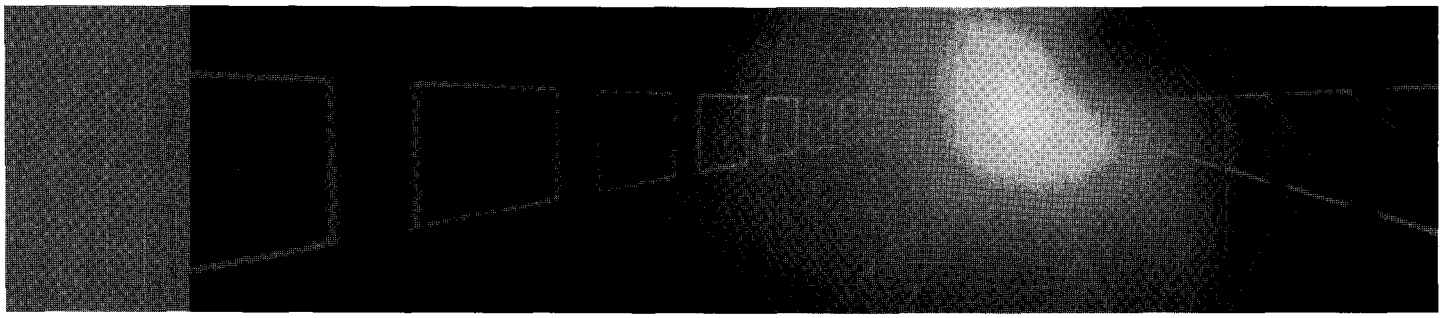
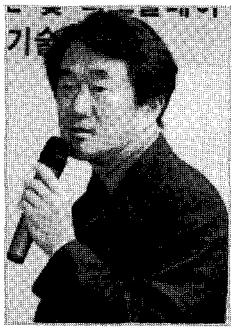


3D 디스플레이 기술 현황과 전망



문현찬

1991년부터 생산기술연구원에 있으면서 HDTV용 CRT 개발을 담당했으며 1993년부터 현재까지 전자부품연구원 융합소재연구센터에 책임연구원으로 재직하면서 MEXS 디스플레이 관련 연구를 담당하고 있다. 전기전자재료학회 해외협력이사, 경원대 전자공학과 겸임교수 등을 역임했으며, 주간정보통신(지경부) 원고집필위원과 한국광학회 운영위원을 맡고 있다.

3D 기술은 차세대 입체멀티미디어 정보통신서비스의 총아로 각광받고 있으며 기술개발 경쟁이 치열한 첨단고도화 기술이다. 현재 3D 기술이 확대되면서 이에 대한 관련 산업체들의 욕구도 점점 증가하고 있다. 최근에는 3D 게임을 비롯한 소프트웨어 시장을 중심으로 의료, 보안, 광고, 방송 등에 대한 기업체의 참여와 더불어 폭발적인 시장이 형성되고 있는 추세이다. 향후 3D TV를 비롯해 정보통신, 방송, 의료, 영화, 게임, 애니메이션 등과 같은 기존의 모든 산업제품 개발에 응용되는 핵심 기술로 자리매김할 전망이다. 특히 2010년 남아공 월드컵의 3D 방송으로 더욱더 많은 수요가 예상되고 있다. 방송통신위에 따르면, 3D 디스플레이 시장은 약 $160(M)에서 2012년 $27,700(M)로 급성장할 것으로 보인다.

1. 세상은 평탄(flat)하지 않다.

영화 아바타가 최근 인기몰이를 하고 있다(그림1). 관객동원이 국내에서만 천만을 이미 넘고 있다고 한다. 각종 언론에서도 연일 3D가 화두로 올라오고 있다. 3D TV가 이미 일반 시장에 나오고 있고 3D 광고, 3D 카메라와 3D 인화사진 등 등... 세상은 온통 2D(flat)에서 3D로 패러다임이 바뀌어지고 있다.

