

1. 3차원 영상기술의 역사

3차원 영상기술은 크게 영상의 깊이감을 표현해 줄 수 있는 방법의 개발과 이 깊이감의 표현에 있어 인간 시각 기능의 역할에 관한 규명, 즉 Human Factor에 대한 연구의 두 범주로 분류된다. Human Factor에 관한 연구는 깊이감의 표현 방법이 다양해지고 난 1980년 이후에 본격적으로 시작되었고, 깊이감 표현 방법에 관한 연구는 1838년에 영국의 휘트스톤(Wheatstone)에 의해 개발된 서로 90도 각도로 배치된 반사경(1)과 1949년에 브류스터(Brewster)에 의한 쌍기형 프리즘(1)을 사용하여 좌우 영상을 분리하여 대응하는 눈에 입사되도록 하는 입체경(Stereoscope)을 효시로 하여 시작이 되었고, 입체경에 의해

점 3차원 영상방식(4)이 그리고 현재는 시점 영상의 수가 수 10이상이 되는 초 다시점 영상 기술(5)과 완전 시차방식의 3차원 영상 기술(6)에 대한 연구가 행해지고 있다. 1990년대에 특히 주목할 것은 전자적으로 홀로그램을 구현함에 의한 홀로그램의 동영상화(7) 가능성의 제시와 깊이별 영상을 층으로 배열시킴에 의한 체적 영상 표시 기술(8)의 데모이다.

2. 3차원 영상기술의 현황 및 전망

앞으로 3차원 영상기술의 개발 방향은 지금까지 개발된 여러 깊이감 표현 방식이 제공할 수 있는 인간 눈의 입체 영상 인식 기능에의 적응성에 의해 예측이 가능하다. 인간이 자신들이 활동하는 공간, 즉 3차원 공간을 인식하는 것은 눈이 가진 4가지의

특집 「 3차원 영상기술 」

3차원 영상기술 현황 및 전망

손정영*, 천유식**

볼 수 있는 입체상의 크기를 확대하고 눈에 대고 보지 않아도 되도록 한 것이 1850년대 이후부터 개발되기 시작한 안경을 사용하는 입체 영상 방식(2)이다. 안경식 입체 영상 방식은 단순히 좌우 눈의 영상을 대응하는 눈으로 선택 투과시키는 수동식과 안경 자체에 영상 표시소자가 부착된 소위 HMD(Head Mount Display)(3)라 칭해지는 능동식이 있다. 수동식은 입체 영상 관람용으로 많이 사용되고, HMD는 가상현실 체험 등 특수 목적으로 사용된다. 입체 영상 방식은 컴퓨터에 의한 애니메이션과의 결합으로 특수 영상 효과 창출을 위해 오늘날까지도 많이 사용되고 있다. 안경식에 이어, 1980년도 이후는 평면 영상의 대체를 위한 무 안경식 3차원 영상 기술의 개발이 시작되어, 먼저 1900년대 초에 개발된 시차장벽(Parallax Barrier)판과 렌티큘라를 이용한 입체 영상기술이 개발되었고, 1990년도 이후는 2 시점 이상의 영상을 사용한 다 시

기능(9)인 양안시차(Binocular Parallax), 운동시차(Motion Parallax), 초점조절(Accommodation) 그리고 수렴(Vergence)과, 이와 더불어 우리 두뇌에 미리 기억된 정보에 의해 주어지는 심리적인 현상의 도움에 의해 자연스럽게 이루어진다. 그러므로 가장 바람직한 깊이감 표현 방식은 상기의 다섯 가지 요인에 순응하는 3차원 영상을 제공할 수 있는 것이어야 한다. 이 관점에서 보면 홀로그래피가 가장 좋은 방식(10)이나, 단위 면적당에 포함된 데이터 량이 너무 많아 취급은 물론 샘플링의 어려움 때문에 현재로써는 컴퓨터를 이용한 제한된 치수의 상만을 전자적으로 합성 표시할 수 있어 실용적이지 못하다. 이 문제와 더불어 홀로그래피에 의한 3차원 영상의 구현은 기존의 평면 영상 구현 방식과는 너무나 차이가 있어, 현 평면 영상시스템과의 호환성도 문제가 있어 현재는 연구활동이 미미하나, 향후 기대가 되는 기술이다(최현희, "홀로그래

