

3D 콘텐츠 제작 및 디스플레이 기술

이 승 현*

*광운대학교대학원 정보디스플레이학과

목 차

I. 서론	IV. 3D 디스플레이
II. 콘텐츠 생성	V. 결론
III. 가정까지의 전달	

I. 서론

콘텐츠와 디스플레이를 비롯한 영상관련 사업자들은 현장감을 추구하면서 고해상도를 실현시키고 난 다음 세대에 다가올 영상이 3D 영상이라는 것에 대해서는 공통 인식이 있었다. 아바타로 전성기를 구가하고 있는 이번 3D 영화 붐은 과거에 일어났던 것과 달리 자연스러운 흐름이라고 생각된다. 이 고해상도의 움직임 속에서 3D영상의 색다른 경험과 아름다움을 보다 더 추구하게 되어 3D 영상의 시장 환경은 점점 좋아질 것이다.

3D 영화가 3DTV로 진입하기 위해서는 고해상도의 3D 영상이 필수적이다. 즉, 영화관에서 경험한 고품질 영상을 그대로 가정으로 가져와야 하며, 이를 위해서는 다음의 조건이 만족되어야 한다.

- 고해상도의 스테레오 3D 콘텐츠
- 가정까지의 고해상도 전달
(방송, 유선 및 패키지 미디어)
- 고해상도의 디스플레이 시스템

즉, 고해상도의 측면이 가장 중요하다. 가정으로 고해상도의 3D 콘텐츠를 공급하기 위해서는 위의 3가지 조건이 모두 만족되어야 한다. 만일 한 가지 조건이라도 부족하게 되면 3D 영상도 불만족스럽게 된다. 또한, 2D 콘텐츠의 시청도 가능한 2D/3D 호환 시스템이 필수적이다.

II. 콘텐츠 생성

3D 영상을 제작하기는 쉽지만 양질의 3D 콘텐츠를 창조하기는 어렵다. 경험이 많고 숙련된 할리우드의 영화 제작자를 포함한 어느 콘텐츠 제작자도 눈이 피곤하지 않으며 편안한 3D 콘텐츠를 제작하기가 쉽지 않다. 그동안 일부 3D 스테레오그래퍼 그룹에 의해 예술과 기술력이 가미된 창조적인 3D 콘텐츠가 제작되어 왔지만, 촬영 기술자들이 사용할 수 있는 새로운 도구가 출시되는 등 주변 기술의 발달로 콘텐츠 산업계에 혁명적인 3D 콘텐츠 제작의 새로운 물결이 시작되고 있다. 무성 영화에서 유성 영화로, 표준 해상도에서 고해상도로의 기술 변화와 같은 커다란 변화라고 할 수 있다. 그러나 이전의 변화에 있어서 예술과 과학은 서로 다른 측면이었지만, 3D 콘텐츠 제작을 위해서는 같은 측면으로 고려되어야 한다. 3D 콘텐츠는 양질의 스토리를 동반해야 하며 그렇지 않으면 보잘 것 없는 콘텐츠가 된다.

3D 콘텐츠를 제작하기 위한 기본적인 3가지 방식은 다음과 같다.

① CGI(Computer Generated Image) ② 스테레오 카메라 ③ 2D/3D 변환

영화, 게임, 상업 광고 등에 주로 사용되는 CGI는 제작 초기부터 3D 공간에서 제작되므로 3D 콘텐츠 제작에 필요한 깊이, 시차 및 다른 중요 요소에 대한 제어를 제작자가 완벽히 구현할 수 있다. 영화관 3D 콘텐츠의 대부분이 애니메이션 영화로 구성된 이유라고

할 수 있다.

2대의 카메라를 사용한 3D 영상 제작은 CGI에 비해 어렵다. 2대의 카메라를 '3D 리그' 라고 부르는 장치에 부착하여 두 눈이 물체를 응시하는 방법과 같이 촬영해야 한다. 2D 에서와 마찬가지로 초점과 초점거리에 관해 고려해야 할 뿐 아니라 두 카메라의 수평, 수직, 뒤틀림 오차를 피해야 한다. 또한, 카메라 사이의 간격과 주시각 제어를 항상 고려해야 하는 등 촬영할 때 주의해야 할 사항이 많다.

