

3D 콘텐츠 제작에서의 휴먼팩터

이형철 (광운대학교)

I. 서론

2009년 말부터 시작되었던 3D 붐은 찾아들은 듯 하다. 매일 언론을 장식하던 3D 관련 기사는 많이 줄어들었다. 당시 3D 붐이 일어났을 때 반가움과 함께 우려 섞인 시선이 공존했다. 본격적인 3D 산업을 일굴 준비가 부족한 상황에서 너무 빨리 3D 붐이 일어 과거와 같이 3D에 대한 관심이 사라지지 않을까 많은 우려가 있었다. 2009년 말부터 약 2년의 시간이 흐른 지금 우리는 과연 본격적인 3D 산업의 발전을 이끌어 가고 있는가?

2009년 말과 2011년 말을 향해 달려가고 있는 지금 시점에 3D 기술의 차이는 무엇일까? 디스플레이 측면에서 보자면 Shutter Glass타입과 편광식(PR타입) 디스플레이의 3D 화질 논쟁 속에 각자의 단점을 극복하려는 노력이 있었고 무안경식 TV뿐 아니라 모니터와 모바일 기기에도 3D 기술 적용이 있었다. 콘텐츠 측면에서는 아바타 이후 다수의 3D 영화가 제작되었고 3D 시험방송이 있었다. 2년간 큰 발전이 있지는 않았지만 지속적인 3D기술의 문제점을 극복하기 위한 노력이 있었는데, 그럼에도 불구하고 3D붐이 지속되지 못하는 기운이 느껴지는 것은 무엇 때문일까?

여러 가지 이유가 있겠지만 3D 디스플레이를 통해 볼 수 있는 3D 콘텐츠가 충분히 많지 않다는 것, 특히, 사용자가 시각적 불편감이 없이 편안하게 즐길 수 있는 3D 콘텐츠가 절대적으로 부족하다는 것이 3D 산업의 지속적인 발전에 가장 큰 걸림돌이다. 궁극적으로 3D 시각피로의 문제를 해결하기 위해 3D 디스플레이가 구조적으로 안고 있는 문제가 해결되어야 하겠지만, 이와 같은 문제 해결을 단기간에 기대하기는 어렵고 결국 현재의 3D 디스플레이에 가장 적합한 3D 콘텐츠를 제작하는 것이 최선일 듯하다.

본 논문은 현재의 3D 영상 시스템이 유발하는 3D 시각피로의 문제를 개관하고 왜 이러한 3D 시각피로가 발생하는지를 인간의 3D 정보처리 시스템의 특징측면에서 살펴볼 것이다. 또한 인간의 3D 정보처리 시스템이 3차원 공간 표상을 위해 이용하는 3D 정보의 특징을 제시하고 특히 3D 정보와 3D 콘텐츠 제작에서의 중요 파라미터를 기술할 것이다. 끝으로 3D 휴먼팩터의 최근 국내외 동향을 소개하고자 한다.

II. 3D 시각피로

3D 영상을 볼 때 특이한 경험을 하는 것 같지만 사실 우리는 일상의 생활 속에서 항상 3D를 경험하고 있다. 일상생활 속에서의 3D 경험을 인식하지 못하는 것은 3D 경험에 매우 익숙해 있기 때문이다. 정상 3D 시각능력을 지닌 사람이 일상생활 속에서 경험하는 3D를 사실은 적지 않은 사람이 경험하지 못한다. 일상생활 속에서 생생한 3D를 경험하지 못하던 사람이 교정훈련을 통해 낮은 나이에 놀라운 3D의 세계를 경험한 경우가 있다^[1]. 일상생활 속에서는 항상 3D를 경험하던 사람이 3D 영상에서 3D를 경험하고 놀라워하는 것은 2D 디스플레이에서 경험하지 못하던 생생한 3D를 경험하기 때문이다. 안타까운 것은 일상생활 속에서 3D를 경험할 때에는 아무런 불편감이나 피로감을 느끼지 않는데 반하여 3D 디스플레이에 제시된 3D 영상으로부터 3D를 경험할 때에는 개인차가 존재하기는 하지만 적지 않은 불편감과 시각적 피로를 경험한다. 왜 우리는 일상생활에서는 경험하지 않는 시각피로를 유독 3D 디스플레이에 제시되는 영상을 볼 때 시각피로를 경험하는 것일까?

