

3D 방송시스템 개발에서의 심리학의 역할 및 기여

▣ 이형철 · 김은수 / 3D Media Lab, 광운대학교 hyung@data.y.kwangwoon.ac.kr

1. 서론

휴먼팩터 또는 인간요인이라고 하는 것은 여러 가지 의미로 해석될 수 있으나, 본 논문에서는 인간의 정보처리 시스템에 영향을 미치는 요인들로 그 의미를 제한하고자 한다. 안락한 의자의 개발에도 인간요인이 고려될 수 있으나, 이 때의 인간요인은 인간의 정보처리 속성과는 무관한 인간의 신체 특성을 고려한 것이다. 인간이 시청하기에 편리한 3D 방송시스템을 개발할 때 인간요인이 고려된다면, 이 때에는 인간의 신체적 특성이 고려 대상이 아니라 눈을 포함한 인간의 시각정보처리 시스템의 속성이 고려 대상이 된다. 인간의 시각정보처리 시스템의 신경생리학적 구조 및 기능적 특성은 심리학의 하위 분야인 신경심리학과 지각심리학에서 체계적으로 연구되어 왔다. 따라서, 3D 방송시스템의 개발에 휴먼팩터를

고려한다고 하는 것은 3차원 공간 지각에 대한 신경심리학 및 지각심리학의 연구결과를 3D 방송시스템 개발에 반영하고, 또한 3D 방송시스템 개발시에 나타나는 문제들을 심리학적으로 해결하겠다는 것이다. 본 논문에서는 3D 방송시스템 개발에서 왜 휴먼팩터가 고려되어야 하는지를 제시하고, 휴먼팩터와 동의어로 사용될 심리학의 연구 방법론적 특성, 그리고 심리학에서 밝혀낸 3D 정보들, 3D 방송시스템 개발에서 고려되어야 할 연구 문제들을 기술할 것이다.

2. 왜 휴먼팩터가 고려되어야 하는가?

3차원 공간에 대한 물리적인 정보(빛)가 인간의 눈을 통과하여 뇌에서 그 정보가 적절히 처리되면 우리는 세상의 3차원성을 지각하게 된다. 3D

방송 시스템이라고 하는 것은 세상에 존재하는 광학적인 3차원 정보를 잡아 내서 중간매체를 통하여 인간에게 제공하는 것이 목적인데, 궁극적으로 이 시스템의 최종 수혜자는 인간이다. 인간이 세상의 3차원 속성을 지각하게 되는 것은 그냥 지각하는 것이 아니라, 빛으로 주어진 3차원 정보를 눈이라는 감각기관을 이용하여 기본적인 광학 정보를 처리하고 여기서 얻어진 기초자료를 바탕으로 뇌에서 복잡한 정보처리를 함으로써 세상의 3차원 속성을 지각하게 되는 것이다. 인간의 3차원 정보처리 시스템은 나름대로의 특성과 제한점이 있는데, 좋은 3D 방송시스템이라고 하는 것은 이러한 인간의 정보처리 속성을 고려하여 개발된 시스템이다. 예를 들어, 3차원 방송시스템의 효율성 측면에서 따져 보자면, 인간의 정보처리 시스템이 구별하지 못하는 정도로 세밀한 3차원 정보를 방송시스템이 인간 시청자에게 전달하고자 한다면 이는 비효율적인 시스템이 된다. 이러한 비효율성을 제거하기 위해서는 인간 시청자가 어느 정도의 세밀한 3차원 정보를 처리하는지에 대한 이해가 선행되어야 한다. 또는 3차원 방송시스템의 인간친화성 측면에서 따져 보자면, 3차원 방송시스템의 인위적인 3차원 정보 제공이 일상 생활 속에서 인간이 경험하게 되는 자연성, 임장감, 현실감과 거리가 있는 것일 때, 이 문제의 해결은 하드웨어적인 3차원 방송시스템 자체만의 분석으로는 해결되지 않는다. 이 때 발생하는 문제는 3차원 방송 시스템 자체만의 문제가 아니라 3차원 방송 시스템이 제공하는 3차원 정보와 이에 반응하는 인간 시청자의 상호작용 속에 나타나는 것이기 때문이다. 이러한 문제 해결을 위해서는 인간 시청자가 일상 생활에서 경험하는 3차원 정보에 대한 분석이 선행되어야 한다. 요약하자면, 현

실감 있고 박진감 넘치는 3차원 영상을 제공할 3D 방송 시스템을 개발 하기 위해서는 물리적인 자극(3D 방송 시스템에 의해 생성될 물리적인 자극)과 이에 대한 심리적 반응 및 인간의 3차원 공간지각 능력에 대한 연구가 선행 혹은 최소한 병행 되어야 한다. 휴먼팩터에 대한 연구나 이해 없이는 자연스럽게 현실감 있으며 동시에 박진감 넘치는 영상을 생산할 3D 방송 기술을 개발하기 어렵다.