2D 콘텐츠로부터 좌우 영상을 만들어 스테레오스코픽 3D 콘텐츠를 제작할 수 있다. 실시간으로 구현되는 온라인 변환 방법과 오프라인 변환 방법이 있는데, 실시간 방법은 품질이 다소 떨어지게 된다.

2.1. 스테레오카메라

3D 촬영은 2개 영상의 화질과 기하학적인 위치를 일치시켜야 한다. 이를 위해 특별한 구조의 카메라를 사용하게 된다. 3D 촬영 장비에는 2대 카메라의 축간 거리를 조절할 수 있는 카메라와 2대 카메라 사이의 거리가 고정된 카메라가 있다.

가. 축간 거리의 조절이 가능한 3D 카메라 : 리그

축간 거리를 조절할 수 있는 3D 리그라는 것은 두 대의 카메라를 장착하여 측면으로의 이동이 자유롭고, 필요에 따라서 주시각 조절이 가능한 장비를 말한다. 두 카메라의 위치를 평행하게 하면서 모든 부분을 항상 일치 시킨다는 것은 매우 어려운 일이다. 다년간의 경험을 필요로 하며, 모든 기능이 하나의 카메라처럼 동작하도록 하여야 한다. 리그를 판매하고 있는 업체는 전 세계적으로 10여개의 업체가 있지만, 실제로 그들의 제품이 사용되어 성능을 인정받고 있는 회사는 서너 개에 불과하다. 주로 사용되는 리그들의 대부분은 그들만의 독창적인 시스템을 이용하고 있다.

그림 1은 2대의 카메라를 평행하게 배열하여 수평 이동, 폭주 조절이 가능하도록 할 수 있는 평행식 3D 리그이다. 평행식 리그는 풍경이나 스포츠 경기장의 광각 촬영과 같은 원거리 물체의 롱샷(long-shot)에 적합하다.

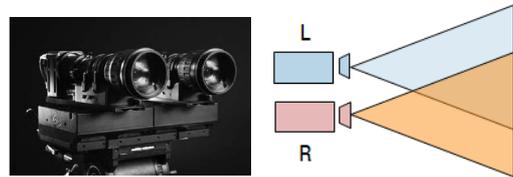


그림 1. 평행식 3D 리그

가장 보기 좋은 3D 콘텐츠를 제작하기 위해서는 촬영하고자 하는 물체에 가까이 다가가야 하며, 이를 위해서는 2대의 카메라 사이 간격을 수 미리 정도로 유지해야 한다. 더욱이 전문가용의 대형 카메라를 사용하게 되면 평행식 리그는 효과적인 3D 촬영에 부적합하고 대신 직교식 리그를 사용해야 한다. 직교식 리그는 하프 미러를 사용하여 2대의 카메라로 빔을 정확히 분리하는 전달하는 방식을 이용한다. 카메라 축과 45도로 하프 미러를 놓고, 한대의 카메라는 다른 카메라와 90도로 위 또는 아래에 위치시킨다. 이렇게 배치하면 2대 카메라 사이의 축간 거리는 촬영자가 원하는 대로 작게 조절할 수 있다. 직교식 3D 리그는 시스템이 복잡하고, 부피가 크며, 무거운 등의 단점을 가지고 있지만, 품질이 좋은 빔 스플리터를 사용하여 매우 만족할만한 훌륭한 3D 영상을 촬영할 수 있다. 그림 2는 직교식 3D 리그의 사진이다.

