

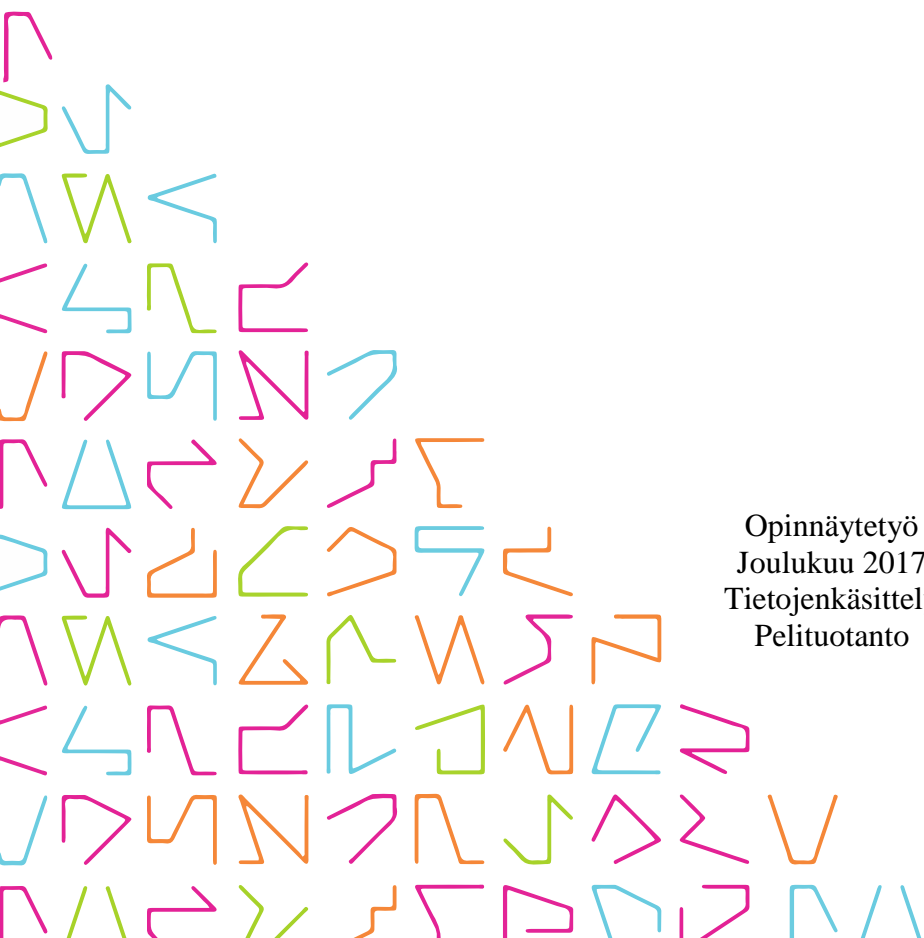


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **KOLMIULOTTEISEN SISÄLLÖN ESITTÄMI- NEN INTERAKTIIVISESTI: KASVOJENSEU- RANNAN KÄYTTÄMINEN KONTROLLI- MEKANISMINA**

Antti Pehkonen

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2017  
Tietojenkäsittely  
Pelituotanto



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittely  
Pelituotanto

PEHKONEN, ANTTI:

Kolmiulotteisen sisällön esittäminen interaktiivisesti:  
Kasvojenseurannan käyttäminen kontrollimekanismina

Opinnäytetyö 31 sivua  
Joulukuu 2017

---

Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus tarjoavat hyödyllisiä ja kiinnostavia tapoja visuaalisoida kolmiulotteisia objekteja niin, että niiden syvyysuhde säilyy ymmärrettävänä. Lisätyn todellisuuden teknologia ei ole vielä valmis kaupalliseen hyödyntämiseen ja virtuaalitodellisuussilmikköjen tilasta poissulkeva ominaisuus voi olla rajoittava tekijä hyödyntämisessä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli yhdistää edeltävien teknologioiden syvyyshahmotusta ja elämyksellisyyttä helposti saatavilla olevalla teknologialla. Tarkoituksena oli kehittää videokuvasta kasvojentunnistukseen ja -seurantaan pohjautuva kontrollimekanismi kolmiulotteisten objektien tarkasteluun Unity 3D -moottorilla ja arvioida sen käyttökokemusta sekä potentiaalisia käyttökohteita. Kahta kehitettyyn teknologiaan pohjautuvaa sovellusta esiteltiin viidelle henkilölle ja heitä haastateltiin vapaamuotoisesti keskustelemalla. Liikkeeseen reagoivan kuvan ärsykevoimaa arvioitiin tarkkailemalla henkilöiden huomion kohdetta haastattelujen aikana.

Opinnäytetyössä kehitettiin yhden käyttäjän kasvojentunnistus ja -seuranta lisäosa Unity 3D -moottoriin, joka lukee syötteen tavallisesta tietokoneeseen liitettävästä webkamerasta. Sovellus tulkitsee liikettä vaaka-, pysty- ja syvyysakseleilla. Syötteellä manipuloitiin pelikameraa ja kolmiulotteisia objekteja 3D-moottorissa vastaamaan käyttäjän liikkeitä. Merkittävimpänä löydöksenä haastatteluissa nousi sovelluksen ärsykevoima. Käyttäjän liikkeisiin reagoivaa kuvaa voidaan hyödyntää kiinnittämään käyttäjän huomio esitettyyn sisältöön. Teknologia tarjoaa myös ylimääräisen ja luonnollisen kontrollivälineen käsien ollessa varattuina, mutta sen käyttö istuvassa asennossa ei mahdollista suuria fyysisiä liikkeitä. Käyttäminen herätti ihastusta sen vaatimien laitteiden yksinkertaisuuden ja nopean käyttöönoton ansiosta.

Kasvojentunnistus ja -seuranta sopii ärsykevoimansa johdosta hyvin mainontaan ja ominaisuutena myös hyötykäyttöön, jossa käyttäjällä on tarve tarkastella objektia tai tilaa usealla akselilla näyttöpäätteeltä. Teknologiaa tulisi kehittää mahdollistamaan usean käyttäjän tunnistamisen sekä ylä- ja kokovartalon tunnistaminen eri sovellusalueille. Sen virheentunnistuskonflikteja tulee parantaa sekä kehittää autonomisuutta. Lisää tutkimusta tarvitaan teknologian käyttökokemuksesta silloin, kun esitettävä aineisto on suurina pintoina ja käyttäjä seisoo. Niin ikään työpäivän pituisen – noin kahdeksan tunnin – käyttökokemuksesta on tarpeen saada lisää tutkimustietoa.

---

Asiasanat: konenäkö, kasvojentunnistus, kasvojenseuranta, käyttökokemus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Business Information Systems  
Game Development

PEHKONEN, ANTTI:  
Presenting Interactive Three-Dimensional Content:  
Face Recognition and Tracking as a Control Mechanism

Bachelor's thesis 31 pages  
December 2017

---

While virtual reality and augmented reality provide useful ways to present three-dimensional data they still have disadvantages prohibiting large scale commercial applications. This thesis suggests a solution that combines advantages in depth perception and immersive experience with easy to use and available technology. Face recognition and tracking was used as control mechanism for the camera in Unity 3D and a sense of depth was preserved. The aim of this thesis was to evaluate the user experience provided by the technology, possible use cases and limitations. Five interviews were conducted and two applications using face control technology were used as a primer for interviews.

A computer vision plugin for Unity 3D was developed for evaluation. The plugin allowed tracking of head movement on all three axes from webcam video feed. The change in position was used to manipulate camera and objects in a scene in Unity 3D. The users' learning curve and focus of attention were observed.

An image that reacts to the users' movement was found to be a strong stimulus. This could be utilized in marketing. Controlling with head provided an easy to adopt mechanism suitable for use cases where (the users') hands are occupied. It provides an intuitive mechanism for manipulating all three axes in three-dimensional space. More research is needed in areas of multiuser tracking, upper or full body tracking, fault recovery and long-term usage.