시각피로를 유발하는 요인에는 여러 가지가 있는데, 크게

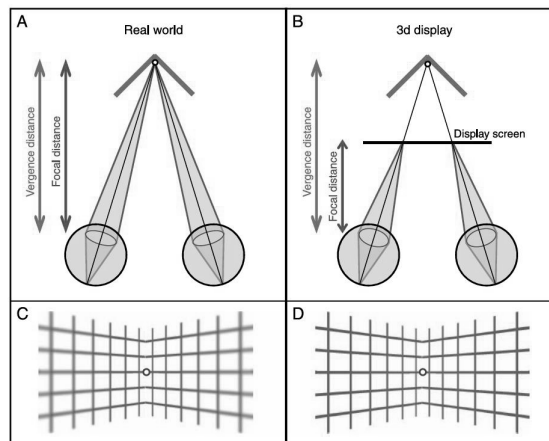
구별해서 디스플레이 요인, 콘텐츠 요인, 사용자 요인 그리고 시청환경 요인이 있다. 각 요인에 포함되는 세부 요인은 이미 다른 논문에서 언급하였으니 이를 참조하기 바란다^[2]. 여기에서는 일상의 3D 환경에서는 시각피로를 경험하지 않는 사람들이 왜 3D 디스플레이를 통해 제시되는 영상을 볼 때에만 시각피로를 경험하는가에 대해 초점을 맞추고자 한다.

인간의 3D 정보처리 시스템은 어느 하나의 정보에만 근거해서 3차원 지각을 하지 않는다. 3차원 공간의 정보가 2차원 망막(retina)에 투사되면서 정보 손실이 발생하기 때문에 두 눈에 입력된 영상의 차이 즉 양안시차(binocular disparity)에만 근거해서는 3차원 세계를 재구성하는 것이 논리적으로 그리고 수학적으로 불가능하다. 특정 깊이 또는 거리에 해당하는 양안시차는 관찰거리 제곱에 일반적으로 반비례한다. 따라서 양안시차를 이용하여 3차원 깊이를 재구성하기 위해서는 관찰거리 정보가 필수적으로 필요한데, 동안정보(ocular information)인 수렴(vergence)과 조절(accommodation)이 관찰거리 정보를 제공한다.

일상의 3D 환경에서 수렴과 조절거리는 일반적으로 일치한다. 수렴점을 형성한 곳에 있는 대상은 각 눈의 중심와(fovea)에 맞히고 각 눈의 중심와에 맞힌 영상은 단일상으로 지각된다. 이와같이 수렴은 각 눈에 입력되는 영상이 이중상이 아닌 단일상으로 지각되도록 하는데 중요한 역할을 한다. 반면에 조절은 외부세계의 대상이 망막에 깨끗하게 결상되도록 하는 역할을 하는데, 초점이 맞지 않아 망막에 깨끗하게 결상되지 않으면 이와같은 망막에서의 상흐림이 렌즈로 하여금 그 두께를 조절하여 망막에 깨끗하게 결상되도록 하는 역할을 한다. 일반적으로 대상이 멀리 있게 되면 렌즈를 얇게 만들어 굴절률을 낮추고 대상이 가까이 있게 되면 렌즈를 두껍게 만들어 굴절률을 높인다. 이처럼 수렴과 조절은 외부세계에 존재하는 대상과의 관찰거리에 따라서 작동하기 때문에 일상의 3D 환경에서 협응하여 작동하고 일반적으로 수렴거리와 조절거리는 일치하는 경향이 있다(그림 1) 참조).

3D 디스플레이를 보는 상황에서 수렴과 조절거리는 일반적으로 수렴거리와 조절거리가 일치하지 않는다. <그림 1>에서 확인할 수 있는 바와 같이 양쪽 눈에 입력된 영상은 대상이 화면 앞이나 뒤쪽에 있는 것으로 지각되는데, 이 때 수렴은 화면이 아닌 화면 뒤쪽이나 앞쪽에 형성이 되고 반면에 조절은 물리적인 빛이 존재하는 화면의 거리에 맞게 형성된다. 일반적으로 수렴-조절 불일치는 화면에 제시된 영상의 시차에 비례하여 증가한다.

일상의 3D 환경에 존재하는 대상은 수렴-조절 불일치를 유발하지 않고 따라서 인간의 3D 정보처리 시스템은 3D 정보간의 불일치를 갖지 않는데 반하여 3D 디스플레이에 제시되는 시차를 동반하는 3D 대상은 수렴-조절 불일치와 함께



<그림 1> 실제 3D 환경과 3D 디스플레이에서의 수렴과 조절 거리^[3]

3D 정보처리 시스템 내에서의 정보 간 불일치를 유발하고 이것이 3D 디스플레이를 관찰할 때 발생하는 시각피로를 유발하는 것으로 알려져 있다.

수렴-조절 불일치는 현재의 상용화된 대부분의 3D 디스플레이가 궁극적으로 해결해야 할 문제이다. 수렴-조절 불일치가 유발되지 않도록 하는 특수하게 설계된 디스플레이를 어떻게 설계할 것인가와 관련된 특허가 일부 존재하기는 하지만 아직 실용화되지는 않고 있다.

