

◆특집◆ 감성공학 기술

감성공학과 가상현실

원광연*, 박재희**

Human Sensibility Ergonomics and Virtual Reality Technologies

Kwangyeon Wohn*, and Jae Hee Park**

Key Words : Human Sensibility Ergonomics (감성공학), Virtual Reality (가상현실), Sense(감각), Sensibility(감성)

1. 감성공학과 가상현실

1990 년대 초 비슷한 시기에 국내에 두 개의 서로 다른 분야의 기술이 소개되었다. 하나는 주로 컴퓨터공학 특히 컴퓨터 그래픽스 기술을 기반으로 한 미국으로부터 유입된 가상현실(virtual reality) 기술이고, 다른 하나는 주로 인간공학과 심리학을 기반으로 한 일본으로부터 유입된 감성공학(human sensibility ergonomics) 기술이다. 이 두 분야는 출발점과 목표, 핵심기술은 상이하나, 1990 년대 초 세계 경제 호황기에 기술보다는 인간에 초점을 맞춘 제품과 환경을 개발하려는 추세에 맞추어 등장한 기술이라는 점에서 일치하고 있다. 인간에게 초점을 맞추는 기술개발 방식은 이후 HCI(Human Computer Interaction) 연구 등과 함께 대세를 이루고 있다. 구체적으로는 1995 년부터 시작된 선도기술개발과제(일명 G7 과제)의 하나인 감성공학 기반기술 분야에 가상현실 기술이 하나의 분야로 합류하며 지금까지 공동의 연구목표를 위해 노력하고 있다(김철중 등, 1995).

그러면 가상현실과 감성공학은 무엇이며 어떠한 관계를 가지고 있는 지 살펴보겠다. 가상현실이란 용어는 1989 년 미국 VPL 사의 Jaron

Lanier 가 처음 사용하기 시작한 후 언론에서 이를 수용하며 대중적으로 널리 알려졌다. 그러나 학문적으로는 인공현실감(artificial reality), 혹은 가상환경시스템(virtual environment system)이 더 적절한 표현이 될 것 같다. 어찌했든 가상현실은 '컴퓨터가 만들어낸 감각 몰입(sensory-immersing)이 이루어지는 가상세계에 대해 사용자가 실시간(real time) 조작으로 상호작용(interaction) 할 수 있는 인간-컴퓨터 인터페이스(human computer interface)라고 정의할 수 있다(Pimentel, 1993). 이 정의에도 나타나 있듯이 가상현실을 기존의 다른 기술과 구분짓는 특징은 사용자에게 감각몰입 혹은 입장감(Presence)과 실시간 상호작용(Interactivity)을 제공한다는 데 있다. 여기에 가상세계(virtual world) 자체의 자율성(Autonomy)까지 더해 입장감, 상호작용, 자율성을 가상현실의 3 요소로 정의하기도 한다(Zeltzer 1992).

이러한 특성으로 인해 가상현실은 이미 다양한 분야에 걸쳐 응용되고 있다. 가상건축물의 구축, 항공기 시뮬레이터, 가상현실게임, 로봇트의 원격 제어 등은 상용으로도 개발되어 사용되고 있다. 그 외에도 의료, 통신, 유통, 과학기술 등 산업 전 분야에 걸쳐 가상현실의 다양한 응용이 시도되고 있다(박재희 등, 1998).

감성공학에 대해서는 앞의 다른 논문에서 자세히 언급될 예정이므로 자세한 설명은 생략하고 가상현실과의 관계에서만 살펴 보겠다. 감성공학은 '인간의 감각과 감성의 특성을 객관적으로 파

* 한국과학기술원 전자전산학과,
** 한경대학교 안전공학과
Tel. 031-670-5283
Email maro@hnu.hankyong.ac.kr

악하여 이를 인간이 사용하는 제품과 생활하는 환경을 보다 쾌적하고 안락하게 하는 것을 목표로 한다'(김철중 등, 1995).