3. 심리학은 과학이다: 과학적인 방법론 사용

3D 방송시스템을 개발 하려고 하는 공학자뿐만 아니라 인간이 사용할 또는 인간이 최종 수혜자가 될 시스템 및 하드웨어를 개발하고자 하는 공학자들이 지금까지 휴먼팩터를 전혀 고려 하지 않았다고는 말 할 수 없다. 문제는 휴먼팩터 분야에서 전문적인 훈련을 받지 않은 공학자들이 나름대로 고려하고자 한 휴먼팩터가 방법론적인 측면에서 얼마나 효율적이고 과학적이나 하는 것이다. 시스템을 향상시킬 것으로 기대되어 시스템 개발에서 고려되었던 휴먼팩터가 실제로는 전혀 시스템의 향상을 가져오지 않았을 수 있다는 것이고, 더욱 큰 문제는 대부분의 경우 그 효과가 경험적으로 그리고 과학적으로 검증되지 않는다는 것이다. 휴먼팩터의 핵심은 인간의 마음이고, 마음이라는 것은 물리학에서 다루는 소재와 달라 추상적이고 주관적이어서 마음의 측정 및 수량화가 쉽지 않다. 개발하고자 하는 시스템의 한 요인을 수정하는 것이 이를 사용하는 인간의 만족도 혹은 감성에 어떤 영향을

줄 것인가 하는 것은 결국은 수정된 시스템이 인간의 마음을 긍정적인 방향으로 변화 시켰느냐의 문제이다. 다시 말해 시스템에 가해지는 수정이 인간의 마음변화의 원인이 될 수 있을 것인가라는 인과관계에 대한 질문이 되는 것이다. 하나의 변인(독립변인)과 또 다른 변인(종속변인)간의 인과관계를 밝히기 위해서는 독립변인 이외의 모든 요소는 동일하게 유지한 상태에서 독립변인을 변화 시켜 보아야 하고, 만약 이때 독립변인의 변화가 (시스템에 수정을 가한 상태와 가하지 않은 상태) 종속변인의 변화를 야기시킨다면 (시스템 수정전과 후에 인간마음에 변화가 생긴다면), 이 때 독립변인이 종속변인의 원인이라고 이야기 할 수 있다. 이러한 인과관계를 알아보는 방법론이 심리학에서는 실험이라고 명명되고, 이는 심리학뿐 아니라 자연과학에서 일반적으로 받아들여지는 실험법의 논리이다. 이에 덧붙여 두 변인의 인과관계를 유추하기 위해 이를 뒷받침 할 수 있는 자료를 인간을 대상으로 모집하고 모집된 자료에 근거하여 인과관계에 대한 추론을 통계학적 방법을 사용하여 확률적으로 하게 된다. 공학자가 나름대로의 경험에 근거하여 시스템을 향상시키는 방향으로 휴먼팩터를 고려하여 시스템에 포함시키는 것이 불가능한 것은 아니다. 하지만 이러한 방법은 시스템 개발 초기 단계에서는 효과가 있을 수 있지만, 시스템 향상이 아주 세밀하고 세세한 부분에 미치게 될 때 이는 더 이상 효과적인 방법이 될 수 없다. 이를 좀더 효율적인 방향으로 찾아내고 그리고 그 효과를 과학적인 방법으로 검증하기 위해서는 휴먼팩터 연구에 오래된 전통을 가지고 있는 심리학의 방법론을 사용할 필요성이 강조된다.

4. 정신물리학 (Psychophysics)

심리학의 하위 분야에는 여러 가지가 있지만, 이 중에서 3D 방송시스템 개발에 고려되어야 할 휴먼팩터와 관련된 분야중 하나는 정신물리학이다. 인간의 마음에 대한 질문은 고대 철학자들로부터 끊임 없이 제기되고 이에 대한 답이 제시되어 왔지만 이는 사변적인 논의에 그쳤을 뿐, 인간의 마음을 과학적인 방법과 논리, 그리고 경험적인 자료에 근거하여 연구한 것은 정신물리학의 태동과 그 출발점을 같이 한다. 물리학자였던 Wundt는 물리학에서의 객관적인 측정처럼 물리적 자극에 대한 인간의 마음을 객관화하여 수치적으로 측정하는데 관심을 갖고 1879년 독일 라이프찌히 대학에 정신물리학 실험실을 설립하였다. 이것이 곧 현대 심리학의 출발점이 된다. 정신물리학(psychophysics)이라는 용어 자체가 의미하듯 정신물리학은 인간의 감각 및 지각을 유발하는 물리적인 자극(빛, 소리 등등)이 인간의 감각/지각에 미치는 영향에 대하여 연구하고 물리적이 자극이 인간의 마음변화에 미치는 영향을 수치적으로 측정한다. 3D 방송시스템 개발에 정신물리학을 적용한 한가지 예를 들어 보자. 3D 방송시스템 개발에서 중요한 한가지 요인은 최종적으로 3D 정보를 인간시청자에게 전달할 매개체가 되는 모니터 또는 TV의 resolution이 얼마 이어야 하느냐 하는 것이며, 이는 3D TV가 전달 할 수 있는 3D지각의 중요한 원천인 양안시차의 resolution과 직접적으로 관련이 있다. 3D TV의 resolution이 높을수록 전달할 수 있는 양안시차의 resolution이 높아지는데, 문제는 인간시청자가 얼마나 세밀한 양안시차까지 변별할 수 있느냐 하는 것이며

(Badcock & Schor, 1985; Blakemore, 1970; Harris & Parker, 1992; Ogle, 1953; Westheimer & McKee, 1978) 이에 대한 답은 정신물리학적 연구를 통하지 않고서는 그 답을 알 수 없다. 이외에도 정신물리학이 3D 방송시스템 개발에 기여할 수 있는 것은 많이 있는데, 또 하나의 예를 들어 보자면, 최종적으로 개발된 시스템의 평가이다. 새로 개발된 시스템이 이전 시스템 보다 3D방송에 효율적이라는 것은 결국 인간시청자가 판단해야 할 문제인데, 이를 주관적인 판단에 맡기거나, 개발자 스스로 눈어림으로 비교해 보기 보다는 정신물리학적 과제를 이용하여 두 시스템을 비교 분석해 볼 수 있다. 또는 비교대상이 없다면, 정신물리학적 측정을 통하여 인간시청자의 감각/지각적 측면에서 개발된 시스템의 성능을 수치로 제공할 수 있다.