* 한국과학기술연구원 3차원 영상매체팀, sjy@kist.re.kr

** 충남대학교, 전산학과

3차원 영상기술 현황 및 전망

픽 비디오 시스템” 참조). 홀로그래피 기술에 비급가는 또 하나의 3차원 영상 기술은 체적 영상 기술로 광경이나 대상체의 깊이별 영상을 깊이별로 적층 시킴에 의해 광경이나 대상체의 체적 영상을 표시하는 것으로, 현재 회전 또는 이동 스크린을 사용 레이저 빔 주사 또는 층별 영상투사에 의해 영상을 구현하나, 표시 스크린과 관련한 기구적인 문제로 대형화가 힘들고 벌키(Bulky)해지는 문제가 있다. 또한 현재의 평면 영상 시스템과의 호환성도 문제가 된다(Shestak, “최근의 체적 영상 기술에 대한 고찰” 참조). 그 외의 현재 알려진 깊이감 표현 방식은 양안시차를 위주로 하여 운동시차를 가미한 것이 대부분이다. 이 방식들의 경우는, 현재 사용하는 카메라와 영상 시스템을 그대로 사용할 수 있으므로 기존의 평면 영상 시스템과의 호환성이 뛰어나며, 구현이 용이하다는 장점이 있어 현재 가장 많이 연구가 되고 있다. 이 방식들의 구현을 위해서는 “최소한 개의 입체 영상으로 융합될 수 있는 좌우 눈에 대응하는 두 장의 동일 대상체에 대한 영상 쌍이 필요하다.” 이러한 영상을 준비하기 위해서는 수평 방향으로 일정거리 떨어져 서로 평행 또는 일정 각도를 가지고 배열된 두 대 이상의 카메라가 필요하며, 애니메이션의 경우는 컴퓨터에 의한 합성도 가능하다.

양안시차는 평균 6.5cm로 추정되는 인간의 두 눈 사이의 간격에 의해 대상 광경을 바라보는 두 눈의 방향이 달라짐에 의해 좌우 눈에 비쳐지는 영상이 서로 조금씩 달라지는 것을 의미하며, 시차의 크기는 영상 내 동일 구성물의 상대적인 위치 차로 정의된다. 양안시차는 우리 눈의 4가지 기능 중에서 10m이내의 근거리에서 가장 깊이감 추정 감도가 높은 것이다(11). 그러나 현재의 입체 영상에서와 같이 양안시차에만 의존하는 경우는 시청자의 시청위치와 눈간 거리가 입체 융합을 위한 영상 쌍의 제작시 채택된 카메라간 거리와 카메라의 촬영위치와 달라지게 되는 경우 시청자에게 인식되는 영상은 본래 대상체의 형태와 와 달라지게 된다, 즉 왜(Distortion)가 생기게 된다(12). 이 왜를 최소화시키는 방법은 시청자의 시선방향에 따라 그 시선 방향에 대응하는 영상을 표시해주어 시청과 촬영 조건을 유사 내지는 같게 만들어 주어야 한다. 이를 위해서는 대상체를 여러 방향에서 촬영한 다 시점 영상이 필요하다. 다 시점 영상은 보는 위치에 따라 상이

달라지므로 운동시차를 주는 것과 같으므로, 양안시차와 운동시차 모두를 주는 깊이감 표현 방식이다. 다 시점 영상의 표시는 시선 또는 두부추적에 의해 시선의 움직임에 따라 영상을 변화시켜 주는 이동식(13)과 여러 시점의 영상을 동시에 표시해 주는 고정식(14)이 있다. 이 두 방식의 차이는, 이동식의 경우는 시청자의 두부나 시선을 추적해야 하는 문제 때문에 1인 이상의 동시 시청이 어려우나, 시청자의 한 시선위치에서 좌우 한 쌍의 영상만 표시하면 되므로 영상 표시소자로 LCD, PDP, EL 등의 평판 표시소자나 CRT 등을 사용할 수 있으나, 고정식의 경우는 1인 이상의 동시 시청이 가능하나, 시점 영상의 수에 해당하는 영상 표시소자나, 시점 영상 배수의 프레임 속도를 가진 영상 표시소자가 필요하다.

