

차량용 증강현실 기술개발 동향

Trends of In-vehicle AR Technology

김경호 (K.H. Kim) 자동차인터랙션연구실 실장
박혜선 (H.S. Park) 자동차인터랙션연구실 선임연구원

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음(10040927, 운전 안전성 및 편의성 향상을 위한 운전자 시야 중심 차량용 증강현실 정보제공 시스템 기술 개발).

차량용 증강현실 기술은 운전자의 신체적 인지적 부하를 최소화함으로써 운전자의 안전과 편의를 달성하기 위한 목적으로 차량에서 제공되는 정보를 운전자의 시야에 맞게 운전자 전방 실세계에 정합하여 제공하는 기술이다. 최근 차량의 지능화와 증강현실기술 접목의 다양화 및 디스플레이 기술의 급진한 발전으로 차량용 HUD(Head Up Display)기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 최근에는 국내의 자동차 제조사 및 연구기관을 중심으로 AR(Augmented Reality)기술을 차량용 HUD에 접목한 AR-HUD 기술 개발이 진행 중이다. 본고에서는 이러한 배경을 토대로 차량용 HUD 기술 및 차량용 AR 기술의 개발 현황과 관련 이슈에 관하여 살펴보고자 한다.

IT 융합기술 특집

- I. 서론
- II. 차량용 HUD 기술개발 동향
- III. 차량용 증강현실 기술개발 동향
- IV. 향후 고려사항 및 주요 이슈
- V. 결론

I. 서론

교통사고 원인의 90%이상은 운전자의 졸음, 피로, 판단 착오, 문제 발견 지연과 같은 휴먼 에러로 인해 발생된다는 보고가 있다[1]. 운전이란 전방을 주시하여 주변 상황을 인지하는 동시에 상황에 맞게 핸들, 페달 등 차량을 조작하면서 목적지에 맞게 길을 찾아 가는 복잡한 작업이다. 차량의 조작은 반복된 학습을 통해 익숙해 질 수 있으나, 전방 주시된 사물 및 상황에 대한 인지는 보다 고차원적인 주의력과 인지력을 요구하는 작업이다. 따라서 운전자가 운전을 보다 안전하고 용이하게 하기 위해서는 운전자가 전방 사물과 상황을 잘 주시하고 인지할 수 있도록 운전자의 신체적·인지적 주의 분산을 최소화 시켜야 한다.

이를 위해, 최근 국내외적으로 자동차 관련 업계와 연구기관을 중심으로 ‘운전자-차량 인터랙션(HVI: Human Vehicle Interaction) 기술’이 연구 개발 중이다. 운전자와 차량 간 인터랙션 기술은 크게 입력 기술과 출력 기술로 나누어 볼 수 있다. 먼저 입력 기술을 살펴보면, 자동차의 지능화·고급화 추세로 인해 과거 단순히 버튼을 눌러 인터랙션 하는 기술에서 나아가, 최근에는 터치패드, 조그셔틀, 음성 인식, 제스처 인식 등을 통하여 보다 직관적이고 편리하며 안전한 방식의 장치 및 기술이 개발되고 있다. 또한 출력 기술로는 단말기 상에서의 그래픽이나 텍스트 형태의 시각정보와 음향이나 음성 등의 청각 정보뿐만 아니라 운전석 시트나 안전벨트 및 핸들 등을 통한 진동의 형태 등 다양한 모달리티(modality)를 이용하여 운전자에게 정보를 제공해 주는 기술들이 개발 되고 있다.