5. 3D에 대한 심리학적 연구들

심리학의 여러 분야 중 하나는 시지각(visual perception)인데, 이는 인간이 어떻게 세상에 존재하는 시각적인 특성들을 눈이라는 감각기관과 뇌라는 정보처리 시스템을 통해 지각하게 되는지를 연구한다. 만약 이러한 시각적 처리 속성들이 깨끗하게 밝혀 진다면, 이를 바탕으로 로봇으로 하여금 인간처럼 보게 하는 것이 가능할 것이다. 시지각 분야에서의 연구주제는 어떻게 색채를 지각하게 되는가, 어떻게 대상이 움직이는 것을 지각하게 되는가, 어떻게 대상의 모양을 지각하는가, 그리고 어떻게 3차원 공간을 지각하게 되는가 등등 아주 다양하다. 3D에 대한 심리학적 연구는 이처럼 다양한 시지각의 전통적인 연구주

제 중의 하나이다. 간혹 어떤 사람들은 3D와 심리학이 무슨 관계가 있을까 하고 의아하게 생각하곤 하는데, 3D 방송시스템 개발에서 현재의 2D TV에 첨가하고자 하는 양안시차 정보가 3차원 지각에 중요한 요인임을 밝혀낸 사람은 영국인 심리학자 Wheatstone이며, Wheatstone은 3D 자극(stereogram)을 볼 수 있는 입체경(stereoscope)을 개발 하기도 하였다(Howard & Rogers, 1995). 지금도 서적이나 인터넷상에서 재미있는 시자극(visual stimulus)으로 소개되고 있는, 입체경 없이 맨 눈으로도 3D를 볼 수 있는 매직아이(magic eye 또는 autostereogram)를 개발한 사람 또한 스미스 커틀웰 연구소에 있는 미국인 심리학자 C. Tyler이다. 모양지각 이전에 깊이가 지각될 수도 있음을 보여주는 자극(RDS: random dot stereogram)을 개발한 사람 또한 벨 연구소(Bell laboratory)에 근무하던 심리학자 B. Julesz이다(Julesz, 1971). 더욱 중요한 것은 상상할 수 없을 정도의 많은 시각 심리학자들이 정신물리학이라는 방법론을 바탕으로 인간의 시각체계가 어떻게 망막(retina)에 맺히는 빛이라는 물리적 자극을 이용하여 세상의 3차원성을 지각하게 되는가에 관심을 갖고 연구를 해 왔다는 점이다. 수 많은 연구들을 지면 관계상 일일이 여기에 소개할 수는 없지만, 그 중에서도 3D방송시스템 개발과 관련 있는 몇 가지 중요한 연구성과 들을 간추려서 소개 하고자 한다.

1) 3D 지각에 이용되는 정보들에는 어떤 것이 있으며 이들의 영향력은 어느 정도 인가?

기존의 2D TV에 3차원 입체감을 더하기 위해 최근에 3D 방송시스템 개발이 한창 진행되고 있다. 하지만, 기존의 2D 방송 시스템 자체에도 상

당량의 3차원 정보가 내포되어 있어 우리는 이미 2D TV를 시청하면서도 3차원을 지각하고 있는 것이다. 정확하게 표현하자면 3D 방송시스템이 구현하고자 하는 3차원 정보는 기존의 2D TV가 전달하지 못했던 양안시차(binocular disparity) 정보를 시청자에게 전달하겠다는 것이다. 양안시차 정보가 시청자에게 전달될 때 시청자가 느낄 수 있는 3차원 지각감은 상당히 증가되는 것 같지만, 분명한 사실은 양안시차 정보는 여러 가지 다양한 3차원 정보의 일부분 이라는 것이며, 심리학적 연구결과에 의하면 양안시차정보가 여러 다양한 3차원 정보 중에서 차지하는 정보의 중요성은 우리가 생각하는 것만큼 강력하지는 않다는 점이다. 하나의 예를 들어 보자면, 실사 이미지를 담은 2D 방송에 비해 10여년 전에 인공적으로 만들어진 만화영화를 비교해 보면 만화영화에서 느끼는 3차원성이 아주 뒤떨어 지는 것을 느낄 수 있는데, 이는 실사이미지가 포함하고 있는 3차원 정보를 만화영화가 제대로 구현하지 못했기 때문이다. 최근에는 3차원 그래픽 소프트웨어를 이용하여 만든 실사이미지와 비슷한 만화영화 또는 게임들이 소개되고 있는데, 기존의 만화영화에 비해 이들에게서 3차원 속성을 더욱 느낄 수 있는 것은 그만큼 2D 이미지에 3차원 정보들이 많이 포함되었기 때문이다. 하지만 3차원 그래픽 소프트웨어라고 하는 것들조차 양안시차 정보를 구현한 것은 아니며 양안시차 이외의 3차원 정보를 구현한 것에 불과하다. 놀라운 것은 양안시차 정보가 포함되어 있지 않음에도 불구하고 우리는 3차원 그래픽 소프트웨어를 이용하여 만든 2D 이미지들에서 놀랄 정도의 3차원 속성을 지각한다는 것이다. 이는 양안시차 정보 없이도 2D 이미지에서 3차원속성을 얼마나 잘 지각할 수 있는

가를 보여 주는 단적인 예이다.