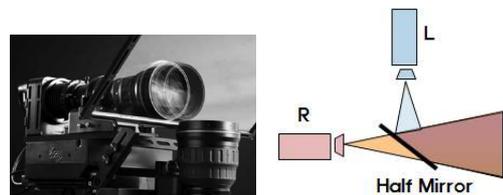


그림 2. 직교식 3D 리그

나. 축간 거리가 고정된 3D 카메라

두 눈 간격 정도의 크기로 축간 거리가 고정된 카메라를 이용하여 촬영할 수 있는 장면들이 많이 있다. 이러한 이유로 많은 사람들은 간격이 고정된 카메라로 모든 장면을 3D로 촬영 할 수 있다고 생각하고 있다. 고정형 카메라는 간단하고, 콤팩트하며, 견고하여 사용하기가 편리하다. 대부분의 실내 영상 촬영에 별 어려움 없이 이용된다. 그림 3은 고정된 축간 거리를 갖는 카메라를 보여주고 있다.



그림 3. 고정된 축간 거리를 갖는 3D 카메라

2.2. 2D/3D 변환

3D 변환은 평평한 2D 영상으로부터 두 번째 시야를 만들거나, 두 개의 시야를 모두 만드는 방법으로 스테레오 3D 영상을 생성하는 것이다. 기본적인 4가지 방법은 다음과 같다.

- ① 이미지 부분을 절단하고 조금씩 이동시킨다.
- ② 변위 지도로써 깊이 지도를 이용한다.
- ③ 3D 모델에 대한 이미지를 투영한다.
- ④ 운동시차를 이용하여 3D 영상을 얻는다.

위의 4가지 3D 변환 과정은 전경 물체가 이동된 부분이나 보이지 않는 배경이 표현되는 곳에 근본적인 구멍이 만들어 질수 있다. FX 아티스트들에게 잘 알려져 있듯이, 이와 같이 손상이 발생한 부분을 자연스럽게 채우는 것은 오랜 시간의 세심한 처리과정이 필요하게 된다. 이 경우에 관객은 수정된 사진과 원본의 비교를 통해 결과를 평가한다. 원본 사진이 한쪽 눈에 보이고 수정된 사진이 다른 눈에 보이기 때문에 재생된 영역은 실제적으로 깊이 인지 과정에 사용된다. 마스크들은 틈새를 채움에 의해서 원본 픽셀들이 영향을 받는 것을 방지해야 한다. 이와 같은 이유로 인-프레임 클로닝(in-frame cloning) 보다 인-페인트 스탬핑(in-paint stamping) 을 전후 프레임 콘텐츠에 사용해야 한다. 반복적인 패턴 때문에 프레임 자체에서의 스탬핑은 깊이 잡음을 생성할 위험이 있다.

2D에서 3D로 자동 변환하는 기술은 많은 3D 작업자들이 가장 하기 싫으면서도 가장 필요로 하는 3D 작업의 숙원일 것이다. 3D 변환에 얽힌 기초적인 문제는 과학적인 범주에 있는 이미지 분할이다. 장면에서 무엇인지 알아내려고 하는 물체들은 모두 픽셀들로 할당되어 있는 같은 목표이다. 나무, 차, 차로를 걷고 있는 사람, 차에 앉아 있는 사람, 차 옆에 그려 놓은 스티커, 뒤쪽 창문으로 보이는 운전자의 얼굴 등 상당히 복잡하다. 이러한 이미지의 분할이 가능하다면 컴퓨터가

자동차 운전, 비행기 운전, 거리보호, 공장운영 그리고 요리 같은 것들을 할 수 있게 되는 것이다. 지금까지 그것을 아무도 만들지 않았다. 여전히 사람들이 직접 제어한다. 왜 그런가? 영상을 이해하는 것은 시각의 처리가 아니고 인식의 처리이기 때문이다. 그것은 영상에 대한 의미, 자신이 살고 있는 세계의 이해를 필요로 한다. 지금도 일부 3D 전환 셋탑 박스, 칩 세트, 소프트웨어 제품이 있지만 대부분의 경우 획득된 입체 영상의 품질이 나쁜 경우가 많다. 서두르면 안 되며 꾸준한 연구개발이 필요하다.

