

**Esa Siniluoto**

**HEIJASTUSNÄYTTÖ KULJETTAJAN TILANNETIETOI-  
SUUDEN LISÄÄJÄNÄ**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Mediatekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2015**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Toukokuu 2015	<b>Tekijä/tekijät</b> Esa Siniluoto
<b>Koulutusohjelma</b> Mediatekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> Heijastusnäyttö kuljettajan tilannetietoisuuden lisääjänä		
<b>Työn ohjaaja</b> FM Joni Jämsä	<b>Sivumäärä</b> 32	
<b>Työelämäohjaaja</b>		
<p>Opinnäytetyöni aiheena oli heijastusnäyttö ja menetelmät, joilla sen avulla jaetaan ajonai- kaista tietoa kuljettajalle. Päämääränä oli tehdä yleiskatsaus heijastusnäytön suunnittelusta ja sen toteutuksesta. Työ toteutettiin tutkimalla heijastusnäyttöä käsitteleviä tutkimuksia. Tutkimus tehtiin Joni Jämsän ehdotuksesta Centria Tutkimus &amp; Kehitys -yksikön hankkei- ta varten.</p> <p>Työn tulos oli yleisluontoinen katsaus heijastusnäytön suunnittelusta ja toteutuksesta. Ylei- sesti tutkimusten tavoitteita olivat liikenneturvallisuuden edistäminen ja liikenteen suju- vuuden parantaminen. Ajonaikaiset tiedot heijastettiin visuaalisesti auton tuulilasiin kuljet- tajan näkökentän alueelle. Kuljettajan tuli kyetä keskittymään ajosuoritukseen ilman häi- riötekijöitä, joten heijastusnäytöllä jaettiin ajosuorituksen kannalta vain kaikkein tärkein tieto. Tärkeitä tietoja ennakoivan ajon kannalta olivat varoitukset vaaroista, ilmoitukset nopeusrajoituksista sekä navigointi- ja paikkatiedot. Kuljettajalle näytettävien varoitus- merkkien ja ilmoitusten tuli olla yksinkertaisia ja selkeitä.</p> <p>Heijastusnäytön kehitystyössä oli huomioitava erilaiset kuljettajaryhmät. Samoja viestejä ei välttämättä ymmärretty samalla tavalla. Heijastusnäytön suunnittelutyössä käytettiin koko tuulilasin aluetta. Kuljettajan katseen suuntaa seuraamalla tieto kohdistettiin oikeaan kohtaan tuulilasia. Olemassa olevaa teknologiaa käytettiin hyödyksi. Kämmentietokoneissa ja älypuhelimissa olevat sovellukset yhdistettiin heijastusnäytön käyttöön. Heijastusnäytön kehitystyössä selvitettiin ja huomioitiin ihmisten asenteet ja mieltymykset.</p>		
<b>Asiasanat</b> Ajoneuvo, heijastusnäyttö, kuljettaja, lisätty todellisuus, tilannetietoisuus, älyliikenne		

**ABSTRACT**

<b>Unit</b> Ylivieska	<b>Date</b> May 2015	<b>Author</b> Esa Siniluoto
<b>Degree programme</b> Media technology		
<b>Name of thesis</b> Increasing the driver's situational awareness with a head-up display		
<b>Instructor</b> M. Sc. Joni Jämsä		<b>Pages</b> 32
<b>Supervisor</b>		
<p>The subject of this thesis was the head-up display and the methods with which it provides information for the driver while driving. The objective of the thesis was to make an overview of the head-up display design and implementation. The work was carried out by examining previous studies on the head-up display. The topic of the study was suggested by Joni Jämsä and it was made for the projects of Centria Research &amp; Development Unit.</p> <p>The result of this work was an overview of the head-up display design, implementation and means to share information for the driver. In general, the aim of the study was to promote road safety and the improve traffic flow. Driving information was projected on the windshield of the car visually in the visual range of the driver. The driver must be able to concentrate on driving performance without distraction, so only the most important information for driving was given. Important information for proactive driving included the warnings about dangers, announcements of speed limits, as well as navigation and location information. The warning signs and notices shown to the driver had to be simple and clear.</p> <p>In developing the head-up display different driver categories had to be taken into account. The same messages were not necessarily understood in the same way. In the head-up display design the full windscreen area was utilized. By following the driver's line of sight the information could be shown at the correct position on the windshield. Technology that already exists was utilized. Applications of the KAM portable players and smart phones were combined with the use of the head-up display. In developing the head-up display people's attitudes and preferences were taken into account.</p>		

<p><b>Key words</b> Augmented reality, driver, head-up display, intelligent transportation systems, situational awareness, vehicle</p>
--

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ADAS	Advanced Driver Assistance Systems. Kuljettajaa ajon aikana avustava järjestelmä.
AR	Augmented Reality. Lisätty todellisuus.
Bluetooth	Standardi lyhyen kantaman radioyhteyteen.
DIS	Driver Information Systems. Kuljettajan tietojärjestelmä.
FCWS	Forward Collision Warning System. Törmäysvaarasta varoittava järjestelmä.
GPS	Global Positioning System. Satelliittipaikannusjärjestelmä.
HMD	Head-Mounted Display. Päässä pidettävä näyttö.
HUD	Head -Up Display. Heijastusnäyttö.
IVIS	In-Vehicle Infotainment Systems. Ajoneuvon tieto- ja viihdejärjestelmä.
ITS	Intelligent Transport Systems. Älyliikenne.
LBS	Location Based Search. Paikkatietohaku.
NUI	Natural User Interface. Luonnollinen käyttöliittymä.
TAM	Technology Acceptance Model. Teknologian hyväksyntämalli.
USB	Universal Serial Bus. Standarditeknologia langalliseen tiedonsiirtoon.
VR	Virtual Reality. Virtuaalinen todellisuus.
VTL	Virtual Traffic Lights. Virtuaaliset liikennevalot.
Wi-Fi	Wireless Fidelity. Langattomien laitteiden nimitys.
WLAN	Wireless Local Area Network. Langattoman lähiverkon tekniikka.

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 HEIJASTUSNÄYTÖN TOTEUTUSTAPOJA</b>	<b>3</b>
2.1 HMD:n ja HUD:n vertailu	3
2.2 Heijastusnäyttö laserin ja mikropellin avulla	4
2.3 Kuljettaja näkee esteen “lävitse”	5
2.4 Heijastusnäytön avulla toteutettu lisätty todellisuus	6
2.5 Tärinävaikutuksen korjaaminen heijastusnäytöltä	7
2.6 Heijastusnäyttö yhdistetään ajotietokoneeseen älyautossa	8
<b>3 NAVIGOINTI HEIJASTUSNÄYTÖLLÄ</b>	<b>10</b>
3.1 Suuntanuolet heijastusnäytöllä navigoinnin apuna	10
3.2 Navigointi puheentunnistuksen avulla	11
3.3 Kiihtyvyyssanturin toimintaan perustuva heijastusnäyttö	12
<b>4 VAROITUKSET HEIJASTUSNÄYTÖLLÄ</b>	<b>14</b>
4.1 Tutkimus uusista varoitusmerkeistä	14
4.2 Varoitusjärjestelmä pimeänajoa varten	15
4.3 Törmäysvaarasta varoitettava järjestelmä	16
4.4 Koko tuulilasin heijastusnäyttö	17
<b>5 TIEDON ESITTÄMINEN</b>	<b>19</b>
5.1 Ajoneuvon näytöllä esitettävän tiedon paikka ja tapa	19
5.2 Tiedon turvallinen näyttöpaikka	19
5.3 Tiedon esittäminen tilanteen mukaan	21
<b>6 KÄYTTÖKOKEMUKSIIN PERUSTUVA SUUNNITTELU</b>	<b>23</b>
6.1 Heijastusnäytön vaikutus kuljettajan ajosuoritukseen	23
6.2 Käyttökokemukset heijastusnäytön kehitystyössä	24
6.3 Näkö- ja kuuloviesteihin perustuvat avustavat järjestelmät	25
6.4 Heijastusnäytön sijoittaminen omaan autoon	26
6.5 Virtuaaliset liikennevalot autossa	27
<b>7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA</b>	<b>29</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>

**KUVIOT**

KUVIO 1. Vaaran esittämismerkki heijastusnäytöllä	6
KUVIO 2. Uuden käyttöliittymän luonnos	11

KUVIO 3. Koko tuulilasin heijastusnäytön rakennekuva	18
KUVIO 4. Jaettavan tiedon näyttövyöhykkeiden jako tuulilasilla	21
KUVIO 5. Virtuaaliset liikennevalot heijastettuna tuulilasiin	28

## 1 JOHDANTO

Väestönkasvu, kiihtyvällä nopeudella etenevä kaupungistuminen, ilmastonmuutos ja elintason parantaminen edellyttävät tehokasta ja turvallista liikenneinfrastruktuuria. Näihin haasteisiin pyritään vastaamaan älykkään liikenteen kehitystyöllä, johon oleellisena osana kuuluu kuljettajan tilannetietoisuuden lisääminen liikenneympäristössä. Heijastusnäyttö ja siihen mahdollisesti liitetty lisätty todellisuus on turvallisuutta lisäävä tapa jakaa kuljettajalle ajonaikaista tietoa. Samalla se toimii kuljettajan ajonaikaisena avustajana liikenteessä.

Älyliikenteessä liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta parannetaan hyödyntämällä tieto- ja viestintäteknikkaa. Itseohjautuvien autojen suunnittelu vaatii ja liikenteen sähköistyminen ja kehittyvä anturiteknologia mahdollistaa nopean ja todenmukaisen tiedonvälityksen liikenneympäristössä. Tiedonvälitys on ajoneuvojen keskinäistä ja ajoneuvojen ja ympäristön välistä molempiin suuntiin tapahtuvaa toimintaa. Heijastusnäytön avulla visualisoitua tietoa voidaan jakaa kuljettajalle ymmärrettävällä ja nopealla tavalla.

Työni tavoitteena oli tutkia ja tutustua tehtyihin tutkimuksiin ja olemassa oleviin menetelmiin ja laitteisiin, joita oli tehty kuljettajan tilannetietoisuuden lisäämiseksi liikenteessä. Tutustumiseni keskittyi heijastusnäytön suunnittelua ja kehitystyötä koskeviin tutkimuksiin. Näissä tutkimuksissa pyrittiin löytämään tapoja jakaa ajonaikainen paikkansapitävä tieto kuljettajalle nopeasti ja turvallisesti. Kuulo- ja tuntoaistilla havaittavan tiedon jakaminen samanaikaisesti heijastusnäytöllä jettavan tiedon kanssa lisäsi menetelmän tehokkuutta. Pyrkimyksenä oli esittää selkeä näkemys heijastusnäytön suunnittelusta, toteutuksesta ja sen tuomista mahdollisuuksista tiedon jakajana kuljettajalle.

Työ suoritettiin mahdollisimman ajankohtaisiin saatavissa oleviin englanninkielisiin tutkimuksiin perehtymällä. Näin tarkasta tieteellisten tutkimusten analysoinnista ei minulla ennestään ollut kokemusta eikä heijastusnäytön tekniikka ollut minulle tuttua. Ongelmana oli opinnäytetyön kannalta tärkeän tiedon löytäminen ja rajaaminen. Mielenkiintoisten tutkimusten vaikeiden teknillisten ratkaisujen pohtiminen johti helposti umpikujaan, jossa oli vaikeaa erottaa työn kannalta olennaisin tieto. Joitakin tutkimuksia kuvattiin tarkemmin, vaikka pyrkimys oli yleisluonteiseen ratkaisumallien kuvaamiseen.