〈그림 1〉 출처 : 영화 아바타 광고중에서

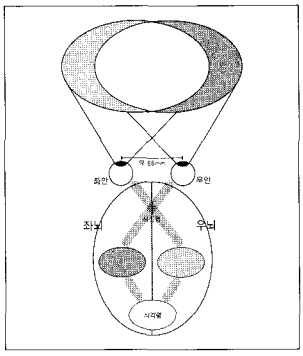
이러한 3D에 대한 관심이 과거에 없었던 것은 아니다. 여러 영화에서 3D의 활용 가능성의 힌트를 얻을 수 있는데 대표적인 영화가 '스타워즈' 이다. 이 영화에서는 적들과 대치하고 있는 일촉즉발의 위기상황에서 '해결사' 가 나타나 공주의 메시지를 공중에 홀로그램으로 재생시켜 모면책을 알려주고 순식간에 사라지는 장면

이 나온다. '마이너리티리포트' 에서는 주인공 톰크루즈가 가족과 찍은 동영상을 공중에 홀로그램을 펼쳐놓고 3차원 입체영상을 만들어 회상하는 장면이 나온다. 여기서 3차원 입체영상으로 등장한 해결사나 가족들은 물리적인 실체는 아니지만 말, 행동, 외형 등 모든 것이 실제 사람을 직접 대하는 것과 똑같다. 헐리우드 영화 속 이러한 장면들은 현재 개발중인 차세대 3D 디스플레이의 예를 미리 보여준 것이라 할 수 있다.

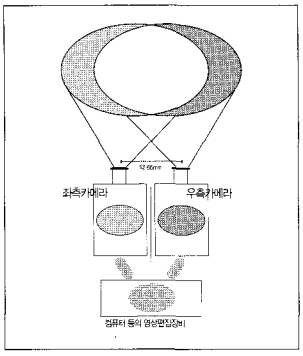
3차원 입체영상은 기존 2차원 평면영상과는 달리 사람이 보고 느끼는 실제영상과 유사하다. 따라서 시각정보의 질적 수준을 몇차원 높여주는 새로운 개념의 실감영상 미디어로서 차세대 디지털 영상문화를 주도하게 될 것으로 전망되고 있다. 특히 3D 기술은 차세대 입체멀티미디어 정보통신서비스의 총아로 각광받고 있으며 기술개발 경쟁이 치열한 첨단고도화 기술이다. 향후 3DTV를 비롯해 정보통신, 방송, 의료, 영화, 게임, 애니메이션 등과 같은 기존의 모든 산업제품 개발에 응용되는 핵심기술로 자리매김할 전망이다.

2. 3D 디스플레이의 기술진화

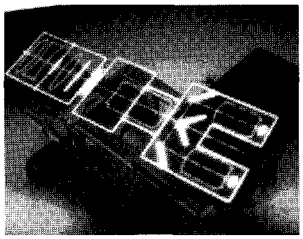
3D 디스플레이 정의를 내리면 '인위적으로 3D 화면을 재생시켜 주는 시스템의 총체' 라고 할 수 있다. 여기서 시스템이란 3D로 보여질 수 있는 소프트웨어적인 기술과 그 소프트웨어적 기술로 만든 컨텐츠를 실제로 3D로 구현해내는 하드웨어를 동시에 포함한다. 소프트웨어 영역까지 포함시키는 이유는 3D 디스플레이 하드웨어의 경우 각각의 입체 구현방식마다 별도의 소프트웨어적 방식으로 구성된 컨텐츠가 따로 필요하기 때문이다. SF영화에서 볼 수 있는 수준만큼의 진정한 3D 홀로그램 디스플레이를 실현시킬 수 있는 기술력이 아직은 없다. 입체감을 일으키는 여러 요인 중, 우리들의 눈이 가로 방향으로 약 65mm 떨어져서 존재하여 나타나게 되는 양안시차(binocular disparity)가 입체감을 나타내는 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 즉, 좌우의 눈은 각각 서로 다른 2차원 화상을 보게 되고, 이 두 화상이 망막을 통해 뇌로 전달되면, 뇌는 이를 정확히 서로 융합하여 본래 입체 영상의 깊이감과 실제감을 재생하는 것이다(그림 2).



