



HMD를 사용한 몰입형 자동차 VR Simulator Prototype 구축

유 승 동[†] 박 범^{††}

◆ 목 차 ◆

1. 서 론
2. 본 론

3. 결론 및 향후 연구과제

요 약

현재 자동차 분야에서는 사용자의 욕구와 인간 공학적인 측면을 얼마나 잘 반영하는 차를 만들어 내는가가 점차 중요한 요소로서 부각되어지고 있다. 따라서 이에 부합하여 많은 자동차 시뮬레이터에 관한 연구들이 진행되고 있는 실정이다. 본 연구실에서는 자동차-인간 상호작용을 연구하기 위한 가상현실 시뮬레이터(VISVEC : Virtual Simulator for Vehicle Cockpit)의 제작 Model을 개발하였고, 현재 VISVEC은 자동차 HMI Usability를 위한 시뮬레이터로서 PC를 기반으로 하여 구축되고 있다.

1. 서 론

자동차 운전 시뮬레이터는 1985년 독일 Benz자동차 회사가 우수한 성능의 운전 시뮬레이터를 설치하여 운용한 이래 많은 관심을 끌고 있다.

이러한 관심 속에서 현재는 감성공학과 사용성 평가(Usability Test)를 통한 사용자의 감성에 맞는 자동차의 개발에 많은 관심이 쏟아지고 있다. 따라서 감성 공학과 사용성 평가를 위한 시뮬레이터들이 많이 운용되어지고 있거나 개발되어지고 있다. 이러한 시뮬레이터를 제작하기 위한 여러 기술들 중에서 가상현실 기술은 전통적인 디자인 방법의 한계를 극복할 수 있는 효과적인 제품 디자인과 평가도구로서 여겨지고 있다[25]. 따라서 이러한 시뮬레이터를 구축하는데 있어서 가상 현실 기법을 많이 적용하고 있는 실정이다. 윤정선 등[4]은 자동차 운전석 디자인을 위한 가상 현실 적용 평가 시스템을 구현하였고, Akinori Horiguchi 등[8]은 감성공학을 적용한 운전자/자동차 시뮬레이터 시스템을 제작하였으며, 최성 등[7]은 VR

† 정회원 : 아주대학교 기계 및 산업공학부 대학원

†† 정회원 : 아주대학교 기계 및 산업공학부 조교수

기법을 적용한 운전 시뮬레이터 시스템 구축에 대하여 연구하였다. 이와 더불어 시뮬레이터 운전석의 IP(Instrument Panel)에 대해서 운전자의 시야를 고려한 표현을 위한 연구도 수행이 되었다[2]. 이외의 시뮬레이터들은 Daimler-Benz의 Driving Simulator, 포르투갈의 DriS-Driving Simulator, 네덜란드의 TNO Driving Simulator, Iowa대학의 Driving Simulator[17], Leeds대학의 Advanced Driving Simulator, Massachusetts 대학의 Driving Simulator등 많은 시뮬레이터들이 개발되었거나 개발되어지고 있고, 또한 이를 사용한 연구들이 많이 수행되어지고 있다.

본 논문에서는 운전자-자동차 상호작용 모델을 구축하기 위한 일환으로서 자동차의 내장 디자인(Interior design)을 위한 사용성 평가용 몰입형 가상현실 시뮬레이터(VISVEC : Virtual Simulator for Vehicle Cockpit)를 연구하고 있으며 이의 Prototype을 제작하였다[1][2].

2. 본 론

2.1 연구 배경

현재 제작되어지고 운용중인 대부분의 Driving Simulator들은 Desktop형 또는 Projection형의 Display시스템을 구축하고 있다. 이들 중, Projection형의 Simulator들은 실제 운전 상황과 유사한 시야 및 시각을 제시하기 때문에 이 분야에 대하여 많은 연구들이 수행되어지고 있는 반면, Desktop형 Simulator들은 Display 장치로 대부분 CRT 모니터를 사용함으로 인해 운전자의 시야에 대해 그리 만족시키지 못하고 있는 실정이다. 따라서 단순한 시각 시스템을 채용한 실험용 시뮬레이터 등에만 이용되어지고 있다[11][33].