Heijastusnäyttöä käsittelevä osuus opinnäytetyöstäni jaettiin eri lukuihin sen mukaan, mitä tarkastelukulmaa heijastusnäytön osalta haluttiin korostaa. Heijastusnäytön erilaisia toteutustapoja kuvataan luvussa 2. Luku 3 kuvaa heijastusnäytön avulla toteutettua navigointia, jolloin heijastusnäyttö korvaa erillisen perinteisen navigaattorin. Luku 4 käsittelee varoituksia heijastusnäytöllä ja luku 5 tiedon esittämistä sillä. Luvussa 6 kerrotaan käyttökokeuksiin perustuvan heijastusnäytön suunnittelusta.

Tutkimus tehtiin Joni Jämsän ehdotuksesta tuomaan lisätietoa Centria Tutkimus & Kehitys-yksikön älyliikenteen hankkeisiin, kuten Co-operative Mobility Services of the Future (CoMoSeF) ja Data to Intelligence (D2I). Älykkään liikenteen toteutuksessa käytetään tieto- ja viestintäteknikkaa liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden parantamiseksi. Tiedot ympäristöstä ja kulkuneuvoista kerätään anturitekniikan avulla ja tietoliikenneyhteydet kulkevat langattomasti.

Auton heijastusnäyttönä (Head-up display, HUD) käytetään tuulilasia tai erillistä läpinäkyvää levyä, johon ajonaikaiset tiedot heijastetaan visuaalisesti kuljettajalle. Tietoa vastaanottaessaan kuljettajan ei tarvitse kääntää katsettaan ajosuunnasta pois päin eikä tarkentaa erikseen katsettaan.

Lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR) tarkoittaa tietokoneella keinotekoisesti tuotetun materiaalin lisäämistä osaksi todellista ympäristöä. Auton heijastusnäytölle voidaan lisätä vallitsevia liikenneolosuhteita kuvaavaa materiaalia kuljettajan tilannetietoisuuden lisäämiseksi.

Tilannetietoisuus on kuljettajan oma tulkinta vallitsevasta tilanteesta liikenneympäristössä. Sen hän muodostaa aistihavaintojen ja hänelle jaetun tiedon perusteella. Saamien tietojen perusteella tilannetietoinen kuljettaja osaa toimia liikenteessä. (Koistinen 2011, 52.)



## 2 HEIJASTUSNÄYTÖN TOTEUTUSTAPOJA

Heijastusnäytön toteutukselle ei ole olemassa määrättyjä standardeja. Suunnittelussa ja toteutuksessa pyritään liikenneturvallisuuden parantamiseen ja liikenteen sujuvuuden lisäämiseen. Tässä luvussa pohditaan päässä pidettävän heijastusnäytön soveltuvuutta tieliikenteeseen, tarkastellaan heijastusnäytön toteutusta laserin ja mikropelin avulla, todetaan kuljettajan näkevän auton “läpi”, toteutetaan heijastusnäytön avulla lisätty todellisuus, korjataan tärinän aiheuttamat ongelmat heijastusnäytön kuvasta ja yhdistetään heijastusnäyttö ajotietokoneeseen älyautossa.

### 2.1 HMD:n ja HUD:n vertailu

Felix Lauberin ja Andreas Butzin tekemässä tutkimuksessa selvitettiin päässä pidettävän näytön (Head-Mounted Display, HMD) soveltuvuutta autoilijan tilannetietoisuuden lisääjänä liikenteessä. HMD:n toimivuutta heijastusnäyttöön (Head-Up Display, HUD) verrattuna testattiin seuraamalla koehenkilöiden ajokäyttäytymistä vaihtelevien ajosimulaatiokokeiden aikana. Tarkoituksena oli selvittää, millaista visualisointia HMD:n käyttö autoissa vaatisi. Kokeiden tuloksista kirjattiin HUD:n ja HMD:n etuja ja haittoja. Heijastusnäytön avulla kuljettajalle esitetty näkökenttä oli rajoitetumpi kuin päässä pidettävällä. Heijastusnäytöllä tuulilasin alue muodosti rajoitetun pinnan, johon ajonaikaista tietoa voitiin kuljettajalle esittää. Päässä pidettävää näyttöä voitiin soveltaa myös ajoneuvoissa, joissa ei ole tuulilasia. (Lauber & Butz 2013.)

HMD:n käyttökelpoisuutta verrattuna heijastusnäyttöön testattiin siirtämällä heijastusnäytöllä sovellettua visualisointitekniikkaa päässä pidettävään näyttöön. HMD:n avulla kuljettajalle voitiin esittää laajasti 3-ulotteinen ympäristö. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, millaiset uudet sovellukset toimisivat HMD:n yhteydessä. Heijastusnäytöllä tieto voitiin suoraan kohdistaa tiettyyn tuulilasin kohtaan, kun sitä vastoin HMD:n yhteydessä tiedon esityskohdan määrittely vaati kuljettajan katseen seurantalaitetta. Päässä pidettävällä näytöllä tiedot saattoivat mennä näkökentässä päällekkäin, jolloin viestien ymmärrettävyys heikkeni. HMD:n haittana oli suuri visualisoinnin määrä, jolloin tärkeitä viestejä ei aina havaittu. (Lauber & Butz 2013.)

Tutkijat havaitsivat ajosuoritusten säilyvän molemmilla tavoilla melko samantasoisina eikä koehenkilöiden reaktioajoissa havaittu merkittäviä eroja. Koehenkilöiden fyysinen levottomuus ei lisääntynyt eikä visuaalisten häiriötekijöiden määrä kasvanut. Käyttäjät havaitsivat eri tavalla toteutetuissa teknologioissa sekä hyviä että huonoja puolia. Kolmasosa koehenkilöistä ehdotti, että molempien stabiiliteknikoita yhdistämällä voitaisiin järjestelmästä saada vakaampi. Tutkijat tulivat siihen tulokseen, että HMD:n toimivuutta parannettaisiin kehittämällä kuvatietojen asettelutekniikkaa. Kuljettajan kääntäessä päätään, kuv tiedot järjestäytyisivät uudelleen siten, ettei kuljettajan näkökenttä kulkusuuntaan häiriintyisi. Tutkijat päättelivät, että teknologioiden toimivuus vaati jatkokehittelyä ja käyttökavuuden parantamista. (Lauber & Butz 2013.)

## 2.2 Heijastusnäyttö laserin ja mikropeilin avulla

Chao ja tutkijaryhmä kehitti heijastusnäytön prototyypin, jossa suurella nopeudella pyörivän mikropeilin kautta heijastettavan lasersäteen avulla ajonaikaiset tiedot esitettiin auton edessä virtuaalisena kuvana tai heijastamalla ne tuulilasin pintaan. Väriäntön suurella nopeudella pyörivä mikropeili toimi avoimen silmukan algoritmin avulla. Mikropeilin käytöllä saatiin heijastusnäytön kuvalle suurempi kirkkaus ja heijastusnäytön muodostavan järjestelmän koko pieneni. Heijastuskuva muodostui raitoina, jolloin voitiin käyttää edullisempaa alhaista lasertehoa. Näytön resoluutio määräytyi optiikan avulla säädettävän lasersäteen koon mukaan. Laservektorien muodostama kuva voitiin esittää kuljettajalle kahdella tavalla. Kuva heijastettiin ohuelle läpinäkyvälle kalvolle auton tuulilasiin näyttömoduulin kautta tai se muodostettiin virtuaalisena auton sisällä olevan aallonpituuksien hajottimen kautta auton eteen. (Chao, He, Chong, Mrad & Feng 2011.)

Mikropeilijärjestelmä koostui keskellä olevasta peilistä, jota ympäröi neljä toisilleen vastakkaisilla sähkövarauksilla varustettua komponenttia. Mikropeili kääntyi laitteiden jännitteiden muuttuessa avoimen ohjauksen määrittämällä tavalla. Muodostuvan heijastuskuvan laatuun voitiin vaikuttaa poistamalla vääristymiä, muuttamalla näytön taajuutta ja laserintensiteettiä vaikuttamalla. Jotta kuva saatiin ihmissilmälle sopivaksi, oli kuvataajuuden oltava vähintään 30 kuvaa sekunnissa. Kuvan vääristymiä pyrittiin pienentämään lisäämällä pistetiheyttä terävissä kulmissa. Muuttamalla pistetiheyttä saatiin kuvioina muodostuvat kirjaimet ja numerot asetettua oikeisiin paikkoihin. Tutkijat rakensivat ja testasivat lasers-

kannaukseen ja mikrojeilin käyttöön perustuvan HUD-järjestelmän prototyypin. Heijastuskuvan kirkkaus parani ja pienemmän lasertehon käyttö vähensi kustannuksia. Tutkijoiden tarkoituksena oli jatkaa mikrojeilin käyttöön perustuvan heijastusnäytön kehitystyötä ja sen vaatiman laitteiston suunnittelua ajoneuvon sisätiloihin. (Chao ym. 2011.)

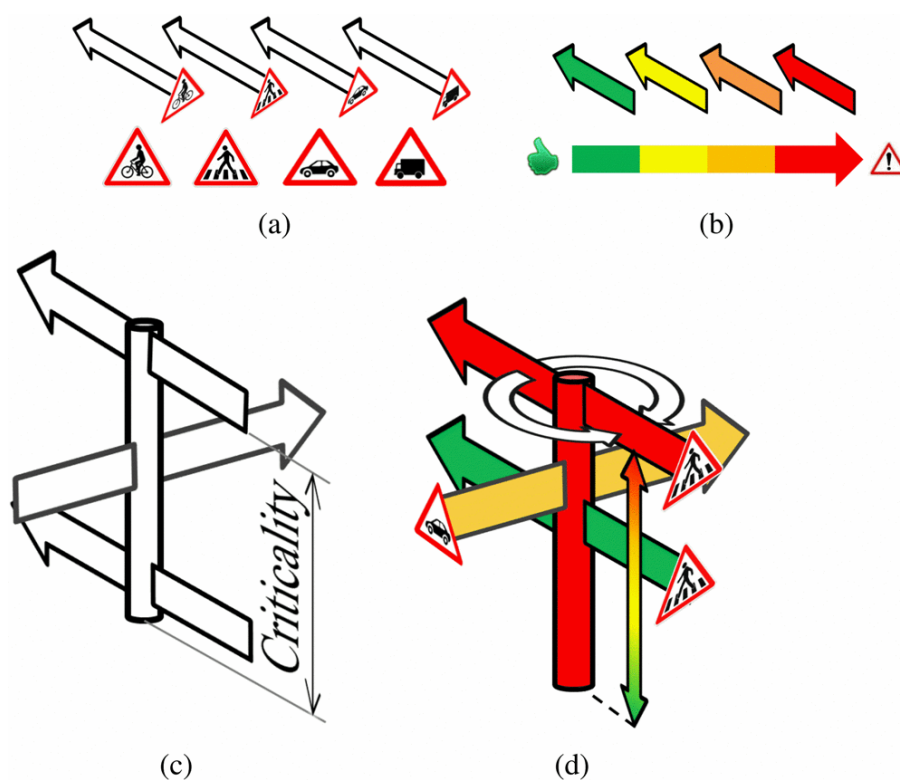
### 2.3 Kuljettaja näkee esteen ”lävitse”

Liikennevirrassa edessä oleva ajoneuvo estää takana olevan ajoneuvon kuljettajaa kunnolla näkemästä edessä avautuvaa liikenneympäristöä. Liikenteen sujuvuus huononee ohituspäästösten pitkittyessä ja puutteellinen ympäristön havainnointi lisää onnettomuusriskiä. Tutkimuksessaan Li ja Nashashibi pyrkivät parantamaan liikenneturvallisuutta kehittämällä menetelmän, jolla ajoneuvo kykeni siirtämään edessä olevan liikenneympäristönäkymän takana olevan ajoneuvon heijastusnäytölle. Ajoneuvojen välisen liikennetiedon perusteella voitiin esittää liikennetieto lisätyn todellisuuden näkymänä visuaalisesti heijastusnäytöllä. Takana olevan auton kuljettaja kykeni näkemään liikenneympäristön edessään olevan ajoneuvon ”läpi”. Tutkijoiden mielestä ehdotettua menetelmää voitiin käyttää automatisoiduissa kuljettajaa avustavissa lisätyn todellisuuden sovelluksissa, jotka vaativat liikenneympäristön nopeaa ja todenmukaista visuaalista esittämistä. (Li & Nashashibi 2011.)