지각심리학에서 밝혀진 3D 정보는 구분 방법에 따라, 광학적 정보와 비광학적 정보, 양안정보와 단안정보, 정적인 정보와 역동적인 정보, 상대적인 정보와 절대적인 정보, 양적인 정보와 질적인 정보로 구별된다(Palmer, 1999). 하나의 정보는 광학적이면서 동시에 비광학적인 정보일 수 없지만, 광학적이면서 양안 정보이고, 정적이며, 상대적인 정보 일 수 있다. 비광학적인 3D 정보는 관찰거리에 따라 반응하는 렌즈의 두께를 조절하는 안구근육이 만들어 내는 정보(accommodation)와 두 눈이 이중상을 피하고 하나의 상을 만들기 위해 코를 중심으로 모였다 벌어졌다 하기 위해 안구근육이 작동할 때 발생하는 정보(convergence)가 있으며 그 외의 정보는 모두 광학적인 3D 정보이다. 양안정보에는 양안시차(binocular disparity)와 convergence가 있으며 그 외는 모두 단안 정보이다. 역동적인 3D 정보는 운동시차(motion parallax)가 유일하며, 나머지는 모두 정적인 3D 정보이다. 절대적인 3D 정보를 제공하는 것은 비광학적인 정보(accommodation과 convergence)와 친숙한 대상의 크기에 대한 정보가 있고 그 외는 모두 상대적인 3D 정보만을 제공한다. 이러한 측면에서 보자면, 3D 방송시스템이 구현하고자 하는 양안시차 정보는 광학적인 정보이며, 양안 정보이고 정적인 정보이며, 상대적인 3차원성 또는 깊이감에 대한 정보만을 제공한다.

그렇다면 대상과의 관찰 거리에 따라 양안시차가 제공하는 정보의 영향력은 다른 3D 정보에 비하여 어느 정도가 될까? 여러 심리학자의 연구 결과를 종합해 보면 그림 1과 같이 요약될 수 있다. 특정 3D 정보가 얼마나 세세한 깊이까지 시

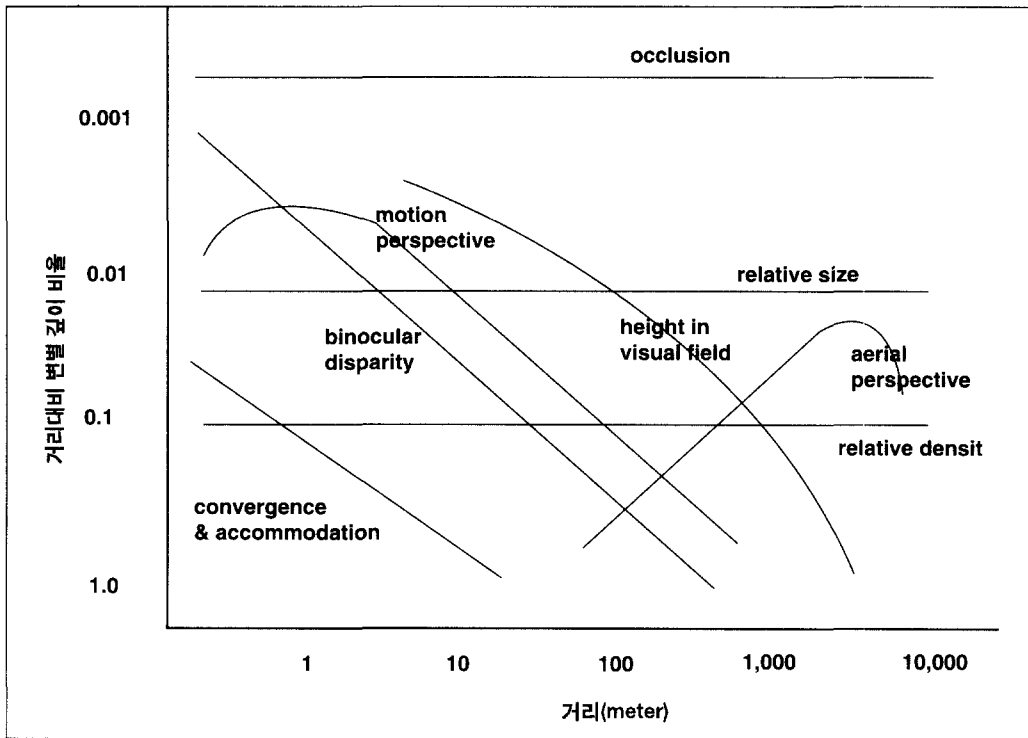


그림 1. 관찰거리에 따라 변화하는 3차원 정보들의 깊이변별 특성

각체계에 전달 하느냐를 알아 보는 한 가지 방법은 다른 모든 3D 정보를 제거하고 관심 있는 하나의 3D 정보만을 시자극에 포함 시킨 상황에서 관찰 거리를 변화시키며 인간 피험자가 구별 할 수 있는 깊이를 측정 하는 것이다(그림 1 참조: Cutting & Vishton, 1995). 그림 1에서 수평 축은 관찰 거리를 나타내고, 수직축은 해당 관찰거리를 기준으로 인간피험자가 변별할 수 있는 깊이 (3차원 공간에서 대상과 대상과의 거리)의 비율을 나타낸다. 예를 들어, 1m 관찰거리에서 렌즈의 두께를 조절하는 안구근육 정보 (accommodation)에만 근거하여 변별할 수 있는 깊이의 비율은 0.1로 나타나 있는데 이는 1m의 10%, 다시 말해 10cm 미만의 깊이는