수렴-조절 불일치가 현재의 상용화된 3D 디스플레이가 지니고 있는 구조적인 문제라면 콘텐츠 제작에서는 이 문제를 극복할 수 없는 것일까? 이 부분이 콘텐츠 제작에 있어서 고민이 필요한 부분이다. 일반적으로 수렴-조절 불일치는 화면에서의 좌우안 영상의 시차와 비례하는데, 큰 시차를 포함하는 영상은 큰 수렴-조절 불일치를 유발하고 작은 시차를 포함하는 영상은 상대적으로 작은 수렴-조절 불일치를 유발한다. 수렴-조절 불일치가 시각피로의 주요한 원인이라면 좌우안 영상의 시차를 작게하면 되지 않을까? 문제는 좌우안 영상의 시차가 작아질수록 사용자가 3D 콘텐츠에서 경험하는 깊이감은 그만큼 줄어들게 된다. 3D 깊이감을 크게 하기 위하여 시차를 증가시키면 그에 따라서 수렴-조절 불일치도 증가하고, 반면에 시각피로를 감소시키기 위해서 좌우 영상의 시차를 작게하면 수렴-조절 불일치는 감소하지만 그에 비례해서 지각되는 깊이감도 감소한다. 3D 콘텐츠 제작에서 고려해야 할 문제는 어떻게 하면 적절한 3D 깊이감을 생성하면서 수렴-조절 불일치가 인간의 3D 정보처리 시스템이 수용할 수 있을 정도만 유발되도록 좌우안 영상의 시차를 결정할 것인가이다.

충분한 3D 깊이감을 지각하게 하는 것을 가능하게 하면서 동시에 인간의 3D 정보처리 시스템이 견딜 수 있을 정도의 좌우영상 시차를 어떻게 결정할 것인가? 문제는 단순하지만 이 문제에 대한 답은 그렇게 간단하지가 않다. 먼저 사용자의

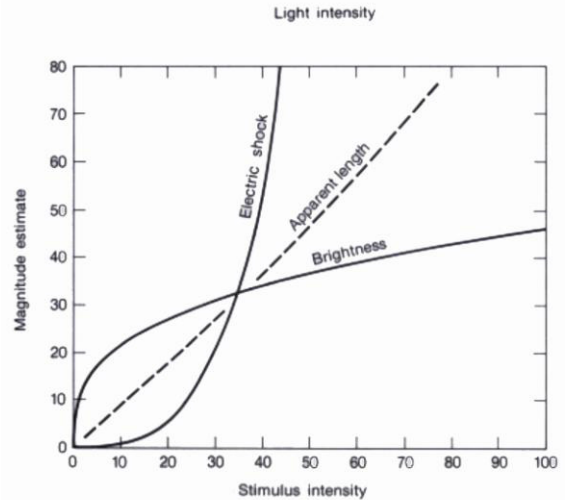
특성과 시청환경이 고려되어야 하고 설명 이것을 고려한다하더라도 촬영환경과 카메라 조건에 따라 그 최적값은 다양하게 변화할 수 있다. 중요한 것은 그 최적값이 사용자에 대한 데이터베이스를 근거로 이루어 져야 한다는 것인데, 이와같은 데이터베이스가 현재 폭넓게 구축되어 있지 못하다. 이 부분은 앞으로 3D 휴먼팩터 분야에서 해결해야 할 문제로 판단된다.

수렴-조절 불일치 이외에 시각피로에 영향을 미치는 중요한 요인이 크로스톡이다. 좌안 영상은 좌안으로 입력되고 우안 영상은 우안으로만 입력되게 하는 것이 가장 이상적이다. 그런데, 3D 디스플레이의 불완전성 또는 3D 디스플레이와 3D 안경의 완벽하지 못한 정합성 때문에 좌안 영상의 일부가 우안으로 그리고 우안영상의 일부가 좌안으로 입력되게 되는데 이것이 크로스톡이다. 일반적으로 크로스톡은 각 디스플레이별로 크로스톡이 얼마인지 광학적으로 수치화해서 결정하는 것이 가능하다. 수렴-조절 불일치와 마찬가지로 크로스톡은 일차적으로는 3D 디스플레이의 문제이긴 하지만 콘텐츠 제작 측면에서 크로스톡을 최소화할 수 있는 방안은 없는 것일까?

크로스톡이 3D 디스플레이의 설계상 불완전성 때문에 발생하고 또한 각 디스플레이가 유발하는 크로스톡이 광학적으로 수치화하는 것이 가능하다고 하지만 크로스톡의 물리적인 존재와 물리적으로 존재하는 크로스톡을 인지하는 것은 또 다른 문제이다. 크로스톡이 완벽하게 없으면 당연히 이로 인한 문제가 없겠지만 설명 크로스톡이 물리적으로 존재한다고 하더라도 시청자가 크로스톡이 없는 것으로 또는 최소화 된 것으로 인지하면 크로스톡의 문제는 덜 심각한 문제가 될 것이다.

