

양안식(스테레오) 3DTV 방송 기술

김진웅* · 최진수** · 문경애***

1. 서 론

사람이 현실에서 공간감과 거리감이 있는 3차원 세계를 인지하고 주변 대상들과 상호 작용을 하면서 생활하는 것은 너무나도 자연스러운 것으로 받아들여지고 있다. 이 중 가장 중요한 것이 두 눈을 통하여 얻어지는 영상 정보이며, 우리가 시지각 작용을 통해 받아들이고 인지하는 3차원 영상 정보를 인공적으로 재현하고 이를 통해 우리 주변의 3차원 세상에 대한 충실한 정보 전달을 하고자 하는 노력은 그간 많은 연구를 통해 꾸준한 기술 발전을 이룩해 왔다[1-4].

지금까지 현실 세계의 정보를 전달하는 영상 매체는 대부분 평면적인 2D 영상이거나, 3차원 정보를 전달하더라도 이를 재현하는 것은 결국 2차원적인 방법을 사용하여왔으며, 현실과 동

일한 깊이와 거리감을 갖는 3차원 재현을 하지 못하였다. 3DTV는 이러한 기존 기술과 달리 현실과 동일한 3차원 입체영상을 TV 방송을 통해 전달하고자 하는 기술이다.

3DTV 입체 방송은 흑백TV에서 컬러TV로의 변화와 같이 영상 매체의 큰 변혁을 몰고 올 차세대 서비스로 주목받고 있으며, 그 기반이 되는 3D 입체영상 기술은 TV 방송 뿐만 아니라, 게임, 교육, 의료, 산업 설계, 탐사 및 국방 분야에 이르기까지 매우 다양한 분야에 적용되어 잠재적인 산업 파급효과가 대단히 클 것으로 기대되고 있다[5].

3DTV 기술의 역사는 매우 오래 되었다. 약 170년 전인 1838년 영국의 Wheatstone경이 우리가 두 눈을 통하여 3차원 세계를 인식하는 원리를 발견하고 이를 재현하는 방법을 시연한 것이 그 시초라고 할 수 있으며, 이후 많은 연구 개발을 통해 입체영상을 재현하는 시스템이 만들어졌다. 그러나, 매우 간단한 것으로 보이는 두 개의 영상 획득과 이를 좌우 각각의 눈에 보여주는 입체영상 시스템은 아날로그 기술의 한계에 의해 상업적으로 성공하지 못하고, 일시적인 붐을 때때로 일으키곤 했으나 곧 사람들의 관심사에서 멀어졌다. 대표적인 예가 1950년대에 미국의 Hollywood에서 일어난 3D 입체영화 붐이다.

* 교신저자(Corresponding Author) : 김진웅, 주소 : 대전광역시 유성구 가정동 161 (305-350), 전화 : 042)860-5010, FAX : 042)860-6465, E-mail : jwkim@etri.re.kr

* 한국전자통신연구원 책임연구원

** 한국전자통신연구원 책임연구원

(E-mail : jschoi@etri.re.kr)

*** 한국전자통신연구원 책임연구원

(E-mail : kamoon@etri.re.kr)

※ 본 연구는 지식경제부와 방송통신위원회의 2010년도 산업원천기술개발사업(과제번호 10035289, 지상파 양안식 3DTV 방송시스템 기술개발 및 표준화)의 지원을 통하여 수행되었음

이후 1990년대 들어와서 본격적인 디지털 기술이 무르익고, 디지털 디스플레이의 사용이 보편화되면서 새로이 3D 입체영상의 산업화 가능성이 대두되고 유럽, 일본 등을 중심으로 실용화를 위한 본격적인 연구개발이 추진되었다. 이후 2000년대 중반부터 시작된 3D 입체영화의 제작 확대와 상업적 성공은 2009년 말에 개봉된 ‘아바타’를 정점으로 3D 입체영상에 대한 관심을 폭발적으로 불러일으켰다. 이를 이어받아 TV를 통해서도 3D 입체영상 서비스를 제공하고자 하는 움직임이 시작되고 있으며, 국내에서도 관련 기술개발 및 서비스 도입을 위한 정부의 적극적인 지원 정책이 추진되어 조만간 본격적인 3DTV 시대가 시작되리라고 예상된다[6]. 본 고에서는 이러한 역사적인 배경을 바탕으로 양안식 3DTV 방송을 가능하게 하는 전반적인 기술의 개요와 개발 현황을 살펴보고, 향후 전망을 해보기로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 3D 입체영상의 기본 원리를, 3장에서는 3DTV 방송 구현을 위한 요소 기술 및 관련 고려사항을 살펴본다. 4장에서 3DTV의 향후 발전방향을 조망해보고 결론을 맺도록 한다.