accommodation에만 의존하여 변별 할 수 없다는 것을 나타낸다. 그림 1을 보면, 양안시차에 의해 구별 가능한 깊이는 100m 관찰거리에서 10m의 깊이를 변별하지 못한다는 것을 알 수 있다. 공통된 연구결과는 양안시차정보가 인간시각체계에 의해 중요하게 사용될 수 있는 관찰거리는 5m이내인 것으로 밝혀져 있다. 여러 가지 3D 정보 중에서 관찰거리에 관계없이 깊이변별에 유효한 정보는 중첩(occlusion) 정보이다.

2) 두 가지 3D정보가 서로 상충될 때 어느 정보가 우세한가?

시각 심리학에서의 중요한 연구주제중의 하나는 만약 다수의 3D 정보가 일치하지 않는 정보를

제공할 때 시각체계는 어떤 정보에 근거하여 3차원 속성을 지각할 것인가 하는 것이다. 예를 들자면 중첩정보와 양안시차 정보가 일치하지 않을 때 인간 피험자는 어떤 정보에 근거하여 대상들의 3차원 관계를 지각할 것인가? Julesz의 고전적인 연구에 의하면 중첩정보는 A라는 대상이 B라는 대상보다 관찰자에게 가까이 있음을 나타내고, 양안시차 정보는 B라는 대상이 A라는 대상보다 관찰자에게 가까이 있음을 나타낼 때 인간 피험자는 중첩정보와 일관되게 A라는 대상이 B라는 대상보다 피험자에게 가까이 있는 것으로 지각한다(Julesz, 1971). 이러한 연구결과는 중첩정보가 양안시차정보 보다 시각체계에 더 중요한 정보로써 고려 된다는 것을 시사하는데, 이러한 사실은 간단한 실험을 통해 우리 스스로 확인 해 볼 수 있다. 중첩정보를 지니고 있는 실사 이미지를 이용하여 만든 입체자극을 입체경을 통해 볼 때, 중첩정보와 양안시차 정보가 일치하지 않게 하는 손쉬운 조작은 녹색/적색 셀로판지로 만든 입체경인 경우 뒤집어서 입체경을 착용함으로써 왼쪽 눈에 들어올 자극이 오른쪽 눈으로, 그리고 오른쪽 눈으로 들어 올 자극이 왼쪽 눈으로 들어 오게 하는 것이다. 또는 입체자극의 왼쪽 이미지와 오른쪽 이미지를 뒤바꿈으로써 동일한 효과를 거둘 수 있다. 일반적으로 이처럼 왼쪽 이미지와 오른쪽 이미지가 각 눈에 바뀌어 들어 오는 경우 바뀌기 전에 비해 이미지에서의 깊이가 역전되어야 하나, 지각감에서의 부자연스러움만 증가할 뿐 지각되는 깊이가 역전되는 것으로 지각하지는 않는다. 이는 실사이미지에 포함되어 있는 중첩정보가 양안시차 정보를 압도하기 때문이다. 일반적인 실생활 상황에서는 이처럼 두 가지 이상의 3D 정보가 서로 상충하는 경우는 없으며 모든 3D 정보

는 서로 일관성이 있다. 하지만 3D 방송 시스템을 이용하여 양안시차 정보를 첨가하는 경우, 양안시차 정보와 일치하지 않는 3D 정보들이 인간시청자에게 전달될 수 있는데, 대표적인 경우는 비광학적 정보인 렌즈의 두께를 조절하는 안구근육에 의해 유발되는 accommodation 정보와 양안시차 정보가 일치하지 않을 수 있다는 점이다. 양안시차 정보는 두 대의 카메라에 의해 적절히 2D 이미지에 보존되어 시청자에게 전달 될 수 있지만, accommodation 정보는 광학적인 정보가 아니라 실제 대상과 관찰자의 거리의 의해 결정되고 전달되는 정보이기 때문에 이러한 정보는 3D 방송시스템에 의해 적절히 시청자에게 전달 되지 못한다. 시청자가 3D 방송시스템에 의해 중계되는 영상을 볼 경우 accommodation 정보는 3D TV가 전달하는 양안시차 정보와 관계없이 관찰자와의 거리에 의해 일방적으로 결정된다. 문제는 이러한 정보의 불일치성이 3D 방송 시청자에게 어떤 불편을 가져올 것인가 하는 것이며, 따라서 3D 정보의 불일치성이 3차원 속성 지각에 미치는 영향을 체계적으로 연구하는 것은 심리학적 연구 자체만으로써의 가치 뿐만 아니라 3D 방송시스템 기술 개발에 있어서도 가치 있는 연구 주제이다.