---

Key words: computer vision, face recognition, face tracking, user experience

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TEKNOLOGIA.....	7
	2.1 Konenäkö.....	7
	2.2 OpenCV.....	8
	2.2.1 Haar Cascade.....	10
	2.2.2 Median Flow.....	11
	2.3 Unity 3D.....	12
	2.4 Kontrollerin toimintaperiaate.....	12
3	HAASTATTELUT.....	14
	3.1 Haastattelujen kulku.....	14
	3.2 Keskeisiä havaintoja.....	16
4	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	18
	4.1 Käyttökokemukset.....	18
	4.2 Käyttökohteet.....	20
	4.2.1 Mainonta ja markkinointi.....	21
	4.2.2 Hyötykäyttö.....	22
	4.2.3 Pelit ja taide.....	23
	4.3 Keskeiset haasteet.....	24
5	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30

## 1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuudelle sekä lisätylle todellisuudelle luvataan suuria markkinoita lähivuosina ja viimeiset kaksi vuotta ovat olleet aktiivisen markkinoinnin aikaa. Tutkimus- ja konsultointiyritys Gartner ennustaa, että vuoteen 2019 mennessä kaksikymmentä prosenttia suuryrityksistä käyttää virtuaalitodellisuuden tai lisätyn todellisuuden ratkaisua (Gartner, 2017). Suurimmat kaksi virtuaalitodellisuussilmikkojen valmistajaa, HTC ja Oculus, toivat ensimmäisen sukupolven laitteensa markkinoille vuoden 2016 ensimmäisellä puoliskolla. Lisätyn todellisuuden laitevalmistajista tunnetuimmat Microsoft, Magic Leap sekä Meta eivät ole vielä julkaisseet kaupallisia versioita laitteistaan. Muun muassa Vuzix, Google ja ODG valmistavat myös äylaseja, jotka kykenevät tuottamaan lisättyä informaatiota käyttäjälle.

Teollisuuden eri alat ovat erityisen kiinnostuneita lisätyn todellisuuden mahdollisuuksista ja tällä hetkellä listätylle todellisuudelle ennustetaan suurempaa osuutta markkinoista tulevaisuudessa. Virtuaalitodellisuus on teknisesti helpompaa toteuttaa ja siksi se on tällä hetkellä valmiimmassa vaiheessa kaupalliseen hyödyntämiseen. Lisätyn todellisuuden tuotteiden tekninen haaste liittyy tällä hetkellä ympäristön hahmottamiseen sekä käytettävän katselukulman laajentamiseen. Matkapuhelinten kameran hyödyntäminen lisätyn todellisuuden sovelluksissa on teknisesti helpompaa kuin puettavien läpinäkyvien lasien, joten kuluttajille lisätty todellisuus tulee ensimmäisenä matkapuhelinten kautta.

Yksi virtuaalitodellisuuden vahvuuksista on kokemuksen elämyksellisyys. Käyttäjä tuntee olevansa läsnä tilassa, joka hänelle laitteiden kautta esitetään. Kolmiulotteisten objektien hahmottaminen ja tarkastelu, on luontevampaa virtuaalitodellisuudessa. Virtuaalitodellisuuslaitteiden haasteena on laitteiden käyttömukavuus esimerkiksi tilanteissa, missä käyttäjiä on useampia, tai käyttöaika on pitkä. Tällä hetkellä parhaimmat laitteet toimivat siten, että silmikko puetaan käyttäjälle laskettelulasien tapaan. Käyttäminen tapahtuu joko seisten tai istuen ja laitteita käytetään erityisillä ohjainlaitteilla. Käyttäjä ei näe tilaa jossa hän operoi, ja esimerkiksi tilassa olevien ohjainlaitteiden käyttäminen on haastavaa.

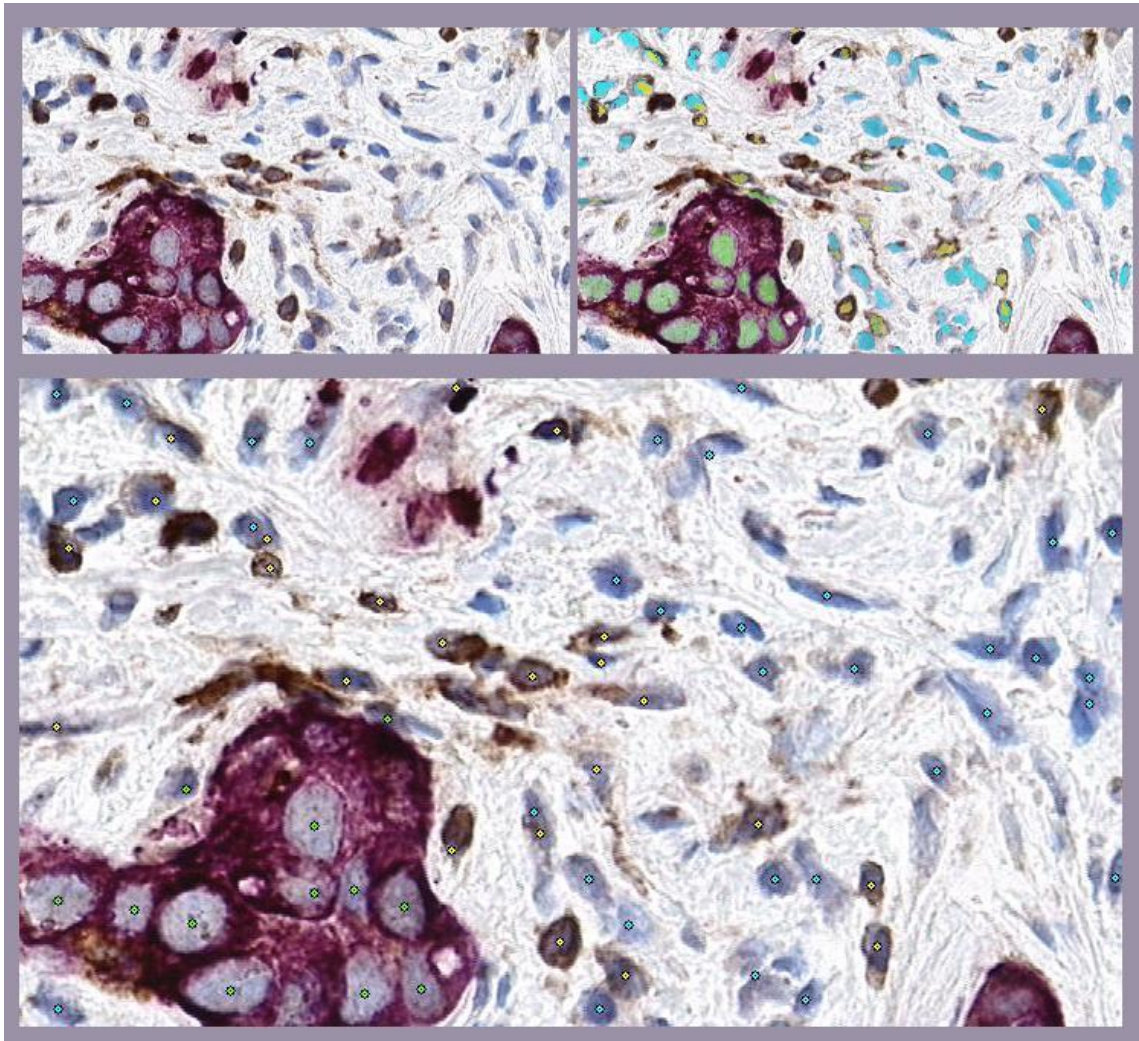
Tässä opinnäytetyössä esitetään ratkaisu, joka yhdistää helpon kolmiulotteisten objektien tarkastelun ilman puettavia lisälaitteita ja on toteutettavissa saatavilla olevilla komponenteilla. Käytännössä tämä tehdään tunnistamalla videokameran kuvasta koneellisesti käyttäjän kasvot ja seuraamalla tunnistettua kuva-aluetta. Näytöllä esitettäviä kolmiulotteisia objekteja sekä kuvakulmaa liikutetaan vastaamaan käyttäjän pään liikkeitä. Visualisointi tehdään Unity 3D -moottorilla. Ratkaisua on mahdollista käyttää mobiililaitteissa, sulautetuissa järjestelmissä ja tavallisissa tietokoneissa. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää teknologian käyttömukavuutta ja käyttökohteita viidellä vapaamuotoisella haastattelulla. Työssä summataan tärkeimmät löydökset käyttökokemuksesta, potentiaalisista käyttökohteista sekä teknologian suurimmista haasteista. Haastatteluissa käytettiin koeversioita sovelluksista, jossa käyttäjä voi pään liikkeillä tutkia objektia eri kuvakulmista, sekä zoomata sisään ja ulos.