차량으로부터 운전자에게 제공되는 정보 형태의 대부분은 차량 내 정보 제공 장치를 통하여 시각정보로 전달된다. 운전자에게 시각정보를 제공하는 방식에는 그러한 정보를 주시하고 인지하기 위한 운전자의 머리 움직임에 따라 HDD(Head Down Display)방식과 HUD

(Head Up Display)방식으로 나눌 수 있다. HDD방식은 보통 운전자를 기준으로 차량의 중심부 하단에 위치한 단말기를 통하여 정보를 제공하는 방식으로, 운전자가 정보를 제공받기 위해 디스플레이 쪽으로 시선이나 고개를 돌리기 때문에 주의 분산이 발생하므로 전방 주시 태만에 의한 사고의 위험성이 있다. 반면에 HUD방식은 운전자가 비교적 머리의 움직임이나 시선의 이탈 없이 전방을 주시한 채로 정보를 제공받을 수 있기 때문에 운전자의 신체적 주의 분산을 막고, 위기 상황에 대처하는 시간이 그 만큼 빨라질 수 있어 안전운전을 도모할 수 있게 된다. 하지만 HUD로 제공되는 정보는 운전자가 전방을 주시하면서 획득하고 인지하게 되는 실세계 정보와 차이를 지니게 된다. 예를 들어 HUD로 내비게이션 경로정보를 제공하게 될 때 그래픽으로 디스플레이 되는 경로의 모양과 운전자가 실제로 바라보고 있는 도로의 모양이 서로 상이하므로 운전자는 이를 머리 속에서 추상화시키고 매칭시키는 복잡한 인지적 과제를 처리해야만 되는 것이다.

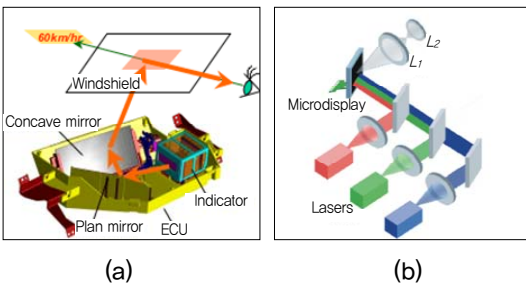
따라서 이러한 인지적 부하를 해소하기 위해서는 차량으로부터 제공되는 정보를 운전자가 바라보는 실세계와 정합시켜 디스플레이 해주는 증강현실 기술의 접목이 필요하며 이러한 증강현실 기술은 HUD기술과 긴밀히 연계됨으로써 궁극적으로 운전자의 신체적 부하뿐만 아니라 인지적 부하까지도 최소화시킬 수 있으며 안전운전의 목표를 달성할 수 있게 된다.

이러한 배경을 바탕으로 본고에서는 차량용 HUD기술과 차량용 증강현실 기술 개발 동향에 대해서 살펴보고자 한다. 본고의 구성은 다음과 같다. II장에서 차량용 HUD 기술에는 어떤 것이 있는지 기술별·제품별로 나누어 살펴보고, III장에서는 차량용 증강현실 기술 개발 동향에 대해서 살펴본다. IV장에서는 차량용 증강현실 기술개발을 위하여 고려할 사항 및 관련된 주요 이슈를 설명하고 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 차량용 HUD 기술개발 동향

1. 차량용 HUD 기술 동향

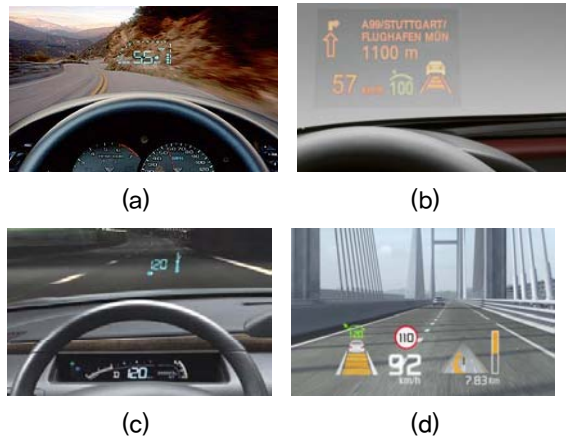
차량용 HUD를 구현하기 위한 방식은 크게 프로젝션 방식(projection type)((그림 1(a)) 참조)과 레이저 방식(laser type)((그림 1(b)) 참조)으로 나눌 수 있다. 프로젝션 방식의 HUD는 정보를 표시하는 광원, 이를 투사하기 위한 광학장치, 그리고 이들 정보가 투사되는 투명한 스크린으로 구성되어, 투사되는 VFD(Vacuum Fluorescent Display), CRT(Cathode-Ray Tubes), LCD(Liquid Crystal Display), LED(Light-Emitting Diode) 등의 디스플레이 형태에 따라 전방 투영(front projection) 또는 후방 투영(rear projection) 설계가 가능하며, 하나 또는 여러 개의 프로젝터가 유리판을 향하도록 구성할 수 있다. 각각의 프로젝터에서 나온 빔은 스크린 화면에 닿은 후 유리판 위에 기록된 렌즈 배열에 의해 다시 모아진다. 이렇게 하면 원래 영상에 대한 허상(virtual point)이 만들어지며 가상의 물체가 유리판 근처에 나타나게 된다. 후방 투영방식에서는 영상이 유리판을 통과하면서 보여지게 되고, 전방 투영방식에서는 영상이 스크린에 반사되어 나타나게 된다. 레이저 방식의 HUD는 레이저 빔을 렌즈를 통해 비추어 주시 공간 상에 이미지가 나타나게 해주는 직접 투사 방식이다. 레이저 방식의 HUD는 다른 HUD방식에 비해 특히 약천후, 야간 등 시야가 좋지 않은 상황에서 명도와 대비가 뛰어난 이미지를 제공할 수 있다[2].