3) 뇌에서 3D 정보를 처리하는 기제는

무엇인가: 계산론적 신경심리학적 접근

심리학에 대해 심각하게 생각해 본 경험이 없는 사람들에게 있어서 '마음'이라는 것은 '물질적인 것'에 대응되는 개념이기에, '마음'을 연구하는 심리학자들은 '마음'을 연구할 때 '물질적인 것'과 동떨어진 것으로 연구할 것이라는 편견이 있을 수 있다. 아이러니컬 하게도, 현대심리학의 바탕에 깔려 있는 대 전제는 '마음'은 '물질

적'인 뇌(brain)를 떠나서 존재 할 수 없다는 것이다. 따라서, 대부분의 현대 심리학자들은 '물질적인 것'과 동떨어진 추상적인 어떤 것이 있을 것이라고 생각 하지 않는다. 국내에서 수년 전부터 정부의 정책적인 지원아래 연구되고 있는 뇌과학(brain science) 분야에 심리학자들이 다수 관여 하고 있는 것은 바로 이런 이유 때문이다. 시지각을 연구하는 심리학자들 또한 우리가 보는 것은 뇌에 시각체계가 물질적으로 존재하기 때문이라고 생각하며, 따라서 뇌에 대한 신경생리학적 연구는 심리학에서 중요한 연구 분야 중 하나이다. 이들의 연구 주제는 뇌의 어떤 분야가 시각에 관여하며, 시각에 관여하는 것으로 사료되는 특정부위의 세포들의 특성은 무엇인지 전기화학적으로 연구한다. 3차원 지각과 관련 하여 하나의 예를 들어 보자면, 광학적인 양안시차 정보가 3차원 지각에 중요하게 이용된다는 것은 결국 양안시차 정보를 처리하는 신경세포가 있다는 것이며, 실제 이러한 세포들이 고양이와 원숭이의 뇌에서 발견되고 있다(Hubel & Wiesel, 1970; Poggio, 1984). 양안세포(binocular cell)라고 하는 것이 초기 피질 수준에서부터 발견되는데, 이 세포의 특징은 한 쪽 눈의 특정 부위가 광학 자극에 의해 자극될 때는 반응하지 않지만, 두 눈 모두에 자극이 제시될 때 반응을 한다. 재미 있는 것은 특정 양의 양안시차에 대해서 선택적으로 반응하는 세포들이 고양이와 원숭이의 V1 세포에서 발견되고 있다는 것이다.

신경심리학자들이 3D 속성 지각을 포함한 다양한 시지각의 생리학적 기체에 관심이 있는 반면에, 인간의 3차원 지각이 계산론적으로 어떻게 설명될 수 있는가에 관심이 있는 연구자들이 있다. 이들의 일차적인 관심은 실제 인간 시각체계가

하드웨어적으로 어떻게 구성되어 있는가를 밝히기 보다, 특정 대상의 속성이 인간 시각체계에 의해 지각이 되는데, 그 정보처리의 속성이 무엇인가를 알고리즘적인 측면에서 설명하는데 있다. 예를 들자면 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 들어온 2D 이미지에서 시각체계가 3차원을 지각한다고 하는 것은 정보처리 과정에서 어떤 식으로든 3차원 정보가 찾아지고 처리 된다는 것인데, 양안시차 정보를 예로 든다면, 왼쪽과 오른쪽 눈으로 들어오는 2D 이미지에서 시각체계가 양안시차를 계산해 낸다는 것이며, 중요한 연구 문제는 어떻게 양안시차 정보가 계산되느냐 하는 것이다. 양안시차가 계산되기 위해서는 왼쪽 눈에 맺힌 이미지의 특정 상이 오른쪽 눈의 어떤 상과 대응 되는지의 문제가 해결되어야 한다. 흔히 대응의 문제(correspondence problem)라고 알려진 이 문제를 어떻게 풀 것인가 혹은 어떻게 계산해 낼 것인가가 계산론적 입장에서 고려될 수 있는 것이다(Marr, 1982).

4) 지각 항상성(perceptual constancy)

시지각(visual perception)의 출발은 망막상에 맺히는 2D 이미지인데, 시지각을 연구하는 심리학자들에 대한 가장 큰 도전은 우리가 망막에 맺힌 상대로 세상을 지각하지는 않는다는 점이다. 예를 들자면, 10m 거리에 소나타 승용차가 놓여 있을 때 망막에 맺히는 소나타 승용차의 상의 이미지 크기와 동일 대상이 100m 거리에 있을 때 망막에 맺히는 상의 크기는 다르다(1/10로 줄어들 것이다). 하지만, 관찰자는 소나타 승용차의 크기가 1/10으로 줄어들었다고 지각하지는 않는다. 10m 거리에 있던 100m 거리에 있던 소나타 승용차의 크기는 변화하지 않고 일관되게 유지되는

것으로 지각한다. 이를 크기 항상성(size constancy)라고 하며 이는 여러 가지 지각 항상성 중 하나의 예일 뿐이다. 시지각에서 연구되는 지각 항상성에는 이외에도, 주변 광도(illuminance)가 변화하면 망막상에 맺히는 광학 정보가 변화함에도 불구하고 특정 대상의 색채를 일관성이 있게 지각하는 색채 항상성, 정지해 있는 물체가 눈의 움직임에 따라 망막상에서 움직임에도 불구하고 관찰자는 이 대상이 외부세상에서 정지해 있는 물체로 일관성 있게 지각 하는 위치 항상성, 그리고 관찰자와 대상간의 거리 변화에 따라 양안시차가 제공에 반비례하여 변화함에도 불구하고 특정대상의 깊이를 일관성 있게 지각하는 깊이 항상성등이 있다(Goldstein, 1993).