Tutkimuksessa pyrittiin mallintamaan ja siirtämään liikenneympäristön todellinen ja ajanmukainen kolmiulotteinen kuva eikä vain jakamaan sarjaa nopeasti vaihtuvia yksittäisiä kuvia. Ajoneuvojen sijainnit toisiinsa nähden määriteltiin GPS-mittauksilla ja ympäristötietoja tarkennettiin laserskannauksella. GPS-mittauksilla saatiin ajoneuvojen likimääräiset sijaintiarviot, joiden luotettavuutta parannettiin ympäristöstä otettujen kuvien avulla. Tutkijat testasivat suunniteltua menetelmää kahden ajoneuvon järjestelmällä, johon kuului GPS-paikannin, laserskanneri, kamera, liiketunnistimet ja viestintävälineet. Etummaisena oleva ajoneuvo hahmotti edessä olevan liikenneympäristön kameran ja laserskannerin avulla. Mittauksilla saatu kuvamateriaali yhdistettiin samaan ajankohtaan GPS- ja liiketunnistimittauksen aikaleimojen avulla. Tulevaisuudessa tutkimusta aiottiin jatkaa käyttämällä stereokameraa liikenneympäristön kuvaamiseen. Tällä tavalla tutkijat uskoivat saatavan realistisempi 3-ulotteinen kuva heijastusnäytölle. (Li & Nashashibi 2011.)

## 2.4 Heijastusnäytön avulla toteutettu lisätty todellisuus

Tutkimuksessa George ja muut tutkijat esittelivät alustavan menetelmän kuljettajan lisätyn todellisuuden (Augmented Reality, AR) esittämiseksi. Ajonaikaisten liikennetietojen ja olosuhteiden esittämismalliksi valittiin tuuliviiri. Liikenteessä olevan esteen paikka ja sen aiheuttama uhka esitettiin tuuliviirin korkeuden, värin ja sen osoittaman suunnan avulla. (KUVIO 1.) Tutkijat suunnittelivat näyttömoduulin esteiden havaitsemiseen ja moduulin ajajan käyttäytymisen tarkkailuun. Vaaran esittämiseksi heijastusnäytöllä valittiin merkkejä, joihin liittyi kuljettajille ennestään tuttuja merkityksiä. Tieto siitä, millainen vaara oli kysymyksessä, annettiin tuttuja tieliikennelain mukaisia varoitusmerkkejä käyttäen. Vaarallisuuden astetta kuvattiin väreillä vihreä, keltainen, oranssi ja punainen. Usean nuolen osoittaessa samaan suuntaan, ylimpänä oleva nuoli osoitti kriittisintä kohdetta. Vaarasta varoittaminen tuuliviirin avulla koettiin miellyttävän näköiseksi ja sen toiminta uskottavaksi. (George, Thouvenin, Fremont & Cherfaoui 2012.)



KUVIO 1. Vaaran esittämismerkit heijastusnäytöllä (George ym. 2012.)

Esteentunnistus toteutettiin tuulilasiin kiinnitetyllä kameralla, jonka välittämä videokuva käsiteltiin tietokoneohjelmalla. Jotta voitiin mukauttaa varoitusmerkki näytölle, järjestelmään oli yhdistetty kuljettajan katseen seurantalaite. Koska merkki esitettiin vain tarvittaessa, ei paikallaan olevaa kohdetta huomioitu. Samoin meneteltiin silloin, kun kuljettajan katseen suuntavektori ja esteitä rajaavat laatikot kohtasivat. Vaaran suuruus voitiin laskea oman ajoneuvon ja havaitun kohteen välisestä matkasta ja nopeuksista. Heijastusnäyttöä pidettiin parempana vaihtoehtona esittää varoitusmerkit konsolinäyttöön verrattuna. Konsolinäytön tapauksessa kuljettaja joutui siirtämään katsetta tien ja konsolinäytön välillä ja silmät joutuivat sopeutumaan etäisyyksien muutoksiin. Heijastusnäytöllä varoitusmerkki esitettiin kuljettajan tiehen suuntautuvassa näkökentässä. Heijastusnäyttö muodostettiin kojelaudalle asetetulla kämmentietokoneella, josta tuuliviiri-merkki heijastettiin tuulilasin pintaan. (George ym. 2012.)

Tutkimuksessa kyettiin ratkaisemaan monia menetelmän kalibrointiin, laitteiden toiminnan yhteensovittamiseen ja niiden väliseen tiedonvaihtoon liittyviä ongelmia. Tutkijat halusivat tehdä kuljettajan käytöksestä tarkempaa tutkimusta, jossa mitattaisiin kuljettajan katseen suuntaa, pään liikettä ja sydämen sykettä ajotilanteen aikana. Menetelmän kehitystyön kannalta olisi tärkeää tehdä kyselytutkimus kuljettajan huomioista ja kyvystä havaita esteitä. Tutkijat halusivat tarkemmin mitata kuljettajan katseen suuntautumista kohteeseen sekä tuuliviirin käytön uskottavuutta ja tarkoituksenmukaisuutta vaaratilanteen varoittajana. (George ym. 2012.)

## **2.5 Tärinävaikutuksen korjaaminen heijastusnäytöltä**

Tasaki ym. tutkijat kehittivät uuden menetelmän saadakseen aikaan kuvan syvyysvaikutuksen auton heijastusnäytölle. He nimesivät sen dynaamisen perspektiivin menetelmäksi. Kun auto täräsi voimakkaasti, heijastusnäytöllä esitetyn kuvan syvyysvaikutus hävisi. Tutkimuksessa käytettiin hyväksi ihmisellä olevaa ominaisuutta lisätä hävinnyt kuva aiemmin nähtyjen kuvien jatkumoon. Kun auton kiihtyvyysanturi tunnisti voimakkaan tärinän, heijastusnäytöltä poistettiin kuva, jonka tilan katsoja mielessään täydensi. Yksiokulaarisessa heijastusnäytössä ei esiinny parallaksiongelmaa, koska käyttäjä tarkkailee kuvia yhdellä silmällä. Dynaamisen perspektiivin menetelmässä kuvan syvyysvaikutus muodostui katso-

jalle sen koon ja paikan muutoksen luomasta mielikuvasta. (Tasaki, Moriya, Hotta, Sasaki & Okumura 2012.)

Dynaamisen perspektiivin menetelmää testattiin tekemällä kokeita kiihtyvyyssanturilla varustetulla autolla. Järjestelmä laskee auton sijainnin infrapuna-anturin ja nopeusmittarin avulla. Menetelmän testiryhmään kuului kahdeksan 20 ja 40 ikävuoden väliltä olevaa miestä. Testeissä toteutettiin keinotekoinen tärinä ja koehenkilöt arvioivat esineen sijainnin tuulilasille heijastetun kuvan avulla. Tulosten perusteella testiryhmä havaitsi esineen kuvan syvyyssijainnin tarkemmin, kun esineen kuva poistettiin kuin näyttämällä tärinän aiheuttamaa hallitsematonta esineen kuvaa. Tulokset olivat 2 kertaa parempia kuin aiemmalla syvyyssijainnin arviointimenetelmällä. Siinä perspektiivi saatiin aikaiseksi esineen kuvan kokoa muuttamalla suuresta pieneksi ja korkeasta matalaksi. (Tasaki ym. 2012.)

## **2.6 Heijastusnäyttö yhdistetään ajotietokoneeseen älyautossa**

Tutkimuksessaan Wuryandari ym. suunnittelivat ja toteuttivat älyauton tietokonejärjestelmän ja liittivät siihen heijastusnäytön osaksi älyliikennettä. Älyauto on käsite järjestelmälle, jossa autoon asennetun tietokonejärjestelmän avulla saavutetaan parempi ajokokemus. Älyauton tietokonejärjestelmä jaettiin päätietokonejärjestelmään ja aputietokonejärjestelmään. Päätietokone jakoi kuljettajalle pääasiallisesti tiedot auton kunnosta ja liikennenympäristöstä. Sen tehtäviin kuului ajosimulaattorista välitettävien tietojen käsittely ja niiden esittäminen heijastusnäytöllä. Järjestelmään kuului autoon liitettyjen sensoreiden avulla toimiva esteentunnistus. Tämä järjestelmä, joka on integroitu törmäyksenestotietokoneeseen Ethernet-verkon kautta, antaa varoitukset ja opastaa kuljettajaa välttämään onnettomuudet. Kaikki tiedot, varoitukset ja ohjeet näkyvät heijastusnäytöllä. Autossa olevien sensoreiden välittämät tiedot välitetään päätietokoneelle ja näytetään kuljettajalle heijastusnäytöllä. Kuljettaja voi silti käyttää viestimiä ja multimedialaiteita ajon häiriintymättä. (Wuryandari, Gondokaryono & Widnyana 2013.)

Älyautojärjestelmässä keskityttiin kuljettajan ja auton ja kuljettajan ja ympäröivä verkon vuorovaikutukseen. Älyauton tietoliikennejärjestelmään kuului kuljettajan päätietokone, kuljettajan aputietokone, navigaattori, esteentunnistus, viestintälaitteet ja pilvipalvelu. Kuljettajan päätietokone ja aputietokone olivat suoraan vuorovaikutuksessa kuljettajaan. Muut

järjestelmät huolehtivat tarvittavat tiedot kuten auton kunnon, liikenteen kunnon ja ympäristöön, viestintä ja navigointi. Auton kunto ja ympäristön tiedot näkyivät heijastusnäytöllä. Navigointitiedot näkyivät aputietokoneella. Kuljettajan aputietokone toimi kuljettajan assistenttina valikkoon ja huolehti puhelin- ja multimediayhteyksistä. Navigointitietokone käsitteli tiedot, joita tarvittiin navigointiin. Käsitellyt tiedot näkyivät karttareittinä tai peräkkäisinä merkkeinä. Esteentunnistus havainnoi lähiympäristöä ilmoittaen ajotoimintaa häiritsevät esteet. Viestintätietokone huolehti viestinnästä pilvipalvelimeen. (Wuryandari ym. 2013.)

### 3 NAVIGOINTI HEIJASTUSNÄYTÖLLÄ

Heijastusnäyttöä voidaan käyttää navigaattorina perinteisten erikseen toteutettujen laitteiden tapaan tai pelkästään apuna navigoinnissa. Navigoinnilla on tärkeä merkitys ajosuunnittelun ja ennakoivan ajon kannalta. Paikkatietojen lisäksi tiedot liikenneuuhkista, mahdollisista onnettomuuksista ja säästä auttavat tekemään uudet reitinvalinnat. Kuljettaja voi valita esitetyistä vaihtoehtoisista reiteistä ja liikenteen sujuvuus ja turvallisuus paranee. Tässä luvussa käsitellyissä tutkimuksissa pyritään löytämään uusia tapoja helpottaa kuljettajan navigointia liikenneturvallisella tavalla.