(그림 1) 차량용 HUD 타입

2. HUD 기술적용 제품개발 동향

2000년 초반부터 세계적인 자동차 제조사를 중심으로 프리미엄 전략의 일환으로 HUD기술을 적용해오고 있다. 처음에는 단일 색상으로 클러스터에서 제공되는 간단한 주행정보만을 고정된 위치에 디스플레이 하는 형태로 개발되었으며, GM사의 캐딜락 XLR((그림 2(a)) 참조)의 경우는 HUD를 양산 제품에 적용하여 제품화하여 판매한 예이다. Siemens VDO에서는 TFT-LCD(Thin-Film-Transistor Liquid Crystal Display)를 사용하여 영상을 표시하여 컬러표현이 가능하고 휘도가 높아 밝은 곳에서도 정보를 표시할 수 있도록 기술을 개발하였으며, 이를 BMW 및 Chrysler의 한정된 차종에 장착하여 제공하였다. 2003년도부터는 컬러 HUD의 시장 출시 이후 BMW 5,6 시리즈((그림 2(b)) 참조) 및 Peugeot CITROeN((그림 2(c)) 참조)에 다양한 주행정보를 컬러로 표시·제공하는 HUD기술이 장착 되었다. HUD 기술은 날이 발전하여 고해상도 디스플레이를 통한 주간 및 야간 정보 표출과 MAP정보 및 계기판정보, 차량 단말기 등과의 네트워크 기술을 통해 더 많은 차량 내외 정보를 제공할 수 있게 되었다. 이는 앞선 BMW, GM과 더불어 아우디, 벤츠, 도요타, 닛산과 같은 다양한 차종에 적용되었고 최근에는 우리나라 K9((그림 2(d)) 참조)에도 적용되어 기존 계기판 등을 통



(그림 2) HUD 기술 적용 차량 제품

하여 제공하던 HDD방식의 차량 정보를 HUD방식으로 제공 받을 수 있게 되었다[3].

III. 차량용 증강현실 기술개발 동향

1. 모바일 증강현실 내비게이션 개발 동향

최근 스마트폰의 급격한 보급에 따라 2009년부터 스마트폰 앱을 이용한 차량용 증강현실 내비게이션 기술이 개발되었다. OS에 따라 안드로이드 용((그림 3(a)) 참조)과 아이폰 용((그림 3(b)) 참조)으로 나뉘어 개발되었으며 차선정보, 경로정보, 전방 주행 차량정보 등 운전자의 안전과 편의를 위한 다양한 정보들을 스마트폰의 카메라로부터 획득된 실제 영상에 정합하여 제공하고 있다[4][5].