깊이 항상성에 대한 심리학적 연구 주제는, 어떻게 양안시차의 변화에도 불구하고 우리가 항상성 있게 깊이를 지각하느냐 하는 것이다. 이에 대한 다양한 연구 및 이론들이 있지만 생략하기로 하고, 여기서는 3D 방송시스템 개발에서 깊이 항상성의 문제는 어떤 것인지를 따져 보기로 하자. 실제 세계에서 관찰자와 대상의 거리가 변화하면 앞서 밝혔듯이 특정 대상이 지니고 있는 3차원적 깊이에 의해 야기 되는 양안시차는 자연스럽게 변화한다(Rogers & Cagenello, 1989). 만약 시각체계가 관찰거리를 추정하여 체계적으로 변화하는 양안시차정보를 고려한다면 관찰거리에 관계없이 특정대상의 일관된 깊이 지각이 가능할 것이다. 3D 방송시스템에서 특정 깊이를 갖는 대상을 3D 카메라를 이용하여 촬영 한다고 하면 이때 양안시차는 3D 카메라와 대상과의 거리에 의해 결정된다. 문제는 이렇게 촬영된 2D 이미지는 고정된 양안시차만을 시청자에게 제공한다는 것이다. 다시 말해 시청자가 3D TV와의 거리를 변

화시키더라도 3D 카메라에 담겨진 2D 이미지는 어떤 변화도 시청자에게 제공하지 못한다는 것이다. 따라서, 관찰자가 정지해 있는 스테레오그램을 볼 경우 특정 대상의 지각되는 깊이는 관찰자와의 거리에 비례하여 증가한다. 다시 말해 깊이 항상성이 무너진다. 실생활에서는 특정대상과의 관찰거리가 멀어지면 양안시차도 거리의 제공에 비례하여 감소하는데, 3D 카메라에 촬영된 이미지의 경우 양안시차는 고정되고 거리만 증가하기에 양안시차가 시각체계에 의해 추정된 관찰거리를 고려하여 그 깊이감이 지각된다면, 스테레오그램으로부터 관찰자의 거리가 증가할 경우 지각되는 깊이는 증가할 것이다. 만약 당신이 스테레오그램을 가지고 있다면 직접 실험해 보라. 자극으로부터의 거리가 증가할수록 당신은 깊이감이 증가하는 것을 경험할 것이다. 관찰거리 뿐만 아니라 특정대상을 보는 각도에 따라서도 망막상의 이미지는 변화하는데, 실제 생활 속에서는 시각도의 변화에도 불구하고 대상의 3차원 모양은 일관성 있게 지각된다. 하지만 여러분도 경험했다시피 스테레오그램의 경우 보는 각도에 따라 3차원 모양이 왜곡되어 지각된다. 이러한 깊이 왜곡은 자극내에 존재하는 양안시차가 클 경우 시청거리의 변화에 따른 왜곡도 증가한다. 하지만 이러한 현상은 인공적으로 만들어진 스테레오그램에서만 일어날 뿐 실제생활에서 이러한 일은 일어나지 않는다.

3D 방송시스템이 실제 세계에 존재하는 대상의 3차원 모양과 깊이를 시청자에게 자연스럽게 전달하기 위해서 반드시 고려해야 할 요소는 관찰자와 3D TV와의 거리와 시청하는 각도이다. 현재 3D 방송 시스템을 개발하는 공학자들은 다안식 모니터를 개발함으로써 3D TV와 시청하는

각도의 변화에 의해 발생할 수 있는 문제를 해결하려고 시도하고 있다. 하지만 3D TV로부터의 시청거리 변화에 의해 발생할 수 있는 문제에 대해서는 준비가 되고 있지 못하다. 다만 모니터에 덧붙여 어떤 시청거리에서도 특정대상의 깊이감이 변화하지 않는 다시청거리식 3D 방송시스템의 개발을 염두에 두어야 할 것이다.

6. 3D 방송시스템 개발에서 고려되거나 연구되어야 할 휴먼팩터 문제들

3D 방송시스템 개발에서 고려되거나 연구되어야 할 휴먼팩터 문제들은 아주 다양하다. 앞에서 부분적으로 언급되었지만, 이곳에서 크게 세가지로 구별하여 간략히 소개하고자 한다.

1) 3D 방송시스템 개발에 요구되는 기초적인 휴먼팩터 연구

- 인간의 3차원 시각정보처리 시스템에 대한 이해
- 인간시청자가 이용하는 3D 정보와 이들 정보들의 상호작용 이해 및 정보의 상충이 시각체계에 미치는 영향 연구
- cardboard effect 및 puppet theater effect의 원인 규명 및 이들의 제거 방안 연구
- 구현할 시스템 (특히 3D TV)의 이상적인 resolution과 직접적으로 연결되는 양안시차/시점변화에 대한 인간의 민감도 연구
- 3D 지각에서의 시각정보와 청각정보의 상호작용
- 양안시차를 지각하는 개인차의 연구

2) 3D 시청환경 패러미터 규명 및 3D에 대한 감성공학기술 개발

- 적절한 3D 시청환경 패러미터 규명
- 시청거리 및 시점변화에 따라 왜곡되어 지각되는 깊이/크기의 정량화
- 3D 시청시간 증가에 따라 나타나는 두통/시각적 피로의 정량화 및 이들의 제거방안 연구
- 개발된 3D 영상 디스플레이 시스템이 얼마나 “자연스러운지”와 “임장감”에 대한 감성공학적인 정량화 및 3차원 자극에 대한 “자연스러움”과 “실감”에 영향을 미치는 패러미터에 대한 정신물리학적 연구