물리적인 크로스톡과 인지된 크로스톡을 이해하기 위해서는 역치(threshold) 또는 정신물리학(psychophysics)의 개념을 이해할 필요가 있다. 정신물리학은 외부세계에 존재하는 물리적인 자극의 강도와 그에 대응하는 감각강도 또는 인지된 강도사이의 관계를 연구하는 분야이다. 자극의 모드가 무엇인지에 따라 다르겠지만 일반적으로 물리적인 자극강도와 인지된 강도의 함수관계는 선형적이지 않은 않다.

<그림 2>에서 확인할 수 있는 바와 같이 점선으로 표시된 인지된 길이는 물리적인 자극의 길이에 선형적으로 비례해서 증가한다. 하지만, 인지된 밝기는 물리적인 광량에 따라서 선형적으로 증가하지 않고 로그함수적으로 증가한다. 인지된 크로스톡 역시 물리적인 크로스톡의 양에 따라 선형적으로 증가할지 아니면 다른 함수의 형태로 증가할지 아직은 경험적으로 축적된 데이터가 존재하지 않는다. 다만, 여기서 분명히 언급할 수 있는 것은 인지된 크로스톡의 양이 물리적인 크로스톡의 양에 의해서만 결정되지는 않는다는 점이다.



<그림 2> 물리적인 자극강도와 인지된 강도간의 함수관계^[4]

동일한 물리적인 크로스톡을 유발하는 디스플레이일지라도 콘텐츠의 특성에 따라 인지된 크로스톡의 양은 변화한다. 물리적인 크로스톡의 양 이외에 인지된 크로스톡의 양에 영향을 미치는 중요한 변인은 영상의 명도대비(luminance contrast)와 양안시차 그리고 영상의 공간빈도(spatial frequency)이다. 일반적으로 명도대비가 높을수록(즉, 전경과 배경의 명도차이가 클수록), 양안시차가 클수록 그리고 공간빈도가 낮을수록 인지된 크로스톡의 양은 증가하는 경향이 있다. 화면 가득히 영상 내에 다양한 대상이 존재하고 전경과 배경의 밝기차이도 크지 않으면 양안시차가 작은 경우에는 크로스톡이 크게 인지되지 않는다. 반면에 화면 내에 단일한 대상만이 존재하고 대상과 배경간의 명도차이가 크고 또 양안시차도 크면 물리적인 크로스톡이 작은 경우에도 크로스톡이 분명하게 인지된다. 3D 콘텐츠를 제작할 때에는 이와같은 인지된 크로스톡에 영향을 미치는 변인들을 충분히 고려하여 인지된 크로스톡을 최소화할 필요가 있다.

3D 시각피로는 영상안전성(image safety)의 문제 때문에 특히 주목해야 할 부분이다. 2D 디스플레이가 대중화될 때에도 시각피로의 문제는 논의의 대상이었지만, 3D 시각피로의 문제가 영상안전성의 문제와 결부되어 논의된 것은 1997년 일본에서 발생한 광과민성 발작(photoepileptic seizures) 때문이다. 당시 유행하던 애니메이션 프로그램인 포켓몬을 시청하던 수 백 명의 아이들이 간질발작과 유사한 증상을 보이면 병원으로 후송된 적이 있다. 당시 발작을 일으킨 아이들은 간질 병력이 없던 정상적인 아이들이었는데, 짧은 시간 내에 빠르게 명멸하는 빛 자극에 노출 된 후 발작을 일으킨 것이다. 이와 같은 광과민성 발작은 일본뿐만 아니라 영국에서도 관찰되었으며 아이들 뿐 아니라 성인에게서도 관찰되었다.

2005년 국제표준화기구인 ISO에서는 IWA3를 통해 영상 안전성의 문제를 제기하였는데, 2D 영상을 포함해서 3D 영

상은 앞서 제기한 광과민성 발작, 운동자극에 의해 유도된 운동 멀미증(visually induced motion sickness) 그리고 시각 피로(visual fatigue)를 유발하지 않도록 주의할 것을 촉구하였다.

Ⅲ. 3D 실감왜곡

영상 안전성이 당장 시급하게 해결해야 할 문제이지만 궁극적으로 3D 콘텐츠 제작에서 해결해야 할 문제는 3D 실감 왜곡의 문제이다. 2D 디스플레이 보다 더 생생한 실감을 제공하기 위해 2D 디스플레이에서는 제공하지 못하는 양안시차를 3D 디스플레이를 통해 제시하는데 이것이 3D 실감왜곡의 문제를 유발한다는 것은 역설적이다. 3D 실감 왜곡의 문제는 무엇일까?

2D 디스플레이는 유발하지 않지만 3D 디스플레이에서 유발되는 실감 왜곡의 문제는 크기지각 왜곡과 깊이지각 왜곡이다. 크기지각의 왜곡은 인형극장 효과(puppet theater effect)로 알려져 있고 깊이지각의 왜곡은 카드보드 효과(cardboard effect)로 알려져 있다.

