oikeassa paikassa. Voi olla, että mittausjärjestelmä muokataan myöhemmin toimimaan myös Tobii-kameroilla.

Katseenseurantaraportin sisältämä katselukertojen tarkastelu ei täysin vastaa koehenkilön fiksaatioita, sillä silmä voi suorittaa intressialueiden sisällä useamman fiksaation yhdellä katselukerralla. Kuitenkin todettiin, että katselukertojen tarkastelu on riittävää tämän työn tarkoituksiin, ja että tarvittaessa katsedataa hyödyntämällä voidaan myös luoda yksityiskohtaisempia fiksaatiomittauksia. Jatkossa katseenseurantadataa tullaan yhdistelemään mittausohjelmistossa muuhun fysiologiseen dataan sekä pelidataan, mikä avaa uusia mahdollisuuksia elektronisen urheilun tutkimukselle sekä valmennusmetodien kehittämiseksi.

## 7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli luoda katseenseurantakomponentti CSE:n elektronisen urheilun pelaajan mittausjärjestelmään. Katseenseurantakomponentti vastaa järjestelmässä katseenseurantalaitteiden tunnistamisesta ja yhdistämisestä, katsedatan vastaanottamisesta sekä datan valmistelusta lähettämistä varten.

Työn toteutus eteni varsin suoraviivaisesti. Ensiksi katseenseurantakomponentti ohjelmoitiin tunnistamaan katseenseurantalaitteet sekä muodostamaan niihin yhteys. Seuraavaksi laitteilta kerättiin dataa, minkä avulla intressialueiden integrointia sekä datan käsittelyä oli mahdollista kehittää ja testata nopeasti mittausohjelmistossa. Lopuksi mittausjärjestelmän palvelimelle luotiin raporttityökalu, jolla vastaanotetusta katsedatasta voi luoda PDF-muotoisen raportin tarkastelua varten. Laitteiden integrointi sekä mittausjärjestelmän ohjelmointi sujuivat hyvin. Katseenseurantakomponenttia kehitettiin rinnakkain muiden komponenttien sekä mittausohjelmiston kanssa.

Työn loppuvaiheessa katseenseurantalaitteilla suoritettiin testejä, joilla vertailtiin niiden tarkkuutta käytännössä. Itse ohjelmisto sekä katsetalennin toimivat moitteettomasti, mutta ongelmia löytyi katseenseurantalaitteiden toiminnasta. Gazepoint-laitteistolla on hankaluuksia tunnistaa yläviistoon, eli monitorin ylänurkkiin, kohdistettuja silmiä. Pupil-laitteisto taas kärsii kalibroinnin epätarkkuudesta. Tulevaisuudessa näihin epäkohtiin tulee puuttua, jos ohjelmistolla halutaan tehdä tarkkoja mittauksia.

Nykyisessä muodossaan katseenseurantakomponentti tarjoaa hyvän pohjan, jonka päälle silmäliikeanalyysijä sekä uusien katseenseurantalaitteiden integrointeja voidaan tehdä. Intressialueiden avulla ohjelmisto on myös muokattavissa eri kilpapelien käyttöliittymiä varten. On kiinnostavaa nähdä, millaisia tutkimuskohteita elektronisen urheilun mittausjärjestelmä tulee vielä mahdollistamaan.

## Lähteet

- 1 CSE – KAMK Game Development / Previously CSE Center. Saatavilla: <https://cse.fi/>. Viitattu 12.03.2019.
- 2 Seiler S. A Brief History of Endurance Testing in Athletes. Saatavilla: <https://www.sportsci.org/2011/ss.pdf>. Viitattu 26.03.2019
- 3 What does Esports mean? Saatavilla: <https://www.definitions.net/definition/Esports>. Viitattu 12.03.2019.
- 4 eSports Is a Spectator Sport – Esports Marketing Blog. Saatavilla: <http://esports-marketing-blog.com/esports-spectator-sport-42-esports-viewers-dont-play-game-watch/>. Viitattu 13.03.2019.
- 5 Kraneis S, Rantala K. Kaikki e-urheilusta. Helsinki: Urheilumuseo; 2018
- 6 Wagner M. G. On the Scientific Relevance of eSports. Saatavilla: <http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.84.82&rep=rep1&type=pdf>. Viitattu 13.03.2019.
- 7 Newzoo: Global Esports Economy Will Top \$1 Billion for the First Time in 2019. Saatavilla: <https://newzoo.com/insights/articles/newzoo-global-esports-economy-will-top-1-billion-for-the-first-time-in-2019/>. Viitattu 15.03.2019.
- 8 Global eSports audience size by viewer type 2022 | Statistic. Saatavilla: <https://www.statista.com/statistics/490480/global-esports-audience-size-viewer-type/>. Viitattu 15.03.2019.
- 9 Highest Earnings for Finland – Esports Player Rankings :: Esports Earnings. Saatavilla: <https://www.esportsearnings.com/countries/fi>. Viitattu 17.03.2019.
- 10 Coaching in Esports: A Comprehensive Look. Saatavilla: <https://www.liquiddota.com/forum/dota-2-general/462152-coaching-in-esports-a-comprehensive-look>. Viitattu 15.03.2019.
- 11 Call of Duty® 4: Modern Warfare® on Steam. Saatavilla: [https://store.steampowered.com/app/7940/Call\\_of\\_Duty\\_4\\_Modern\\_Warfare/](https://store.steampowered.com/app/7940/Call_of_Duty_4_Modern_Warfare/). Viitattu 23.03.2019.