이와 반면 Display 장치로서 HMD를 사용하는 몰입형 Driving Simulator들에 대하여는 Projector나

CRT를 사용하는 시뮬레이터들에 비해 아직 연구들이 활발하게 진행되어지지 않고 있는 실정이다. 이는 HMD자체가 아직 충분한 해상도를 지원하지 못하며, 또한 충분한 시야를 제시하지 못하기 때문이다[5]. 하지만 향후 HMD를 비롯한 주변 장치들의 발전에 힘입은 몰입형 Driving Simulator의 발전 가능성을 무시할 수 없기에 본 논문에서는 HMD를 사용한 몰입형 Driving Simulator를 제작하는 것을 목표로 연구를 수행하고 있다.

2.2 관련 기술

몰입형 Driving Simulator의 기반이 되는 기술들은 크게 Hardware, Software, Human Factor 세 가지로 구분되어질 수 있다. 이 중 본 논문에서는 Human Factor를 중심으로 연구를 수행하였다. 이에 관련된 기술로는 Perceptual system, Cognitive system, Motor system[15]에 관련된 것들이 있을 수 있는데 본 논문에서는 이들 중에서 자각 인식과 운전자의 시야에 대하여 중점을 두고 고찰해보겠다.

2.2.1 자각 인식

운전 활동 중에는 제시되는 자극이나 상황들을 지각하는 속도에 따라 운전 활동의 Performance에 영향을 미치게 된다. 여기서 지각 속도란 ‘그림이나 기호 등을 비교하고, 그림이나 기호를 찾기 위한 탐색, 또는 시각적 지각을 포함한 매우 간단한 여러 직무들을 수행하는 속도’라고 정의되어진 인지 능력이다[19].

숙련도와 Performance간의 관계는 Allen에 의해 밝혀졌는데, Allen은 정보 검색 시스템에서 검색을 수행하는데 있어서 지각 속도가 비 숙련 사용자들의 숙련도에 영향을 미친다는 것을 밝혀 냈다. 즉, 지각 속도에 대한 기본 검사에서 높은 점수를 획득한 사람은 낮은 점수를 획득한 사람들에 비하여 높은 질의 탐색 활동을 수행한다는 것

을 밝혀 낸 것이다[9].

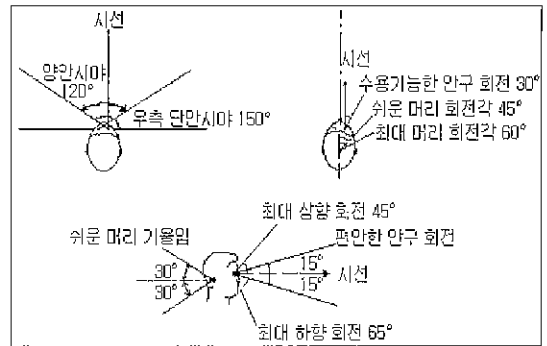
따라서 시스템 설계자들은 대상이 되는 시스템 사용성의 영향에 대해 선택을 하여야 한다. 또한 지각 속도와 같은 인지 능력의 대상 시스템의 사용성에 대한 영향 또한 선택되어야 한다[10].

또한 정보의 특징, 형태, 그리고 위치에 대한 보다 많은 지식은 정보의 획득을 보다 쉽게 할 수 있다[12][14][18][23][29][30]. 이는 정보에 대한 선입견이나 기대치가 그 정보의 인식에 대한 속도와 정확도에 영향을 끼칠 것이라는 것이다 [24]. 이와 같이 볼 때, 운전 시뮬레이터를 제작하거나 실제 자동차를 설계할 때에 자동차의 운전석이 운전자의 인지 지도(Cognitive map)에 각 인되어있는 표준적인 운전석에 보다 근접할 경우 운전 Performance의 향상을 기대할 수가 있는 것이다.