그런데 감각과 감성의 특성을 파악하려면 그것들을 불러일으키는 물리적 혹은 화학적 자극(stimulus)을 제시하고 이에 대한 인간의 반응(response)을 관찰해야 한다. 이 과정에 있어 가상현실 기술은 인간에게 자극들을 종합적이며 효과적으로 제시해낼 수 있는 매체가 될 수 있다. 즉, 가상현실 기술은 인간의 시각, 청각, 촉각 등을 컴퓨터가 만들어낸 디지털화 된 자극으로 대체해 현실세계처럼 느끼게 할 수 있다. 따라서 가상현실 기술이야말로 감성공학에 절대적으로 필요한 도구가 된다.

역으로 가상현실에서도 감성공학의 도움을 필요로 한다. 가상현실 시스템의 주요 평가항목 중의 하나는 얼마나 가상현실 시스템이 현실감(reality), 몰입감(immersiveness), 혹은 임장감(presence)을 갖고 있느냐 하는 것이다. 여기서 현실감, 몰입감, 임장감은 단어의 의미가 약간씩 달라 경우에 따라 다른 단어들 사용되나 본 논문에서는 주로 현실감을 대표 단어로 사용하도록 하겠다. 즉, 좋은 가상현실 시스템을 구축하려면 인간이 느끼는 현실감에 대한 연구가 필요하고 이를 높일 수 있는 방법이 강구될 필요가 있다. 여기서 감성의 하나인 현실감이란 무엇이고, 이를 어떻게 객관적으로 평가할 것인지 하는 문제는 바로 감성공학의 영역이 된다.

그러면 지금부터는 감성공학과 가상현실 기술이 구체적으로 어떻게 서로 연관되고 연구되고 있는 지 보다 단순한 차원의 감각(sense)과 보다 복잡한 차원의 정신 작용인 감성(sensibility)으로 나누어 살펴보겠다.

2. 인간의 감각과 가상현실

감성을 이야기 하기 전에 인간의 감각에 대해 먼저 논의할 필요가 있다. 인간은 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각 등 다섯 개의 감각(sensing)을 통해 자신의 환경을 지각(perception)하고 인지(cognition)하게 된다. 지각과 인지 과정의 한 결과물이라 볼 수 있는 감성 역시 인간의 오감을 기초로 하여 여기에 과거의 경험과 추론 등이 더해져 만들어진다.

따라서 감성을 연구하기 위해서는 우선 인간

감각의 특성과 한계를 파악할 필요가 있다. 이에 감성공학에서는 기존의 인간의 감각과 관련된 수많은 심리학과 생리학의 연구 결과들을 참조하고 보완하고 있다. 가상현실기술에서도 컴퓨터가 만들어내는 가상세계를 보다 현실감 있게 느끼도록 하기 위해 인간의 오감에 대한 연구 결과의 적용을 필요로 한다. 반대로 감성공학에서도 가상현실 기술을 이용해 효과적으로 인공적 자극을 제시하고 인간의 오감의 특성을 파악하기도 한다. 여기에서는 인간의 오감에 대한 특성과 그것의 가상현실기술에 대한 적용 내용에 대해 알아보았다.

2.1 시각

인간이 외부세계로부터 받아들이는 감각 정보의 70%이상은 시각정보로 가상현실에서도 시각이 가장 큰 비중을 차지한다. 가상현실 기술에서는 시각적 현실감을 높이기 위해 여러 방법들을 사용하고 있다.