#### 3.1 Suuntanuolet heijastusnäytöllä navigoinnin apuna

Tangmanee ja Teeravarunyou halusivat saada selville, kuinka graafiset suuntanuolet tulisi esittää heijastusnäytöllä. He halusivat tietää, häiriintyikö kuljettajan ajosuoritus, jos tiehen maalatut suuntanuolet ja heijastusnäytöllä esitetyt suuntanuolet osuivat päällekkäin kuljettajan näkökentässä. Tutkimuksessa mitattiin kuljettajan reagoinnin eroja heijastusnäytöllä esitettyjen ja tiessä olevien suuntanuolien havainnoinnissa. Tutkimuksella selvitettiin, miten nuolten tulisi sijaita toisiinsa nähden ja millaiseksi niiden koot ja muodot tulisi tehdä. Ajotestit suoritettiin autosimulaattorilla, joka oli varustettu silmänseurantalaitteella. Molempien nuolien esittämistapoja testattiin mittaamalla ja tallentamalla kuljettajan silmien liikkeet ja vasteajat molemmille esitystavoille. Tarkoitus oli selvittää kuljettajan kokemat häiriötekijät. Tutkimuksen mukaan nuolten muodoilla ei ollut häiritsevää merkitystä, mutta niiden sijainti vaikutti ajosuoritukseen. Nuolet eivät häirinneet kokeneita kuljettajia. (Tangmanee & Teeravarunyou 2012.)

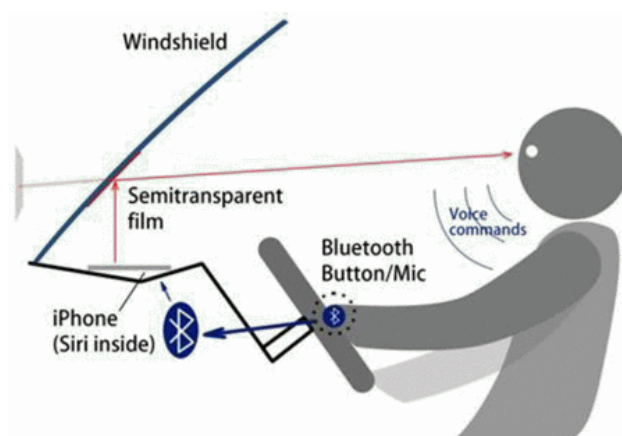
On olemassa erilaisia auton navigointijärjestelmiä, joista kuljettaja voi valita haluamansa. Heijastusnäyttöä käytetään autoissa avustamaan navigointia. Järjestelmä heijastaa visuaalisesti tiedot auton tuulilasiin eikä kuljettajan tarvitse siirtää katsettaan pois päin tiestä. Auton navigointijärjestelmä voi koostua varsinaisesta navigaattorista tai se voi rakentua kämmen-tietokoneen, matkapuhelimen ja e-mailin varaan langattoman tiedonsiirron sekä Bluetoothin avulla. Keskelle kuljettajan näkökenttää esitetyt opasnuolet havaittiin paremmin kuin tiessä olevat. Kokeneet kuljettajat reagoivat nopeammin heijastusnäytön opasteisiin. Tie-



don esittämisen sijaintipaikalla heijastusnäytöllä oli ratkaiseva merkitys. Kuljettajien toiminta oli yhtäläistä kaksi- tai kolmiulotteisesti esitettyjen nuolien suhteen. Kokeneilla ja kokemattomilla kuljettajilla oli eroa siinä, kuinka he ajaessaan suuntasivat katseensa eteenpäin. Kokeneet kuljettajat kohottivat katsettaan horisonttia kohden ja kykenivät näin ennakoimaan liikenneympäristön muutoksia paremmin. Heijastusnäytön jatkokehittämissä tutkijoilla on tarkoitus hyödyntää tuulilasin koko pinta-alaa. (Tangmanee & Teeravarunyou 2012.)

### 3.2 Navigointi puheentunnistuksen avulla

Ying Wangin tutkijaryhmän tarkoituksena oli mobiililaitteiden sisältämää puheentunnistusominaisuutta hyödyntäen vähentää niiden käytöstä aiheutuvia liikenneturvallisuusriskejä. Älypuhelimessa oleva puheentunnistusominaisuus siirrettiin käytettäväksi ajoneuvon mobiililaitteessa. Mobiililaitteet voivat tarjota kuljettajaa avustavia palveluita, kuten navigointia, sijaintiin perustuvaa hakua (Location Base Search, LBS) ja monenlaisia sovelluksia. Tutkimuksessa esiteltiin ja toteutettiin käyttöliittymä, joka sisälsi ohjauspyörään asennetun Bluetooth-moduulin ja tuulilasin pinnalla olevan heijastusnäytön. Moduuli oli varustettu käyttöpainikkeella, mikrofonilla ja kaiuttimella. Bluetoothin avulla kuljettaja käynnisti älypuhelimien puheen vuorovaikutustilassa irrottamatta käsiään ohjauspyörästä. Ajon aikana ohjauspyörän takana olevan painikkeen hallinta onnistui peukalolla. (KUVIO 2.) Paikatietosovelluksen antamat tiedot heijastettiin puhelimen näytöltä tuulilasin heijastusnäyttöön. (Wang, He, Mohedan, Zhu, Jiang & Li 2014.)



KUVIO 2. Uuden käyttöliittymän luonnos (Wang ym. 2014.)

Suunnitellun käyttöliittymän arviointityö tehtiin ajosimulaattorilla Beihang yliopistolla Kiinassa. Testaustyöhön osallistui 24 aikuista nuorta 20 ja 29 ikävuoden väliltä. Koehenkilöt olivat aktiivisia kuljettajia ja matkapuhelimen käyttäjiä. Lisäksi heiltä vaadittiin hyvä terveys ja liikennesrikkeetön ajohistoria kuluneen vuoden ajalta. Tulokset osoittivat, että käyttöliittymä vähensi puhelimen käytöstä aiheutuvia häiriötekijöitä ja puhelimen käyttö navigoinnin apuna tehostui. Puheen avulla tapahtuva laitteiden toiminta ei lisännyt kuljettajan häiriötekijöitä ja paransi suorituskykyä, koska musiikin valinta, soittovalinnat ja navigointi suoritettiin puheentunnistuksen avulla. Puheen aiheuttama häiriö riippui siitä, kuinka paljon kuljettaja joutui puhuessaan keskittymään sanomaansa. Puhe saattoi olla yksinkertaista käskymuotoista sanomista tai tarkempaa keskittymistä vaativaa keskustelua. (Wang ym. 2014.)

Tyydyttääkseen kuluttajien teknologiavaatimuksia monet autonvalmistajat ovat viime aikoina kehittäneet ajoneuvojen viihde- ja viestintäjärjestelmiä (In-Vehicle Infotainment Systems, IVIS) puheentunnistuksella tai liittäneet älypuhelinpalveluja viihde- ja viestintäjärjestelmiin. Tiedemaailman tutkijat ja teollisuus pyrkivät yhdistämään olemassa olevien älypuhelimien ja autoteollisuuden kehittämien viihde- ja tietojärjestelmien käytön toisiinsa. Kun älypuhelimilla käytetään viihde- ja tietojärjestelmien ajonaikaisia sovelluksia, voidaan niiden näyttö kaksinkertaistaa. Luonnollinen käyttöliittymä (Natural User Interface, NUI) perustuu kosketukseen, äänentunnistukseen tai Kinect vuorovaikutukseen ihmisen ja koneen kesken. Koska laitteiden käyttö on osa ihmisen luonnollista käyttäytymistä, niiden edelleen kehittäminen antaa suuria mahdollisuuksia. (Wang ym. 2014.)

### **3.3 Kiihtyvyyssanturin toimintaan perustuva heijastusnäyttö**

Ishizaki ym. tutkijat rakensivat autonavigaattorina toimivan heijastusnäytön, jonka toiminta perustui kiihtyvyyssanturilla varustettuun älypuhelimeen. Heijastusnäyttö toimi kosketusnäytöllä ja kiihtyvyyssanturilla varustetun älypuhelimien kautta. Laite oli yhteydessä navigointijärjestelmään Bluetoothin tai WiFin kautta. Kehitettävään heijastusnäyttöön ei tullut kosketusnäyttöä, joten kuljettaja voi ainoastaan katsoa tuulilasissa näytettäviä tietoja. Tietoja syötettiin napauttamalla sormella yksi tai kaksi kertaa. Anturi oli kämmenselän takana ja napautuksilla saatiin aikaan halutut toiminnot. Yhdellä napautuksella suoritettiin

valintatoiminnot ja kaksoisnapautuksella zoomaus. Anturilaitteesta tiedot siirtyivät Bluetoothilla liitettyyn ajotietokoneeseen. Nämä kaksi operaatiota riittivät navigointiin. Tulevaisuudessa tutkijat aikoivat toteuttaa täysin toimivan autonavigaattorin ja lisätä siihen toimintoja. (Ishizaki, Ikegami, Yamabe, Kitagami & Kiyohara 2014.)

## 4 VAROITUKSET HEIJASTUSNÄYTÖLLÄ

Heijastusnäytöllä esitettävät varoitukset on esitettävä nopeasti ja selkeästi. Varoitusmerkin viestin tulee olla yksiselitteinen ja sen on oltava visuaalisesti erottuva. Sen esittäminen ei saa häiritä kuljettajan ajosuoritusta. Vaarasta on varoitettava riittävän ajoissa, jotta kuljettaja ennättää reagoida. Tässä luvussa tutkitaan uusien varoitusmerkkien tehokkuutta, kehitetään varoitusjärjestelmää pimeänajoa varten, suunnitellaan uusi varoitusjärjestelmä ja esitetään varoitukset koko tuulilasin alueella.

### 4.1 Tutkimus uusista varoitusmerkeistä

Alves kollegoineen testasi kahden uuden varoitusmerkin toimivuutta heijastusnäytöllä törmäysvaaran uhatessa. Ajoneuvojen tekniikan ja turvallisuuden parantaminen ei lisää liikenneturvallisuutta ja vähennä onnettomuuksia, jos kuljettajat eivät ajaessaan noudata liikenteen vaatimia turvavälejä. Autojen nopeudet, tien pinnat, sääolosuhteet ja näkyvyys muuttavat jarrutusmatkoja ja liikenteessä vaadittavia turvavälejä. Kuljettajan on kyettävä muutamassa sekunnissa reagoimaan yllättäen tielle ilmestyvään esteeseen. Onnettomuuksien välttämiseksi ajoneuvoon tuli kehittää järjestelmä, joka varoittaa automaattisesti kuljettajaa liian pienestä turvavälistä. (Alves, Goncalves, Rossetti, Oliveira & Olaverri-Monreal 2013.)

Tutkimuksessa esiteltiin kaksi uutta varoitusmerkkiä, joiden visuaalinen ilme perustui yleisesti käytettyihin liikennemerkkeihin. Merkkien avulla toteutettiin kaksi tapaa varoittaa kuljettajaa liian lyhyestä turvavälistä. Niiden tarkoituksena oli auttaa kuljettajaa säilyttämään riittävä turvaväli ja estää peräänajot. Varoitusmerkit esitettiin kuljettajalle heijastamalla ne auton tuulilasiin. Tietokonesimulaattorilla toteutetuissa testeissä merkit esitettiin koeajajille sekä varoitusäänen kanssa että ilman sitä. Kokeeseen osallistui 22 eri-ikäistä ja eripituisen ajokokemuksen omaavaa henkilöä. Testien tuloksissa arvioitiin merkkien esittämisen vaikutuksia henkilöiden ajosuorituksiin ja kirjattiin ylös heidän subjektiiviset kokemukset ajotilanteista. (Alves ym. 2013.)