2. 단말기 기반 증강현실 내비게이션 개발 동향

기존의 그래픽 기반 내비게이션 기술과 접목하여 차량에 장착된 카메라를 통해 획득된 도로 영상 위에 3차원 형태로 경로정보를 제공해주는 차량 단말기 기반 증강현실 내비게이션 기술도 개발되고 있다. 일본 Pioneer[6]사에서는 2011년에 AVOC-VH09CS 라는 모델명으로 기존 내비게이션 제품과 연계된 증강현실 개념의 내비게이션 제품((그림 4) 참조)을 개발하여 시판하였다. 이 제품은 차량의 룸미러 후면에 소형 카메라를 탑재하고 이것을 통해 촬영된 화면을 7인치 내비게이션 단말기에서 출력한다. 또한 내비게이션 경로를 입체 선



(그림 3) 모바일 증강현실 내비게이션 사례



(그림 4) Pioneer사의 AVOC-VH09CS

형으로 표시해 주고, 좌/우회전 시에는 화살표로 회전 방향을 나타내어 기본적으로 경로정보, 교차로까지의 거리, POI(Point of Interest)정보, 신호등에 따른 경고음 알림, 전방 주행 차량과의 거리에 따른 색깔변이를 사용한 정보 등을 제공하고 있다.

3. 증강현실 기술과 HUD 기술의 접목

최근까지 증강현실 기술은 꾸준히 발전해왔고 모바일을 비롯한 여러 분야에 활발히 응용되고 있다. 자동차 분야 역시 현재 증강현실 기술을 접목한 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 차량용 HUD기술과 접목된 증강현실 기술은 HUD가 지닌 문제점을 보완하고 운전자의 안전과 편의를 향상시킬 수 있는 주목할 차세대 정보제공 방식으로 인식된다. HUD기술은 운전자에게 제공할 정보를 차량 전방 위치에 출력하여 머리 움직임이나 시선 이동 등 운전자의 신체적 주의 분산을 줄임으로써 안전운전을 도모하나, HUD로 출력되는 정보와 운전자가 눈으로 획득하고 인지하는 실세계 정보와의 부정합으로 인해 운전자의 인지적 부하를 증가시키는 단점이 있다. 따라서 운전자의 신체적·인지적 부하를 모두 감소시키기 위해서는 차량으로부터 제공되는 정보를 운전자가 바라보는 실세계와 정합시켜 디스플레이 해주는 증강현실 기술의 접목이 필요하게 된다.

이러한 필요로 인해 최근 들어 차량용 HUD기술과 증강현실 기술을 접목한 연구개발이 활발히 진행 중이다.



(a) (b)

(그림 5) 증강현실 기술이 접목된 HUD 개념 사례

미국의 경우 2011년 'Autoglass 2020 vision'[7]이라는 프로젝트를 제안하여 차량의 고장 정보, 차량연료 정보, 보행자나 선행차량에 대한 정보, POI정보, 속도와 같은 차량정보를 차량 전방 유리창에 운전자의 시야에 맞게 제공해주는 full-windshield기반 AR-HUD기술을 개발하여 2020년까지 상용화하겠다는 비전을 제시하기도 하였다(그림 5(a)) 참조).

일본의 경우, 도요타[8]는 2011년 'Windows to the World'라는 명칭으로 자동차의 모든 유리창이 정보 제공 디스플레이로 사용될 것임을 예측하면서, 자동차 앞, 뒤 좌석을 포함한 모든 유리창에 증강현실 기술을 접목함으로써 탑승자가 이동하면서 보게 되는 바깥 세상과 인터랙션을 할 수 있는, 엔터테인먼트에 중점을 둔 증강현실 HUD 개념을 제시하였다(그림 5(b)) 참조).

일본의 Pioneer사[9]는 MicroVision의 MEMS (MicroElectroMechanical Systems) 기반 레이저 프로젝션 기술을 사용하여, 소형 레이저 프로젝터로 투사하여 영상을 보여주는 투명 디스플레이형 HUD를 개발하였다(그림 6) 참조). HUD 스크린으로 판유리를 사용하여 운전자는 이 판유리에 비치는 경면 반사상을 1.5m 거리



(그림 6) Pioneer사의 개발 제품



(그림 7) GM에서 개발 중인 기술

의 19인치 화면으로 보게 된다. 또한 세 가지의 보기 모드를 지원하여 운전에도 도움이 되는 증강현실 정보를 상황에 맞추어 알기 쉽게 표시해 준다.