- 12 Colzato L. S, van Leeuwen P.J.A, van den Wildenberg W.P.M, Hommel B. DOOM'd to switch: superior cognitive flexibility in players of first person shooter games. Saatavilla: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2010.00008>. Viitattu 16.03.2019.
- 13 The State of the RTS – IGN. Saatavilla: <https://www.ign.com/articles/2006/04/08/the-state-of-the-rts>. Viitattu 17.03.2019.
- 14 It Was Once the Biggest eSport in the World, so What's Happened to 'StarCraft'? Saatavilla: [https://www.vice.com/en\\_us/article/nn945x/it-was-once-the-biggest-esport-in-the-world-so-whats-happened-to-starcraft-446](https://www.vice.com/en_us/article/nn945x/it-was-once-the-biggest-esport-in-the-world-so-whats-happened-to-starcraft-446). Viitattu 18.04.2019.
- 15 StarCraft II: Wings of Liberty (2010) screenshots – MobyGames. Saatavilla: <https://www.mobygames.com/game/windows/starcraft-ii-wings-of-liberty/screenshots/>. Viitattu 23.03.2019.
- 16 Avontuur T, Spronck P, van Zaanen M. Player Skill Modeling in *Starcraft II*. Saatavilla: <https://www.aaii.org/ocs/index.php/AIIDE/AIIDE13/paper/view/7378/7581>. Viitattu 17.03.2019.
- 17 Ask GR Anything: What's a MOBA? Saatavilla: <https://www.gamesradar.com/ask-gr-anything-whats-moba/>. Viitattu 17.03.2019.
- 18 Proving Grounds: The Geography of the MOBA Map – The Meta. Saatavilla: <https://killscreen.com/themeta/proving-grounds-geography-moba-map/>. Viitattu 17.03.2019.
- 19 Lux League of Legends screenshot – Gamingcfg.com. Saatavilla: <https://www.gamingcfg.com/screenshot/Lux-League-of-Legends-927>. Viitattu 23.03.2019.
- 20 Gamasutra – Off With Their HUDs!: Rethinking the Heads-Up Display in Console Game Design. Saatavilla: [https://www.gamasutra.com/view/feature/130948/off\\_with\\_their\\_huds\\_rethinking\\_.php](https://www.gamasutra.com/view/feature/130948/off_with_their_huds_rethinking_.php). Viitattu 18.03.2019.
- 21 Use your Eyes! Interaction through Eye Tracking – Making Games. Saatavilla: [http://www.makinggames.biz/feature/use-your-eyes-interaction-through-eye-tracking\\_7117.html](http://www.makinggames.biz/feature/use-your-eyes-interaction-through-eye-tracking_7117.html). Viitattu 23.03.2019.
- 22 Top 8 Eye Tracking Applications in Research – iMotions. Saatavilla: <https://imotions.com/blog/top-8-applications-eye-tracking-research/>. Viitattu 18.03.2019.