Koeajajat pitivät yleisesti varoitusmerkin ja äänen esittämistä samanaikaisesti parhaimpana vaihtoehtona. Heijastusnäytöllä esitetyn tiedon todettiin häiritsevän vähemmän kuljettajan eteenpäin näkemistä kuin kojelaudalla näytetyn tiedon, koska katsetta ei tarvinnut siirtää pois päin tiestä. Koehenkilöt tunnistivat merkit ja säilyttivät paremmin riittävät turvavälit. Varoitusaänien antaminen ei häirinnyt kuljettajia. Paras testituloks saatiin, kun varoitusmerkin esittämiseen liitettiin samanaikainen varoitusaäni. Osallistujia oli 22, joista naisia oli vain 4, joten sukupuolten välisiä vertailuja ei voitu tehdä. Koetta aiottiin jatkaa tulevaisuudessa todellisissa maantieoloissa. (Alves ym. 2013.)

## 4.2 Varoitusjärjestelmä pimeänajoa varten

Hosseinin ryhmän tutkimus käsitteli kuljettajan avuksi luotua järjestelmää pimeään aikaan tapahtuvaa ajoa varten. Järjestelmä havaitsi kolmiulotteisesti mahdolliset törmäyskohteet. Varoitukset pyrittiin heijastamaan tarkasti siihen kohtaan tuulilasia, johon kuljettajan katse kohdistui. Tutkimuksessa esiteltiin prototyyppi järjestelmästä, joka kykeni pimeällä ajon aikana havaitsemaan auton edessä olevia esteitä ja jakamaan siitä tiedon kuljettajalle. Järjestelmään kuului auton ulkopuolella olevat stereokuvan tuottavat kamerat sekä auton sisäpuolella kuljettajan katsetta seuraava kamera ja näiden kameroiden tuottamien kuvien projektoiden yhdistämisyjärjestelmä. Jotta graafisesti visualisoitu tieto voitiin heijastaa tuulilasiin kuljettajan katseen osoittamaan kohtaan, oli kameroiden tuottamat kuvamateriaalit kalibroitava keskenään. (Hosseini, Bacara, Lienkamp 2014.)

Tässä tutkimuksessa tieto pyrittiin esittämään siinä osassa tuulilasia, johon kuljettajan katse ajon aikana suuntautui. Kun havaittiin törmäyskohde ja kuljettajan katseen suunta, varoitus heijastettiin siihen kohtaan tuulilasia, johon kuljettaja katsoi. Kuljettajan huomio pyrittiin kiinnittämään potentiaalisiin törmäyskohteisiin. Tuulilasissa näytettävän grafiikan näyttöpaikka tuulilasissa muuttui auton liikkeen, kohteen liikkeen ja kuljettajan katseen suunnan mukaan. (Hosseini ym. 2014.)

Auton edessä olevat stereokameroiden sensorit tuottivat hyvää kuvaa päivällä, mutta yöllä pieni valon määrä vaikeutti kohteiden kuvaamista. Tutkimuksessa kehitettiin passiivinen stereonäköjärjestelmä. Auton edessä olevat kohteet havaittiin järjestelmän keräämän lämpöenergian avulla. Tämä uusi kohteiden havainnointijärjestelmä esitettiin tutkimuksessa.

Auton sisällä oleva passiivinen hämäränäön kamera oli kohdistettu seuraamaan kuljettajan silmiä. Jo olemassa olevilla havainnointimenetelmillä ei kuitenkaan saatu tarkempia tietoja kohteen etäisyydestä tai koosta. Kohteen laatua ei voitu tarkasti yksilöidä eikä useampaa kuvassa päällekkäin menevää kohdetta erottaa toisistaan. Kun kohteita kuvattiin stereona, niiden havaitseminen erillisinä kohteina oli mahdollista. Lämpökamerat erottivat lämpimät kohteet taustasta ja niiden avulla kohteesta saatiin muodostettua 3-ulotteinen kuva. Vaikka järjestelmä oli suunniteltu toimimaan yöolosuhteissa, sillä saatiin hyviä tuloksia myös valoisan aikana. Jos ympäristön lämpötila oli yli 36 °C, kaikki siinä olevat kohteet tulkittiin ihmiskehoksi. (Hosseini ym. 2014.)

### **4.3 Törmäysvaarasta varoittava järjestelmä**

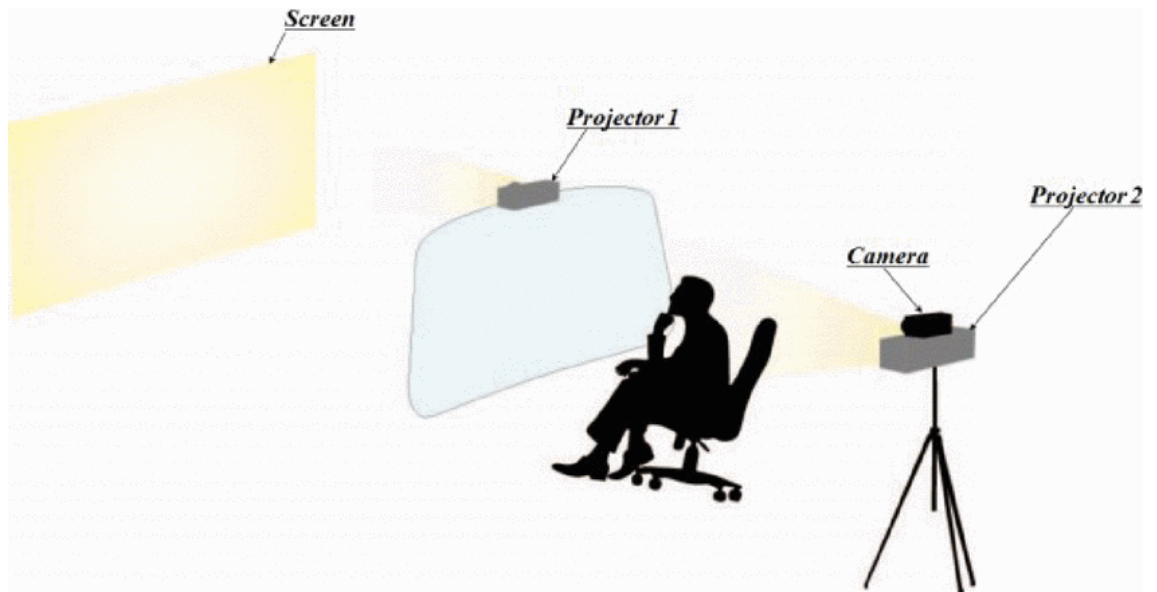
Yoon ja muut tutkijat rakensivat kuljettajaa törmäysvaarasta varoittavan järjestelmän (Forward Collision Warning System, FCWS). Järjestelmän avulla auton tuulilasiin heijastettiin kuljettajaa törmäysvaarasta varoittava merkki. Kehitetyllä avustavalla järjestelmällä pyrittiin vähentämään kuljettajan ajosuorituksen aikana kokemaa henkistä ja fyysistä rasitusta. Etukäteen annetut varoitukset auttoivat etenkin ikäihmisiä, joiden reagoitokyky oli heikentynyt. Auton edessä oleva kamera tunnisti kohteet ja heijasti ne auton tuulilasiin kuljettajan katseen suuntaisesti. Annettujen varoitusten seurauksena kuljettaja ehti ajoissa väistää tai jarruttaa ja yhteentörmäyksiltä vältyttiin. (Yoon, Kim, Park H., Park M. & Jung 2014.)

Järjestelmän muodosti kaksi auton kulkusuuntaan kuvaavaa kameraa, auton nopeusmittari, kuljettajan katsetta seuraava laite ja heijastusnäytölle muodostettu lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR). Nopeusmittaria käytettiin apuna, kun laskettiin havaitun kohteen aiheuttama törmäysvaara. Kameroilla havaittiin kohteet ja silmienseurannalla saatiin kuljettajan katseen suunta. Kuvien perusteella kohteista saatiin viitetietoina muodot ja värit. Näiden tietojen perusteella määriteltiin, oliko kyseessä oleva kohde henkilö, ajoneuvo tai jokin muu. (Yoon ym. 2014.)

Tutkimus oli ensimmäinen vaihe viisi vuotta kestävästä tutkimuksesta. Kehitetty sovellus oli suunniteltu ja testattu toisen tutkimusvuoden loppuun mennessä. Heijastusnäytössä todettiin olevan kuljettajan silmiä rasittavia haamukuvia ja jatkossa näyttö aiottiin toteuttaa projektorin avulla. Kameroiden tuottaman kuvamateriaalin siirtäminen tuulilasin kaarevalle pinnalle vaati kuvien muokkausohjelman. Tutkijoiden mielestä ehdotettua järjestelmää tulisi autoteollisuudessa kehittää yhdistämällä sen sisältämiä osia autoissa jo olemassa oleviin järjestelmiin. Varoitusten tarkoituksena oli lisätä kuljettajan tilannetietoisuutta. Koska lisätyn todellisuuden visualisointi tuulilasille kohdistui kuljettajan näkökentän alueelle, ainoastaan ajosuorituksen kannalta tärkein ja oleellinen tieto tuli esittää järkevällä tavalla. (Yoon ym. 2014.)

#### **4.4 Koko tuulilasin heijastusnäyttö**

Min Woo Park ja Soon Ki Jung tutkivat mahdollisuuksia jakaa liikennevaroituksia kuljettajalle koko tuulilasin alueella olevalla heijastusnäytöllä. Tutkimusta varten rakennettiin simulaattori, joka koostui kahdesta erilaisesta projektorista, kamerasta, tuulilasista ja seinän käsittävästä näytöstä (KUVIO 3). Simulaattorin avulla voitiin kehitellä ja tutkia visuaalisia tapoja varoittaa kuljettajaa vaarallisista kohteista ajon aikana. Simulaattori oli toteutettu kahdenlaisilla projektoreilla ja homograafinen kalibrointi tapahtui seinän ja tuulilasin välillä. Sillä voitiin suorittaa samanlaisina toistuvia visualisointiin liittyviä kokeita sisätiloissa yhdenmukaisessa ympäristössä. Visualisointi esti ajon herpaantumisen varoittamalla vaarallisista ajoneuvoista. Simulaattorilla visualisoitiin sisätiloissa tienäkymää ja tietoja havaituista ajoneuvoista. Jotta hyödyllinen tieto voitiin lisätä, simulaattorin kalibrointi perustui kiinteään kuljettajan pään asentoon. Kalibrointi toteutettiin edullisesti ja yksinkertaisesti. Ajoneuvoista varoitettiin näytettävien hakasulkeiden avulla (Park & Jung 2014.)



KUVIO 3. Koko tuulilasin heijastusnäytön rakennekuva (Park & Jung 2014.)



## 5 TIEDON ESITTÄMINEN

Tässä luvussa käsitellään tiedon esittämistä tuulilasiin heijastettavalla näytöllä. Tutkimusten tarkoituksena on löytää sellaisia tiedon esittämisen menetelmiä, joilla parannetaan liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Tiedon jakaminen on tutkimusten avulla saatavien tietojen pohjalta rajattava turvallisen ajosuorituksen kannalta välttämättömään. Tutkimusten koehenkilöiden tulee edustaa erilaisia käyttäjäryhmiä iän, sukupuolen ja sosiaalisen tai etnisen taustan mukaan, jotta saadaan selville ihmisten yhteiset ja erilaiset käyttäytymisen mallit. Tutkimuksissa etsitään tiedon turvallista esityspaikkaa ja -tapaa sekä tiedon esittämistä muuttuvien tarpeiden mukaan.