3) 3D 방송시스템에 대한 평가기술 개발

- 평가항목 개발
- 정신물리학적 방법/심리검사 방법 등을 사용한 평가방법의 개발
- 개발된 방법에 대한 신뢰도/타당도 연구 및 개발된 평가방법의 표준화
- 자기보고법의 주관적 측면을 배제하기 위해 객관성이 높은 생리학적 평가방법의 개발

7. 맺음말

3D 방송시스템 개발에 휴먼팩터가 고려되어야 한다는 인식이 공학자들 사이에 공유되고 있는 것은 국내 3D 방송시스템 기술의 발전을 위해서 아주 바람직한 일이고 동시에 지각심리학 또는 정신물리학을 전공한 심리학자들에게는 기

존의 연구성과들을 공학 및 산업분야와 접목시킬 수 있는 좋은 기회로 여겨진다. 3D 방송시스템 개발이라는 공통의 연구관심사에 대해 학문적 성격과 토양이 다른 다수의 분야에서 일해온 학자들이 공동연구를 수행하는 것은 결코 쉬운 일은 아니다. 동일한 개념에 대한 학문적 용어도 다르고, 연구방법도 다르기 때문이다. 3D 방송시스템에 휴먼팩터가 적절히 고려 되기 위해서는 공학자들의 연구에 대한 심리학자들의 이해도 필수적이지만, 휴먼팩터를 연구하는 심리

학자들의 연구에 대한 공학자들의 이해도 그에 못지 않게 중요하다. 현재까지 국내에서 공학자들과 휴먼팩터를 연구하는 심리학자들 사이의 공동연구는 아주 미미하다. 3D 방송시스템 개발에 휴먼팩터를 성공적으로 수용하기 위해서 또는 다양한 학문들간의 학제간 연구를 활성화시키기 위해서는 체제화된 연구모임이나 세미나가 지속적으로 개최 되어야 할 것이며, 본 논문이 이러한 필요성을 일깨워 주는 계기가 되었으면 하는 바램이다.

참고 문헌

- [1] Badcock, D. R. & Schor, C. M. (1985). Depth-increment detection function for individual spatial channels. *Journal of the Optical Society of America*, 2A, 1211-1215.
- [2] Blakemore, C. (1970). The range and scope of binocular depth discrimination in man. *Journal of Physiology*, 211, 599-622.
- [3] Cutting, J. E. & Vishton, P. M. (1995). Perceiving layout and knowing distances: the integration, relative potency, and contextual use of different information about depth. In *Perception of Space and Motion* (Eds. Epstein, E. & Rogers, S.). Academic Press, London. Goldstein, E. B. (1993). *Sensation & Perception*. Thompson publishing.
- [4] Harris, J. M. & Parker, A. J. (1992). Efficiency of stereopsis in random-dot stereograms. *Journal of the Optical Society of America*, 9, 1-12.
- [5] Howard, I. P. & Rogers, B. J. (1995). *Binocular vision and stereopsis*. Oxford University Press, New York/ Oxford.
- [6] Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. (1970). Stereoscopic vision in macaque monkey. *Nature*, 225, 41-42.
- [7] Julesz, B. (1971). *Foundations of cyclopean perception*. University of Chicago Press, Chicago.
- [8] Marr, D. (1982). *Vision*. Freeman, San Francisco.
- [9] Ogle, K. N. (1953). Precision and validity of stereoscopic depth perception from double images. *Journal of the Optical Society of America*, 43, 906-913.
- [10] Palmer, S. E. (1999). *Vision Science*, MIT Press, Cambridge/London.
- [11] Poggio, G. F. (1984). The analysis of stereopsis. *Annual review of Neuroscience*, 7, 379-412.
- [12] Rogers, B. J. & Cagenello, R. (1989). Disparity curvature and the perception of three-dimensional surfaces. *Nature*, 339, 135-137.
- [13] Westheimer, G & McKee, S. P. (1978). Stereoscopic acuity for moving retinal images. *Journal of the Optical Society of America*, 68, 450-455.

필자소개



이 형 철

- 1992년~1996년 : Dept. of Psychology, Univ. of Wisconsin - Madison, Ph.D.
- 1997년~1999년 : Vision Research Center, McGill Univ., 연구원
- 1999년~현재 : 광운대학교 산업심리학과 조교수
- 2000년~현재 : 「사단법인 3차원 방송·영상학회」편집위원
- 2000년~현재 : 「한국심리학회」정보운영위원
- 현재 : 광운대학교 산업심리학과/국가지정 3차원 영상미디어 연구실/조교수
- 전공분야 : 3차원 공간지각, 운동지각, 인지공학



김 은 수

- 1981년 3월 : 「광운대학교 전자공학부」 교수
- 1998년 3월 : 「한국디스플레이연구조합」 3D 선행기술정보교류회 위원장
- 1999년 11월~현재 : 「사단법인 3차원 방송·영상학회」 회장
- 2000년 3월~현재 : 「한국정보디스플레이학회」 3D 전문위원회 회장
- 2001년 1월~현재 : 「한국통신학회」 학술이사, 사업이사
- 현재 : 광운대학교 전자공학부/국가지정 3차원 영상미디어 연구실 책임교수.
- 전공분야 : 3차원 영상미디어, 스테레오스코픽/홀로그래픽 3D디스플레이, 스테레오 로봇비전, 3D 카메라등

본 논문은 과학기술부 국가지정과제(NRL)의 지원을 받았다