## 2 TEKNOLOGIA

### 2.1 Konenäkö

Konenäön määritelmiä on useita, mutta tässä opinnäytetyössä, sillä tarkoitetaan tietokoneen kykyä löytää ja käyttää informaatiota kuvasta. Konenäkösovellukset ovat kehittyneet merkittävästi laskentakapasiteetin vuoksi ja nykyään niitä käytetään esimerkiksi lääketieteessä ja teollisuudessa. Myös matkapuhelimien kuluttajille suunnatuissa kamerasovelluksissa on yleistynyt ominaisuuksia, joissa hyödynnetään konenäköä. Konenäön etuja on tietokoneen väsymätön kyky prosessoida suuria määriä dataa. Dataa voidaan myös tuottaa sensoreilla, jotka ylittävät ihmissilmän kyvyn esimerkiksi valon ultravioletti- tai infrapuna-aallonpituuksilla.

Ihmisen on helppoa erotella dataa näkökentästä ja siksi voi tuntua omituiselta miksi tietokoneelle on haastavaa löytää järkeviä kokonaisuuksia kuvasta. Näkökyky on kuitenkin monimutkainen prosessi ihmisen aivoissa, joten ei ole ihme, että sen mahdollistaminen tietokoneelle vaatii paljon laskentatehoa. Tietokone näkee käytännössä numerotaulukoita, jotka vastaavat väriarvoja tietyissä pikseleissä. Datassa on lähtökohtaisesti usein kohinaa johtuen sensorien suorituskyvyn takia ja koneen on jollain tavalla suodatettava merkityksetön data pois kuvista. Koneen on osattava hahmottaa taulukon soluista ryp-päitä jotka muodostavat suurempia kokonaisuuksia ja ovat sidoksissa toisiinsa. Kun kone alkaa ymmärtämään kokonaisuuksia yksittäisten pikselien sijaan, ja jalostamaan numerotaulukosta informaatiota, jota voidaan käyttää syötedatana prosessin seuraavassa vaiheessa, voidaan puhua konenäöstä. Adrian Kaehler määrittelee konenäön olevan datan muuttamista kuvasta tai videokuvasta päätökseksi tai toiseen esitysmuotoon. Päätös voi olla esimerkiksi se, että kuva sisältää neljätoista syöpäsolua. (Kaehler 2016.)



KUVA 1. Solujen tunnistaminen koneellisesti (Wikipedia 2017)

## 2.2 OpenCV

Open Source Computer Vision Library eli OpenCV on avoimeen lähdekoodiin perustuva konenäkökirjasto, jossa on myös koneoppimiseen soveltuvia osia. OpenCV on kirjoitettu C ja C++ kielillä ja siihen on tehty rajapintoja useille muille kielille. OpenCV.org:n (OpenCV 2017) mukaan se sisältää yli 2500 optimoitua algoritmia ja se tukee Windows-, Linux-, Android- ja Mac-käyttöjärjestelmiä. Sillä on yli 47 000 aktiivista käyttäjää ja referenssiyrityksinä mainitaan muun muassa Google, Yahoo, Microsoft, Intel, Toyota ja muutama muu tunnettu yritys.

Alun perin OpenCV:n kehitys aloitettiin vuonna 1999 Intelillä Gary Bradskin johtamana projektina ja sen oli tarkoitus toimia katalyyttinä konenäön kehitykselle luomalla perus-



tukset kaikille alalla toimiville tutkijoille. OpenCV kehitettiin reaaliaikaisille sovelluksille ja sen tarkoituksena on tarjota helppokäyttöinen alusta kaikille kehittää konenäkösovelluksia. (Kaehler 2016.)

Avoimen lähdekoodin, suuren käyttäjäkunnan sekä suurten yritysten rahallisen tuen ansiosta OpenCV:tä kehitetään jatkuvasti. Se tarjoaa käyttäjälle helppokäyttöisessä muodossa konenäköalgoritmeja, jotka olivat vielä muutamia vuosia sitten urauurtavia tuloksia. Monet sen tarjoamista moduuleista, kuten kasvojen tunnistaminen nojaavat vuosien kehitystyöhön ja tunnettuihin algoritmeihin, joiden päälle kehittäjät voivat soveltaa oman toteutuksensa.

OpenCV on ladattavissa esikäännettynä versiona, mutta tällöin kaikki sen mahdolliset kokeelliset ja patenttisuojatut ominaisuudet eivät ole käytettävissä. Esimerkiksi suosittu Speeded up robust features (SURF) -algoritmi on patentoitu ja sen kaupallinen hyödyntäminen on lisenssinvaraista (Bay 2006). OpenCV:n hyödyntäminen on sallittua myös kaupallisessa tarkoituksessa BSD-lisenssin alla ja tästä syystä se tarjoaa erillisessä koodisäilössä edellä kuvatun kaltaisia ominaisuuksia tieteelliseen ja yksityiseen käyttöön. Saadakseen kaikki ominaisuudet käyttöön käyttäjän on käännettävä OpenCV-kirjasto itse.

TAULUKKO 1. Vaihtoehtoisia konenäkökirjastoja.

<b>Nimi</b>	<b>Kieli</b>
Aforge	C#
BoofCV	Java
VXL	C++
VLFeat	C
PCV	Python
CCV	C
Matlab	Matlab
PCL	C++
Accord	C#
Halcon	HDevelop, C++, C#, VB.NET
Adaptive Vision Library	C++, .NET

### 2.2.1 Haar Cascade

Haar Cascade -luokittelijaa käytetään usein kasvojen tunnistukseen kuvasta. Sitä on mahdollista käyttää myös muuhun objektin tunnistamiseen. Haar-tyyppisiä konenäön kannalta kiinnostavia piirteitä on tehokasta laskea kuvasta neliömäisyytensä johdosta. Ensimmäisenä kasvojen tunnistukseen Cascade-luokittelijaa käyttivät Paul Viola ja Michael Jones ja sitä kutsutaankin yleisesti Viola-Jones-tunnistajaksi (Kahler, 2016). Reaaliaikaisessa sovelluksessa tällä metodilla päästiin jopa viidentoista hertsin suorituskykyyn vuonna 2001 ja sen toimintavarmuus oli verrattavissa aiempiin metodeihin. 700Mhz Pentium 3 prosessorilla tunnistaja kykeni käsittelemään 384 x 288 pikselisen kuvan noin 0.067 sekunnissa. (Viola, 2001.)