그 중의 하나가 입체시(stereoscopic vision)의 제공이다. 대부분의 컴퓨터 시스템들은 평면시(monoscopic vision)만 제공하나 가상현실 시스템은 많은 경우 입체시를 제공한다. 인간이 입체감을 느끼는 데에는 여러 인자들이 있으나 그 가운데에서도 인간의 두 눈이 갖는 양안시차(binocular disparity)가 거리감 파악에 가장 결정적으로 작용한다. 그래서 가상현실에서도 양안시차를 이용한 입체시를 제공한다. 즉, 컴퓨터로 어떤 가상세계를 수평방향의 좌표계가 약간 다르게 두 개를 그려 인간의 양쪽 눈에 각각 보여주면 인간은 이를 대뇌에서 합성해 입체로 느끼고 거리감을 갖게 된다(Kalawsky, 1993). 이런 것을 가능하게 하는 대표적 가상현실 장비로 LCD shuttering glasses 와 HMD(Head Mounted Display)가 있다(Fig. 1).

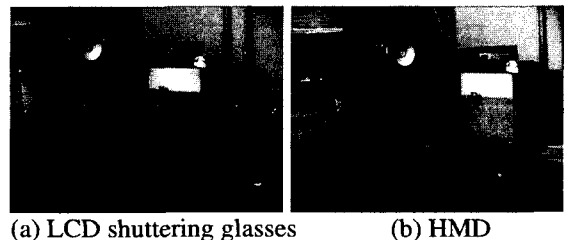


Fig. 1 Stereoscopic displays for virtual reality

그런데 이런 장비를 사용해 입체를 표현할 때에도 수평 시차를 적절히 주지 못하면 이중 상이 생기기도 하고 거리감을 제대로 주지 못하기도 한다. 따라서 이러한 점에 있어서도 가상현실기술은 감성공학의 도움을 받고 있다.

인간의 시야(visual field) 범위에 대한 정보도 가상현실 설계에 필요하다. 인간이 현실감을 느끼는 데에는 입체시 못지 않게 넓은 시야각이 중요하다. 입체시를 제공하지 않더라도 아이맥스영화는 관람객에게 입장감을 느끼게 한다. 이것은 아이맥스영화의 대형 스크린이 인간의 시야 범위를 충족시켜주기 때문이다. 인간은 머리를 고정한 채 수평으로 최대 180도 수직으로 최대 100도 정도의 시야각을 갖는다. 따라서 가상현실 장비에서도 이런 정도의 시야각을 제시할 수 있어야 하나, HMD(Head Mounted Display)를 포함한 대부분의 장비들이 아직 그 각도에 훨씬 못 미쳐 현실감을 떨어뜨리고 있다.

이외에도 시각에 관하여는 감성공학과 관련한 여러 문제들이 있다. 가상현실 시스템의 시간적 해상도(temporal resolution)라 할 수 있는 초당 프레임 수와 눈의 잔상효과의 관계, 공간적 해상도(spatial resolution)의 문제와 Level of Detail 의 문제 등이 감성공학과 가상현실이 공동으로 해결해야 할 문제들로 남아 있다(박재희, 1998).

2.2 청각

인간은 시각정보가 차단된 상태에서도 소리의 발생지를 비교적 정확히 알 수 있다. 가상현실에서도 현실감을 높이기 위해 입체 음향을 제시하는 경우가 많다. 인간의 입체음에 대한 인식 역시 양귀에 도달하는 음의 시간차와 세기의 차이로 소리의 위치를 인식하게 된다. 그런데 이러한 특성이 사람의 머리와 귀의 크기와 위치 등에 따라 다르기 때문에 이를 각 사용자에게 맞도록 해주는 변환함수(HRTF; Head Related Transfer Function)를 찾는 것도 감성공학과 공동으로 노력해 해결할 분야이다(이남식 등, 1993).

2.3 촉각

시각과 청각에 비해 촉각은 아직 덜 개발된 분야이다. 그러나 사용자들의 가상현실에 대한 기대수준과 요구가 높아지며 이에 대한 연구도 최근 크게 진척되고 있으며 일부 상용화된 제품들도 사

용되고 있다.