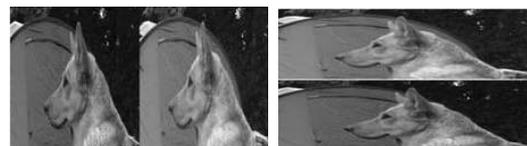
III. 가정까지의 전달

SMPTTE 는 고해상도 파일을 영화관, 패키지 미디어 용으로 변환하고 위성, 지상파, 케이블, 인터넷 등과 같은 다양한 채널을 통해 배급하기 위한 과정을 설명한 “3D 마스터” 생성을 정의하였다. 블루레이 디스크와 같은 패키지 미디어를 통해 3D 콘텐츠를 가정에 배급하기 위해서는 비디오 압축 기술을 사용하여 대역폭을 최소화할 필요가 있다. 즉, 3D 콘텐츠는 2D 비디오 크기의 2 배 용량을 갖기 때문에 다음과 같은 4가지의 3D 콘텐츠를 위한 기본적인 인코딩/압축 방법이 제안되어 있다.

- ① 공간 압축
- ② 시간 다중화
- ③ 2D + 메타데이터
- ④ 칼라 인코딩

3.1. 공간 압축 방식

공간 압축 방식은 기존의 표준 비디오 배급 구조를 통해 3D 콘텐츠를 전송하는 방법으로 가장 자주 사용되는 방식이다. 그림 4에서와 같이 좌우 2개의 영상을 하나의 비디오 프레임으로 구성하기 위해 side-by-side 와 top-down 방식이 주로 사용된다. 하나로 구성된 프레임은 압축, 전송되어 3DTV에서 재생된다.



(a) 사이드 바이 사이드 (b) 탑/다운

그림 4. 공간압축 방식

3.2. 시간 다중화 방식

시간 다중화 방식은 좌우의 눈이 각각 표준 60Hz 프레임으로 관찰 가능하도록 프레임 비율을 120Hz로 전송하는 방식이다. 이 방식은 각 눈에 풀 해상도를 제공할 수 있지만 대역폭과 저장 용량이 2배가 된다. 그림 5는 배속 주사 방식의 시간다중화 3DTV 원리를 보여준다. 그 원리는 우선 좌우 영상을 일반적인 60Hz, 2:1 인터레이스 신호로 필드메모리에 저장한 다음 이 신호들을 두 배 속도인 120Hz, 4:1 인터레이스의 주사 방식으로 메모리에서 읽어낸다. 이후 1/120sec 마다 좌우 영상을 번갈아 가며 화면에 표시하고 액정 셔터를 이것과 동기 개폐하여 입체시하는 방법이다. 삼성전자는 240Hz, LG 전자는 480Hz의 LED 3DTV를 판매하고 있다.

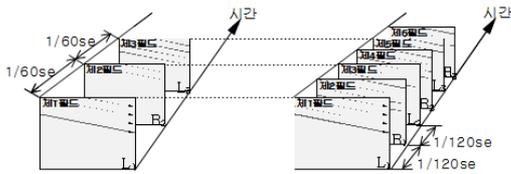


그림 5. 120Hz 시간 다중화 3DTV 방식의 원리

3.3. 2D+메타데이터 방식

2D+메타데이터 방식에는 여러 가지가 있다. 기본적인 아이디어는 메타데이터라고 하는 추가적인 패키지에 다른 눈으로 부터의 스테레오스코픽 정보를 2D 영상과 같이 전송하는 것이다. 이 경우 메타데이터 생성 방식에 따라 60-80 퍼센트의 대역폭이 증가하게 된다. MPEG 비디오 스트림에 사용되는 방식으로 많은 다른 장비와 호환성을 가진다. 이 방식의 가장 큰 장점은 셋탑 박스나 2DTV 가 메타데이터를 무시하는 방법으로 3DTV로 3D를 시청하는 동안 2D TV로 2D 영상을 시청할 수 있다.