KUVA 2. Viola-Jones-algoritmin toimintaperiaatteen visualisointi (Huffington Post, 2017)

### 2.2.2 Median Flow

Median Flow perustuu ajassa eteen- ja taaksepäin laskettuun, hyviksi tarkastelupisteiksi sovittujen pikseleiden tai pikseliryppäiden tarkasteluun. Ajalla tarkoitetaan kahden tai useamman peräkkäisen kuvan vertailua videosta. Niistä lasketaan kuva-alueen seuranta ajallisesti molempiin suuntiin, ja tuloksia voidaan verrata keskenään. Tällä tavoin voidaan saavuttaa luotettavaa virhearviointia sekä seuranta. Usein seuranta-algoritmit löytävät korreloivia seurantapisteitä, jotka ovat virheellisiä havaintoja. Vertaamalla pisteitä kahdella eri tavalla lasketuista liikevektoreista, voidaan seurantapisteet arvottaa. Poikkeavat liikevektorit ovat helpompia suodattaa pois arvioinnista. Saatu data on luotettavampaa seurannan onnistumisesta sekä objektin sijainnista. (Kalal 2010). Nopea liike voi aiheuttaa erittäin suuria poikkeamia liikevektoreissa ja algoritmin toimintavarmuus onkin parhaimmillaan, kun liike on pienehköä ja ennustettavaa. Median Flow sopeutuu seurattavan kohteen koon muutoksiin hyvin ja siitä voi saada hyvää tietoa seurannan onnistumisesta. Virheraportointikyvykyys on tärkeää, jotta kasvojen etsintä voidaan tarvittaessa suorittaa uudelleen hukkaamatta resursseja. Muita algoritmeja vertailtiin ja tähän työhön valittiin Median Flow (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Vertailut algoritmit

Seuraaja-algoritmi	Sopeutuu koon muutokseen ja raportoi epäonnistumisesta hyvin
Boosting	
MIL	
KCF	
TLD	
Median Flow	X
GoTurn	

## 2.3 Unity 3D

Unity 3D on 3D-moottori, joka tarjoaa kehittäjille mahdollisuuden keskittyä korkeamman tason kehitystyöhön huolehtien esimerkiksi grafiikkarajapinnasta ja fysiikkalaskennasta. Unity 3D on saatavilla maksutta myös kaupalliseen käyttöön rajoitetusti. Pelimoottori on kirjoitettu C++-kielellä, mutta kehittäjä voi luoda sovelluksensa C#-kielellä. Tämä mahdollistaa matalan kynnyksen kehitystyön ja tarjoaa automaattisen muistinhallinnan ohjelmoinnissa. Unity-moottoriin on mahdollista tehdä C++-kielellä ohjelmoituja lisäosia ja näiden tuottamaa dataa voidaan käyttää esimerkiksi kameroiden manipulointiin.

Pelimoottori tarjoaa tuen 29 alustalle (Unity, 2017), mikä mahdollistaa julkaisun usealle alustalle minimaalisilla muutoksilla. Sovelluksen toteuttaminen suosituilla pelimoottorilla luo varmuutta, että uusimpia ja suosituimpia laitteita tuetaan myös tulevaisuudessa. Tämä tapahtuu joko sisäänrakennettuna, kuten esimerkiksi Microsoft HoloLensin tukeminen alkaen versiosta 5.5 (Unity, 2017), tai laitevalmistajan tarjoamalla Unity-yhteensopivalla ohjelmistolla.

## 2.4 Kontrollerin toimintaperiaate

Webkameraa, kasvojen tunnistamista sekä kuva-alueen seurantaan koskeva toiminnallisuus on toteutettu OpenCV 3.1-kirjastolla C++-kielellä. Sovellus on toteutettu noudattaen periaatetta, jossa kaikki muuttujat ovat tallennettuna pinomuistialueelle. Koodista on käännetty dynaaminen linkkikirjasto, joka ladataan Unity-sovelluksessa lisäosana. Lisäosaa kutsutaan C#-koodista ajon aikana. Käynnistyessään käännetty sovellus kutsuu dynaamisesta linkkikirjastosta alustusmetodia, joka lataa haarcascade\_frontalface\_alt.xml-tiedoston Cascade-luokittelijaolioon. Tiedosto on yksi OpenCV:n mukana jaettavista isoista Haar Cascade -tietokannoista. Kuva-alueen seurantaolio alustetaan Median Flow-seuraajaksi ja oletusvideokamera avataan. Mikäli toimenpiteet onnistuvat, palautetaan totuusarvo ”tosi”.

Alustuksen onnistuessa sovellus ottaa kuvan, muuttaa sen mustavalkoiseksi ja tasapainottaa histogrammin valaistusolosuhteiden tasaamiseksi. Cascade-luokittelija pyrkii etsi-

mään koosta riippumatta kasvoja kuvasta. Mikäli kuvassa on useita kasvoja, kuva-alaltaan suurimmat kasvot valitaan. Kuva-alueen seuraajalle annetaan koordinaatit ja alueen koko. Seuraajalle ei ole tärkeää mitä alueella on ja se pyrkii löytämään saman näköisen kuva-alueen seuraavasta kuvasta. Unity-sovellus pyytää seuraajaa ottamaan uuden kuvan ja vertaamaan sijaintia mahdollisimman nopeasti pyrkien 60 hertsin taajuuteen. Median Flow -algoritmi sopeutuu koon muutoksiin ja seuraaja palauttaa uuden kuva-alueen koordinaatit sekä leveyden.

Palautetut arvot luetaan Unity-sovelluksessa ja niitä verrataan edellisiin arvoihin. Näistä arvopareista saadaan laskettua muutos, jota käytetään pehmenneysti manipuloimaan pelikameroita ja kohdetta Unity-sovelluksessa. Arvot saattavat vaihdella reilusti väärin positiivisten tuloksien vuoksi ja tämän takia pehmennys on tarpeen. Mikäli arvot vaihtelevat dramaattisesti, pehennysalgoritmi pitää huolen, että virhearvoihin ei reagoida nopeasti. Kun uutta dataa saadaan nopeasti, ei käyttäjälle näy merkittäviä muutoksia visualisoinnissa. Kun kameraa ja objektia manipuloidaan vastaamaan käyttäjän pään liikkeitä, luodaan illuusio, jossa käyttäjä tuntee katsovansa elävää kohdetta ikkunan läpi.

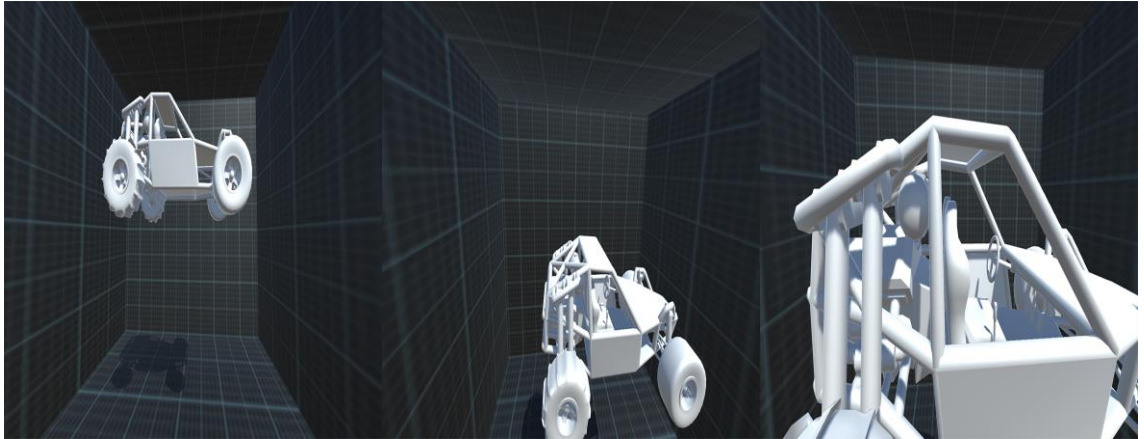
### 3 HAASTATTELUT

#### 3.1 Haastattelujen kulku

Haastattelu suoritettiin kahdenvälisenä keskusteluna. Haastateltaviksi valittiin viisi henkilöä, jotta tulokset pysyvät määrällisesti kohtuullisena ja keskusteluissa voitiin mennä tarpeelliselle syvyydelle. Haastateltavilta pyydettiin suostumus tehdä muistiinpanoja keskusteluista sekä havainnoida haastateltavan käyttäytymistä. Haastattelun aikana henkilölle näytettiin kahta eri demoa 15 tuumaiselta kannettavalta tietokoneelta. Haastattelun kesto oli noin 30 minuuttia. Sekä keskusteluista että havainnoista tehtiin vapaamuotoisia muistiinpanoja, jotka summattiin keskustelujen päätteeksi yhdessä haastateltavan kanssa.