2D 디스플레이로 영상을 볼 때에 비하여 3D 디스플레이로 영상을 볼 때, 특히 대상이 사용자를 향하여 화면 앞으로 돌출되어 나올 때 대상의 크기가 작게 지각되는 경향이 있는데, 이와 같은 효과는 대상이 화면 밖으로 돌출되어 나오면 나올수록(즉 교차시차가 증가하면 할수록) 증가하는 경향이 있다. 이와같은 인형극장 효과는 화면에 제시되는 대상의 크기가 충분히 클 때(즉 근접 촬영할 때)에는 크게 문제가 되지 않지만 원거리 촬영으로 인해 화면에서의 대상의 크기가 작을 때 특히 심각한 문제를 유발하는데 대상이 실제크기보다 너무나 왜소하게 지각되기에 대상에 대한 실감을 감소시키는 원인이 된다.

인형극장 효과보다 더 심각한 문제가 카드보드 효과이다. 좌우안 카메라간 거리가 일정할 때 화면에서의 시차는 촬영 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 피사체가 멀리 있을수록 시차가 급감하여 깊이감이 감소하게 되므로 이를 극복하기 위하여 좌우안 카메라간 거리를 증가시켜 인위적으로 화면에서의 시차를 증가시키는 촬영기법을 사용한다. 피사체와의 거리가 먼 경우에 좌우안 카메라간 거리를 증가시켜 인위적으로 화면에서의 시차를 증가시키는 촬영기법이 제작자가 의도한대로 실감을 증진시킬 수 있을까?

화면에서의 시차에 영향을 미치는 변인에는 여러 가지가 있지만 중요한 두 변인은 좌우안 카메라 간의 거리와 피사체 간의 거리 그리고 피사체 자체의 볼륨이다. 외부세계에서의 깊이가 클수록 그리고 좌우안 카메라간의 거리가 클수록 화

면에서의 시차가 크다. 외부세계의 조건이 고정된 상황에서 피사체와의 거리가 멀어서 화면에서의 시차가 급감하는 경우에 이를 극복하기 위하여 취할 수 있는 한 가지 방법은 좌우안 카메라의 거리를 증가시키는 것인데 이로 인해 피사체간의 화면에서의 시차는 어느 정도 증가하지만 피사체 자체의 볼륨이 원래 크지 않은 상황에서는 피사체 자체의 볼륨에 대응하는 화면에서의 시차 증가는 상대적으로 적다. 이런 방식으로 촬영한 영상을 보면 피사체 간의 깊이감은 뚜렷이 지각되는데 비하여 피사체 자체의 볼륨감은 상대적으로 너무 작아서 마치 카드보드와 같이 깊이감이 없는 평면으로 지각되는 경향이 있다.

인형극장 효과와 카드보드 효과 이외에 3D 콘텐츠 제작에서 보다 근본적인 문제는 3D 깊이 항상성(또는 3D 모양 항상성)을 어떻게 구현할 것인가의 문제이다. 3D 깊이/모양 항상성은 지각 항상성(perceptual constancy)의 일종인데, 지각 항상성이란 외부 세계가 지닌 특성을 관찰 조건 또는 관찰 환경에 관계없이 일정하게 항상적으로 지각하는 인간 시각 정보처리 시스템의 특성이다. 외부세계에 1m의 높이를 지닌 대상이 있으면 우리는 관찰거리와 관계없이 그 대상의 높이를 안정적으로 1m로 지각한다. 이것이 당연하지 않은 이유는 외부세계의 높이는 관찰 환경이나 조건에 따라서 변화하지 않지만, 망막에 투사된 또는 카메라에 투사된 피사체의 크기는 관찰거리에 따라서 역동적으로 변화하기 때문이다. 마찬가지로 특정 대상의 깊이가 1m인 경우에 이 대상의 깊이는 관찰 환경 또는 조건에 따라서 변화하지 않고 일정하게 유지되지만 관찰자의 망막이나 입체 카메라에 투사된 피사체가 유발하는 양안시차는 관찰거리 제곱에 반비례해서 변화한다. 문제는 일상생활에서 크기지각의 항상성이 유지되고 동시에 깊이지각과 3D 모양 항상성이 유지되는데 3D 디스플레이에서는 이것이 유지되지 않는다는 것이다. 3D 깊이/모양 항상성의 문제에 대해 좀 더 면밀히 살펴보도록 하자.