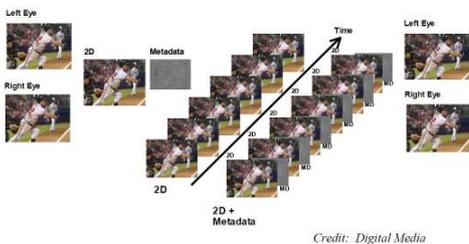


그림 6. 2D+메타데이터 방식

3.4. 칼라인코딩

이 방식은 보색관계에 있는 색(적과 청)으로 그려진 좌우 영상을 동일한 투과 파장 대역이 없는 색 필터로 좌우 영상을 선택적으로 분리해서 입체시하는 것이다. 백색 종이에 적색과 청색으로 인쇄된 스테레오 좌우 영상을 적색과 청색으로 구성된 색안경을 끼고 보게 되면, 적색 안경을 통해 보게 되는 백색 부분도 빨갱게 보여서 적색으로 인쇄된 영상과는 구별할 수 없게 되지만 청색으로 인쇄된 영상은 적색 파장 성분을 잃게 되어 주변의 적색과 구별할 수 있게 된다. 마찬가지로, 청색 안경은 적색으로 인쇄된 영상 주변의 청색과 구별할 수 있게 되어 좌우의 눈에 대응하는 영상의 분리가 가능하게 된다. 또한, 배경이 검은색인 경우에는 색의 반사가 일어나지 않아 적색은 적색 안경에 청색은 청색 안경으로 각각 입력되게 된다. 이와 같이 색안경 방식은 공통된 투과파장 대역을 갖지 않는 보색에 가까운 색 필터를 조합하여 사용하지만 색 차가 너무 크거나 높은 콘트라스트 조건에서는 도형의 윤곽 부분에서 양안시야 투쟁(좌안 영상과 우안 영상이 교대로 우선적으로 보이는 현상)이 생겨 보기가 불안해질 뿐 아니라 밝은 화면을 장시간 관찰하면 색 순응에 차이가 생겨 피로를 야기하는 원인이 된다. 칼라 인코딩 방식이 스테레오 영상을 보는 가장 간단한 방법이지만 단지 2가지 색만을 제시할 수 있고, 입체적으로 융합된 상태에서는 단색 영상이 되어 칼라 영상 디스플레이에는 적합하지 않다.

IV. 3D 디스플레이

영상에 깊이감을 주는 입체시의 요인으로부터 디스플레이를 분류하면 표 1 에서와 같이 스테레오스코픽 디스플레이, 3D 디스플레이로 크게 분류할 수 있으며, 대부분의 경우 이들을 구별하지 않고 사용한다.

3D 디스플레이는 대부분 LCD, OLED, PDP 등을 이용하여 만들어지므로 여러 종류의 3D 디스플레이가 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 또한, 3D 디스플레이 방식에는 특수한 안경을 필요로 하는 안경식과 안경을 필요로 하지 않는 무안경식으로 분류된다. 대부분의 3D 디스플레이는 양안시차를 이용하고 있다.

표 1. 입체시 요인에서 본 휴먼팩터와 디스플레이의 분류

분류		원리	디스플레이 방식
스테레오스코픽 디스플레이	2차원 영상 2장	양안시차	HMD
			안경방식 : 애너글리프, 편광, 셔터 무안경방식: 패럴랙스배리어, 렌티큘러
3D 디스플레이	2차원 영상 다수	운동시차 + 양안시차	다안식 : 패럴랙스배리어, 렌티큘러, IP
	공간상 형성	초점조절, 운동시차, 중첩효과, 시야의 크기, 폭주, 양안시차	체적형 : 스왑트 체적, 정적 체적 홀로그래피

결국은, 사람의 좌우의 눈에 약간 다른 영상이 들어가고 시차가 망막 상에 생긴 결과로써 입체가 가능하게 된다고 말하고 있다.