GM은 2011년부터 full windshield 기반의 차량용 증강현실 기술을 2016년 상용화를 목표로 개발하고 있다(그림 7) 참조). GM이 개발하고 있는 차량용 증강현실 기술은 비나 안개와 같은 악천후 시 운전자 전방 시야가 확보되지 못하였을 경우 차선과 교통 안내판 등을 레이저 기반의 디스플레이 기술로 운전자 시야에 맞게 제공하는 기술이다[10].

국내의 경우 ETRI에서 2010년부터 '운전 안전성 및 편의성 향상을 위한 운전자 시야 중심 차량용 증강현실 정보제공 시스템 기술 개발'을 진행 중이며 주간은 물론이고 안개, 우천, 야간과 같은 상황에서도 전방 보행자, 차량, 교통 안내판, 차선 등을 검출하고 인식한 후 운전자의 시야에 맞게 HUD에 정보를 제공하는 기술을 개발하고 있다. 본 기술을 위해서 고정밀 항법 장치를 사용한 차량의 정밀한 위치 자세 검출, 운전자의 시선 추적, 3차원 맵과 연동한 내비게이션 정보 제공, 차량이나 보행자 등의 실시간 검출, 나이트 비전과 레이더를 이용



(그림 8) ETRI의 개발 사례

한 물체 인식, 가상 객체와 운전자 시야와의 정밀한 정합 등 다양한 요소 기술들을 개발하고 있다. (그림 8)은 3차원 내비게이션 경로와 POI, 전방 주행 차량 등을 실제 테스트 차량에 장착된 투명 LCD를 통하여 표출한 모습을 보여주고 있다.



(그림 9) AR 기술이 접목된 정보 제공 실례

IV. 향후 고려사항 및 주요 이슈

HUD와 접목한 차량용 증강현실 기술은 운전자가 전방을 주시한 채 정보를 제공받을 수 있기 때문에 운전자의 신체적 주의 분산을 줄이고, 운전자 시야에 맞게 정보를 제공함으로써 상황 인식을 위한 운전자의 인지부하를 줄이게 되어 운전 안전성과 편의성을 높일 수 있다.

이러한 차량용 증강현실 기술이 앞서 설명한대로 운전 중 요구되는 상황 인식을 위한 인지부하를 줄일 수 있도록 하려면 제공되는 정보를 운전자가 쉽고 빠르게 이해할 수 있도록 표현하여야 한다. 따라서 제공되는 정보의 형태, 배치, 색상과 크기, 개수, 위치, 정보 제공 시점 등 정보 제공 효율성에 대한 사전 분석이 필요하다.

이러한 관점에서 정보제공 방법에 대한 HVI측면의 연구가 진행되고 있다. GM, BMW 등 자동차 제조사의 경우에는 주의 분산을 최소화하고 빠른 직관력을 제공할 수 있는 사용자 인터페이스 설계에 대한 연구가 진행되고 있다. BMW[11]의 경우 전방 차량 표시를 주행차량과의 거리에 따라 다양한 색상(초록, 노랑, 빨강)으로 표현해주기도 하고, 전방 차량에 대해서 차량의 타이어 아래에 (그림 9(a))와 같이 언더바 형태로 표현한 인터페이스 등을 제시하였다. Pioneer의 경우는 (그림 9(b))와 같이 HUD 장치를 운전자 전방 상향에 위치하도록 설계하고, 목적지까지 경로에 대한 정보를 운전자가 바라보는 실제세계의 전방 가장 위쪽에 표현하도록 함으로써 도로면 위에 경로정보가 표현되었을 때 주·정차 시 도로

위 차량이나 보행자 등이 occlusion되어 위험을 초래하는 상황을 피할 수 있도록 하였다. ETRI는 선형연구를 통하여 전방 차량, 보행자, 안내판, POI 등에 대해 정보 출력의 형태, 배치, 색상과 크기를 다양하게 구성하여, 어떠한 UI구성 및 정보 표현이 운전자가 정보를 이해하고 인지하는데 용이하고 도움이 되는지에 대하여 피험자를 기반으로 분석을 수행하였다.