진동이 되는 촘촘한 바늘형태의 자극침을 가진 출력장치를 이용해 사용자에게 다양한 질감을 표시하는 기술들이 개발되고 있다. 또한 가상세계의 어떤 물체에 힘을 가했을 때 그 반력을 피드백해주는 다양한 방법들이 개발되어 사용되고 있다. 손의 각 관절에 공기주머니(air pocket)를 달아 공기의 압력조절을 이용해 압력에 대한 피드백을 주는 wired-glove 와 모터를 이용한 기계적 출력장치에 힘을 피드백해주는 장비들이 개발되어 사용되고 있다.

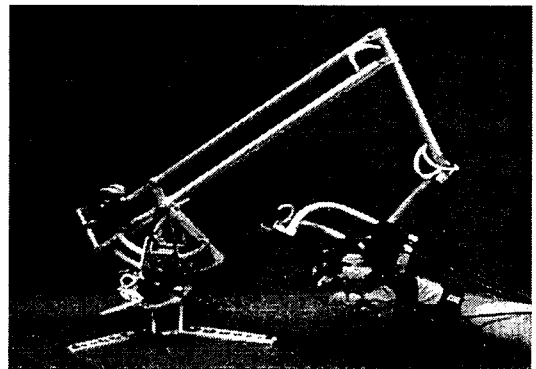


Fig. 2 Force feedback devices for virtual reality

2.4 후각

인간의 오감 중 후각과 미각은 가장 미지의 영역이며 디지털화하기 힘든 속성으로 인해 가상현실에서 가장 개발이 덜 되어 있는 분야이다. 단 후각에 대해서는 오래 전부터 영화에서 이를 사용하기 위한 시도들이 있어왔다. 최근 경주엑스포가 가상현실 홍보관에 향을 발생시켜주는 장치를 가상현실과 연계한 시스템이 선보이기도 했다. 또한 향을 카트리지에 담아 가상현실에서 특정 오브젝트가 나타나면 향을 태워 냄새를 발생시키는 연구들이 진행되고 있으나 아직 실시간 제시와 환기 문제 등이 아직 해결되지 못하고 있다.

2.5 체성감각/운동감각

인간의 오감 외에 신체 자체가 느끼는 감각으로 체성감각과 운동감각이 있다. 이러한 감각을 통해 인간은 자신의 신체와 지체의 위치와 방향을 눈을 감고도 알 수 있다. 체성감각과 운동감각을

제시하기 위해서 운동판(motion platform) 등이 사용되고 있다. 움직이는 가상 비행체나 자동차등을 제시할 때 이 운동판이 그 역할을 하게 된다. 시각적 정보와 연결해 이를 잘 가동한다면 사용자는 주행감을 느낄 수 있다.

3. 인간의 감성과 가상현실

감각기관으로부터 얻어진 감각의 기초 위에 인간은 감성을 느끼게 된다고 했다. 그런데 아직 감성의 실체가 학문적으로는 명확하지 않지만 실용적으로는 인간이 사용하는 단어들 가운데 감성과 관련된 것들을 자극과 연관지어 연구하려는 노력은 활발히 진행되고 있다.

가상현실 시스템 자체와 관련된 감성 어휘로는 현실감(reality), 몰입감 (immersiveness), 임장감(presence) 등이 있다. 여기서 현실감과 같은 인간의 감성을 최대화하기 위해서는 가상현실 시스템을 어떻게 설계해주어야 할 것인가가 중요한 문제가 된다. 다음, 가상현실시스템을 제품이나 환경의 설계에 구체적으로 이용할 경우 제품과 환경의 평가와 관련된 감성어휘들이 있을 수 있다. 응용분야별로 공간감, 조종감, 승차감, 안락감 등과 같은 감성어휘 등이 있을 수 있다. 이 경우에도 가상현실시스템이 구체적으로 실제제품이나 실환경과 유사한 감성을 유발해낼 수 있느냐가 관건이 되는데, 가상현실 시스템 설계자로서는 이러한 인간의 감성의 특성을 이해하고 설계를 해야 할 것이다.

여기에서는 이들을 가상현실의 현실감 평가, 가상현실 응용시스템의 감성평가, 가상현실시스템의 인체적합도 평가로 나누어 어떤 것들이 문제가 되고 있고 어떠한 연구들이 진행되어 왔는지 알아보았다.