다 시점 영상은 영상 표시소자의 프레임 속도와 단위 면적당 화소 밀도의 제한, 영상처리 속도 제한 등에 의해 현재 표시할 수 있는 시점 영상의 수가 제한되어 있어, 시선의 이동에 따른 시점 영상의 변화가 단속적으로 주어지는 단점이 있다. 이를 극복하기 위한 것이 초 다 시점 영상이다(Kajiki, “초다안 입체 디스플레이” 참조). 초 다 시점 영상에서는 한 개 이상의 시점 영상이 동시에 한 눈에 입사하도록 하는 것이다. 시차만 주는 영상은 눈의 다른 깊이감 인식 기능인 초점조절과 수렴에는 적응을 하지 못하기 때문에 눈에 피로를 유발한다. 그러나 초 다 시점 영상에서와 같이 한 개 이상의 시점 영상이 동시에 눈에 입사하게 되면 초점조절과 수렴에도 일부 적응이 가능하여 눈의 피로를 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다(Susami, “3차원 영상 디스플레이에 관한 Human factor의 연구” 참조). 다 시점이나 초 다 시점 영상의 또 하나 문제점은 수직시차의 결여이다. 수직시차의 결여에 의한 문제점은 시청자의 자세가 수직 방향으로 고착됨에 의한 눈의 피로 가중이다. 이를 완화하는 방법은 3차원 영상을 완전시차(Full Parallax)화 시키는 것이다(6, 김성식, “3차원 영상 디스플레이 기술의 조류” 참조). 완전시차화는 시청자의 자세 제한을 철폐시켜 어떤 자세로도 3차원 영상을 시청 가능하게 하므로 눈의 피로를 절감시킬 수 있다. 눈의 피로 문제는 상용화된 3차원 영상 시스템의 제작시 소비자에 의한 클레임(Claim)이라는 큰 문제를 야기시킬 수 있다. 이런 관점에서 보면, 향

후 개발될 3차원 영상기술은 시청자에게 눈의 피로감을 최소화시킬 수 있는 방식이어야 하므로, 현재의 평면영상 방식과의 호환성의 측면에서는 초 다 시점 + 완전시차 방식이 주종을 이룰 것이며, 홀로그래피와 체적영상 방식의 개발도 동시에 이루어 질 것으로 예상된다. 현재의 초 다 시점 방식은 LD(레이저 다이오드)배열을 사용한 레이저 주사방식에 의해 구현하나, 이 방식들의 구현에 근본이 되는 것은 1) 수십인치 이상의 초 고 해상도 표시소자 내지는 표시 방법과 2) 초 고속 영상 신호 처리 기술의 개발이다. 화소 사이즈가 30인 액정 표시소자는 이미 수년 전에 일본의 Citizen사에서 제작이 되었고 현재 휴대폰의 액정 표시소자도 상기 사이즈 정도의 화소를 포함하고 있으므로 초 고 해상도 표시 소자의 상용화 출시 가능성은 충분하나, 실제 완전시차 또는 초 다 시점 3차원 영상 장치를 구현하기에 적합한 사이즈의 것이 조만간 출시 될 것인 지에 관해서는 아직 알려진 것이 없다. 초 고속 영상 처리 기술은 전용 칩의 개발 등을 통해 해결이 가능하다.

3.3차원 영상기술의 특징

3차원 영상은 2차원 영상과는 달리 깊이감의 표현을 위해서는 광학 기술의 도움이 필요하다. 2차원 영상의 경우는 영상 표시 스크린 전면에 영상을 시청할 수 있는 지역, 즉 시역(Viewing Zone)이 되지만, 3차원 영상의 경우는 시역은 공간의 일정지역으로 제한되

어 나타난다. 그림.1에 평면 및 3차원 영상의 시역을 비교해 놓았다. 특히 시차에 의해 깊이감을 표현하는 경우는 좌우 눈에 대응하는 영상을 분리시켜 대응하는 눈에만 투사되게 하기 위해서는 최소한 시역이 오른쪽과 왼쪽 눈에 대응하는 두 부분으로 나뉘어 져야 한다. 다 시점 영상의 경우는 시역이 다 시점 영상의 수만큼 분리되어 있어야 하고, 각 분리된 시역의 수평 폭은 우리 눈간 거리보다 작아야 한다. 이러한 시역의 형성을 위해서는 특수 안경이나, 렌티큘라(Lenticular), 시차 장벽(Parallax Barrier), 프레넬(Fresnel) 렌즈, 집적 광학(Integral Photography)판, 그리고 홀로그래픽 스크린(Holographic Screen)[15] 등과 같은 특수 광학판[이혁수, "입체영상 전시를 위한 레이저를 이용한 광학판 제작기술" 참조]이 사용되어야 한다.