이러한 정보제공 방법을 적용하여 개발된 차량용 증강현실 시스템은 실제 테스트 차량을 이용한 실험을 통하여 운전 안전성과 만족도에 대한 효율성을 검증하여야 한다. 이를 위해서는 제공된 정보에 대한 인지 반응 시간과 실제 그 정보를 인지한 후 안전 운전을 위해 속도를 줄이거나 차선을 변경하는 등의 운전 조작 행위에 대한 안전 운전 수행도[12]를 분석해야 하며, 이러한 정보제공방식에 대한 주관적 운전자 만족도[13]에 대한 분석도 추가적으로 필요하다.

다시 말해서 차량용 증강현실 기술이 적절한 정보 표현 방법으로 운전자가 직관적으로 이해하기 쉽도록 운전자 시야에 맞게 정보를 제공할 수 있기 위해서는 정보의 특성과 종류 및 운전 상황에 맞는 정보 표현을 정의·분류·분석하고 각 정보 표현에 대한 운전 수행 효율 및 주관적 운전자 만족에 대한 효율성 검증이 이루어져야 한다.

V. 결론

자동차의 지능화, 교통 상황의 복잡화, ICT 기술의 급격한 발전과 보급으로 인해 자동차 안에서 제공받을 수

있는 정보의 양이 급격히 증가하였다. 운전자의 편의를 빌미로 운전 중 다양한 정보들이 무차별적이고 동시에 발적으로 제공된다면 이는 운전자의 안전을 심각히 위협하는 요소로 작용하게 될 것이다. 따라서 운전자의 운전부하를 고려한 정보 제공 방법에 대한 연구가 반드시 필요하며 이러한 연구 결과를 바탕으로 차량용 증강현실 기술 개발이 수행되고 실제 제품으로 적용되어야 할

것이다. 본고에서는 HUD기술과 차량용 증강현실 기술 개발에 대한 국내외 현황과 제품 개발 사례 등을 간략히 살펴 보았다. HUD에 기반한 차량용 증강현실 기술은 정밀 차량 항법 기술, 헤드 트래킹 기술, 물체 인식 및 주행 상황 인식 기술, 멀티 센서 퓨전 기술, 정합 기술 등 다양한 요소기술을 요구하는 고난도 기술 분야 중 하나이지만 미래의 가장 유망한 차량용 정보 제공 기술로서 실현될 날이 멀지 않았다.

용어해설

증강현실(augmented reality) 실제 환경에 가상 사물이나 정보를 합성하여 원래의 환경에 존재하는 사물처럼 보이도록 하는 컴퓨터 그래픽 기술

터치패드(touch pad) 평판 모양의 센서를 손가락으로 대는 것으로, 마우스 포인터의 조작을 하는 포인팅 장치의 하나임.

조그셔틀(jog shuttle) 프레임 단위로 돌아가는 조그와 빨리감기 기능의 셔틀의 합성어로서 본고에서는 BMW의 i-drive 장치

HDD 사용자가 고개를 숙이거나 내린 상태에서 디스플레이 해주는 장치 또는 방법으로써, 기존 대부분의 차량 정보 단말기나 장치들의 디스플레이 형태는 HDD를 따름.

HUD 사용자가 고개를 숙이거나 내려보지 않고 고개를 들고 있는 상태에서 눈앞에 디스플레이 해주는 장치 또는 방법

VFD 진공 형광 디스플레이로서, 저속 전자선에 의해 형광체의 여기발광현상을 이용하는 디스플레이 장치

CRT 전자를 쏘아 마스크에 충돌시켜 화면을 보여주는 장치

LCD 액정 표시 장치로서 얇은 디스플레이 장치 중 하나

LED 순방향으로 전압을 가했을 때 발광하는 반도체 소자

POI 관심지역, 관심지역정보

정합(Registration) 하나의 장면이나 대상을 다른 시간이나 관점에서 촬영할 경우, 영상은 서로 다른 좌표계에서 얻어지게 되는데, 이때, 서로 다른 영상을 변형하여 하나의 좌표계에 나타내는 영상처리기법