2. 3D 입체영상의 기본 원리

2.1 인간 양안시의 원리

인간 시지각의 기본 원리는 다음과 같이 매우 간단하게 설명할 수 있다. 즉, 우리 눈을 통해 망막에 맺힌 좌우 2개의 2D 영상은 보는 사람으로부터의 거리에 따라 서로 약간의 차이가 생기고(이를 양안시차, Binocular Disparity라고 부름), 이 차이를 우리의 뇌가 분석하여 단일한 3차원 세계를 재구성하고 인식하게 된다는 것이다(그림 1). 따라서, 3D 입체영상 시스템에서는 수평으로 평행한 두 개의 카메라를 이용하여 좌우 두 개의 영상을 획득하고, 이를 각각 좌우의 눈에 분리하여 보여주면 현실에서 보는 것과 같은 입체(정확한 거리)를 느끼게 된다. 사람이 현실에서 양안시를 통해 정확한 거리를 판단할 수 있는 능력은 보는 객체와의 거리가 멀어질수록 약해지고 거리가 가까워질수록 명확해진다.

2.2 3D 입체 지각의 요인

사람이 현실에서 느끼는 거리감은 반드시 두

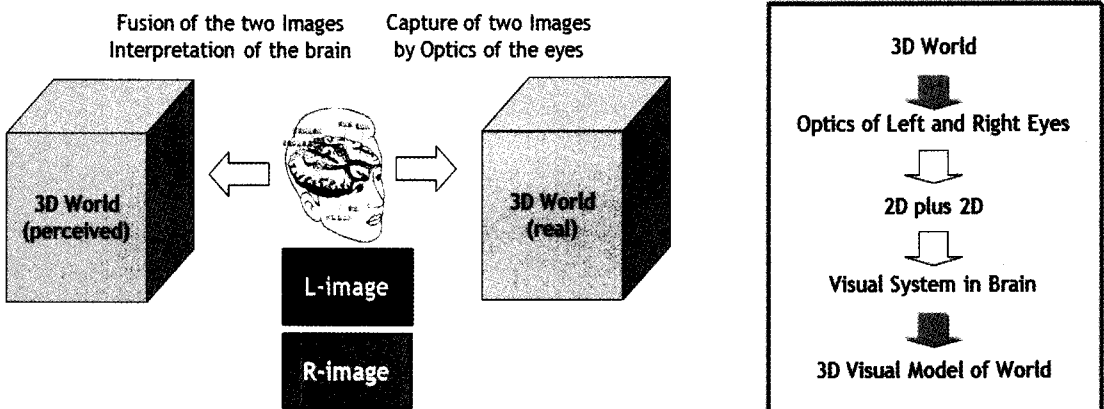


그림 1. 인간 양안시의 기본 원리

눈을 통해서만 얻어지는 것은 아니다. 그래서 선천적이거나 사고로 한 쪽 눈의 기능이 상실된 사람들도 큰 어려움 없이 3차원 세계를 인지하고 정상적으로 생활할 수 있다[7]. 이는 한쪽 눈을 통해서 받아들인 하나의 영상으로부터 분석한 특징을 경험에 의거하여 분석함으로써 3차원적인 거리를 인식하게 되기 때문이다. 예를 들어, 양쪽으로 일정한 크기의 가로수가 서 있는 도로를 도로가 뻗어있는 방향으로 바라보면 가로수의 크기는 멀어질수록 작아보이고 도로의 폭도 점점 좁아지는 것처럼 보인다. 그러나, 우리는 이 현상을 통해 길이 우리로부터 멀어진다고 이해함으로써 거리감을 느끼는 것이다. 이는 단안 요인 중 ‘상대적인 크기’와 ‘직선 원근’에 해당된다. 이들 특징을 3차원 거리감을 인식하는 단안 요인이라고 한다. 우리 눈으로부터 받아들인 영상에서 3차원의 거리를 파악할 수 있는 특징들을 크게 단안 요인과 양안 요인의 두가지로 나누어 설명하며, 2.1절에서 설명한 양안시의 원리는 양안 요인에 해당하는 내용이다. 이에 대한 자세한 내용은 참고문헌 [8]을 참조하기 바란다.