- 23 Fovea – Everyday Sight. Saatavilla: <https://www.everydaysight.com/fovea/>. Viitattu 18.04.2019.
- 24 Duchowski A. T. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice. London: Springer; 2017
- 25 Types of Eye Movements and Their Functions – Neuroscience – NCBI Bookshelf. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10991/>. Viitattu 23.03.2019.
- 26 Engbert R. Microsaccades: a microcosm for research on oculomotor control, attention, and visual perception. Saatavilla: <https://pdfs.semanticscholar.org/2d0e/d96a7feb3aacc4cb960a8c7b2a1d3bcd2d51.pdf>. Viitattu 24.03.2019.
- 27 Ko H, Poletti M, Snodderly D. M. Eye movements between saccades: Measuring ocular drift and tremor. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698916300037>. Viitattu 24.03.2019.
- 28 Brown R, Thite L. The history of Eye tracking. Saatavilla: [https://www.academia.edu/10634700/The\\_history\\_of\\_Eye\\_tracking](https://www.academia.edu/10634700/The_history_of_Eye_tracking). Viitattu 10.03.2019.
- 29 Eye Tracker Prices – An Overview of 15+ Eye Trackers. Saatavilla: <https://imotions.com/blog/eye-tracker-prices/>. Viitattu 10.03.2019.
- 30 Harezlak K, Kasproski P. Application of eye tracking in medicine: A survey, research issues and challenges. Saatavilla: [https://www.researchgate.net/publication/317269741\\_Application\\_of\\_eye\\_tracking\\_in\\_medicine\\_A\\_survey\\_research\\_issues\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/317269741_Application_of_eye_tracking_in_medicine_A_survey_research_issues_and_challenges). Viitattu 23.03.2019.
- 31 Tutorials – Jumpstart Your Visual Tracking Experience Today | Gazepoint. Saatavilla: <https://www.gazept.com/tutorials/>. Viitattu 22.03.2019.
- 32 Open Gaze API by Gazepoint. Saatavilla: [https://www.gazept.com/dl/Gazepoint\\_API\\_v2.0.pdf](https://www.gazept.com/dl/Gazepoint_API_v2.0.pdf). Viitattu 22.03.2019.
- 33 Gazepoint Control User Manual. Saatavilla: <http://andrewd.ces.clemson.edu/courses/cpsc412/manuals/Gazepoint%20Control.pdf>. Viitattu 22.03.2019.
- 34 Pupil Labs. Saatavilla: <https://pupil-labs.com/>. Viitattu 22.03.2019.

- 35 Bulling A, Kassner M, Patera W. Pupil: An Open Source Platform for Pervasive Eye Tracking and Mobile Gaze-based Interaction. Saatavilla: <https://arxiv.org/pdf/1405.0006.pdf>. Viitattu 22.03.2019.
- 36 Pupil Docs – Calibration Methods. Saatavilla: <https://docs.pupil-labs.com/#calibration-methods>. Viitattu 22.03.2019.
- 37 Pupil Docs – Getting Started. Saatavilla: <https://docs.pupil-labs.com/#getting-started>. Viitattu 22.03.2019.
- 38 Pupil Labs – Pupil v0.3.6 – Marker Tracking. Saatavilla: <https://pupil-labs.com/blog/2013-12/pupil-v0-3-6-marker-tracking/>. Viitattu 22.03.2019.
- 39 Pupil Docs – Message Format. Saatavilla: <https://docs.pupil-labs.com/#message-format>. Viitattu 13.04.2019.
- 40 Counter-Strike: Global Offensive (for PC) Review & Rating | PCMag.com. Saatavilla: <https://www.pcmag.com/review/361440/counter-strike-global-offensive-for-pc>. Viitattu 24.03.2019.

Liitteet

# gazept



## GP3 Eye Tracker from Gazept

*Affordable, reliable, portable  
Includes software and SDK*

Technical Specifications	Model: GP3
Sampling rate	60 Hz
Accuracy	0.5 – 1 degree
Spatial resolution (RMS)	0.1 degree
Eye tracking mode	binocular
Operating distance	50cm – 80cm
Tracking range (head box)	25cm x 11cm
Depth movement	50cm – 80cm
Calibration	5 or 9 point
Tracking recovery time	< 50ms
System latency	< 50ms (end to end from event to API output)
Data provided	timestamp, gaze (x/y coordinate), 3D eye position, pupil diameter
Data connection	USB 2.0
Dimensions	320mm x 45mm x 40mm
Weight	245g
Eyewear compatibility	Works with most glasses and contact lenses

### System

Microsoft Windows 7 or 8 (32/64-bit)  
Intel Core i5 processor  
4GB RAM  
Up to 24" monitor (4:3 or 16:9)

### Shipping Contents

GP3 eye tracker	(ABS Plastic, USB Camera, PCB)
Tripod	(ABS Plastic)
USB data cable 1M	
USB extension cable 1M	
USB power cable 2M	

Gazept Research Inc. Tel (408) 883-GAZE (4293)  
#202 – 2983 4th Ave West Email info@gazept.com  
Vancouver, B.C. V6K 1R5 Canada Web www.gazept.com

## World Camera

none

high speed

usb-c mount

World camera custom built by Pupil Labs. The fastest, smallest, lightest, and most versatile. We recommend this option for most use cases.

[SHOW DETAILED SPECS](#)

<b>sensor</b>	1920x1080 @30fps, 1280x720 @60fps, 640x480 @120fps
<b>fov</b>	100 degrees diagonal. Lenses are exchangeable: Headset ships with 60deg and 100 deg FOV lenses.
<b>latency</b>	5.7ms
<b>audio</b>	Record audio via host device microphone
<b>sample video(s)</b>	<a href="#">Download sample videos</a>



## Eye Camera

none

200hz

200hz binocular

Eye cameras custom built by Pupil Labs that resolve a wide range of eye movement motifs.