예를 들어 반지름 5m, 높이가 10m인 원기둥을 촬영했다고 하자. 반지름이 5m, 높이가 10m인 원기둥은 실제 환경에서 관찰 환경이나 조건과 관계없이 즉 관찰자가 어떤 거리에서 관찰하더라도 반지름 5m, 높이가 10m인 원기둥으로 지각될 것이다. 하지만 촬영된 3D 영상을 관찰할 때 이 원기둥이 어떻게 지각될 것인가 하는 것은 촬영 당시의 조건과 관찰 조건에 따라서 변화한다. 촬영 조건은 무시하고 관찰 조건만 따져 보더라도 디스플레이 크기에 따라서 지각되는 깊이와 높이는 변화한다. 이것은 2D디스플레이에서도 마찬가지로 적용되는 것이니 큰 문제가 아닐 수 있는데, 더 큰 문제는 관찰거리가 멀어질수록 동일 영상일지라도 반지름이 증가하여 지각된다는 것이다. 동일 영상을 화면 가까이에서 볼 때에는 납작한 원기둥으로 지각할 수 있고 먼 거리에서는 지름이 화면에서



관찰자 방향으로 길게 늘어난 원기둥으로 지각할 수 있다. 영화관에서 동일 영상을 관람하고 있는데, 앞자리에 앉은 관객은 납작한 피사체를, 뒷자리에 앉은 관객은 깊이가 과대하게 증폭된 피사체를 볼 가능성이 있다.

이와 같은 실감왜곡의 문제를 어떻게 극복할 수 있을까? 현재 이를 극복하기 위한 다양한 휴먼팩터 연구들이 진행되고 있다. 조만간 완벽한 수준은 아닐지라도 실감왜곡의 문제를 최소화하기 위한 콘텐츠 제작 가이드라인이 도출되리라 기대한다.

IV. 인간 3D 정보처리 시스템

최근 3D 휴먼팩터 이슈가 중요한 문제로 부각되면서 인간 3D 정보처리 시스템에 대한 관심이 증가하고 있다. 인간 3D 정보처리 시스템에 대한 연구자로서 이는 매우 반가운 현상이지만 한 가지 걱정스러운 것은 혹시나 인간 3D 정보처리 시스템에 대한 이해가 표면적인 이해에 그치지 않을까 하는 것이다. 목적에 따라서 그 정도는 달라지겠지만 3D 휴먼팩터의 문제를 해결하기 위해 인간의 3D 정보처리 시스템에 대한 이해를 할 것이라면 설부른 표면적인 이해는 오히려 3D 휴먼팩터 문제 해결에 장애가 될 것이라 판단한다. 그 이유는 다음과 같다.

화성탐사선을 이용하여 지구를 떠나 태양계 행성을 연구하고 이론 물리학이 우주의 탄생과 미래에 대하여 연구함에도 불구하고 여전히 해결되지 않은 많은 연구문제가 존재하는데 그 이유는 그만큼 우리가 당연한 물리적인 세계의 시스템이 복잡하기 때문이다. 우주에 존재하는 시스템 중에 가장 복잡한 시스템 중의 하나가 인간의 정보처리 시스템, 즉 뇌이다. 많은 연구자들이 뇌의 구조와 기능을 알아내기 위해 연구하고 있지만 알고 있는 것보다 모르는 것이 더 많다. 인간의 3D 정보처리 시스템은 이와 같이 매우 복잡한 뇌의 하부 구조이며 이것은 하루아침에 창조된 것이 아니라 3차원 환경에서 살아남기 위해 3D 환경과 상호작용해 온 유기체에 갖춰진 진화의 산물이다. 특히 주목할 것은 인간의 3차원 정보처리 시스템이 외부의 물리적인 자극을 입력받아 외부세계에 존재하는 3차원 세계를 재구성하는데 이 구성물이 다름 아닌 인간의 “마음”이라는 점이다.

외부의 물리적인 자극과 인간의 마음을 체계적으로 연구하기 위해서는 앞 절에서 소개한 정신물리학에 대한 이해가 필수적이다. 앞서, 인간의 마음이 물리적인 자극에 따라 선형 함수적으로 반응하지 않는다는 것을 명시하였다. 이는 물리적인 3D 자극 조건을 이해하는 것이 지각된 깊이를 이해하는데 일부만을 차지함을 의미한다. 지각된 3D 깊이감과 휴먼

팩터의 이슈를 이해하기 위해서는 인간의 3D 정보처리 시스템에 대한 근본적인 이해가 필요하다.