블루레이 디스크 플레이어, 셋탑 박스, PC 등에 있는 3D 콘텐츠를 3D 디스플레이 장치와 연결하고자 할 때 인터페이스에는 유선 연결의 경우 DVI-D, DVI-I, HDMI, 디스플레이 포트 등이 있으며, 무선 연결의 경우 802.11, WiMax, Wireless HD 등이 있다. 파나소닉이나 소니, 필립스는 블루레이 디스크의 새로운 포맷으로 풀 HD 해상도의 3D 영상의 구현을 목표로 하고 있다. 현재 파나소닉이 제안하고 있는 규격은 '풀 HD×2채널 연속 프레임 방법'으로 좌안 영상 및 우안 영상을 각각 풀 HD 영상(1,920×1,080)으로 블루레이 디스크에 2개의 스트림으로 기록하는 것이다. 2개 스트림 영상을 동시 출력하는 기능을 장착한 블루레이 디스크 플레이어로 재생하며, 3D용으로 확장한 HDMI 단자를 통하여 120Hz 연속 프레임의 디스플레이가 가능한 3DTV로 영상을 전송한다. 3DTV에 전송된 3D 콘텐츠와 동기를 맞추어 작동되고 있는 액정 셔터 안경을 이용하여 시청하면 된다. 기록부터 재생까지 모든 것이 HD 해상도로 이루어지기 때문에 고해상도, 고품질의 3D 영상을 시청할 수 있다. 규격의 확장이나 블루레이 디스크 플레이어, 3DTV 등 새로 구입해야 하는 것이 필요하지만, 기술면에서는 비교적 어려움이 적고,

표 2. 3DTV 구현을 위한 3D 디스플레이 기술 비교 (자료: 디스플레이서치)

디스플레이 방식	LCD 셔터 [연속 프레임]	PDP 셔터 [연속 프레임]	RPTV 셔터 [연속 프레임]	OLED 셔터 [연속 프레임]	LCD 편광 (Micro.pel/x.pel)	LCD 무안경
제조사	소니, 삼성, 사프	삼성, 파나소닉	삼성, 미쓰비시	SMD 데모	현대T, JVC, LG	파버나인, 필립스
입력형식	연속 프레임	삼성: 체크보드 파나소닉: 전환면	체크보드	전환면 연속 프레임	병 인터리브드	열 인터리브드
프레임 율	120Hz 이상	120Hz 이상	120Hz 이상	120Hz 이상	60Hz or 120Hz	60Hz or 120Hz
크기	40인치 이상	삼성 :42, 50 인치 파나소닉 : 40-103인치	46-82인치	30인치 데모	46-72인치	17-50인치
2D 해상도	FHD 1920x1080	HD 1360x768 and FHD 1920x1080	HD	FHD 1920x1080	FHD 1920x1080	HD or FHD
2D와 가격비교	유사	동일	동일	유사	30-50% 비쌌	50-90% 비쌌
장점	2D 와 유사 가격대 동일한 고해상도	2D 와 같은 가격대 동일한 고해상도	2D 와 같은 가격대 동일한 고해상도	2D 와 같은 가격대 동일한 고해상도	저렴한 편광안경 사용	무안경
단점	메타리틀 장착 한 셔터 안경 사용(20만원대)	메타리틀 장착한 셔터 안경 사용 (20만원대)	메타리틀 장착한 셔터 안경 사용 (20만원대)	메타리틀 장착한 셔터 안경 사용 (20만원대)	2D 해상도의 1/2 해상도	2D, 3D 모두 1/2 해상도, 좁은 시야각, 색재현력

고화질의 영상을 만들어 낼 수 있다. 표 2 는 디스플레이 업체에서 최근 출시하고 있는 3D 디스플레이에 대한 비교이다.