특수 안경의 경우는 좌우 눈에 서로 색상을 달리하는 적청필터, 편광을 달리하는 편광필터, 농도를 달리하는 농도필터 그리고 시간을 달리하는 액정셔터로 안경 렌즈가 부착되어, 이것과 동일한 광학 특성에 의해 분리된, 좌우 눈에 대응하는 영상을 해당 눈으로 투과 입력 되도록 하는 역할을 한다. 안경의 경우는 좌우 안경렌즈의 광학 특성에 의해 시역이 분리되며, 시청자가 안경을 착용하고 위치 이동을 할 수 있으므로 안경은 일종의 이동 시역을 형성한다고 할 수 있다. 안경식은 여러 사람이 안경을 착용하고 동시에 영상을 시청할 수 있으나, 액정 셔터를 제외하고는 2시점 영상의 경우만 적용이 가능하므로 실제 시청자가 위치 이동을 할 수 있는 범위는 영상 스크린의 중심부내 일부 지역으로 제한된다. 이 범위를 벗어나게 되면 인식되는 입

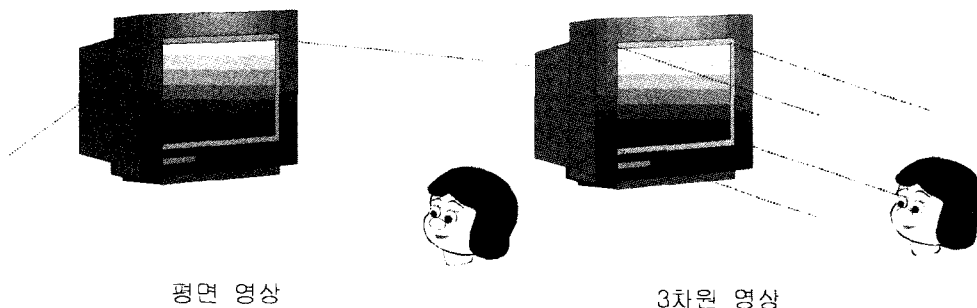


그림 1. 평면 및 3차원 영상의 시역 비교

3차원 영상기술 현황 및 전망

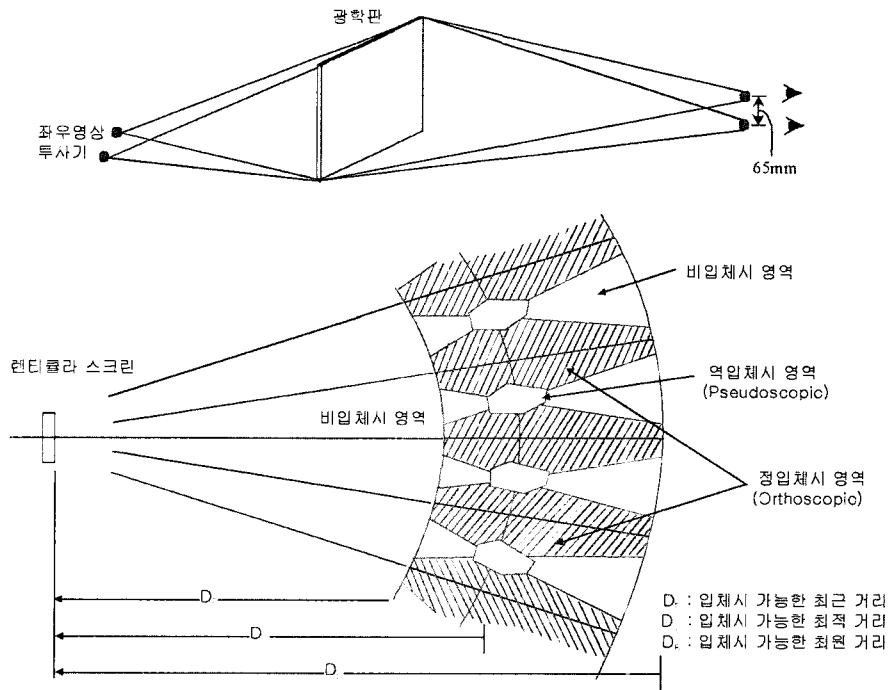


그림 2. 광학판에 의한 시역 형성

체상에 왜가 생기므로 좋지 못하다.