스테레오 3DTV는 양안요인에 기반하여 입체감을 전달하고자 하는 기술이며, 이는 기본적으로 정상적인 양안시 능력을 가진 사람을

대상으로 함을 이해하여야 한다.

3. 3DTV 구현을 위한 요소기술

3.1 3DTV 방송 시스템

그림 2는 3DTV 방송시스템의 개념도이다. 3DTV 방송은 기존의 2DTV 방송과 동일한 일련의 과정을 통해야 하며, 이는 콘텐츠 획득 및 제작, 데이터 압축 및 다중화 전송, 수신 및 3D 영상 복원, 그리고 3D 디스플레이 과정으로 구성된다.

3DTV 방송 시스템을 구현하기 위해서는 여러 가지 요구사항을 고려하여야 한다. 그 하나는 역방향 서비스 호환성이다. 이는 새로운 3DTV 방송을 하더라도 기존 TV를 가지고 있는 사람들에게 대한 서비스에 문제가 없어야 한다(기존의 TV를 통해 3DTV 방송을 수신하여 2D 영상으로 프로그램 시청이 가능)는 의미이며 지상파 방송과 같이 무료로 제공되어 공공적인 성격을 갖는 매체에서는 매우 중요한 요구사항이다. 다른 요구사항으로는 전송이나 저장에 위한 데이터양의 증가가 최소화되어야 하고, 콘텐츠나 디스플레이가 눈에 편안하고 시각 피로가 없어야 하며, 사람에 따른 양안시각의 차이나 특히 어린이들의 경우를 고려해 입

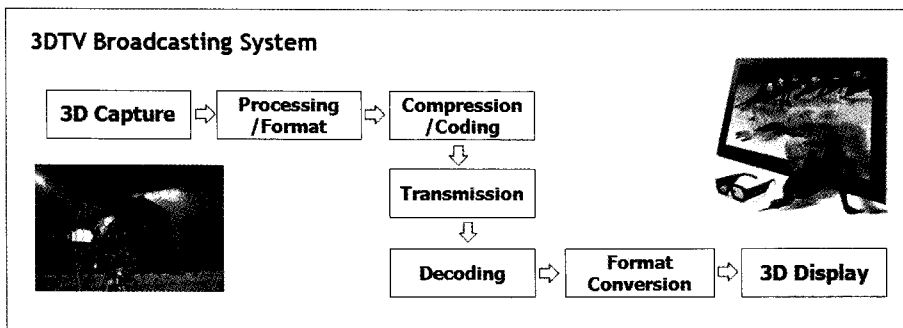


그림 2. 3DTV 방송시스템의 개념도

체감이 조절될 수 있어야 한다. 또 입체 프로그램에 대한 자막 처리, 3D 프로그램의 저장 및 재생, 끊김없는 2D-3D 프로그램 전환 등을 위한 기술도 개발되어야 한다.

3.2 콘텐츠 제작

콘텐츠 제작은 크게 세 가지 형태로 이루어진다. 첫 번째 방법은 스테레오 카메라로 직접 촬영하여 콘텐츠를 얻는 방법이다. 이는 잘 갖추어진 장비와 스테레오 영상에 대한 충분한 이해가 있으면 우수한 품질의 콘텐츠를 가장 쉽게 획득할 수 있는 방법이다.