V. 결 론

1920년대 초부터 TV 개척자들은 가장 편안히 감상할 수 있는 TV로써, 3DTV의 개발을 꿈꾸고 있었다. 이후, 80여 년 동안 초기의 흑백 TV가 칼라 TV, HDTV로 발전해 왔지만, 3DTV를 구현하기 위해 극복해야 할 장애물은 아직도 남아있는 상태이다. TV의 역사에 있어서 다음 세대의 중요한 대변혁을 3DTV가 가져올 것이라는 데에는 의심의 여지가 없다. 전문적인 전자 전시회 및 소비자 대상의 전시회 등에서 각 회사들은 항상 많은 흥미를 유발하게 되는 새로운 3D 제품을 보여주기 위해 노력하고 있다. 이들이 잘 동작되고 상품화될 수 있는 해결책을 발견할 수 있다면, 3DTV는 현재 2DTV의 방대한 시장을 대체할 수 있게 될 것이다.

기술개발 측면에서 보면 양안식 TV에 대해서는, 디스플레이의 한계를 제외하고는 충분히 기술이 성숙되어 있다고 판단되며, 이미 제한적으로(올림픽, 월드컵, 슈퍼볼 등 주요 스포츠 이벤트 중심) 시범 서비스가 실시된 바 있다. 국내에서도 한국전자통신연구원을 중심으로 2002년 월드컵에서 처음으로 3D HD 입체 실험 방송을 수행하였고, 2007년 12월 일본에서는 공식적으로 위성방송 BS11을 이용한 3DTV 방송이 시작되었다. 일본 BS 방송이 거실에서 입체영상을 감상할 수 있는 「3D 입체방송」의 보급 확대를 목표로 하여 시작한 방송이다. 국내에서도 2010년 초 Sky에서 3D 위성방송 서비스를 시작하였다. 10월 3DTV 지상파 시범 방송이 계획되어 있는 시점에 2010 대구육상올림픽경기를 KBS에서 지상파 3D 중계하였다. 또한 2010 남아공 FIFA 월드컵, 2012 런던올림픽의 3D 중계가 준비되고 있다.

3DTV에서 고려해야할 가장 중요한 사항중의 하나로써 3D 입체 시청에 관한 안전성에 대한 검증은 충분히 할 필요가 있다. 3D 안전 가이드라인에 관해서는 현재 ISO, 일본의 '3D 컨소시엄' 안전 위원회 내에서 다양한 논의가 이루어지면서 심의가 계속되고 있다. 3D 시청을 위한 안전 가이드라인이 결정되고, 그 동안 시

청자를 매료하는 3D 콘텐츠의 집적이 도모되며, 가정 내 3D 디스플레이 기술이 더욱 진화되면서 3DTV 방송의 비즈니스가 열릴 것이다. 3DTV는 현재 가정에 설치돼 있는 컬러TV 및 HDTV의 가장 강력한 대체제로 부상하게 될 전망이며, 이에 따라 응용 분야인 콘텐츠 생성, 코딩 전송, 디스플레이를 포함하는 거대한 소비 시장이 창출될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Ozaktas, Haldun M., Onural, Levent , "Three-Dimensional Television Capture, Transmission, Display" Springer Berlin Heidelberg, 2008
- [2] B. Mendiburu, "3D Movie Making: Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen," Focal Press, 2009
- [3] "3DC Safety Guidelines for Population of Human-friendly 3D," 3D Consortium Safety/ Guidelines Section, 2006
- [4] 이형철, "3D 휴먼팩터 연구 방법론: 3D 시각 피로 를 중심으로," Information Display, vol. 10, no. 3, pp. 24-30, 2009
- [5] "3D Television Report," Insight Media, 2008
- [6] "Autostereoscopic 3D Displays in Signage and Professional Applications," Insight Media, 2009
- [7] "3D Display Technology and Market Forecast Report," DisplaySearch, 2010
- [8] 이승현, "3D 영상의 이해," 진샘미디어, 2010.

저자소개



이 승 현 (Seung-Hyun Lee)

1984 : 광운대학교 전자공학과 공학사
1986 : 광운대학교대학원 전자공학과 공학석사

1993 : 광운대학교대학원 전자공학과 공학박사
1992 ~ 현재 : 광운대학교대학원 정보디스플레이학과 교수
※관심분야 : 3D 융합 기술, 디지털 홀로그래피