Tilaisuus alkoi tarkkailulla, kuinka nopeasti haastateltava ymmärsi teknologian toiminta-periaatteen. Keskustelut etenivät luonnollisella tavalla eikä tarkkoja rajoitteita kysymyksiin ollut. Tyypillisesti keskusteluihin kuului kysymyksiä käyttökokemuksesta ja tunteuksista, miten käyttäjä odotti kuvan reagoivan erilaisiin liikkeisiin. Jos käyttäjällä oli kokemuksia virtuaalitodellisuuslaitteista tai lisätyn todellisuuden laitteista, keskustelimme eroista ja yhtäläisyyksistä käyttökokemuksessa. Keskusteluissa pohdittiin myös ärsykevoimaa. Mikäli haastattelu keskittyi liiallisesti yksittäisen sovelluksen yksityiskohtiin, haastattelua ohjattiin takaisin yleisemmälle tasolle. Haastateltavia pyydettiin kertomaan yleisesti käyttökokemuksesta ja kiinnittämään huomiota sen hyviin puoliin sekä sen haasteisiin. Mahdollisia käyttökohteita teknologialle haettiin keskustelemalla.

Ensimmäinen demoista on pelkistetympi, jossa kolmiulotteinen objekti on sijoitettu keskelle ruutua. Objektin takana on huonemaisesti sijoiteltu seinät, katto ja lattia, joka on teksturoitu ruudukolla. Ympäröivän objektin tarkoituksena on vahvistaa kolmiulotteista vaikutelmaa ja tuoda syvyyttä näkymään. Parametrit ovat säädetty voimakkaaksi. Tämä mahdollistaa pienellä kumartumisella objektin lähestymisen ja sen tarkemman tutkimisen. Pelkistetty demo jätettiin päälle haastattelun ajaksi pöydän sivulle. Käyttäjän huomion kohdetta havainnoitiin keskustelujen edetessä.



KUVA 3. Pelkistetty demo. Tausta on pelkistetty huone ruudukkotekstuurilla joka voimistaa vaikutusta.

Toinen demo on sovelletumpi ohjelma, joka esittää liikkuvaa autoa, missä käyttäjä istuu kuljettajan paikalla. Sovellus käyttää hyväkseen saatua syötettä kahdella tavalla: pelikameraa liikutellaan, kuin se olisi käyttäjä itse kuljettajan paikalla, mutta sen lisäksi keskikonsolissa olevaa sensorinäkömää käännellään hieman eri parametreilla. Keskikonsolissa ei ole zoomausmahdollisuutta ja siinä on voimakkaammat kääntöparametrit. Keskikonsolinäkymän tarkoitus on havainnollistaa, kuinka käyttäjä voi pienillä pään eleillä tutkia sensorien muodostamaa käsitystä auton ympäristöstä.



KUVA 4. Sovellettu demo. Käyttäjä voi nuolinäppäimillä kääntää konsolinäytössä olevaa autoa yhdeksänkymmenen asteen kulmissa joka suuntaan pääsyötteen lisäksi.

Haastattelujen lopuksi henkilöltä pyydettiin kirjallista kommenttia. Haastateltavien kanssa sovittiin mahdollisuudesta palata asiaan sähköpostitse. Suorat lainaukset sovittiin tarkistettavan haastateltavan kanssa.

### 3.2 Keskeisiä havaintoja

Haastateltavat olivat kiinnostuneita teknologiasta ja sen vetovoima uutuuksena oli suuri. Haastatteluissa nousi esiin kysymyksiä toteutustavasta ja sen yksinkertaisuus viehätti. Mahdollisuus käyttää teknologiaa, joka tuntui hyvin tekniseltä ja edistykselliseltä, mutta toimi tavallisella kannettavalla tietokoneella herätti kiinnostusta.

Käyttäjän liikkeisiin reagoivan kuvan näyttäminen tarjoaa voimakkaan ärsyksen käyttäjälle. Jos haastateltava loi katsekontaktin haastattelijaan, mutta hänen näkökentässään oli myös pelkistetty demo käynnissä, käyttäjän eleisiin reagoiva kuva sai haastateltavan kat-



somaan demoa. Demo tarjosi ärsykettä poikkeuksetta läpi koko haastattelun. Vaikka keskustelut olivat johtaneet ajoittain pitkälle muihin aiheisiin, haastateltavat heiluttelivat ajoittain ylävartaloaan ja olivat vuorovaikutuksessa demon kanssa.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 4.1 Käyttökokemukset

Suurimmalla osalla haastatelluista käyttö oli luontevaa ja sovelluksen käyttölogiikka oli helppo omaksua. Kaksi haastateltua pyrki kokeilemaan ääri rajoja, joilla sovelluksen toiminnan sai epäkuuntoon. Kaksi haastatelluista toivoi pääsevänsä kiertämään koko kolmiulotteisen objektin. Yksi haastateltava kertoi, että käyttäminen vaatii harjoittelua.

Käyttäjät tunsivat positiivista kiinnostusta toteutustapaan. Eleisiin reagoiva kuva oli kiinnostava jo pelkästään uutuusarvon johdosta. Käytön helppous sai kiitosta, vaikka kahdella käyttäjällä oli haasteita saada sovellus tunnistamaan kasvoja huonon valaistuksen takia. Yksi haastatelluista kertoi käytön osallistavan käyttäjän välittömästi muttei tunkeilevasti.

Toisena haastateltuna ollut henkilö toivoi, ettei näin aggressiivisesti huomiota hakevaa sovellusta tule ulkotiloihin, sillä ärsykeitä on jo riittävästi tarjolla. Käyttäjän eleisiin reagoiva kuva on voimakas ärsyke. Liikkuva kuva sai jokaisen haastatellun keskittymään kuvaan koko haastattelun ajan.

Haastatteluissa nousi esille erityisesti pään luonnollinen käyttö kontrollimekanismina. Erityisesti tilanteissa missä kädet ovat varattuna muihin tehtäviin, tarjoaa pää vielä yhden kontrollivälineen, joka on luontevaa käyttää. Yksi koehenkilöistä kertoi pitävänsä päällä kontrollointia tarkempaa metodina kuin tavallista hiirtä.

Pään liikuttelu onnistui koehenkilöillä luontevasti, mutta keskusteluissa nousi esille tavan koomisuus. Haastateltu arveli, että tilanteissa missä käyttäjä on seisovassa asennossa luonnollisesti, ei pään liikuttelu tunnu erityisen koomiselta. Pelkistetyssä demossa yksi käyttäjä huomautti, ettei hänen selkensä ole riittävän pitkä katsomaan kohdetta sekä ylhäältä että alhaalta. Silmien asennon lukeminen kuvasyötteestä kontrollivälineeksi kiinnosti erästä haastateltua.

Yksi haastatelluista toivoi käsieleiden mahdollisuutta lisäkontrolleiksi, jolloin teknologia olisi helpommin omaksuttavissa ainoaksi kontrollivälineeksi sovelluksessa. Yksi haastatelluista ei ollut varma pitääkö hänen liikkua, hänen liikuttaa tietokonetta vai käyttää sitä nuolinäppäimillä. Keskusteluissa kävi ilmi, että kannettavan tietokoneen nettikameran kääntämisellä saatiin aikaan voimakas liike, joka muutoin olisi vaatinut suurta pään sijainnin muutosta. Erityisesti pelkistetyssä demossa kontrollin tarve nousi esiin.

Keskusteluissa nousi esille toive laittaa eleisiin reagointi tarvittaessa pois päältä. Ajatus kahdeksan tunnin työpäivästä, jolloin kuvaruutu seuraa käyttäjää herkeämättä, tuntui raskavalta ajatuksena. Yksi haastatelluista pohti, että muutosvastarinta työpaikalla on suurta ja toivoi, että käyttäjillä olisi ensin mahdollisuus kokeilla teknologiaa muissa yhteyksissä.