특수 광학판의 경우는 시역 형성과 영상 투사 스크린의 두 가지 기능을 가지고 있으며, 렌티큘라와 시차장벽판의 경우는 영상 표시소자와 맞대어서도 사용이 가능하고, 형성되는 시역이 이것들과 일정거리 떨어진 전면 공간에 주기적으로 형성된다. 이런 이유로 하여, 이 두 광학판들은 현재 평판 영상 표시소자와 결합하여 무안경식 입체 영상 장치 제작에 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 각 시역의 밝기 분포는 중앙에서 멀어질수록 줄어들므로 중앙부 외의 지역에서는 시청 조건이 열화된다. 렌티큘라와 시차장벽판을 제외한 광학판들은 구형 반사경 또는 렌즈의 특성을 가지므로 영상 투사장치의 투사렌즈의 출력개구 영상을 시역으로 하여 이것들의 전면 일정 공간에 형성시킨다. 그러므로 이것들에 의해 형성되는 시역에는 투사장치로부터 이것들에 투사되는 광의 대부분이 모이게 되므로 시역이 아주 밝고, 형성되는 시역의 수는 사용하는 영상 프로젝터의 수와 동일하다. 그림. 2에 광학판들에 의한 시역의 형성 원리가 도시되어 있다. 광학판 중 홀로그래픽 스크린은 다른 광학판들이 디지털형임에 비해 아나

로그형이므로 스크린 자체의 해상도가 아주 높고 화면의 선명도도 뛰어나다.

4. 카메라기술

시차를 이용하는 깊이감 표현 방식에서는 동일 대상을 다른 방향에서 바라보고 있는 두 대 이상의 카메라 영상이 필요하다. 시차 영상을 촬영하기 위한 두 대 이상의 카메라를 배열하는 방식은 3가지, 즉 슬라이딩 (Sliding), 교차(Toed-In)와 평행 (Parallel)이 있다 [16]. 슬라이딩 방식은 한 대의 카메라를 사용하여 카메라의 위치를 바꾸어 가면서 촬영하는 방식으로 고정된 물체의 촬영에만 적용이 가능하며, 카메라를 이동시 흔들림(Wobble)이 없어야 하며 수평위치가 정확히 유지가 되어야 한다. 카메라는 레일(Rail)상에서 움직이며, 레일은 일정 곡률반경(Radius of Curvature)을 가진 것이나 직선의 형태를 가질 수 있다. 교차방식의 경우는 여러 대의 동일 특성을 가진 카메라가 일정 곡률반경을 가진 대(Mount)위에 일정 간격으로 배치된