2.2.2 운전자의 시야

운전 활동에 있어서 시각은 대부분의 정보와 운전자가 상황 판단 및 의사결정을 할 수 있도록 해주는 자극을 입력받는 중요한 인체 기관이다. Heilig[22]의 연구에 의하면 인간이 외부로부터의 자극을 수용하는 감각은 시각이 70%, 청각이 20%, 그리고 후각 5%, 촉각 4%, 미각 1%의 순서로 나타났다. 따라서 운전 활동에 있어서 시각에 관한 문제는 수동작에 관련된 문제와 더불어 가장 많이 고려되어야 할 요소이다[3][32]. 따라서 운전자의 시야 및 시각에 대한 연구들이 많이 수행되고 있다[20][28][32].

이와 같이 실제 운전 상황에서 시각이 중요한 요소라는 사실과 마찬가지로 Driving Simulator에서도 운전 현실감을 확보하기 위한 가장 중요한 요소는 시각 시스템이라고 할 수 있다[6]. 따라서 시야와 시각에 관한 요소들은 실제 운전 환경에서와 마찬가지로 중요한 요소들로서 고려되어야 한다.



(그림 1) 시야, 눈과 머리의 움직임에 대한 한계영역
(SAE J985 에서 인용함[31])

인간의 눈은 시야의 중심 2° 범위를 중심시라고 하고 이 영역에서는 1.0 - 2.0의 시력을 보이나, 그 주변 20° 범위에서는 0.3으로 떨어지며 이 영역을 주변시라고 한다.

운전자는 실제 운전 상황에서 보다 넓은 시야를 확보하기 위해 양쪽 눈과 머리를 돌릴 수 있다. 또한 눈을 돌리지 않고도 주변시를 사용하여 물체를 보고 움직임을 인지 할 수 있다. 하지만 비록 주변시가 운전 직무에 있어서 중요하기는 하지만 보통 자동차에서 제시되는 시야의 평가를 위해서는 거의 고려되지 않고 각 눈이 고정된 상태에서 제공되는 중심시와 연관하여 고려되어진다[21].

운전 활동 동안의 시선 방향의 변동은 대개의 경우 6°를 상회하지 않고 또 대부분의 시선 고정 지속 시간은 0.1과 0.35초 사이에 머무르고 있다. 또한 모든 응시의 약 90%는 중심적 응시점에서의 ±4편차 영역(확대의 초점, 다시 말해서 예컨대 어느 도로의 원근적 소진점(Fluchtpunkt)과 같이 시계가 확대되고 있는 점)에 있다고 가정될 수 있다. 시선 고정화는 가장 많은 정보를 제공해주고 있거나 내지는 가장 많은 정보가 기대되고 있는 시계의 부분에 집중된다[26]. 이와 관련된

조사 결과에서는 초보자가 자기의 중심시를 통하여, 그러니까 시선 고정화를 통해 얻게 되는 시각 정보를 주로 처리하고 있다는 점이 밝혀지고 있다[27].

Connolly[16]와 SAE J985[31]에서는 가장 중요한 인간의 시야 용량과 시각적 예민함의 영향, 그리고 동작 인지와 해부학적 제약들에 대하여 조사하였다. 이러한 모든 것들은 매우 복잡한 운전 상황에 있어서 매우 중요한 것들이지만, 이 모든 것들이 자동차 설계에 있어서 좋은 시야를 제공하기 위해 정확하게 확립되어야 할 필요는 없다[21].

운전자의 시야의 범위는 SAE J985[31]에 의하면, 수평방향에 대한 양안의 시야는 120°이며, 이때 시야의 예민함은 중심 시선으로부터 매우 좁은 영역에 국한되어 있기 때문에 주변서 내의 물체를 정확히 인식하기 위해서는 시선을 이동시켜야 한다. 이때 눈은 머리를 돌리지 않고 약 30° 정도를 편하게 움직일 수 있으며, 이때 약 45° 정도의 시야가 주어지게 된다.