## 4.2 Käyttökohteet

Haastatteluissa keskusteltiin mahdollisista käyttökohteista ja ne kerättiin yhteen (taulukko 3). Yksittäisiä kohteita on useita ja tässä on pyritty esimerkkinä avaamaan muutamia. Mainonta ja markkinointi olivat esillä usein. Tekniikan uutuusarvo, ärsykevoima ja helppous johtivat oletettavasti tähän.

TAULUKKO 3. Mahdollisia käyttökohteita

Käyttökohde	Huomioita
Kadunvarsimainokset	Tilat missä ihminen on seisaaltaan ja pysähtynyt kuten bussipysäkillä.
Nettisivut	Tuotteen tarkastelu useasta näkökulmasta.
Messukäyttö	Helppo ja matala kynnyksellä käyttää. Tarjoaa elämyksen.
Suuret pinnat, näyteikkunat	Usean käyttäjän mahdollisuus. Tavoittaa suuremman joukon kerralla.
Etäoperointi	Syvyyshahmotuskyky esittäessä tavalliselta näytöltä. Luonnollinen kontrolliväline käsien lisäksi.
3D-mallien esitys	Nopea tarkastelu ilman lisälaitteita.
Tuotesuunnittelu	Tuotteen visualisointi ja tarkastelu läpi suunnittelun elinkaaren. Luonnollinen tapa manipuloida kaikkia akseleita tarkasteltaessa.
Virtuaaliassistentti	Katsekontakti käyttäjään.
Pelit	Yksi kontrollointi tapa lisää. Voi lisätä elämystä esimerkiksi moottoripyöräpelissä.
Kuntoutus	Lihaskäyttöä käyttämällä kehoa kontrollointiin.
Museot ja julkiset tilat	Osallistavia teoksia, jotka piristävät tilaa. Mahdollisuus usealle käyttäjälle.

### 4.2.1 Mainonta ja markkinointi

Kaikissa haastatteluissa keskusteltiin teknologian kyvystä kaapata huomiota. Tämä nähtiin etuna erityisesti mainonnassa. Teknologian uutuusarvo on hyvä tapa herättää huomiota ja saada käyttäjä interaktioon. Koska sitä on kiinnostavaa kokeilla, käyttäjä voi viettää aikaa tuotteen parissa ja kokea elämyksiä. Tuomalla osallistava tekeminen mukaan mainontaan, se ei tunnu tuputtamiselta. Ensimmäinen haastateltu huomautti, että ihmisen tarkkaavaisuuskyky on rajattu vara, josta kilpaillaan jo nyt. Hänen mukaansa on selvää, että tulevaisuudessa yhä useammat tahot yrittävät kilpailla huomiostamme. Hän ei näe syytä mikseivät videokuvasta konenäköä hyväksikäyttävät interaktiiviset mainokset ole vielä olemassa olevia tuotteita.

Kadunvarsimainonta nousi haastatteluissa esille usein. Paikoissa missä ihminen on liikkeessä se ei välttämättä ole vahvoilla. Sen sijaan esimerkiksi bussipysäkeillä, missä ihminen on luonnollisesti seisaaltaan ja hänellä on aikaa katsella ja olla vuorovaikutuksessa lyhyen mainoksen kanssa, olisi sopiva paikka. Mikäli laitteen toiselle puolelle olisi sijoitettu lisäkamera, voitaisiin luoda illuusio läpinäkyvästä mainoksesta, jossa voitaisiin esittää lisättyä todellisuutta ilman puettavia laitteita. Koska kadunvarsikyltin paikka on vakio, voidaan tehdä huolellinen kolmiulotteinen malli ympäristöstä esimerkiksi stereokameralla. Lisäämällä erilaisia tekstuureita ja manipuloimalla valaistusta näytettävässä kuvassa, on mahdollista luoda suotuisa ympäristö mainostettavalle tuotteelle.

Koska pelikamera on objekti samassa tilassa kuin tarkasteltava objekti, se mahdollistaa lisäinteraktion. Esille nousi jonkinlainen tanssiesitys, jota käyttäjä voisi tarkastella hiekan eri kulmista ja tällä tavoin ohjata oman esityksensä. Viemällä kamera riittävän lähelle jotain hahmoista, se voisi kääntyä ympäri ja reagoida käyttäjään esimerkiksi kertomalla jonkin hauskan viestin katsoessaan käyttäjää. Jos mainoksessa olisi mahdollista soittaa musiikkia, käyttäjän pään nyökkäyksellä olisi mahdollista liikuttaa vaikkapa pöytää, jolla tuote pomppii houkuttelevasti.

Kiinnostusta herätti myös mahdollisuus tarkastella nettisivulla selattavia tuotteita yksityiskohtaisemmin. Mikäli nettikaupoilla olisi tarjota kolmiulotteinen malli tuotteesta,

käyttäjä voisi luonnollisesti tutkia sitä eri kulmista. Haastatteluissa mainittiin kiinteistövälitys missä käyttäjä voisi tutkia mallinnettua kohdetta ulkopuolelta, kiertää kohdetta kenties näppäimistöllä ja sen jälkeen helposti katseella siirtää perspektiiviä piha-alueen laiduille ja katsella ikkunoista sisään. Vaikka samankaltaisen tarkastelun voisi toteuttaa myös näppäimistöllä ja hiirellä, on kasvoihin perustuva kontrolleri nopeampi ja luonnollisempi käyttää kaikilla akseleilla.

Messuilla tai muissa tiloissa, missä mainostaja haluaa tarjota elämyksen kävijälle kohdullisen matalalla osallistumiskynnyksellä, kasvojen käyttäminen kontrollivälineenä sopii hyvin. Teknologialla on uutuusarvoa ja se kiinnostaa käyttäjiä. Se on helppo omaksua eikä vaadi käyttäjältä vaivannäköä puettavien laitteiden muodossa. Mahdollisuus vaikuttaa kuvaan ja tarkastella tuotetta helposti eri kuvakulmista, mahdollisesti jopa simulaationa on etu.

Suurilla näytöillä kuten kokonaisilla näyteikkunoilla, käytävänmittaisilla ruuduilla ja muilla alustoilla, joilla olisi useita samanaikaisia käyttäjiä, voidaan tuottaa myös interaktiivista sisältöä. Tällöin kasvojen sijasta olisi järkevää seurata ylävartaloa tai koko ihmistä. Pelikameran paikka olisi vakio, mutta kohteen seuraamisesta saatuja arvoja voitaisiin hyödyntää muilla tavoin. Keskusteluissa tuli esille esimerkki jouluteemasta ja lumisateesta, jonka ohi kulkiessa ilmavirta pyörittäisi lumihutaleita luonnollisesti. Jokin kasvusto tai viljapelto voisi reagoida myös ohikulkijoihin houkuttelevassa ympäristössä. Jos suurta käyttäjämäärää voisi kuvata ylhäältäpäin, esimerkiksi ruuhka-aikaan kaupungilla tai festivaaleilla, voisi jokainen käyttäjä olla uniikki objekti ja vaikuttaa mainoksen sisältöön.

#### **4.2.2 Hyötykäyttö**

Hyötykäytössä yksi suurimpia löydettyjä etuja oli pään käyttäminen kontrollointivälineenä käsien ollessa varattuna. Myös kyky muuttaa perspektiiviä hieman toi helpotusta syvyyskäsitukseen ennakoidusti. Käytännönsovellus voisi olla etäoperointi, missä kohteen ympäristö on muokattu kolmiulotteiseksi malliksi. Tämä voidaan saavuttaa nykyteknologian sensoritekniikalla. Esimerkiksi ajoneuvoa, trukkia tai kaivoskonetta voitaisiin operoida kolmannesta persoonasta etänä. Hallinta voisi tapahtua pääasiassa fyysisillä

kontrollereilla ja kuvakulman siirtely päällä. Haastatteluissa käytiin keskustelua virtuaalitetodellisuudesta samassa käyttötarkoituksessa. Kasvojenseurantateknologia ei tuota samankaltaista läsnäoloa kuin virtuaalitetodellisuus, mutta sen merkittävä etu on läsnäolon säilyttäminen käyttäjän tilassa, tarjoten samalla mahdollisuuden kolmiulotteisuuden hyödyntämiseen.