[HIDE DETAILED SPECS](#)

<b>sensor</b>	Global Shutter. 200x200 @200fps, 400x400 @120fps
<b>illumination</b>	IR camera with IR illumination (dark pupil tracking)
<b>latency</b>	4.5ms
<b>sample video(s)</b>	<a href="#">Download sample video</a>

*Intrinsialue**Kuvaus*

<i>1. Location (Sijainti)</i>	Pelaajan sijainti ottelukartalla. Kartat voivat olla monimutkaisia ja eri sijainneilla on usein oma vakiintunut lempinimensä. Esimerkkikuvassa (Kuva 18.) pelaaja on pommipaikalla A. (engl. Bombsite A).
<i>2. Minimap (Kartta)</i>	Kartta on kenties pelaajan tärkein apukeino, kun halutaan tietää joukkueovereiden sijainti tai mahdolliset vihollishavainnot. Oman joukkueen pelaajat näkyvät kartalla sinisenä ja vastustajat punaisena. Kartalla näkyvät myös pommipaikat, sekä asetettu räjähdde, jos se on jonkun pelaajan toimesta havaittu.
<i>3. Money (Rahatilanne)</i>	Pelaajat saavat rahaa mm. onnistuneista eliminoinneista, pommin asettamisesta sekä jokaisen erän päätteeksi. Voitettusta erästä pelaajat saavat enemmän rahaa kuin häviöstä. Erän alussa pelaajilla on aseenaan pelkkä pistooli, ja rahaa tarvitaan parempien aseiden, panssareiden sekä kranaattien ostamiseen.
<i>4. Chat (Keskustelukanava)</i>	Vaikka suurin osa joukkueista käyttää nykyisin pelin ulkopuolisia sovelluksia puheviestintää varten, CS:GO:ssa on myös perinteinen tekstikanava, jonka avulla pelaajat voivat viestiä keskenään tai vihollisjoukkueelle. Tekstikanava näyttää myös esimerkiksi rahatilanteen muutokset sekä ottelun ilmoitukset.
<i>5. Health/Armor (Osumapistheet)</i>	Pelihahmoilla on jokaisen erän alussa 100 osumapistettä. Hahmot ottavat vahinkoa luotien osumista, räjähteistä sekä korkeista pudotuksista. Kun osumapistheet laskevat nollaan, pelaajan hahmo kuolee. Erän alussa pelaajat voivat myös ostaa pelihahmolleen kypärän, joka suojaa pääosumilta, sekä panssarin, joka antaa hahmolle 100 osumapistettä lisää.

*6. Scoreboard (Tulostaulu)*

Tulostaululla näkyvät kuluvan erän aikana yhä hengissä olevien pelaajahahmojen ikonit sekä ottelun tämänhetkinen tulos. Lisäksi tuloksen yläpuolelle ilmestyy vilkkuva pommikuvio, kun räjähdde on onnistuneesti asetettu pommipaikalle.

*7. Killfeed (Tapposyöte)*

Erän aikana tapahtuvat kuolemat näkyvät tapposyötteessä. Syöterivin vasemmassa reunassa on ampujan nimi sekä mahdollinen tapossa avustanut pelaaja. Rivin keskellä oleva ikoni kuvastaa käytettyä asetta tai varustetta ja oikealla puolella on uhrin nimi. Nimien värit kuvastavat joukkueita; oranssit nimet kuuluvat terroristijoukkueeseen ja siniset poliisijoukkueeseen.

*8. Equipment (Varusteet)*

Pelihahmon varusteet näkyvät luettelona peliruudun oikeassa alalaidassa. Käytössä oleva varuste tai ase on korostettu valkoisella ja muut harmaalla värillä.

*9. Ammo (Ammustilanne)*

Ammuspalkissa näkyvät pelihahmon kädessä olevan aseiden lippaassa olevat ammuksat, lippaan maksimikoko sekä vara-ammusten määrä. Ammuslukujen vasemmalla puolella olevat kalloikonit ovat erän aikana suoritettuja tappoja.

*10. Crosshair (Hiusristikko)*

Ruudun keskellä sijaitseva hiusristikko kertoo mihin aseiden luodit osuvat ammuttaessa. CS:GO:n pelimekaniikkaan kuuluu oleellisesti aseiden rekyyli, eikä näkökenttään suhteutettu staattinen hiusristikko liiku aseiden mukana ammuttaessa sarjatulella. Ammattilaispelaajat osaavat ohjata aseiden rekyyliä sarjatulella ammuttaessa niin, että hiusristikko siirretään tulituksen aikana kohteen alapuolelle.