또한 수직 방향으로는 자연스럽게 상하 약 15° 정도 눈을 움직일 수 있으며, 최대 이동 각도는 상향 45°, 하향 65° 정도가 된다. 머리는 상하 각각 30° 정도를 움직일 수 있다.

이와 같은 눈과 머리의 움직임을 통해 운전자는 직접 시야를 확장할 수 있으며, 실제로 도로 환경에 대한 운전자의 시야는 해부학적 제약보다 자동차 내부의 설계에 의해 보다 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다[21]. 이와 같은 시야, 눈과 머리의 움직임에 대한 한계영역은 (그림 1)에 표시되어 있다.

2.2.3 몰입형 VR 시뮬레이터 사례

Beier[13]는 몰입형 시뮬레이터를 제작하였는데 이는 자동차 설계 및 내부 디자인을 목적으로 제작되었다. 이 시뮬레이터는 주로 CAD/CAM 모델

을 VR로 표현하기 위한 기능을 수행하는데 목적을 두었으며 여기서는 HMD 대신 Counterbalanced stereo display device를 채택하였으며, 이와 더불어 Data glove를 입력 장치로 사용하였다.

또한 Rochester대학에서도 HMD를 사용한 정적 시뮬레이터를 제작하였는데, 이는 가상 환경 하에서의 운전자의 운전행위와 학습 과업에 대한 심리학적 관점의 연구를 주목적으로 하여 개발된 시뮬레이터이다.

이와 같은 몰입형 VR Driving Simulator는 HMD의 제한점들 때문에 많이 연구되거나 제작되어지지 않고 있는 실정이다. 단지 연구실 차원의 연구용으로만 제작되어지고 활용되어지고 있다. 하지만 현재 출시되고 있는 HMD들은 이러한 제한점들을 많이 극복하고 있기 때문에 향후 연구 및 제작되어지는 시뮬레이터들은 HMD를 사용한 몰입형 시스템을 채택할 것으로 보여진다.

2.3 VISVEC 구현

현재까지 많은 VR기법을 적용한 시뮬레이터들이 연구되어지고 제작이 되어져 왔다. 본 논문은 이러한 시뮬레이터 중에서 운전이라는 특정한 분야에 대하여 연구하였다. 이미 개발되었거나 개발되어지고 있는 시뮬레이터의 대부분은 일반적으로 범용의 목적을 지니고 개발되어진 것들이 많다. 예를 들면, 운전 교습, 시나리오에 따른 상황 재연을 통한 운전자 반응 측정 등의 목적을 가지고 있는 것들이다. 하지만 본 연구를 통해 개발되는 시뮬레이터인 VISVEC은 운전자-자동차 상호작용 모델 연구를 목적으로 하는 시뮬레이터로서 자동차 운전석의 형태, 배치, 위치, 크기 등에 대한 운전자의 반응 속도 및, 의사결정, 인지도 등을 평가하기 위한 시뮬레이터이다. 한마디로 사용성 평가를 위한 시뮬레이터라고 할 수 있는 것이다.

VISVEC의 구축을 위한 H/W 및 S/W는 다음과 같다.

2.3.1 Hardware

본 연구에서 사용된 HMD는 Liquid Image사의 MRG2.2로서 FOV(Field Of View)는 수평 84°, 수직 65°를 제공한다. 또한 이의 Resolution은 720 × 240 Pixels이며, Display는 Single Full Color의 AMTFT LCD를 이용한다. 또한 이의 Video Signal은 Composite of Analog RGB이며, Input Signal은 NTSC(RS-170A)/PAL을 제공한다.

또한 가상세계에서의 자동차 주행을 위한 장치는 Logitech사의 3D Space Mouse 및 2D Mouse를 사용하였다. 3D Space Mouse는 6DOF (Degree Of Freedom)을 가지며 컴퓨터와의 통신은 RS-232C Serial 통신을 사용한다.