Kolmiulotteisten mallien nopeassa tarkastelussa olisi kasvojenseurannasta hyötyä. Teknologiaa ehdotettiin avuksi lääketieteeseen. Kolmiulotteisten hammasmallien tai muiden kolmiulotteisten mallien tarkastelussa tästä olisi apua. Teknologiaa ehdotettiin myös esimerkiksi autokorjaamolla kompleksisen mallin tutkimiseen. Jos auton vikakoodi voitaisiin välittömästi visualisoida ja korostaa interaktiiviseen automalliin, se voisi nopeuttaa korjaussuunnitelman tekemistä. Malliin voitaisiin yhdistää kolmiulotteisia toimenpideohjeita, joita käyttäjä voi tarkastella haluamastaan kuvakulmasta.

Tuotteiden suunnittelussa on hyvä nähdä tuote realistisena mallina läpi suunnittelutyön. Tämä helpottaa suunnittelijan työtä ja auttaa iteratiivisessa lähestymistavassa. Arkkitehti voisi sijoittaa kameran rakennukseensa ja tutkia miltä jokin ominaisuus näyttää eri perspektiiveistä. Auto- tai kodinkonesuunnittelussa tuotteen muotokieli olisi vaivatonta arvioida, jos tuotetta voisi helposti käännellä ja tutkia eri kuvakulmista. Nopea ja luonnollinen kuvakulman vaihto kaikilla akseleilla on oleellista hyötykäytössä.

Virtuaalisten kotiassistenttien on ennustettu lisääntyvän merkittävästi vuoteen 2020 mennessä (Gartner 2017). Haastatteluissa sivuttiin aihetta tavasta käyttää puheohjauksella toimivia assistentteja. Haastateltava toivoi lisätyn todellisuuden ratkaisua assistentin käyttöön, mutta nykyteknologialla toimiva ratkaisu voisi jo olla ruudulta esitettävä hahmo. Asunnossa voisi olla useita näyttöjä, joissa voitaisiin esittää käyttäjään katsekontaktin luova hahmo.

### **4.2.3 Pelit ja taide**

Peleissä pyritään usein elämysten tuottamiseen ja läsnäolon tunteen saavuttamiseen. Tuomalla keho mukaan interaktioon voidaan tuottaa aidomman tuntuinen pelitilanne. Kes-

kusteluissa puhuttiin muun muassa moottoripyöräpelistä, jossa voisi nojata sivulle kääntääkseen suuntaa kuten aidostikin. Tällä voisi olla myös lihaksiston terveyttä edistäviä ominaisuuksia itsehoidossa ja kuntoutuksessa. Potilas voidaan aktivoida pelillistämällä lihasharjoittelu ja käyttämällä kehoa kontrollilaitteena.

Museoissa, taidenäyttelyissä ja julkisissa tiloissa voisi olla taideteoksia, jotka reagoivat käyttäjään. Tämä voisi piristää julkista tilaa ja haastaa käyttäjää olemaan aktiivinen. Haastatteluissa tuli ilmi toive leikinomaiseen hyödyntämiseen sen osallistavan vaikutuksen vuoksi. Se voisi olla uusi tapa saada lapset osallistumaan teoksiin tai liikkumaan tilassa.

### **4.3 Keskeiset haasteet**

Toteutus on vasta kokeiluversiossa ja siinä on haasteita (taulukko 4). Kehittämällä teknologiaa pidemmälle tuloksia voidaan parantaa. Nykyiseen toteutukseen liittyy keskeisiä haasteita kuvantunnistusteknologian rajoitteista. Koska tietokone ei ymmärrä kokonaisuutta ja näkee ainoastaan pikseleitä tai pikseliryppäitä, on varjoilla suuri vaikutus tunnistuksen onnistumiseen. Mikäli käyttäjän pään yläpuolella on voimakas valonlähde ja kasvoille muodostuu voimakkaita varjoja, ei kone välttämättä tunnista kohdetta kasvoiksi. Tästä johtuen koehenkilöt sijoitettiin niin, että kasvot olivat valaistuna mahdollisimman pehmeällä valolla ja selkeästi.



TAULUKKO 4. Teknologian haasteita

Haaste	Huomioita
Valaistus	Ei voida vaikuttaa kaikissa tilanteissa. Merkitys on suuri.
Virheellinen uudelleentunnistus	Virheelliset positiiviset tulokset saavat sovelluksen käyttäytymään poikkeavasti.
Vertikaalinen pään liike	Istuma-asennossa haastavaa. Seisaaltaan helpompaa. Sisällöllinen suunnitteluhaaste.
Yhden käyttäjän tuki	Tällaisenaan teknologia on suunniteltu yhdelle käyttäjälle. Voidaan kehittää usealle soveltuvaksi.
Ärsykevoima	Liikkeeseen reagoiva kuva on voimakas ärsyke. Pitkäaikainen käyttö voi väsyttää käyttäjää. Vaatii pidempiaikaista käyttäjätestausta.
Poikkeava tapa kontrolloida	Pään käyttäminen kontrollivälineenä voi vaatia totuttelua joillain käyttäjillä.
Vähäinen arvo uutuuden jälkeen	Tarjoaa voimakkaan elämyksen aluksi. Jääkö mitään arvoa sen jälkeen? Vaatii pidempiaikaista käyttäjätestausta.

Kuva-alueen seurannan menetys ja mahdollinen virheellinen uudelleentunnistus saa sovelluksen käyttäytymään poikkeavasti. Tätä on mahdollista kehittää tunnistamalla kuvasta kasvot uudelleen ja sen jälkeen vertaamalla tuloksia kuva-alueenseuraajan tuloksiin. Erilaiset seurantamekanismit palautuvat kohteen peittymisen jälkeen eri tavoin. Osa algoritmeista ei toisaalta osaa käsitellä skaalautuvaa kohdetta. Käytännön tilanteissa ongelmia saattaisi aiheuttaa limittäin kulkevat ihmiset vilkkaalla alueella. Mainoskäytössä voisi olla hyvä pitäytyä lyhyissä käyttökokemuksissa, jotta sovellus voi aloittaa perusasetuksilla riittävän usein.

Vertikaalisen pään liikkeen käyttäminen istuma-asennossa koettiin hankalaksi. Pään suurikokoinen liikerata pystyakselilla vaatisi selän koukistamista. Yksi haastatelluista käytti vertikaalista akselia hyväkseen kääntämällä kannettavan tietokoneen kantta, jossa kamera oli sisäänrakennettuna. Seisoma-asennossa suuri liike on hieman helpompaa, mutta yleisesti sovelluksissa, missä tarvitaan laajaa vertikaalista muutosta, tämä on haaste. Muuttujien arvoja on mahdollista muuttaa voimakkaammaksi pystyakselilla. Käytännössä kuitenkin sovelletussa demossa pystyakselin arvoja oli muutettu pienemmiksi, jotta vaikutelma olisi vakuuttavampi. Haastatteluissa tuli myös esille liikkumisen koomisuus. Henkilölle joka katselee käyttöä etäältä, voi näyttää huvittavalta, kun käyttäjä heiluu ruudun edessä.

Tällaisenaan sovellus tukee ainoastaan yhtä henkilöä kerrallaan. On mahdollista, että algoritmi valitsee jonkun muun henkilön kuvasta kuin käyttäjän. Käytännössä algoritmi valitsee kuvapinta-alaltaan suurimmat kasvot, mutta teoriassa virheellinen valinta on mahdollinen. Virheellisellä tunnistamisella on suuri vaikutus käyttöön.