〈그림 2〉 사람의 양안시차



〈그림 3〉 3D 카메라 구조


〈그림 4〉 소니 1안 3D 카메라
(출처 : 2009 CEATECH JAPAN)

이와 같이 가상 3D 디스플레이용 입체 컨텐츠는 실제 촬영에서부터 두대의 카메라를 이용하여 양 카메라를 65mm가량 벌린 후 동시에 촬영하는 2안 촬영방식을 통해 제작이 가능하다(그림 3). 카메라 한대로 촬영한 1안 시점의 소스에서 H/W, S/W적인 계산을 통해 2안 촬영방식과 같은 효과를 내는 방법도 있는데(그림 4) 입체의 품질로 따지자면 하드웨어적인 2안 촬영에 비해 떨어지지만 비용이 훨씬 저렴하고 기존 2D 컨텐츠를 가상 3D 컨텐츠로 변환할 수 있다는 큰 장점이 있어(이를 이용해 과거 헐리우드에서 히트한 2D 영화를 3D로 변환) 소프트웨어 변환방식도 활발히 적용되고 있는 추세이다.

기술발전 추이를 보면 1920년대에 편광방식과 1948년에 광학 Hologram이 개발되었고, 1980년대에 편광 안경식과 1990년대에 Lenticular 방식의 입체영화가 실용화되기 시작하였으며, 현재는 Electro-Holography 방식에 의한 3D TV에 대한 연구가 진행되고 있다. 3D는 1920년대에 3D 영화나 3D TV에 대한 기술개발이 시작된 이래 30가지 이상의 방식이 개발되고 있으나 세계적으로 표준화된 것이 없다. 영상인식정도에 따라 2종류로 분류되며 2안방식

(Stereoscopic Display)과 3차원방식 (Volumetric Display)이 있다. 2안 방식은 (표 1)에서 분류된바와 같이 양안시차를 이용한 것으로 관찰자가 별도의 안경착용여부에 따라 안경식의 색차방식, 편광방식, 시분할방식, 무안경식의 Parallax Barrier방식, Lenticular방식 등이 있다. 전자는 기존 디스플레이로써 가능하지만 별도의 편광 또는 액정셔터 안경을 착용해야 하고, 후자는 각각 Image Splitter와 Cylindrical Lens Array가 결합된 구조로 관찰범위가 고정되어 소수 인원에 한정되지만 별도의 안경식을 착용하지 않는 특징이 있어 전자보다는 실용성이 있다. 무안경식은 3D 관찰영역을 확대하는 방법으로 Lenticular 방식의 다안화, 관찰자 이동에 대응하는 시점 추종형과 백라이트 분할식의 3D TV방식도 계획되고 있다. 이와 같이 무안경식의 3D TV 개발은 활발한 상태이지만 기술적으로는 아직 연구단계에 있다. Volumetric 디스플레이 방식은 다안식, Holography, 깊이 표본화식으로 구분된다. 다안식은 Stereoscopic 방식과 유사한 구조로서 여러 각도의 다수의 화상을 표시함으로써 넓은 각도에서 관찰이 가능하다.

표 1. 3D display 방식

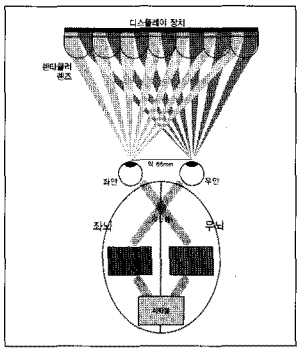
구분	방식	안경 착용	Color	동화상	대면적	다수 관람	시야각	시점 이동
Stereoscopic Display	색차방식	○	X	○	○	○	○	X
	편광안경식	○	○	○	○	○	○	X
	시분할식	○	○	○	○	△-○	○	X
	2안 Lenticular식		○	○	○	X	X	X
Volumetric Display	다안 Lenticular식		○	○	○	X-△	△	△
	Integral Photography		○	○	○	X-△	○	○
	깊이표본화식		○	○	△	△	○	○
	Holography		X-○	X-○	△	○	○	○

(O;X : 필요/가능; 불필요/불가능)