### 5.1 Ajoneuvon näytöllä esitettävän tiedon paikka ja tapa

Tutkimuksessaan Olaverri-Monreal ryhmänsä kanssa pyrki selvittämään käyttäjien mieltymysten perusteella parhaat paikat ja tavat jakaa kuljettajalle ajonaikainen tieto eri näytöillä. Jaettavan tiedon tuli olla turvallisen ajosuorituksen kannalta tarpeellista, koska liiallinen tieto häiritsi kuljettajaa. Tutkijat halusivat optimoida ajoneuvon näyttöjärjestelmät käyttäjien mieltymysten mukaisiksi. Auton sisältä oli valittu kuusi vaihtoehtoista näyttöaluetta, joista käyttäjät saivat valita mielestään parhaimman. Lisäksi he saivat määrittellä, millaista ajonaikaista tietoa kullakin alueella tuli jakaa. Heijastusnäytön suunnittelussa oli ratkaistava toimintojen sijoittelu toisiinsa nähden, niiden kokoaminen tiettyihin kokonaisuuksiin ja tietojen jakamisen priorisointi. Tätä tutkittiin analysoimalla koehenkilöiden kokemuksia toimintojen sijoittelusta. Tutkimuksen lopputuloksen perusteella pyrittiin toimintojen tarkoituksenmukaiseen ja turvalliseen sijoitteluun. (Olaverri-Monreal, Lehsing, Trubswetter, Schepp & Bengler 2013.)

### 5.2 Tiedon turvallinen näyttöpaikka

Vaikka kuljettajaa ajon aikana avustavien järjestelmien (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) ja kuljettajan tietojärjestelmien (Driver Information Systems, DIS) tarkoituksena oli lisätä kuljettajan tilannetietoisuutta, väärin toteutettuna ne saattoivat heikentää

liikenneturvallisuutta. Jos näytöt oli sijoitettu väärin, kuljettajan katse siirtyi liian pitkäksi ajaksi pois ajokaistalta. Mobiililaitteista auton käyttöjärjestelmään siirrettyjen sovellusten vaikutuksista ajosuoritukseen oli tutkijoiden mielestä syytä tutkia. Tutkimus suoritettiin sijoittamalla suunnitellulle näytölle eri tietoryhmiä esittävien korttien sijoitusvaihtoehtoja, joista koehenkilöt valitsivat mielestään parhaimmat vaihtoehdot. Kuljettajien toimintaa ja katseen suuntautumista tutkittiin mittaamalla katseen sijainti ja nopeus. (Olaverri-Monreal, Hasan, Bulut, Korber & Bengler 2014.)

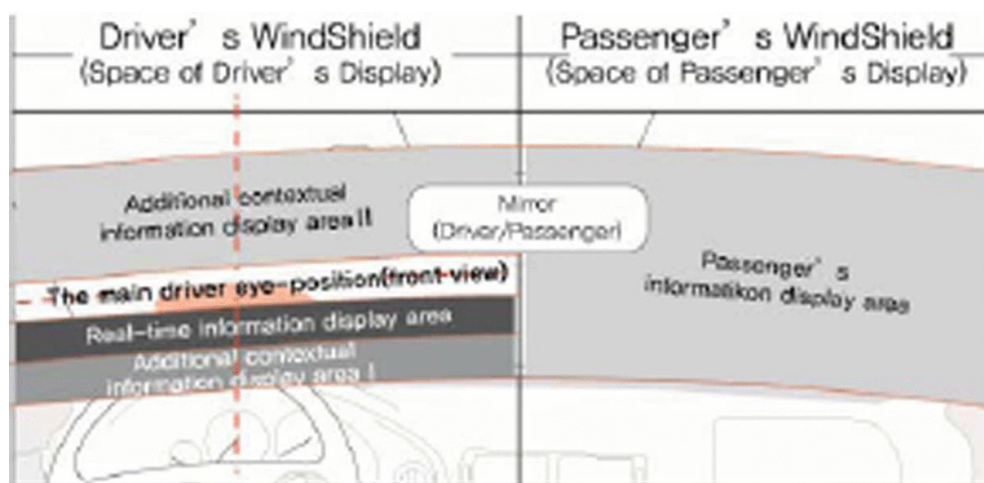
Autojen välinen tiedonvaihto mahdollisti uudenlaisen ADAS suunnittelun, koska näin saatiin tietoja monista eri lähteistä. Järjestelmät keräsivät tietoa sensoreiden avulla turvaväleistä ja liikennemerkkeistä. Useat näytöt auton sisällä johtivat ajosuorituksen häiriintymiseen, koska kuljettajan katse siirtyi kohteesta toiseen. Tärkeän tiedon esittämisen ja näyttöpaikan määrittämistä oli välttämätöntä tutkia. Samanaikaisesti rinta rinnan tehtiin autojen teknologista ja kuljettajien inhimillisten tekijöiden tutkimusta. Tutkittiin, missä kuljettajat halusivat ajoneuvoa koskevien tietojen näkyvän ja missä mahdolliset muut tiedot. Tutkittiin ajosuoritukset, kun tiedot oli sijoitettu halutulla tavalla ja mitattiin katseen sijainnit. Toimintojen sijoittamisen mittaamiseksi rakennettiin toiminnoista neljä samantyyppistä ryhmää ja sijoitettiin ne neljään eri näyttöpaikkaan. Jotta saataisiin selville korttien avulla olennainen tieto, tietojen esittämispaikoiksi ehdotettiin viittä eri sijaintia keskikonsolin lisäksi. (Olaverri-Monreal ym. 2014.)

Tulevaisuudessa sama tieto tullaan esittämään pienemmällä määrällä näyttöjä. Kuljettajien mieltymykset toimintojen sijoittelun suhteen eivät poikenneet olennaisesti olemassa olevista ratkaisuista. Sukupuolella ei ollut merkitystä mieltymyksiin. Markkinoilta ei löytynyt sellaisia malleja, joita olisi voitu suoraan verrata tutkimusta varten rakennettuihin kokoonpanoihin. Koehenkilöt eivät pitäneet sosiaalisen median ja sovellusten liittämistä osaksi ajoneuvon käyttöliittymää ajosuorituksen kannalta tarpeellisena. He löysivät viidestä eri versiosta olennaisen tiedon suositusten mukaisen ajan kuluessa. Heijastusnäytöltä etsittyyn tietoon kulunut korkea aika saattoi johtua siitä, että projisoitu tieto oli päällekkäin olemassa olevan tien kanssa ja saattoi sekoittaa tiedon tunnistamista simulaattorin näytöstä. Koehenkilöiden ajosuoritukset testattujen tiedon vaihtoehtoisten ulkoasujen kanssa eivät merkittävästi poikenneet olemassa olevista. (Olaverri-Monreal ym. 2014.)

### 5.3 Tiedon esittäminen tilanteen mukaan

Kun autonvalmistajat ovat viime vuosina suunnitelleet auton tuulilasille heijastettavaa näyttöä, ei heillä ole ollut yhteistä standardia näytön sijainnista, koosta tai sen kautta jaettavista tiedoista. Tutkimuksessaan Park Min Hee ym. esittivät visuaalisen näytön mallin, kuinka kuljettajalle jaettiin hänen tarvitsemansa tieto. Samalla huomioitiin liikenneturvallisuus ja viihtyvyys. Tiedot jaettiin kuljettajalle hänen tarpeiden ja liikenneolosuhteiden perusteella. Sen lisäksi, että tarjottiin ajon kannalta tärkein tieto, otettiin myös huomioon se, mitä tietoja kuljettaja halusi saada. Tutkijoiden mukaan visuaalisesti väärin toteutettu heijastusnäyttö häiritsi kuljettajan keskittymistä ajamiseen aiheuttaen onnettomuusriskin. (Park Min Hee, Kim Hyun Jeong & Lee Kwang Hyun 2011.)

Tutkimuksessa ehdotettiin heijastusnäytöllä toteutettavaksi muuttuvan tiedon jakamisen rakennemalli. Heijastusnäytöllä näytettiin reaaliaikainen tieto sekä ympäristön olosuhteiden mukaan muuttuvat lisätiedot. Lisätiedot jaettiin ajoneuvoon liittyviin tietoihin ja ympäristön muutoksista johtuviin ympäristötietoihin. Ajoneuvossa näytettävän tiedon sisältö ja muoto rakentui dynaamisesti olosuhteiden ja kuljettajan valintojen mukaan. Aluksi tuulilasin näyttöalue jaettiin kuljettajan osaan ja matkustajan osaan. Edelleen kuljettajan puoli jaettiin ala- ja yläosaan kuljettajan eteenpäin suuntautuvan katseen näkölinjan mukaan. Alaosassa näytettiin auton muuttuvat tiedot ja yläosassa ympäristöä koskevat tiedot. (KUVIO 4.) Näytön muotoa voitiin muuttaa. Sitä ei tarvinnut asettaa tiettyyn kiinteään paikkaan vaan sen sijaintia ja kokoa voitiin säätää portaattomasti. (Park Min Hee ym. 2011)



KUVIO 4. Jaettavan tiedon näyttövyöhykkeiden jako tuulilasilla (Park Min Hee ym. 2011.)

Tutkijoiden mielestä näytöt tuulilasille auton sisällä voitiin toteuttaa erikseen kuljettajalle ja matkustajalle. Matkustajan näyttöinä voitiin lisäksi käyttää sivuoven ikkunaa ja takalasia. Näyttöalue määräytyi tiedon ja sovelluksen mukaan. Tutkijat ehdottivat muutamia tilanteen mukaan toteutettavia tiedon jakamismenetelmiä. Kun kuljettaja keskustelee vieressä tai takana olevan henkilön kanssa, henkilön kuva heijastetaan kuljettajan eteen tuulilasille. Tuulilasille voidaan heijastaa peili, jota voidaan käyttää auton ollessa paikoillaan ja jonka paikkaa ja kokoa voidaan muuttaa. Auton lähtiessä liikkeelle peili palaa alkuperäiselle paikalle. (Park Min Hee ym. 2011.)

## 6 KÄYTTÖKOKEMUKSIIN PERUSTUVA SUUNNITTELU

Suunnitteluun ja tuotteen valmistukseen tarvitaan tarpeeksi suuren henkilöryhmän käyttökokemuksiin perustuvaa tutkimusta. Koehenkilöiden mieltymykset ja käyttökokemukset olisi saatava suunnittelutyön käyttöön mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Ihmisten on kuitenkin vaikea muodostaa objektiivista käsitystä tuotteesta, joka on vasta suunnitteilla. Lisäksi suunniteltavan tuotteen tekniikka voi olla vaikeaa ja käyttö monimutkaista. Heijastusnäytön suunnittelutyö on suoritettava ajosimulaattorien avulla, koska liikenneturvallisuuden vuoksi koekäyttö oikeassa ympäristössä ei ole mahdollista. Tässä luvussa käsiteltävissä tutkimuksissa on hyödynnetty käyttäjäryhmien kokemuksia, mieltymyksiä ja parannusehdotuksia kehiteltäviin tuotteisiin.