Ärsykkeen voima tulkittiin myös haitalliseksi tekijäksi. Ulkotiloissa on paljon ärsykeitä jo nykyään, jolloin aggressiivisempi mainonta ei kuulostanut mieluisalta yhdelle haastatelluista. Myös pitkäaikainen altistuminen työpäivän aikana voi väsyttää käyttäjää. Teknologian soveltuvuutta pitkille käyttöajoille ei ole testattu. Jatkuvasti käyttäjään reagoiva näyttö voi tuntua ahdistavalta. Hyötykäytössä ominaisuuden voisi tarvittaessa kytkeä päälle ja pois. Pienellä ruudulla interaktiivinen mainos ei ole yhtä vaikuttava kuin suurella näytöllä. Eräs haastatelluista oli sitä mieltä, että teknologia on parhaimmillaan, kun ruutu peittää käyttäjän näkökentästä huomattavan osan.

Yksi haastatelluista kertoi päällä liikuttelun vaativan harjoittelua. Tämä on haaste, sillä teknologian on tarkoitus tuntua välittömästi luonnolliselta. Huoneessa oli haastava valaistus ja sovelluksen virheellistä käyttäytymistä esiintyi kohtuullisen paljon. Koska käyttäjä suhtautui kokemukseen positiivisesti, hän jatkoi käyttämistä ja näytti siltä, että jatkokäyttö sujui ilman suuria ongelmia.

Haastatteluissa pohdittiin kuinka paljon teknologian hyödyllisyydestä jää jäljelle sen uutuusarvon kadottua. Olisiko haasteita kokenut käyttäjä jäänyt kokeilemaan lisää, mikäli teknologia olisi jo tuttu. On mahdollista, että interaktiiviset mainokset ovat pelkästään ärsykesaastetta hetken käytön jälkeen.

## 5 POHDINTA

Teknologia ei voi korvata virtuaalista todellisuutta sellaisenaan. Toisaalta kehitetyn ratkaisun ei ole tarkoitus korvata koko teknologiaa, vaan yhdistää sen parhaita puolia syvyshahmotuksessa käytettävyyteen. Tässä tarkoituksessa teknologia onnistuu hyvin, mutta toteutus ei ole ongelmaton. Käytön helppous ja toimintavalmius olemassa olevalla tekniikalla on selkeä etu. Mahdollisuus hyödyntää teknologiaa ilman puettavia tai tilanteesta eristäviä laitteita koettiin suurena etuna.

Teknologia ei korvaa lisättyä todellisuutta, vaan voi pikemminkin hyödyntää sitä periaatteessa samoin tavoin kuin matkapuhelinteknologia tällä hetkellä. Se ei tule luomaan tyhjästä hologrammeja tilaan, mutta parhaimmillaan se voi tarjota hyvän illuusion rajatussa tilassa. Data, jota tuotetaan teolliseen internettiin kytketyillä laitteilla, on dataa kolmiulotteisesta todellisuudesta. Kehitetyllä tekniikalla voimme siirtymävaiheessa kohti lisättyä todellisuutta jo nykytekniikalla visualisoida ja hyödyntää kolmiulotteisia tuloksia myös syvyyssunnassa. Tällä on merkittävä voima yrityksen kyvylle hyödyntää informaatiovirtaa lukuisilta älykkäiltä yhdistetyiltä laitteilta (Porter 2017).

Teknologian ärsykevoima oli yllätyksellisesti haastattelujen keskiössä. Tätä toteutuksen ominaisuutta oli sivuttu kehityksen aikana, mutta sen voima oli aliarvioitu. Ärsykevoiman hyödyntäminen markkinoinnissa on hyvin kiinnostava mahdollisuus. Yhdistettynä muihin uusiin tapoihin löytää käyttökelpoista informaatiota kuvasta, tekniikan potentiaali on suuri.

Sovellusta pitää kehittää luotettavampaan suuntaan ja mahdollistaa useamman käyttäjän käyttö yhtäaikaaisesti. Virheelliset tunnistukset on löydettävä automaattisesti ja esitettävä käyttäjälle luonnollinen ja nopea palautuminen visuaalisesti. Kuvantunnistusta pitää muokata mahdollistamaan pelkkien ylävartaloiden tunnistaminen tai tarvittaessa kokovartalotunnistaminen. Näillä tekniikoilla useampien ohikulkevien ihmisten seuraaminen näyteikkunasta tai kadunvarsimainoksesta on varmempaa ja saatu syöte tasalaatuisempaa.

Haastatteluissa olisi ollut hyvä verrata käyttökokemuksia suuren ja pienen näytön välillä. Vaikka mainonnasta puhuttiin paljon haastatteluissa ei siitä jalostettua tuotemainosta

viety pidemmälle testeissä. Yhtenä kehityssuuntana nähdään tunnistetun henkilön iän ja sukupuolen perusteella kohdennetun mainoksen näyttäminen käyttäjälle.

Kehitetty ratkaisu tuskin tulee syrjäyttämään mitään vallitsevista datan visualisointimenetelmistä, mutta tuo helppokäyttöisen ja vaihtoehtoisen tavan kuluttaa dataa. Tämä vaatisi mainonnassa uusia laiteinvestointeja, joskaan kustannukset eivät olisi kovin suuria itse laitteille. Kaikissa sääolosuhteissa toimivan teknologian kehittäminen saattaa olla pitkä prosessi ja näin ollen kallis. Nettisivustot eivät yleensä ole kovin innostuneita kehittämään päätelaitteilla ajettavia sovelluksia niiden hitaan latautumisen takia. Paikallisesti ajettava sovellus oli tehokkain, mutta kuluttajat ovat perinteisesti olleet hitaita omaksumaan ylimääräisiä sovelluksia. Kaikissa laitteissa kamera ei ole käytettävissä joko laitteen puuttumisen tai käyttäjän valinnan johdosta. Teollisuuskäytössä lähes oletusarvoisesti käytetään räätälöityjä sovelluksia, jolloin kohdetta tai tilannetta varten räätälöity sovellus on täysin mahdollinen.

## LÄHTEET

Baggio, D. L., Emami, S., Escrivá, D.M., Ievgen, K., Saragih, J., Shilkrot R. 2017, Mastering OpenCV 3 - Second Edition, Packt Publishing.

Bay H., 2006, SURF GitHub, License, Luettu: 16.10.2017, <https://github.com/herbert-bay/SURF/blob/master/LICENSE>

Gartner, 2017, Control the Connected Home with Virtual Personal Assistants, Luettu: 6.11.2017, <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/control-the-connected-home-with-virtual-personal-assistants/>

Gartner, 2017, Transform Business Outcomes With Immersive Technology, Luettu: 9.11.2017, <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/transform-business-outcomes-with-immersive-technology/>

Huffington Post, 16.3.2017, How Does Snapchat's Face-Swap Work?, Luettu: 16.10.2017, [https://www.huffingtonpost.com/entry/how-does-snapchats-face-swap-work\\_us\\_58c89f9ce4b0009b23bd943d](https://www.huffingtonpost.com/entry/how-does-snapchats-face-swap-work_us_58c89f9ce4b0009b23bd943d)

Kaehler A; Bradski G, 2016, Learning OpenCV 3, O'Reilly Media, Inc.

Kalal Z, Mikolajczyk K, Matas J, 2010, Forward-Backward Error: Automatic Detection of Tracking Failures, International Conference on Pattern Recognition 2010

Open Source Computer Vision, 2017, About, Luettu: 16.10.2017, <https://opencv.org/about.html>

Open Source Computer Vision, 2017, OpenCV 3.3.0-dev Documentation, Luettu: 14.10.2017. <https://docs.opencv.org/master/>

Porter M, Heppelmann J, 2017, Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy, Harvard Business Review 95, nro. 6 (Marraskuu–Joulukuu 2017): 46–57.

Unity, 2017, Hololens, Luettu: 30.10.2017. <https://unity3d.com/partners/microsoft/hololens>

Unity, 2017, Multiplatform, Luettu: 30.10.2017. <https://unity3d.com/unity/features/multiplatform>

Viola P, Jones M, 2001, Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, Conference On Computer Vision and Pattern Recognition 2001

Wikipedia, 2017, GemIdent, Luettu: 16.10.2017. <https://en.wikipedia.org/wiki/GemIdent>