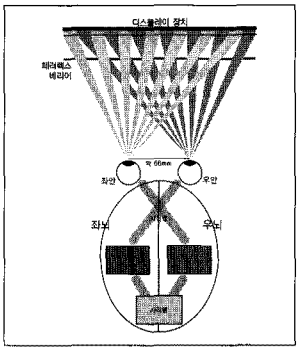
2-1. 무안경방식

무안경 방식이 본격적으로 3D Display에 이용되기 시작한 시기는 LCD와 같은 평판 디스플레이가 생산되기 시작한 20세기 말 부터이다. 이는 안경방식에 비해서도 상당히 늦었는데, 그 이전에는 주로 디스플레이 장치가 CRT였던 데 기인한다. CRT는 화면의 표면이 완전 평면이 아닌 볼록한 곡면이여서 무안경 방식의 구조적 특성상 안경방식에 비해 평면이 아니면 적용이 힘들었기 때문이다. 따라서 무안경 방식 3D Display는 안경방식에 비하여 상대적으로 아직 시작단계이므로 발전가능성이 많다고 할 수 있다. 또한 안경을 사용하지 않아도 되기 때문에 일반적인 인식 상으로도 안경방식에 비해 강점을 가지고 있는 것이 사실이다. 다만 대체적으로 안경방식에 비해 시야각의 제약이 많아 다수시청용으로는 별로 적합하지 못하다는 것이 가장 큰 숙제로 남아있다.

○ **Parallex Barrier 방식 :** 100여년 전인 1903년에 미국 F.E.Ives가 처음으로 제안하였다. 가느다란 슬릿상의 개구부 뒤쪽에 적당한 간격을 두고 좌우 2안분의 화상을 교대로 배치하여 특정한 시점에서 이 개구부를 통해 보았을 때, 정확하게 양쪽 화상을 분리해서 볼 수 있는 방식이다. 단순히 좌우 채널을 벽으로 막아 구분시키는 것이다. 시야가리개 정도 구조로 이미지를 구분시키므로, 설계 당시에 의도했던 위치에서가 아니면 시선이 벗어나 화상이 깨져보이는 문제가 있다. 위치제약엔 좌우전후까지도 포함된다. 시야각의 경우 세로로 이미지를 나누므로 상하시야각은 확보되지만 좌우시야각은 7도 정도로 별로 좋지 못하다. 베리어에 의해 바라보는 각도에 따라 여러개의 관찰가능영역(Viewing-Zone)이 생기긴 하지만, 이 역시 일정 위치에만 생기므로 다수 시청용으로론 그다지



〈그림 5〉 Lenticular 방식



〈그림 6〉 Parallex Barrier 방식

적합하지 못하다. 2D모드로 사용시 베리어가 화면의 밝기를 떨어뜨림과 동시에 베리어가 눈에 거슬리게 느껴질 수도 있다.

○ **Lenticular 방식 :** 렌티큘러 렌즈를 세로로 배열시킨 렌티큘러 스크린을 통해 좌우 화상을 굴절시켜 양 눈으로 각각의 화상을 보내는 방법을 사용한다. 따라서 앞의 패러렉스 베리어 방식에 비하면 능동적인 구조를 갖는다고 할 수 있다. 실제로 볼 땐 보는 각도에 따라 다른 각도의 화면이 나타나게 된다. 물론 이것은 일반 광고용이므로 1채널 이미지를 사용하고 있어 눈으로 실제적인 공간감을 느낄 수는 없다. 이 렌티큘러 방식은 이미 일상생활에서도 많이 이용되고 있는데, 그림 엽서의 3D 사진이나 신발의 다중이미지 상표 등등이 바로 그것이다. 그런 3D 사진이나 다중이미지의 표면을 보면 울퉁불퉁하고 투명한 막이 입혀져 있는데, 그것이 바로 렌티큘러 스크린이고 렌티큘러 스크린 상의 울퉁불퉁한 면의 한줄 한줄이 다 각각의 렌티큘러 렌즈이다. 렌티큘러 방식은 패러렉스 베리어 방식에 비하여 밝기의 저하가 덜하고 2D 화면 상에서 베리어 같이 눈에 거슬릴 수 있는 구조물이 없는 장점이 있으나, 2D 화면에서는 렌티큘러 렌즈 각각의 곡면이 눈에 거슬리게 보일 수 있다. 또한 시야각 특성도 베리어 방식에 비해 조금 낫 다고는 하지만 설계 당시 위치에서 조금만 벗어나도 상이 깨져 보이는 단점이 있어 큰 차이는 느낄수 없다.