3.1 가상현실의 현실감 평가

가상현실 시스템에서 생성한 가상의 세계가 사용자에게 얼마나 현실감을 느끼게 하였는가에 관한 것이다. 이는 가상현실 시스템의 목표이자 시스템의 성능을 표현하는 척도가 되기 때문에 매우 중요한 연구과제가 되고 있다.

인간의 감각과 감성의 특성을 모른 채 무조건 성능 좋은 컴퓨터로 빠르고 자세하게 가상공간을 그려낸다고 현실감이 무조건 좋아지는 것은 아니다. 일례로 인간은 초 당 25 프레임 정도면 영상

을 자연스런 것으로 느끼기 때문에 컴퓨터의 계산용량을 25 프레임 이상 그리는데 사용할 필요는 없다는 것이다. 오히려 과도한 초당 프레임 수는 가상현실 시스템을 사용하는 응용작업의 인간성능(human performance)을 떨어트릴 수도 있고 경우에 따라서는 현실감을 떨어트릴 수도 있다.

그런데 아직도 현실감(reality)이 무엇인지에 관해서는 철학적으로도 어려운 질문일뿐 아니라, 공학적으로도 이를 명확히 정의하고 객관적으로 평가하는 방법이 확립되어 있지 못하다. 다만 감성공학의 주요 연구방법의 하나인 생리신호(physiological signal)측정방법을 이용하여 현실감을 평가해보려는 노력들이 나타나고 있다(박민재 등, 2000). 또는 현실감이 좋으면 특정 작업에 좋은 인간성능을 나타낼 것이라는 가정 하에 학습효과(learning effect)나 인간성능을 평가해 현실감을 상대적으로 평가하는 방법이 사용되기도 한다(Pausch et al., 1997).그러나 아직 이 분야는 그 중요성에 비해 뚜렷한 방법론이 제시되어 있는 않은 분야로 감성공학과 가상현실 연구자들이 공동으로 노력이 절실한 부분이다.

현실감에 대한 평가방법이 확립되어 있지 못하다 보니 가상현실 시스템 설계자들이 부딪치는 현실적인 문제로는 다음과 같은 것이 있다. 즉, 가상현실 시스템을 구축하기 위한 비용은 제한되어 있기에 시스템 구성 요소의 개발이나 구매 시 어떤 선택과 절충을 할 것인지가 항상 고민거리가 되고 있어 현실감과 관련해 이에 대한 적절한 가이드라인 등이 제시될 필요가 있다.

3.2 가상현실 응용시스템의 감성평가

가상현실에서의 포괄적인 감성인 현실감이라는 단어 외에, 가상현실을 이용한 응용 시스템에 있어서도 응용분야와 관련된 구체적 감성에 대한 평가작업이 요청된다. 즉, 가상현실을 건축분야에 응용할 때에는 인간이 느끼는 공간감에 대한 파악과 평가방법이 요청된다. 자동차 시뮬레이터 분야에 응용할 때에는 승차감이라는 감성에 대한 파악과 평가방법이 요청된다. 이외에도 응용분야별로 쾌/불쾌감, 안락감, 쾌적감, 조종감 등 여러 감성에 대한 연구가 요청된다.

여기에서는 G7 감성공학 기반기술 과제 수행으로 진행되었던 공간감 연구를 위한 가상현실 기술 개발과제(원광연 등, 1998)를 예를 들어 설명하

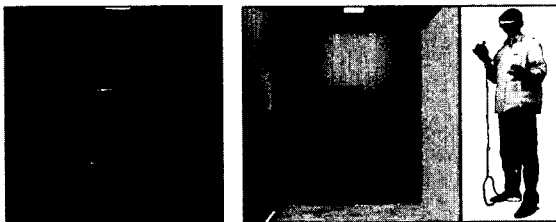
겠다.