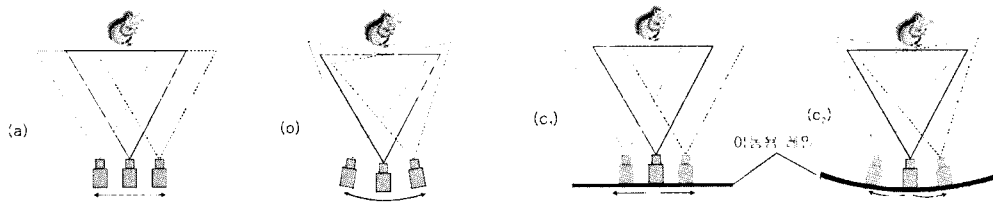


그림 3. 다시점 카메라 디자인 : 평행식(a), 교차식(b), 슬라이딩(C_1 , C_2) 카메라 배열

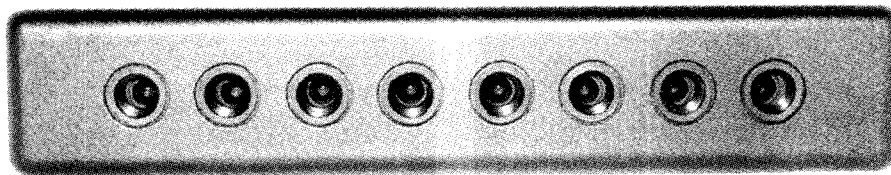


그림 4. KIST에서 제작된 8시점 교차식 카메라

형태를 가지며, 평행식은 직선 상에 일정간격으로 서로 평행하게 배치된 형태를 가진다. 평행식과 교차식의 차이는 교차식은 평행식에 비해 촬영과 영상 투사 시에 카메라나 투사 장치의 정렬이 쉬우나, 좌우 영상의 배율에 있어 차이를 유발할 수 있고, 또한 영상의 투사 방향이 영상 투사 스크린과 일정 각도를 가지고 있으므로 스크린의 좌우 측과의 투사거리가 달라지게 되어, 좌우 측 영상의 배율이 상이해지므로 KeyStone와 와 비 선형왜 등(17) 많은 기하학적인 왜(Distortion)가 생기게 된다. 평행식은 교차식에 비해 기하학적인 왜는 생기지 않으나 좌우 영상의 교차지역이 적어 교차식에 비해 원거리 물체의 촬영에 적합하다. 현재 평행식의 입체 영상카메라는 일본의 이케가미(Ikegami)사의 제품이 있고, 국내에서는 HuHu사에서 평행 및 교차식 입체 카메라를 생산하고 있다. 카메라의 제작시 유의점은 좌우 영상의 배율, 회전, 상하 좌우로의 천이 등 여러 가지 요인을 고려하여 제작하여야 한다. 그림. 3에 여러 가지 3차원 영상촬영 카메라의 형태를 도시해 놓았다.

그림 4는 KIST에서 제작된 8대의 CCD 카메라를 사용한 8시점 교차식 카메라를 보여준다. 곡률 반경은

3mm이며, 카메라 사이의 간격은 3.5cm이다.

5. 영상처리 기술

3차원 영상은 2차원 영상의 데이터 량에 비해 사용하는 카메라의 배수만큼 많기 때문에 실시간 영상표시 및 전송을 위해서는 효율적으로 데이터를 압축하는 기술(손광훈, “3차원 영상 부호화 기술” 참조)과 영상의 합성방법(김경태, “다 시점 영상을 위한 중간 영상 합성” 참조)을 연구해야 한다. 3차원 영상을 표시하기 위한 표시 영상의 수가 증가되면 이에 따라 카메라의 수도 증가될 것이므로, 카메라가 너무 벌키해져서 카메라의 취급이 곤란하게 되며, 또한 취급해야 할 데이터 량도 많아지므로 전송이나 저장도 곤란하게 된다. 이를 극복하는 방법은 카메라와 카메라 사이의 영상을 컴퓨터에 의해 합성하는 방법일 것이다. 이렇게 되면, 몇 개의 카메라 영상으로, 원하는 수 만큼의 시점 영상을 생성할 수 있으므로, 전송은 물론 실시간 영상 처리 면에서 큰 도움이 된다.

6. Human Factor

Human Factor는 3차원 영상 매체 구현에 중요한 연구요소의 하나이다. 매체의 궁극적인 목표는 사용자에게 외부세계 또는 표현자의 의도를 가장 사실적이며 또한 어떠한 물리적인 피해가 없이 전달하는 것이다. 현재의 3차원 영상 기술은 시차에 많은 의존을 할 수 있고 또한 사용하는 기구나 장비가 이상적인 것이 아니라서 불완전하며 또한 눈의 피로와 같은 비 친화적인 요소도 있다. 이러한 불완전하고 비 친화적인 요소를 조합하여 사용자에게 최적의 시청 조건을 만들어 주기 위해서는 Human Factor에 관한 연구를 통해, 인간의 인식기능의 제해석을 포함하여 불완전하고 비 친화적인 요소들을 발견과, 정량화를 통해 이를 극복할 수 있는 방법을 찾아야 한다. 3차원 영상과 관련한 Human Factor적인 연구는 참조문[16]에 잘 정리되어 있으므로, 본 특집에서는 초दान 입체 영상과 관련한 Human Factor에 대해서만 취급했다(Dr. Susami, "3차원 영상 디스플레이에 관한 Human factor의 연구" 참조).