〈그림 7〉 일본에서 상용화된 3D 인화사진, 엽서(출처 : 필자 촬영)

3. 3D 디스플레이 응용 및 시장

현재 3D 기술이 확대되면서 이에 대한 관련 산업체들의 욕구도 점점 증가하고 있다. 최근에는 3D 게임을 비롯한 소프트웨어 시장을 중심으로 의료, 보안, 광고, 방송 등에 대한 기업체의 참여와 더불어 폭발적인 시장이 형성되고 있는 추세이며 특히, 2010년 남아공 월드컵의 3D 방송으로 더욱더 많은 수요가 예상되고 있다. 방송통신위에 따르면, 3D 디스플레이 시장은 약 $160(M)에서 2012년 $27,700(M)로 급성장할 것으로 보인다.

4. 해결해야 할 숙제

3D는 우리의 눈으로는 쉽게 볼 수 없는 곳에서 훨씬 큰 역할을 하고 있다. 거의 모든 첨단기술의 시작이 군사/우주용도인 것처럼, 3D 역시 1940년에 MIT의 군사용 시뮬레이션 컴퓨터 군사용에 첫 등장했다. 즉, WhirlWind가 개발되어 레이더와 연동해 스크린의 영상을 통해 적기를 격추하는 시스템에 최초로 3D가 사용된 것으로 기록되어 있다. 3D의 발전은 시작부터 대체적으로 Computer의 발전과 역사를 같이 했다. 물론 80년대부터 일반인들도 3D 그래픽을 눈으로 볼 수 있었지만, PC에서 3D 가속기가 본격적으로 보급되고 나서부터가 사실상 일반인들이 피부로 체감할 수 있을 정도로 3D 그래픽이 널리 보급되었다고 하는 것이 맞다. 그 뒤 1980년대부터 본격적으로 3D는 게임을 비롯한 여러 분야에 파급되기 시작하여 3D 영화 아바타를 기점으로 오늘날 폭발적인 관심을 받고 있는 것이다.

3D 발생요소인 양안시차는 인간이 3차원 공간을 지각하는 요인 중 한가지일 뿐이고, 실제로 인간에게는 더 많은 정보 즉, 폭주(눈의 회전각), 조절(눈의 초점맞춤), 운동시차(관찰자와 물체의 상대적인 운동에 의한 변화) 및 심리적인 요인(원근법, 음영, 기타 감각) 등의 다양한 요인에 의해 3차원 공간을 지각하고 있다. 따라서 양안시차만을 이용하는 가상 3D 디스플레이는 기본적으로 어느정도 한계를 가지고 있기에 입체감을 보다 더 사실적으로 구현하기 위한 심리적 요인(Human-Factor)의 동시적 작용에 대한 연구도 함께 진행해야 한다. 또한 양안시차만을 이용함에 따라 3D 디스플레이를 오랫동안 보고 있을 경우, 실세계를 바라보는 것과의 미묘한 차이 때문에 눈이 쉽게 피로해지는 문제도 아직까지는 남아있다.

3D 시장이 활성화되려면 국내에서는 무안경 방식 기술이 완벽해질때까지 기다리자는 기업들도 있는 것이 사실이다. 현재까지의 무안경 방식이나 안경 방식이 갖는 원천적인 기술 문제로인해 향후 혁신적인 발전에 대해서도 회의적이다. 중소기업들은 3D 관련 신규 사업이 필요한 상황이라고 본다. 기술적인 상황은 어느 정도 한계가 있으니 많은 시장에 대한 도전이 필요한 상황이다. 전체적으로 보면, 3D는 컨텐츠도 같이 필요한 사업모델로서 이 수혜는 제조업체에게만 돌아가지는 않고 전체적인 디스플레이, 컨텐츠 사업이 같이 동반 성장할 수 있는 조건이 만들어지게 된다. 한국의 3D 문화 컨텐츠를 만들어 실어 나를 수 있는 제품을 만든다면, 현재 흔히들 말하는 한류의 지속적인 성장과 디지털 한국의 1등 위상을 세계에 알리고 확대해 나갈 수 있을 것으로 기대해 본다.