공간감은 건축물의 설계와 가구의 배치 등에 있어서 매우 중요하다. 같은 공간이라도 조명, 칼라, 창문 등의 인자들을 변화시켜 공간의 넓이 등에 있어 인간으로 하여금 다른 인식을 갖게 할 수 있다.

그러나 현실공간에서 이러한 변수들을 일일이 변화시켜 실험을 한다는 것은 비용도 많이 들고 어려운 작업이다. 실제 한국의 G7 감성공학 과제에 선행하여 진행되었던 일본의 감성공학 과제 중에는 한 건설회사가 가변시킬 수 있는 공간구조물을 만들어 공간감을 평가한 과제가 있다. 그러나 비용이 많이 들고 실험 내용도 제한적일 수 밖에 없었다.

그런데 이런 실험을 가상현실 시스템을 사용하여 가상의 건축물을 만들고 수행한다면 비용 측면에서도 조작의 용이성 측면에서도 훨씬 이익을 볼 수 있을 것이다. 이렇듯 가상현실을 이용하면 비용이나 조작 측면에서 다 좋아지는데 정작 더 중요한 문제는 가상현실 시스템으로 만든 건축물을 인간들이 실제 건축물에서 느끼는 공간감과 동일하게 가상공간에서도 느끼느냐 하는 것이다. 만일 그렇지 못하다면 가상현실은 지금의 아파트 모델하우스와 같은 것을 절대 대체할 수 없을 것이며, 결국 건설업체의 비싼 홍보 전시물 정도로 사용될 수 밖에 없을 것이다.

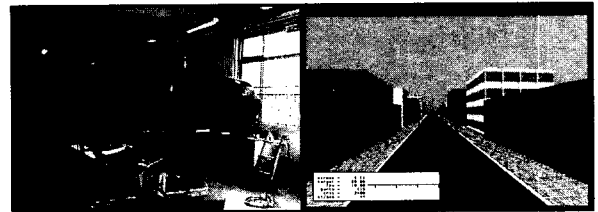
그래서 가상현실에서도 감성공학과 더불어 인간의 공간감에 대한 연구가 절대적으로 필요하게 된다. 국내에서도 이 문제에 대한 검증을 위해 Fig. 3 과 같이 실제공간 구조물과 이와 동일한 가상현실을 이용한 공간을 모델링 한 후 사용자들로 하여금 두 형태의 제시물에 대한 공간감을 평가하게 한 후 그 차이를 알아본 연구가 있었다(신미경 등, 1999).



(a) real house (b) virtual house

Fig. 3 Evaluation of spaciousness

건축물의 공간감 외에도 제품에 대한 사용자의 감성평가에도 가상현실이 이용될 수 있다. 즉 제품에 대해 느끼는 소비자들의 감성을 평가하기 위해서는 일일이 시제품을 다 만들어서 평가한다는 것은 불가능한 일이다. 물론 최근 컴퓨터를 이용한 Rapid prototyping 기술 등이 발전하고 있으나 가상현실 기술을 이에 접목한다면 더 큰 효과를 볼 것이다. 가전제품 등을 가상공간에서 입체적으로 제시해주고 소비자로 하여금 칼라와 버튼의 형상 등을 실시간으로 조작하고 촉각까지 느낀다면 큰 효과를 볼 것이다. 자동차의 설계에서도 운전석의 여러 부품들의 배치와 조작을 시뮬레이션 할 수 있고(윤정선 등, 1997), 승차감이나 안락감 등의 평가를 수행할 수 있다(엄성숙 등, 2000).



(a) Driving simulator (b) Car navigation

Fig. 4 Virtual driving car simulator with motion platform

3.3 가상현실시스템의 인체적합도 평가

끝으로 가상현실 시스템 자체도 하나의 제품 이기에 이 시스템 자체에 대한 불편이나 감성도 매우 중요한 연구과제가 된다. 많이 가벼워지기는 했으나 아직도 HMD는 여러 장점에도 불구하고 사용자들로 하여금 착용을 기피하게 한다. 입체 디스플레이는 현실감을 올려주나 오랜 시간 바라 볼 경우 쉽게 시각피로를 불러 일으키다. 또 운동 판에 의한 체성감각과 시각사이의 혼돈은 멀미를 쉽게 유발시키기도 한다.