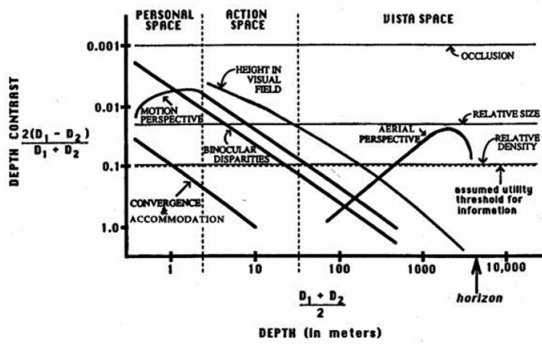
인간의 3D 정보처리 시스템은 계열적으로 정보를 처리하면서 동시에 병렬적으로도 처리한다. 외부로부터 빛 자극을 입력받는 감각기관인 눈과 입력된 영상정보를 처리하여 후두엽의 시각정보처리 시스템으로 전달하는 중간 정거장, 그리고 초기 시각정보 특징(feature)들을 처리하고 이로부터 입력을 받아 좀 더 복잡한 정보를 처리하는 중간단계와 모양과 깊이, 운동, 색등을 처리하는 단계 그리고 이를 과거의 기억속의 특정 대상과의 합치 여부를 따져보는 고차 인지과정까지 시각정보처리는 계열적으로 순차적으로 진행되는 경향이 있다. 하지만 각 단계마다 다양한 정보들이 동시 다발적으로 처리되는 병렬적 정보처리 특성을 갖기도 한다. 이와 관련된 모든 연구내용을 여기에서 정리하는 것은 불가능하다. 관심이 있는 독자는 인간의 감각과 지각 정보처리 시스템에 대한 텍스트를 참조하기 바란다^[4,5].

여기에서는 많은 3D 디스플레이 전문가와 콘텐츠 전문가들이 놓치기 쉬운 한 가지를 강조하고자 한다. 입력 되는 시각 자극 중에서 시각 정보처리 메카니즘이 가장 중요하게 처리하는 정보중의 하나는 자극에 포함된 밝기 정보이다. 모양지각과 깊이지각 그리고 운동지각을 위해 기본적으로 처리해야 할 정보가 밝기 정보인 것이다. 깊이 지각에 필수적인 양안시차를 계산하기 위해서라도 먼저 영상에 포함된 밝기 정보가 처리되어야 하는 것이다. 밝기 정보 중에서 특히 중요한 것이 밝고 어두움의 차이, 즉 명도대비(luminance contrast)이다. 앞의 절에서 인지된 크로스톡에 영향을 미치는 중요한 변인으로 명도대비를 꼽았다. 밝기 정보가 모든 3D 정보의 근원이다.

V. 3D 정보

인간의 3D 정보처리 시스템이 사용하는 정보는 여러 논문에서 이미 소개하였으니 이를 참조하기 바란다^[5]. 여기서는 인간의 3D 정보처리 시스템이 각 각의 3D 정보를 어떤 중요도로 이용하는지를 소개하고자 한다.

인간의 3D 정보처리 시스템이 하나의 정보에만 근거해서 외부세계의 3차원적 특성을 파악하지 않고 다양한 정보를 통합하는 이유는 무엇일까? 아마도 진화론적인 이유가 있을 것이라고 생각되는데 유기체와 대상까지의 거리에 따라 정보의 효율성이 상이하고 동시에 하나의 정보에 근거해서 3차원 특성을 파악하는 것보다 다수의 정보에 근거해서 3차원 특성을 파악하는 것이 더 신뢰성이 있기 때문일 것이다. <그림 3>에서 가로축은 유기체로부터 대상까지의 거리를 나타내고 세로



〈그림 3〉 3D 정보의 종류와 관찰거리에 따른 각 정보의 중요도^[6]

축은 각 정보의 중요도(위로 올라갈수록 중요도가 상승함)이다. 3D 디스플레이에서 전달하고자 하는 양안시차(binocular disparity)는 10m 이내의 거리에서는 상대적으로 유용한 정보이지만 약 20m를 벗어나면 정보로서의 가치가 현격하게 감소한다. 관찰거리가 증가함에 따라서 양안시차의 정보로서의 중요도가 감소하는 이유는 아마도 양안시차가 관찰거리의 제공에 반비례하기 때문일 것이다. 모든 3D 정보 중에서 가장 강력한 3D 정보는 단연코 중첩(occlusion)이다. 관찰거리와 관계없이 중첩은 어떤 3D 정보보다도 우선시된다.

일상의 3D 환경에서 모든 3D 정보는 모순되지 않고 일관되게 외부의 3D 환경 정보를 유기체에게 전달된다. 하지만 3D 디스플레이를 통해 제시되는 3D 정보는 간혹 불일치된 정보를 사용자에게 전달하는데 이 때 사용자는 혼란 또는 시각적 피로를 경험하게 된다.