5. 참고자료

1. http://physica.gsnu.ac.kr
2. http://www.3dc.or.kr
3. 3D 사진술 덕에 첫 화성탐사 목표 발견(조선일보, 2004.01.06)
4. 삼성 SDI, 입체영상 게임폰용 3D 디스플레이 개발 (서울경제, 2005.06.25)
5. 뉴테크놀러지(조선일보, 2010. 02. 23)
6. 1988년 SPIE Vol. 디스플레이 시스템. p 135~146
7. H.C.Moon and J.K.Chung, "Virtual Reality with using Scanned Linear Array," 1st ADD conf. pp.182-192, Oct. 31 1997.
8. H.C.Moon and J.K.Chung, "Development of the Scanned Linear Array," Annual Report, KETI, Jan. 1998.
9. K.B.Park, I.H.Kim, S.W.Jeong, K.N.Kim, H.C.Moon, H.D.Park, S.M.Shin, "Fabrication and Characteristics of Microlens using Thermal Reflow Method," OSK Annual meeting 2000, pp.192-193, Feb., 2000.

입체 영상분야 사업 진출
- 2009 한국전자산업대전 출품 : Full HD급 입체 카메라 및 입체 프로젝터용 광엔진 -

주)프로옵틱스, www.prooptics.co.kr,
031-635-9732, prooptics@prooptics.co.kr

연혁
- 04년 : 부품소재 전문기업
- 05년 : 부설연구소 인정, 벤처기업인정서 취득
- 06년 : INNO-BIZ 인정서 취득
- 07년 : NEP 신제품인증서 취득
- 08년 : 법인전환

사업분야
- 광학설계 제작
- 무편심 조립 기술을 이용한 초정밀 광축 조정
- Line CCD용 AOI 렌즈(고정초점, 줌 렌즈)
- Wafer 검사용 광학계
- PCB, LCD 노광 렌즈
- 입체 카메라, 입체 프로젝터, 입체 현미경, 입체 내시경
- 지문인식 렌즈
- 내방사선 감시 렌즈

특허 사항
2006. 10. [특허등록] Line CCD를 이용하는 검사용 광학계용 조명장치
2007. 9. [특허등록] 웨이퍼 검사용 광학계
2007. 12. [특허등록] 무손실 광로 결합장치를 이용한 입체영상 촬영용 스테레오 줌 렌즈계
2008. 3. [특허등록] 입체영상 촬영 렌즈계
2008. 5. [특허출원] 마스크 리스노광장치용 마이크로 프리즘 어레이
2008. 8. [특허출원] 콤팩트한 구조를 갖는 입체영상 투사 광학계
2008. 9. [해외특허출원] 3-DIMENSIONAL PHOTOGRAPHIC LENS SYSTEM 외국 국내진입(미국, 일본, 중국)
2008. 12. [특허출원] 확산광 차단기능을 갖는 노광장치용 마이크로 어레이
2009. 5. [해외특허출원] 마스크 리스 노광장치용 광학부품
2009. 6. [특허출원] 유리 기판의 불균일도 측정 장치
2009. 8. [특허출원] 콤팩트한 구조를 갖는 입체 투사 광학엔진
2009. 9. [특허등록] 무편심 렌즈부품의 제조방법 및 이에 의해 제조된 렌즈부품
2009. 9. [특허출원] 입체 내시경 광학계
2009. 10. [특허출원] 집광항상 기능을 갖는 LED 조명광학계
2009. 11. [특허출원] 입체영상 촬영렌즈계

고해상력시대에 아직도 범용렌즈를 사용하고 계십니까?
Pro Optics의 맞춤형렌즈는 귀사의 장비 성능을 한층 높여줄 것입니다.