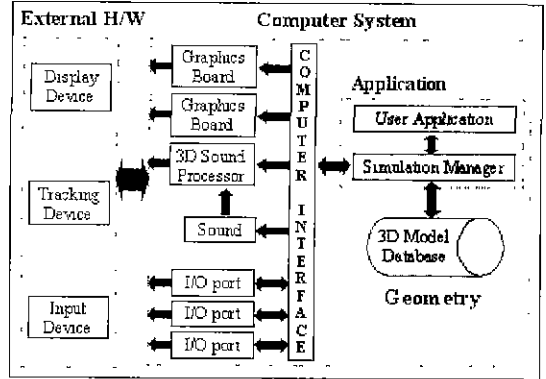
전반적인 VISVEC의 환경은 (그림 2)와 같다.



(그림 2) VISVEC 구축환경

2.3.2 Software

VISVEC은 PC기반의 시뮬레이터로 이를 구현하기 위해 Superscape VRT™ 5.0을 사용하여 제작되었다. 이를 사용하여 주행환경을 구축하고, 운전석에 대한 모델링을 실시하였다. VRT는 (그림 3)과 같은 구조를 가진다.



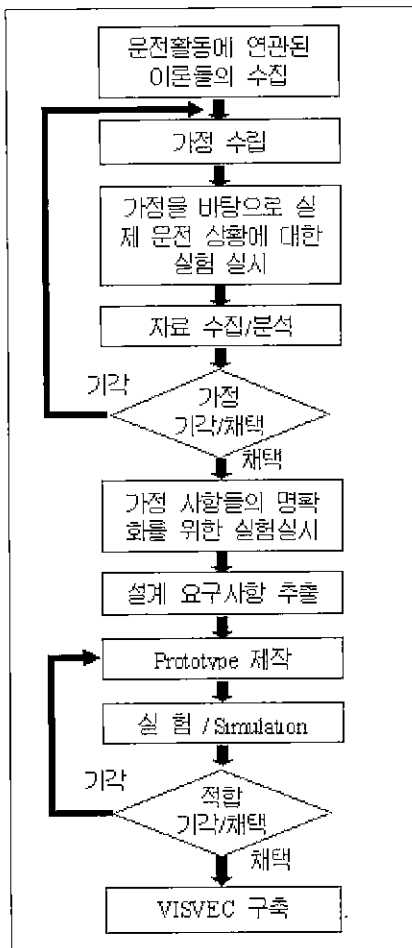
(그림 3) VRT Structure

2.3.3 VISVEC 개발 Process

현재 진행되어지고 있는 VISVEC 구축을 위한 Process는 운전자 및 운전 활동에 연관된 자료를 수집하는 것에서부터 시작되었다. 이를 기반으로 운전활동 및 운전자에 대한 가정들을 수립하고, 이러한 가정들을 기반으로 실제 운전 상황에서 실험을 실시하여 데이터들을 수집하고 분석하였다. 이러한 데이터들로부터 Feedback을 받아서 VISVEC개발에 대한 요구사항들을 결정하고 이를 설계에 반영하였다. 이렇게 설계/제작되어진 VISVEC Prototype을 사용하여 기존 가정들에 대한 실험을 실시하고 있으며 계속적으로 Feedback을 실시하고 있다. VISVEC의 개발 Process는 (그림 4)와 같다.

3. 결론 및 향후 연구과제

자동차와 같은 인간-기계 시스템의 설계 요소들의 인터페이스 구축이 디자이너의 이상적 설계와 제품 개발자의 일방적인 결정에 따르던 관습에서 벗어나, 이제는 보다 사용자 중심적이고 친화적인 인터페이스를 구축하려는 경향들이 많이 나타나고 있다. 이러한 인터페이스들을 구축하는데 있어서 기존의 방법인 시제품의 제작이나 Mock-up 등의 방법을 사용하기에는 제품 개발의



(그림 4) VISVEC 개발 Process

Life cycle이 길어지고 초기 투자비용도 많이 들게 된다. 따라서 가상현실 기법을 적용한 시뮬레이터의 개발 및 응용이 시급하다고 볼 수 있다. 물론 많은 대학 및 연구소에서 가상현실 기법을 적용한 시뮬레이터들에 대하여 연구하고는 있지만 아직 부족한 감이 있다. 이에 본 연구에서는 국제표준인 Soft Science의 HMI(Human-Machine Interface) Model의 구축을 위한 VISVEC의 Prototype을 구축해 보았는데, VISVEC의 구현에 관련된 Project는 계속 진행 중이며, VISVEC을 제작하기 위해 필요한 요구사항들 중, 자극 지각 속도 및 시야에

대한 기본적인 이론 및 기술들에 대하여 고찰하여 보았다.