기술적 한계로 인한 이러한 부정적 요인들은 사용자들을 불편하게 하고 작업효율을 떨어뜨리고 건강 상의 문제도 일으킬 수 있다. 따라서 이러한 문제들에 대한 평가와 개선 역시 매우 중요한 문제로 대두되고 있으며 감성공학과와의 협력이 필요한 부분이라 할 수 있다.

4. 결론

감성공학과 가상현실은 인간 중심의 기술사회를 열어 가는데 있어 선도적 역할을 할 핵심기술임이 분명하다. 또한 이 둘은 앞서 살펴보았듯이 상호보완적 관계에 있다. 감성공학은 효과적인 연구개발 도구로서 가상현실을 필요로 한다. 반대로 가상현실 기술도 사용자들에게 최대의 현실감을 제공하기 위해서는 감성공학의 연구 결과들을 필요로 한다.

물론 아직까지도 현실감이 무엇인지에 대해서도 명확한 설명을 하기 힘든 상황이지만, 다행히 국내에서는 감성공학과 가상현실이 서로 협력할 기회를 가지고 컴퓨터공학, 기계공학, 인간공학, 심리학자들이 공동노력을 기울여 왔다. 이러한 경향은 구미 선진국에서도 주요한 연구추세로 나타나고 있다. 앞으로도 이러한 노력이 계속되어 감성공학과 가상현실기술이 서로 도움을 받으며 발전하기를 기대해본다.

참고문헌

1. Kalawsky, R.S., The science of virtual reality and virtual environments, Addison-Wesley, 1993.
2. Pausch, R. et al., "Quantifying immersion in virtual reality," Proc. of SIGGRAPH, 1997.
3. Zeltzer, D., "Autonomy, interaction, and presence," Presence, Vol. 1, No. 1, pp. 127-132, 1992.
4. 김철중 등, 감성공학 기반기술 연구기획보고서, 한국표준과학연구원, 1995.
5. 박민재, 박광석, 김현택, "다 채널 생체신호와 신경회로망을 이용한 가상환경 하에서의 입장감 분석," 한국감성과학회 2000 년추계학술대회 논문집, pp. 236-242, 2000.
6. 박재희, 안재근, 김정현, 이규재, 이덕주, 가상현실 증장기 기술기획 연구, 한국전자통신연구원, 1998.
7. 박재희, 가상환경에서의 3 차원 제어작업의 인간성능에 관한 연구, 한국과학기술원 박사학위논문, 1998.
8. 신미경, 윤정선, 이강희 "가상 공간에서의 천장 높이지각에 관한 연구" 한국심리학회지 실험 및 인지, 제 11 권, 제 2 호, pp. 93-105, 1999.
9. 엄성숙, 이상철, 손 권, 최경현, "주행시물레이

- 터에 대한 탑승자의 감성공학적 평가," 한국감성과학회 2000 추계감성공학학술대회발표논문집, pp. 207-211, 2000.
10. 원광연, "전산학으로서의 가상현실," 정보과학회지, 제 15 권, 제 11 호, pp. 5-13, 1997.
11. 원광연, 남양희, "감성공학과 인공현실감," 측정표준, pp. 32-36, 1992.
12. 원광연 등, "공간감 및 개방감 제시기술 개발," 한국과학기술원, 1998.
13. 윤정선, 박재희, 김철중, Virtual design evaluation system for an automobile cabin, 대한인간공학회지, 제 14 권, 제 1 호, pp. 83-90, 1995.
14. 이남식, 윤정선, 박재희, "인공현실감의 인간공학적인 측면," 정보과학회지, 제 11 권, 제 6 호, pp. 25-36, 1993.