콘텐츠 제작에서 유념해야 할 것은 3D 카메라를 통해 촬영된 영상이 단순히 양안시차 정보만을 전달하는 것이 아니라 2D 디스플레이에 포함되는 많은 다양한 3D 정보들까지 3D 디스플레이로 전달한다는 것이며 따라서 3D 정보들 간의 합치성에 대해 충분한 고민을 해야만 한다. 예를 들어, 제한된 화면에(화면의 크기와 관계없이) 3D 정보를 제시하는 것은 일상의 3D 환경으로부터 3D 정보를 관찰자가 직접 입력 받을 때와 차이가 있는데, 특히 주의할 것은 제한된 화면의 테두리가 중첩정보로서 작용한다는 것이다. 영상이 화면 뒤로 나타나도록 시차를 제공하면 중첩정보와 모순이 없지만 영상이 화면 밖으로 돌출되도록 시차를 배치하는 경우에, 그리고 특히 돌출되는 영상이 테두리 경계에서 잘려나가는 경우에 시차정보가 테두리의 중첩정보와 일치성을 상실해 사용자의 3D 정보처리 시스템은 혼란을 겪는다. 또한 자막을 배치할 경우에 자막의 위치가 영상의 정보와 충돌하지 않도록 신경을 써야한다. 이 세상에 존재하는 대부분의 대상은 견고하고 불투명한데 간혹 자막이 화면 밖으로 돌출된 대상의 안쪽에 자리 잡도록 시차를 배치하여 대상의 견고성 또는 불투명성과 충돌하여 혼란을 유발한다.

VI. 관련 동향

앞서 기술한 콘텐츠 제작에서 고려해야 할 휴먼팩터 이슈들은 지속적인 휴먼데이터 축적을 통해 정교화되고 수치화될 필요가 있다. 휴먼 데이터 축적이 충분히 이루어지면 3D 시각피로와 실감왜곡을 최소화 할 수 있는 3D 콘텐츠 제작 가이드라인을 구성하는 것이 가능하다.

현재 정부의 지원을 받아 다양한 3D 콘텐츠 제작을 위한 휴먼팩터 연구가 진행되고 있다. 앞으로 2~3년간 콘텐츠 제작에서의 휴먼팩터 연구가 진행되어 휴먼 데이터 축적이 이루어지면 보다 현실성이 있는 콘텐츠 제작 가이드라인이 구성될 것으로 판단된다. 국내 방송 표준 단체인 TTA의 WG8062에서는 3D 방송 안전가이드라인 표준안을 제정하였으며 지속적인 수정작업을 진행하고 있다^[7]. 멀지 않은 장래에 3D 콘텐츠 제작 가이드라인 표준안도 이곳에서 나오리라 기대한다. 국제 표준 단체인 ISO에서도 콘텐츠 제작을 포함한 전반적인 3D 휴먼팩터 이슈에 대한 표준안을 검토하고 있는 것으로 파악되고 있다.

VII. 결론

3D 디스플레이는 물론이고 3D 콘텐츠 역시 최종 사용자는 인간이다. 정신물리학의 연구결과들이 시사하듯이 인간의 시각 시스템은 외부의 물리적인 자극을 있는 그대로 지각하지 않는다. 3D 영상은 그 자체로서 의미가 없다. 인간 사용자에게 큰 무리가 없이 전달될 때에 의미가 있고 상품성이 있는 것이다. 사용자 친화성이 떨어지는 3D 디스플레이와 3D 콘텐츠는 사용자로부터 외면을 받을 것이고 결국 시장에서 퇴출될 것이다.

3D 시각피로와 실감왜곡의 문제가 풀기 어려운 문제임에는 틀림이 없지만 문제가 명확하게 파악된 이상 반드시 해결의 길이 있을 것이다. 문제의 해결은 어느 한 사람에 의해 해결되지 않고 여러 분야의 협업에 의해 해결될 것이다. 반복적인 실패의 경험에 의해 문제를 해결하는 것도 한 가지 방법이지만 가장 빠르고 효율적인 해결방법은 과학적인 접근법을 통해서이다. 3D 영상이 안고 있는 문제의 해결을 위해 관련 전문가와 연구자들이 힘을 모아야 할 때이다.

참고문헌

- [1] Susan Barry, "Fixing my gaze: A scientist's journey into seeing in three dimensions", Basic Books, 2009.



- [2] 이형철, "3D 비디오 영상과 휴먼팩터", 전자공학회지, 2010.
- [3] D. Hoffman, A., Girshick, K., Akeley & M. Banks, "Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue", Journal of Vision, 2008.
- [4] E. B. Goldstein, "Sensation and perception", Thomson, 2007.
- [5] S. E. Palmer, "Vision Science", MIT Press, 1999
- [6] W. Epstein & S. Rogers, "Perception of space and motion", Academic press, 1995.
- [7] 이형철, "3D TV 방송 안전 가이드라인", TTA 저널, 2011.



이 형 철

1987년 연세대학교 심리학과, 학사.
 1989년 연세대학교 대학원 심리학과, 석사.
 1996년 Univ. of Wisconsin, Psychology, Ph.D.
 1997년~1999년 McGill Vision Research Center, 연구원.
 1999년~현재 광운대학교 산업심리학과, 교수.
 2009년~2010년 차세대 방송 표준 포럼, 3D 품질평가 WG, 의장.
 2010년~2011년 3D 시청안전성협의회, 의장.
 2010년 현재 TTA WG8062, 의장.
 <관심분야> 3차원 공간 지각, 3D 휴먼팩터, Vision Science