9. 결론

그간 3차원 영상은 영상의 깊이감(Sense of Depth)에 의해 주어지는 센세이셔널한 감을 이용한 특수 영상효과 창출을 위해 주로 이용되어 온 것이 사실이지만, 지난 1990년대 이후 부터는 HDTV를 대체할 차세대 영상 매체로서의 응용을 목적으로한 연구가 진행되고 있다. 우리 나라는 연구자의 부재로 손꼽을 숫자의 연구자에 의해 깊이감의 표현 방식에 대한 연구를 수행하고 있으나, Human Factor와 관련하여서는 거의 연구가 수행되고 있지 못하다. 이 분야의 균형있는 연구 개발을 통해, 기술 개발의 선도국가로 역할을 하기 위해서는 더 많은 연구자의 참여와 정부 및 기업의 관심과 지원이 요구된다.

참고 문헌

- 1) J. A. Norling, The stereoscopic art-A reprint. J. of the SMPTE, 60, NO. 3(March 1953), 286-308.
- 2) Gemsheim, H., History of photography., McGraw Hill, New York, 1969.
- 3) R.E. Fisher, "Optics for Head-Mount Displays", Inf. Display., 10-7, 8, pp. 12-16, 1994.
- 4) H. Isono et. al., "8시점 무안경식 3D TV", TV 학회지, 48-10, pp. 1267-1275.
- 5) Kajiki, Y., Yosikawa, H., Honda, T., "Ocular Accommodation by Super Multi-View Stereogram and 45-View Stereoscopic Display," in Proceedings of The Third International Display Workshops (IDW 96), Vol.2, 1996, 489-492.
- 6) S. S. Kim, V. Saveliev, E. F. Pen, J. Y. Son, and J.H. Chun, "Optical Design and Analysis for Super-multiview Three Dimensional Imaging System", SPIE, Photonic West, San Jose, Jan. 2001.
- 7) S. A. Benton, "Experiments in Holographic Video Imaging", Proc. SPIE, Vol. IS8, pp. 247-267, 1991.
- 8) T.S. Buzak, "A Field-Sequential Discrete-Depth-Plane Three-Dimensional Display", SID Symp. Digest, 18, 4, 1985.
- 9) Ian P. Howard, Brian J. Rogers, Oxford Psychology Series No. 29, Binocular vision and Stereopsis, Oxford University press, 1995.
- 10) Robert J. Collier, Christoph B. Burckhardt, Optical Holography, Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey, 1971.
- 11) Toyohiko Hatada, 生理光學(제 14회)-興行의 知識特性, O plus E., No. 71, pp108-118, 1985.
- 12) Jung-Young Son, Y. Gruts, Joo-Hwan Chun, Ji-Eun Bahn, Yong-Jin Choi, "Distortion Analysis in Stereoscopic Images", IDW 00, Kobe, Japan.
- 13) Jung-Young Son, Sergei. A. Shestak, Sung-Sik Kim and Yong-Jin Choi, "A Desktop Autostereoscopic Display with Head-Tracking Capability", SPIE, Photonic West, San Jose, Jan. 2001.
- 14) Jung-Young Son, Victor G. Komar, You-Seek Chun, Sergei Sabo, Victor Mayrov, L. Balasny, "A Multiview 3 Dimensional Imaging System with Full Color Capabilities", SPIE Proc. Of Stereoscopic Displays and Applications VIII in Electronic Imaging Vol. 3295, 1998.
- 15) J. Y. Son, V.I. Bobrinev, S. Shestak and H.W. Jeon, "The Achromatized Transmission Type Holographic Screen for the Stereo Imaging and the Multiview Projection," SPIE Proc. vol. 2951, Holographic and Diffractive Techniques, pp.168-172, 1996.
- 16) Takehiro Izumi, 3次元映像의 基礎, NHK 放送技術研究所, 1995
- 17) Andrew Woods, Tom Docherty, Rolf Koch, "Image Distortions in Stereoscopic Video Systems", Proc. of SPIE, Vol. 1915, pp. 36-49, 1993.