### 6.1 Heijastusnäytön vaikutus kuljettajan ajosuoritukseen

Charissisin tutkimuksen tavoitteena oli kehittää koko tuulilasin aluetta hyödyntävä heijastusnäyttö, jonka avulla kuljettajalle jaetaan onnettomuuksien välttämisen kannalta kaikkein kriittisin ja ajankohtaisin tieto. Heijastusnäytöllä esitettävän tiedon vaikutusta kuljettajan liikennekäyttäytymiseen mitattiin tutkimusta varten suunnitellun virtuaalisen todellisuuden (Virtual Reality, VR) esittävän ajosimulaattorin avulla. Tutkimuksen aikana toteutettiin heijastusnäytön prototyyppi, jolla jaettiin kuljettajalle ajosuorituksen kannalta tärkeitä tietoja vaaratilanteista huonon näkyvyyden vallitessa moottoritieympäristössä. Pyrkimyksenä oli vähentää ajoneuvon näyttöjen määrää, koska niiden liiallinen tarkkailu voi viedä kuljettajan huomion liikenneympäristöstä. Tutkimuksessa kehitettiin VR ajosimulaattori, jolla esitettiin liikennevirtoja ja tyypillisiä onnettomuustilanteita moottoritieympäristössä. Tarkoituksena oli parantaa kuljettajan ja heijastusnäytön välistä vuorovaikutusta. (Charissis 2014.)

Tutkimuksessa käytettiin tutkijoiden edellisten testien jäljiltä paranneltua 3. sukupolven ajosimulaattoria, jonka avulla voitiin simuloida todellisia liikennetilanteita aidoissa huonon näkyvyyden moottoritieympäristöissä. Liikenneskenaariot perustuivat poliisin keräämiin todellisiin liikennetapahtumatietoihin tietyillä moottoritieosuuksilla ja simulaattorin tekoälyn avulla ajotilanteita voitiin muuttaa ajoneuvojen sijaintien vaihtuessa. Suoritettuihin

testeihin osallistui yhteensä 20 miestä ja naista, joilla oli voimassa oleva ajokortti. Testeissä heijastusnäytöllä oli käytössä neljä kuljettajaa vaihtuvista liikennetilanteista varoittavaa merkkiä. Testimatkan pituus oli 2 km ja sen lopuksi johtoauto suoritti äkkijarrutuksen, johon takana oleva testikuljettaja joutui reagoimaan. Samanlainen testi suoritettiin sekä heijastusnäytöllä esitettävien merkkien avulla että ilman heijastusnäytön käyttöä. (Charissis 2014.)

Saatujen tulosten perusteella heijastusnäytön avulla suoritetuissa testeissä kolareita tapahtui 75 prosenttia vähemmän kuin ilman sen apua ja liikennevirran eteneminen nopeutui noin 12 sekunnilla. Tulevaisuudessa tutkijoiden tavoitteena oli toteuttaa kehittyneempiä ajosimulaatioita, joiden avulla voitiin edelleen tarkemmin tutkia heijastusnäytön käytön vaikutusta kuljettajan ajokäyttäytymiseen. Testejä voitaisiin toteuttaa tarkemmin valituille käyttäjäryhmille, niitä voitaisiin suorittaa vaihtelevissa ajo-olosuhteissa ja heijastusnäytöllä jaettavan vaihtelevan tiedon merkitystä ajokäyttäytymiseen voitaisiin mitata. (Charissis 2014.)

## 6.2 Käyttökokemukset heijastusnäytön kehitystyössä

Tutkimusta varten rakennettiin kuljettajaa ajon aikana avustava simulaatiojärjestelmä. Sen avulla koehenkilöt saattoivat koekäyttää kehittelyvaiheessa olevia heijastusnäyttöä varten suunniteltuja toimintoja. Tarkoitus oli toteuttaa kuljettajaa liikenteessä avustava järjestelmä, jonka suunnittelussa otettiin huomioon kuljettajan perustarpeet ja häneltä saatu palaute. Tutkimuksen teoreettisena perustana käytettiin Kano mallia, jonka professori Noriaki Kano oli kehittänyt 1980 luvulla. Teoria käsitteli tuotteen ja asiakkaan tyytyväisyyden kehitystä. Siinä asiakkaan tyytyväisyyttä mitattiin viiden kategorian arvoasteikolla. Uusia avustavia toimintoja autoon suunniteltaessa asiakkaiden mielipiteet ja käyttökokemukset oli otettava huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tuotteen kehittelyvaiheessa oli saatava prototyypin käyttökokemuksesta arvioita kuluttajilta. (Ma, Zhou & Xu 2014.)

Testitilanne jakaantui koeajoon simulaattorilla, muodolliseen osioon ja lomakekyselyyn. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään asiakkaiden tarpeet heijastusnäytön käyttöön, mielipiteet olemassa olevista heijastusnäytöistä ja ehdotukset uusista toiminnoista niihin. Koehenkilöiden antaman palautuksen kyselylomake oli suunniteltava huolella. Vastaukset oli

saatava suunnittelun kannalta oikeisiin asioihin eikä henkilöitä tullut johdattaa tiettyyn suuntaan. Tutkimukseen kutsuttiin 40 asiakasta, joilla oli jo kokemusta heijastusnäytön käytöstä. Ajosimulaattoriin oli lisätty kehittyneimpiä toimintoja markkinoilla olevista heijastusnäytöistä. Asiakkaat pääsivät kokeilemaan heijastusnäytölle kehitysvaiheessa olevia ominaisuuksia ja kertomaan mielipiteensä niistä. Heidän mielestään heijastusnäytön käyttö paransi ajosuoritusta ja he ehdottivat joitakin uusia toimintoja. Ajosuoritukseen liittyvien avustavien perustoimintojen, kuten navigointitietojen ja ajonopeuden, näyttämistä pidettiin erittäin tärkeänä. Lisäksi ennakkovaroitukset liikenneolosuhteiden ja ajoneuvon kunnan muutoksista olivat hyödyllisiä. Vaikka viihdetietojärjestelmien palvelut lisäsivät ajoviihtyvyyttä, niiden tarjoamiin sisältöihin keskittyminen häiritsee ajosuoritusta. Testaajien mielestä tiedot oli esitettävä selkeästi ja niiden tuli ilmestyä näytölle heti, kun liikenneympäristö muuttui vaarallisemmaksi. (Ma ym. 2014.)

### **6.3 Näkö- ja kuuloviesteihin perustuvat avustavat järjestelmät**

Tutkimuksella haluttiin saada lisätietoa eri tavoin toteutetun ajoneuvon tietojärjestelmän vaikutuksesta ajosuoritukseen. Koehenkilöt testasivat ajosimulaattorin avulla eri tavoin toteutettuja näkö- ja kuulohavaintoihin perustuvia järjestelmiä. Järjestelmään kuului heijastusnäytöllä esitettävä hierarkkinen listavalikko, ääniä tuottava laite sekä näkö- ja kuulohavaintoja yhdistävä näyttö. Tutkimukseen osallistui 9 naista ja 21 miestä ja heidän ikäkauma oli 21-56 vuotta. Tulokset osoittivat, että audiovisuaalinen näyttö oli tehokkaampi kuin pelkkä ääni. Erilaiset näytöt toimivat samalla tavalla. Mittausten perusteella turvallisuuden ja toimivuuden kannalta ei ollut merkitystä sillä, näytettiinkö tieto äänimerkkiin yhdistettynä vai ilman sitä. Kuitenkin koehenkilöt pitivät näkö- ja kuulohavainnon yhdistävää näyttöä parempana. (Jakus, Dicke, Sodnik 2014.)

Testituloksia kerättiin objektiivisilla mittausmenetelmillä sekä koehenkilöiden antamalla kysymyslomakkeen vastauksilla. Tutkimuksen mukaan tehokkain tapa oli antaa varoitus heijastusnäytöllä sekä merkin että samanaikaisen äänen avulla. Erilaisten näyttöjen välillä ei tutkimuksessa huomattu eroja, kun varoitukset esitettiin samalla tavalla. Testattiin kolme varoitustapaa, jotka olivat näköön perustuva, näköön ja kuuloon perustuva ja vain kuuloon perustuva. Näiden kolmen tavan välisiä eroja mitattiin erilaisten ja eritasoisten ajosuoritukseen liittyvien tehtävien avulla. Tehtävät oli jaettu ensisijaisiin tehtäviin ja tois-

sijaisiin tehtäviin. Ensisijaiset tehtävät olivat varsinaiseen ajosuoritukseen liittyviä. Lopuksi kysyttiin ajajien mieltymykset. (Jakus ym. 2014.)

Ajosuorituksen kannalta toissijaisten tehtävien suorittamisessa näkö- ja kuuloviestit toimivat yhdessä paremmin kuin pelkkä kuuloviesti. Ensisijaisia tehtäviä olivat autolla ajo ja liikennesääntöjen noudattaminen. Kaikilla kolmella näyttötyypillä oli samanlainen vaikutus ensisijaisten tehtävien suorittamisen onnistumiseen. Osallistujat pitivät punaisen värin käyttöä viestin näytössä tehokkaana, kun tilanne vaati nopeaa reagointia. Vaikeampien tehtävien suorittamiseksi osallistujat olisivat halunneet saada ääneen annettuja ohjeita. Tällöin katseen olisi voinut paremmin pitää tiessä. Vaikeampien tehtävien osalta tuli muistaa ja hankkia tietoja. Koska heijastusnäytöt oli tehty yleisten ohjeiden ja aiempien tutkimustulosten periaatteiden mukaisesti, koehenkilöt kykenivät ajon aikana hyödyntämään niillä välitetyt ohjeet. Paras tapa oli antaa ohje puheen avulla ja näyttää se samanaikaisesti heijastusnäytöllä. (Jakus ym. 2014.)

#### **6.4 Heijastusnäytön sijoittaminen omaan autoon**

Tutkimuksen tarkoituksena oli saada parempi käsitys kuljettajien suhtautumisesta heijastusnäytön käyttöön. Trettenin ja muiden tutkijoiden tutkimuksessa kuljettajat saivat testata heijastusnäytön käyttöä itse omassa autossaan ja valita mielestään parhaimman heijastuskuvan paikan tuulilasilla. Neljäkymmentä osanottajaa ajoi omalla autollaan käyttäen kannettavassa tietokoneessa toimivaa heijastusnäyttöä, testasivat eri heijastusnäytön paikkoja ja tekivät sitten arvioinnin käyttäen teknologian hyväksyntämallia (Technology Acceptance Model, TAM). Tulokset osoittivat, että heijastusnäyttö todettiin helppokäyttöiseksi ja osallistujat aikoivat kokeilun jälkeen jatkaa sen käyttöä. Ajajat halusivat sijoittaa heijastusnäytön liikennenäkömänn ulkopuolelle noin 5 astetta suoran katseen alapuolelle. Osallistujat eivät pitäneet turhan tiedon esittämistä tarpeellisena. Turhalla tiedolla tarkoitettiin saman tiedon esittämistä usealla näytöllä. Tulokset antoivat ohjeita heijastusnäytön sijoittamisen suunnitteluun ja sen toimintojen kehittämistyöhön. (Tretten, Gärling, Nilsson & Larsson 2011.)