현재는 입력장치 및 운항 장치에 기본적인 2D/3D Mouse를 사용하고 있지만 추후 Steering wheel, Gear stick, Pedal 등의 Hardware들을 추가할 계획이다.

향후 본 시뮬레이터에 대한 지속적인 연구를 통해 사용성 평가 및 상호작용 모델 구축을 목적으로 하는 시뮬레이터인 VISVEC을 구축해 나갈 것이다.

참고문헌

- [1] 박범, 김영진, 유승동, "자동차 Human-Machine Interface 상호작용 Model 설계", 1997년 춘계 인지과학회 발표 논문집, pp.312-312, 1997.
- [2] 유승동, 정운, 박범, "VR기법을 적용한 자동차 HMI Usability Test Simulator설계에 관한 연구", 1997년 춘계 인간공학회 학술 논문집, pp.26-30, 1997a.
- [3] 유승동, 백승렬, 박범, "자동차의 수동조작기에 대한 운전자 행동 모델에 대한 연구", 1997년 추계 인간공학회 학술 논문집, pp.267-276, 1997b.
- [4] 윤정선 외 2인, "인공현실감을 이용한 승용차 운전석 디자인 평가 시스템", 대한 인간공학회지, 제 14 권, 제 1 호, pp.83-90, 1995.
- [5] 이남식 외, "VR 기술동향 및 산업 정책에 관한 연구", KRISS-93-078-IR, 과학기술처특정연구보고서, 1993.
- [6] 이운성, 김상섭, "차량시스템 개발 도구로서의 운전 시뮬레이터", 자동차공학회지, Vol.16, No.1, pp.2-9, 1994.
- [7] 최성, 장덕성, "VR기법을 적용한 자동차 운전