MEMS 미세 기술로서 기계 부품, 센서, 액추에이터, 전자 회로를 하나의 실리콘 기판 위에 집적화 한 장치

Occlusion 가림 또는 겹침으로 한 대상이 다른 대상의 앞에 놓여서 뒤에 놓인 대상을 가리는 현상

인지 반응 시간 공학에서 시스템이나 실행단위에 입력이 주어졌을 때 입력 대상을 인정하고 앞에 따라 반응하기까지 걸린 시간

안전 운전 수행 인간공학적 측면에서, 운전자의 주관적 안전이 교통환경의 객관적 안전보다 크거나 같은 경우에 나타나는 운전행동으로, 조향각이나 브레이크 등을 조작하여 안정적으로 차량을 종적/횡적으로 통제하는 것을 일컫음.

주관적 운전자 만족도 인간공학적 측면에서, 운전자가 차량 내/외부에 장착되어 있는 시스템을 사용하면서 느끼는 선호도와 긍정적인 경험을 의미하고, 이는 시스템의 자유로운 사용 빈도 및 불평의 빈도 등으로 측정이 가능한 개념을 일컫음.

약어 정리

AR	Augmented Reality
CRT	Cathode-Ray Tubes
HDD	Head Down Display
HUD	Head Up Display
HVI	Human Vehicle Interaction
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-Emitting Diode
MEMS	MicroElectroMechanical Systems
POI	Point of Interest
TFT-LCD	Thin-Film-Transistor Liquid Crystal Display
VFD	Vacuum Fluorescent

참고문헌

- [1] EU-Project, "System for Effective Assessment of Driver Vigilance and Warning According to Traffic Risk Estimation(AWAKE)," IST-2000-28062, 2004.
- [2] 김은석, "홀로그래픽 광학소자(HOE)," 방송공학회지, 제16권, 제2호, 2011, pp. 73-83.
- [3] 김경호, 조성익, 박종현, "HUD 기술개발 동향 및 텔레매틱스 적용방안," 전자통신동향분석, 제23권, 제1호, 2008. 2.
- [4] Android Smart Phone based AR-navigation, [http://www.youtube.com/watch?v=g-0cuqeUvCQ & feature=player_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=g-0cuqeUvCQ&feature=player_detailpage), 2010.
- [5] i-phone based AR-navigation, http://www.youtube.com/watch?v=GhPCsspJ9CM&feature=player_detailpage#t=51s, 2011.
- [6] Pioneer, "Car-Navigation AVIC-VH09CS," http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=

- 5fdUzYOT870, 2011.
- [7] Autoglass, Autoglass 2020 Vision Project, 2011, http://www.youtube.com/watch?v=WWgy1Y27QnI&feature=player_detailpage
- [8] Toyota, "Window to the World," <http://www.autoblog.com/2011/07/19/toyota-offers-back-seat-passengers-a-new-window-to-the-world/>, 2011.
- [9] Pioneer, "AR-navigation," <http://pioneer.jp/press/2012/0508-1.html>, 2012.
- [10] GM, "Next-Generation HUD Concept," http://www.youtube.com/watch?v=wR5EAEGM4-U&feature=player_embedded, 2010.
- [11] BMW, "BMW Head-Up Display Augmented Reality Simulation," <http://www.bmw-sg.com/bmw-general/video-bmw-head-up-display-augmented-reality-simulation/2011/10/13/>, 2011.
- [12] M.S. Crowther, C.C. Keller, G.L. Waddoups, "Improving the quality and effectiveness of computer-mediated instruction through usability evaluations," *British J. of Educational Technol.*, vol. 35, no. 3, 2004, pp. 289-303.
- [13] M. van Weile, G.C. van der Veer, A. Eliëns, "Breaking down usability," *Proc. of INTERACT*, 1999, pp. 613-620.