Testiin osallistui 42 kuljettajaa, joiden ikäjakauma oli 20-77 vuotta. Heistä 15 oli naisia ja 25 oli miehiä. Kaikilla oli joko normaali tai silmälaseilla korjattu näkö. Vain yhdellä osal-



listujalla oli aikaisempaa kokemusta heijastusnäytön käytöstä. Heijastusnäytön kuva toteutettiin tuulilasin alapuolelle asetetulla älypuhelimella, jota liikuttamalla testaaja muutti heijastusnäytön sijainnin tuulilasilla mieleisekseen. Puhelimessa oli auton nopeutta näyttävä sovellus ja nopeustieto heijastettiin tuulilasiin. Osallistujat ajoivat kolme kertaa päivällä sekä illalla vähintään 20 minuuttia kerrallaan testaten heijastusnäytön toimivuutta siirtämällä tuulilasin alla olevan puhelimen paikkaa. Testit suoritettiin vaihtelevissa liikenneolosuhteissa maaseudulla, kaupunkialueella ja valtatiellä. Heijastusnäytön lähtöpisteeksi merkittiin tuulilasilta kohta, johon kuljettajan katse osui hänen katsoessaan suoraan edessään 20 metrin päässä olevaa autoa. (Tretten ym. 2011.)

## 6.5 Virtuaaliset liikennevalot autossa

Olaverri-Monrealin ym. tutkijoiden tarkoitus oli korvata fyysiset liikennevalot kuljettajalle ajoneuvon sisällä heijastusnäytöllä esitettävillä virtuaalisilla liikennevaloilla (Virtual Traffic Lights, VTL). Pyrkimyksenä oli parantaa liikenteen sujuvuutta ja vähentää liikenneonnettomuuksia. Samalla testattiin suunnitellun käyttöliittymän toimivuutta liikenneturvallisuuden kannalta ja kysyttiin käyttäjien mielipiteitä siitä, parantaako virtuaalisten liikennevalojen toteutus ajosuoritusta. Tulokset olivat hyviä silloin, kun virtuaalivalojen ulkonäkö ja toiminta ei huomattavasti eronnut perinteisten fyysisten laitteiden käytöstä (KUVIO 5). Virtuaaliset liikennevalot voitiin toteuttaa jokaisessa risteyksessä riippumatta fyysisesti olemassa olevista liikennevaloista. Virtuaalisessa järjestelmässä ajoneuvot toimivat vuorotellen liikennevaloina ja viestivät toisille ajoneuvoille. (Olaverri-Monreal, Gomes, Silveria & Ferreira 2012.)

Käyttöliittymän suunnittelussa otettiin huomioon yleisesti hyväksytyt suunnitteluohjeet ja hyödynnettiin aiempien tutkimusten tuloksia. Siitä tehtiin yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Tiedon tuli erottua hyvin näytöltä, jotta se havaittiin mahdollisimman nopeasti. Vaikka uusien liikennevalojen rakenne ja ulkomuoto oli haastava, osallistujat kykenivät noudattamaan ohjeita, jotka annettiin käyttöliittymän merkeillä. Virtuaalisten liikennevalojen ohjeiden mukainen ajosuoritus ei oleellisesti poikennut fyysisten liikennevalojen mukaan tehdystä. Tutkijoiden mielestä lisätutkimuksilla tuli varmistaa, että virtuaaliset liikennevalot täyttivät perinteisille liikenneohjausjärjestelmille asetetut turvallisuusvaatimukset. (Olaverri-Monreal ym. 2012.)



KUVIO 5. Virtuaaliset liikennevalot heijastettuna tuulilasiin (Olaverri-Monreal ym. 2012.)

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli saada käsitys teknisistä ratkaisumalleista, joiden avulla lisätään liikenneturvallisuutta edistävää kuljettajan tilannetietoisuutta. Työ toteutettiin tutustumalla heijastusnäyttöä käsitteleviin ajankohtaisiin tutkimuksiin ja tieteellisiin julkaisuihin. Yleisesti näiden tutkimusten tavoitteita olivat liikenneturvallisuuden edistäminen ja liikenteen sujuminen.

Heijastusnäytön avulla ajonaikaiset tiedot heijastetaan visuaalisesti auton tuulilasiin kuljettajan näkökentän alueelle, jolloin kuljettajan katse ei siirry pois päin tiestä. Jotta kuljettaja voisi keskittyä ajosuoritukseen ilman häiriötekijöitä, heijastusnäytöllä on jaettava ajosuorituksen kannalta tärkein tieto. Tärkeitä tietoja ennakoivan ajon kannalta ovat varoitukset vaaroista, ilmoitukset nopeusrajoituksista sekä navigointi- ja paikkatiedot. Viesteissä käytettävien merkkien on oltava yksinkertaisia ja selkeitä. Heijastusnäytön kehitystyössä on huomioitava erilaiset kuljettajaryhmät. Eri-ikäisillä ihmisillä nykyaikaisen tekniikan tuntemus ja ajokokemus vaihtelevat. Ihmisten erilainen etninen kulttuuritausta ja sosiaalinen asema luovat haasteita kehitystyölle. Samoja viestejä ei välttämättä ymmärretä samalla tavalla.

Heijastusnäytön suunnittelutyössä pyritään hyödyntämään koko tuulilasin alue. Kuljettajan katseen suuntaa seuraamalla tieto yritetään kohdistaa oikeaan kohtaan tuulilasia. Jo olemassa olevaa teknologiaa voidaan hyödyntää. Kämmentietokoneissa ja älypuhelimissa olevat sovellukset on yhdistettävä heijastusnäytön käyttöön. Kun kuljettaja voi älypuhelimessa olevaa äänentunnistusta käyttäen kysyä halutut paikkatiedot ja vastaus heijastetaan puhelimen kautta tuulilasiin, voi hän rauhassa keskittyä ajosuoritukseen.

Kuljettajan ajokäyttäytyminen on monimutkainen prosessi, jonka tutkiminen vaatii monitieteellistä lähestymistapaa. Ei riitä, että asiat on teknisesti ratkaistu, vaan niiden toimivuus on käytännössä todennettava. Heijastusnäytön kehitystyössä on selvitetävä ja huomioitava ihmisten asenteet ja mieltymykset. Kun heijastusnäyttö jakaa kuljettajalle ajonaikaista tietoa toimien kuljettajan luonnollisen käyttäytymisen jatkeena, se edistää liikenneturvallisuutta ja liikenteen joustavaa sujumista.

Opinnäytetyöni aikana opin tutkimuksen rakenteen ja kykenin löytämään siitä keskeisen uuden asian. Englanninkielen taitoni kohentui eikä vieras kieli ollut esteenä asioiden tutkimiselle. Opinnäytetyöni kestäessä totesin, että tutkimustyö vaatii paljon aikaa ja kärsivällisyyttä. Sain aikaiseksi yleisluonteisen tutkimuksiin perustuvan katsauksen heijastusnäytöstä. Seuraavaa tutkimustyötä varten hallitsen menetelmiä, joilla tehokasta tutkimustyötä tehdään.

## LÄHTEET

- Alves, P., Goncalves, J., Rossetti, R., Oliveira, E. & Olaverri-Monreal, C. 2013. Forward collision warning systems using heads-up displays: Testing usability of two new metaphors. Intelligent Vehicles Symposium Workshops (IV Workshops), 2013 IEEE. pp.1-6. Gold Coast, QLD.
- Chao, F., He, S., Chong, J., Mrad, R. & Feng, L. 2011. Development of a micromirror based laser vector scanning automotive HUD. Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on. pp. 75-79. Beijing.
- Charissis, V. 2014. Enhancing Human Responses through Augmented Reality Head-Up Display in Vehicular Environment. Emerging Technologies for a Smarter World (CEWIT), 2014 11th International Conference & Expo on. pp. 1-6. Melville, NY.
- George, P., Thouvenin, I., Fremont, V. & Cherfaoui, V. 2012. DAARIA: Driver Assistance by Augmented Reality for Intelligent Automobile. Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2012 IEEE. pp. 1043-1048. Alcalá de Henares.
- Hosseini, A., Bacara, D. & Lienkamp, M. 2014. A system design for automotive augmented reality using stereo night vision. Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, 2014 IEEE. pp. 127-133. Dearborn, MI.
- Ishizaki, A., Ikegami, S., Yamabe, T., Kitagami, S. & Kiyohara, R. 2014. Accelerometer-based HUD input for car navigation. Consumer Electronics (ICCE), 2014 IEEE International Conference on. pp. 278-279. Las Vegas, NV.
- Jakus, G., Dicke, C. & Sodnik, J. 2014. A user study of auditory, head-up and multi-modal displays in vehicles. Original Research Article Applied Ergonomics, 2015, 46, 184-192.
- Koistinen, M. 2011. Tilannetietoisuus ja tilannekuva operatiivisessa liikenteenhallinnassa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo.
- Lauber, F. & Butz, A. 2013. Are HMDs the better HUDs? Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2013 IEEE International Symposium on. pp. 267-268. Adelaide, SA.
- Ma, J., Zhou, H. & Xu, W. 2014. Study on driving simulation based ADAS design. Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific), 2014 IEEE Conference and Expo. pp. 1-4. Beijing.
- Nashashibi, F. & Li, H. 2011. Multi-vehicle Cooperative Perception and Augmented Reality for Driver Assistance: A Possibility to 'See' Through Front Vehicle. Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14th International IEEE Conference on. pp. 242-247. Washington, DC.
- Olaverri-Monreal, C., Hasan, A., Bulut, J. & Korber, M. 2014. Impact of In-Vehicle Displays Location Preferences on Drivers' Performance and Gaze. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on. pp. 1770-1780.

- Olaverri-Monreal, C., Lehsing, C., Trubswetter, N., Schepp, C. & Bengler, K. 2013. In-vehicle displays: Driving information prioritization and visualization. *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2013 IEEE. pp. 660-665. Gold Coast, QLD.
- Olaverri-Monreal, C., Gomes, P., Silveria, M.K. & Ferreira, M. 2012. In-Vehicle Virtual Traffic Lights: A graphical user interface. *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2012 7th Iberian Conference on. pp. 1-6. Madrid.
- Park, M. & Jung, S. 2014. A projector-based full windshield HUD simulator to evaluate the visualization methods. *Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, 2014 Sixth International Conference on. pp. 509-510. Shanghai.
- Park Min Hee, Kim Hyun Jeong & Lee Kwang Hyun. 2011. Development of circumstance-based variable information structure for head up display in a car. *Data Mining and Intelligent Information Technology Applications (ICMiA)*, 2011 3rd International Conference on. pp. 127-130. Macao.
- Tangmanee, K., & Teeravarunyou, S. 2012. Effects of guided arrows on head-up display towards the vehicle windshield. *Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES)*, 2012 Southeast Asian. pp. 1-6. Langkawi, Kedah.
- Tasaki, T., Moriya, A., Hotta, A., Sasaki, T. & Okumura, H. 2012. Depth Perception Control by Hiding Displayed Images Based on Car Vibration for Monocular Head-up Display. *Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 2012 IEEE International Symposium on. pp. 323-324. Atlanta, GA.
- Tretten, P., Gärling, A., Nilsson, R. & Larsson, T. 2011. An On-Road Study of Head-Up Display: Preferred Location and Acceptance Levels. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting September 2011*, 55. pp.1914-1918.
- Wang, Y., He, S., Mohedan, Z., Zhu, Y., Jiang, L. & Li, Z. 2014. Design and evaluation of a steering wheel-mount speech interface for drivers' mobile use in car. *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2014 IEEE 17th International Conference on. pp. 673-678. Qingdao.
- Wuryandari, A., Gondokaryono, Y. & Widnyana, I. 2013. Design and Implementation of Driver Main Computer and Head Up Display on Smart Car. *Original Research Article Procedia Technology*, 2013, 11, pp. 1041-1047.
- Yoon, C., Kim, K., Park, H., Park, M. & Jung, S. 2014. Development of augmented forward collision warning system for Head-Up Display. *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2014 IEEE 17th International Conference on. pp. 2277-2279. Qingdao.