- 시물레이션 시스템 구축에 관한 연구”, ‘95 정보처리학회 춘계 학술 발표 논문집“, pp.52-55, 1995.
- [8] Akinoti, Horiguchi, Takamasa, Suetomi., “A Kansci engineering approach to a driver/vehicle system”, *International Journal of industrial ergonomics*, 15, pp.25-37, 1995.
- [9] Allen B. L., “Cognitive differences in end-user searching of a CD-ROM index”, In: 15th international conference on research and development in information retrieval proceedings, ACM, Baltimore, pp. 298-309, 1992.
- [10] Allen B., “Perceptual Speed, Learning and Information Retrieval Performance”, *Proceedings of the 17th annual international ACM-SIGIR conference on research and development in information retrieval*, pp.71-80, 1994.
- [11] Allen, R., and Jex, H.R., “Driving Simulation Requirements, Mechanization and Application”, SAE paper, No. 800448, 1980.
- [12] Barber, P.J., and Folkard, S., “Reaction time under stimulus uncertainty with response certainty”, *Journal of Experimental Psychology*, 93, pp.138-142, 1972.
- [13] Beier, K.P., “Virtual Reality in Automotive Design and Manufacturing”, SAE paper, No.94C030, 1994.
- [14] Biederman, I., Mezzanotte, R.J., Rabinowitz, J.C., Francolin, C.M., and Plude, D., “Detecting the unexpected in photo interpretation”, *Human Factors*, 23, pp.153-163, 1981.
- [15] Card, S. K., Moran, T.P., & Newell. A., ‘The Psychology of Human Computer Interaction’, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 23-97, 1983.
- [16] Connolly, P.L., “Human factors in rear vision, in Design Aspects for Rear Vision in Motor Vehicles”, SAE SP-253, pp.1-14, New York: Society of Automotive Engineers, 1964.
- [17] Cremer, J., J. Kearney, “Driving Simulation: Challenges for VR Technology”, *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp.16-20, September 1996.
- [18] Davis, E.T., Kramer, P., and Graham, N., “Uncertainty about spatial frequency, spatial position, or contrast of visual patterns”, *Perception and Psychophysics*, 5, pp.341-346, 1983.
- [19] Ekstrom RB, French JW, Harman HH, Dermen D, “Manual for kit of factor-referenced cognitive tests”, Educational Testing Service, Princeton NJ, 1976.
- [20] Flannagan, M.J., M. Sivak, M. Aoki, E.C. Traube, “On-the-Road Visual Performance with Electronic Rearview Mirrors”, *Human Factors in Vehicle Design: Lighting, Seating and Advanced Electronics*, Society of Automotive Engineers, pp.133-141.1995.
- [21] Haslegrave, C.M., “Visual aspects in vehicle design”, in Peacock, B., Karwowski, W. (ed.), *Automotive Ergonomics*, Taylor & Francis, pp.79-98, 1993.
- [22] Heilig, M.L., “The cinema of the future”, *Presence*, 1(3), pp.279-294, 1992.
- [23] Humphreys, G.W., “Flexibility of attention between stimulus dimensions”, *Perception and Psychophysics*, 30, pp.291-302, 1981.
- [24] Jones, R.A., ‘Self-fulfilling prophecies: Social, psychological and physiological effects of expectancies’, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1977.
- [25] Kalawsky, R.S., ‘The science of virtual reality and virtual environments’, Addison-Wesley.

Workingham, 1993.

[26] Mackworth, N.H. & Morandi, A.J., "The gaze selects information details within pictures", Perception and Psychophysics, pp.547-552, 1967. 2.

[27] Mourant, R., & Rockwell, T., "Strategies of visual search by novice and experienced drivers", Human Factors, 14, pp. 325-335, 1972.

[28] Olson, P.L., "Vision and perception", in Peacock, B., Karwowski, W. (ed.), Automotive Ergonomics, Taylor & Francis, pp161-183, 1993.

[29] Palmer, S.E., "The effects of contextual scenes on the identification of objects", Memory and Cognition, 3, pp.519-526, 1975.

[30] Posner, M.I., Nissen, J.M., and Ogden, W.C., "Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location", In H.L. Pick and E.J. Saltzman(Eds.), Modes of perceiving and processing, Hillsdale, NJ:Erlbaum, pp.137-157, 1978.

[31] SAE, "Vision factors considerations in rear view mirror design", SAE Information Report J985, New York: Society of Automotive Engineers, 1967.

[32] Wierwille, W.W., "Visual and manual demands of in-car controls and displays", in Peacock, B., Karwowski, W. (ed.), Automotive Ergonomics, Taylor & Francis, pp.299-320, 1993.

[33] Yoshimoto, K. et al., "Development of Driver Behavior Model Using a Driving Simulator", AVEC '92, pp.487-492, 1992.



유 승 동

1997년 아주대학교 산업공학과 (학사)
 1997년-현재 아주대학교 기계 및 산업공학부 인간공학연구실 석사과정 재학중
 관심분야 : 인간공학, 인지공학, Human-Computer Interaction, Human-Machine Interface, Virtual Reality

1984년-1987년 대림산업기술연구소
 1987년-현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실 실장
 관심분야 : 멀티미디어시스템, 에이전트, 가상현실



박 범

1982년 아주대학교 산업공학과 (학사)
 1988년 Ohio University, Industrial & Systems Engineering (석사)
 1992년 Iowa State University, Industrial & Manufacturing Systems Engineering(박사)

1993년-1995년 한국전자통신연구소 선임연구원
 1995년-현재 아주대학교 기계 및 산업공학부 조교수
 관심분야 : Human-Computer Interaction, 인간공학, 감성공학