스테레오 카메라는 좌우 방향으로 임의의 간격을 갖는 위치에서 동일한 방향에 대해 두 개의 영상을 획득하는 장치로 정의할 수 있다. 현재 개발되어 있는 스테레오 카메라는 기존에 사용하는 2D 카메라 두 대를 광학적으로 정확히 정렬하고, 시간적인 동기를 맞추어 영상을 촬영할 수 있도록 Rig 시스템으로 구성한 것이 대부분이며, 크게 평행식과 직교식으로 대별해 볼 수 있다(그림 3).

직교식은 두 대의 카메라를 상호 수직으로 배치하고, Half Mirror를 통해 동일한 방향의 영상을 획득하게 한 장치이다. 이 방식은 그 구성의 어려움에도 불구하고 현재로써는 고품질

의 근접촬영 영상을 얻기 위한 최선의 대안으로 인식되고 있다. 이러한 카메라로 촬영된 좌우 영상은 아무리 정교한 시스템이라 하더라도 수직 정렬 및 색 특성 등에 차이가 있을 수 있으며, 이는 디지털 신호처리를 통해 보정되어야 한다.

3DTV 방송시스템을 포함한 3D 입체영상 시스템에서는 결코 모든 사람에게 실제 현실에서 보는 것과 동일한 입체영상을 제공할 수 없으며, 어느 정도의 영상 왜곡을 피할 수 없다. 왜곡이 전혀 없고 현실에서와 동일한 크기 및 거리감을 제공하는 경우 이를 ortho-stereo 영상이라고 하며, 보통 우리는 이와 다른 hyper-stereo, 또는 hypo-stereo 영상을 보게 된다. 또한 편안한 입체 영상을 만들기 위해서는 두 카메라의 광축이 만나게 되는 Convergence Point를 적절히 선택하는 것이 중요하며, 이 위치를 기준으로 앞 쪽에 위치하는 물체는 화면 앞으로 돌출되어 보이고, 뒤쪽에 위치하는 물체는 화면 뒤로 들어가 보이게 된다[9].

두 번째 방법은 CG을 통해 콘텐츠를 제작하는 방법이다. 3D 그래픽스 영상 기법은 이미 기존의 방송에서 많이 사용하고 있으며, 게임을 포함한 산업 설계 등 다양한 분야에서 많이 사용되어 왔다. 스테레오 영상을 획득하기 위해서는 3차원 모델링을 통해 이미 만들어진 장면에서 가상의 스테레오 카메라를 배치하고, 이를 통해 얻어지는 두 개의 영상을 추출하면 된다.

세 번째 방법은 2D 영상으로부터 3D로 변환하는 2D-to-3D Conversion 기술을 사용하는 것이다[10]. 이는 많은 부분을 수작업을 통해서 하는 비 실시간 변환 방법과 실시간 자동 변환 방법으로 나누어 볼 수 있다. 비 실시간 변환 방법은 노력이 많이 들지만 좋은 품질의 3D 콘



그림 3. 스테레오 카메라 (a) 평행식, (b) 직교식

텐츠를 얻을 수 있다는 점에서 기존에 만들어진 영화 등을 3D로 만들고자 할 때 유용하게 사용될 수 있다. 반면에 실시간 변환 방법은 어떤 콘텐츠라도 실시간으로 3D로 변환하여 보여줄 수 있다는 장점이 있지만 이 기술은 일부 특정한 형태의 콘텐츠를 제외하고는 왜곡과 오류가 발생하여 장시간 보기 위한 콘텐츠를 얻기 위한 방법으로는 부적절하다.

3.3 콘텐츠 포맷

위에서 설명한 방법을 통해 얻어진 스테레오 비디오는 효율적인 전송 및 저장을 위해 특정한 형태로 만들어진다. 가장 대표적인 것이 side-by-side 포맷이다(그림 4(a)). 이는 좌우 영상을 수평 방향으로 1/2로 줄여(sub-sampling) 크기를 반으로 줄이고 이를 나란히 옆으로 붙여 하나의 영상을 만드는 방법이다. 이 포맷의 장점은 기존의 2D 비디오와 동일한 데이터 형태와 크기를 가지므로 기존의 방송 시스템 및 저장 장치를 수정 없이 사용할 수 있다는 것이다. 단점은 수평 방향의 영상 해상도가 1/2로

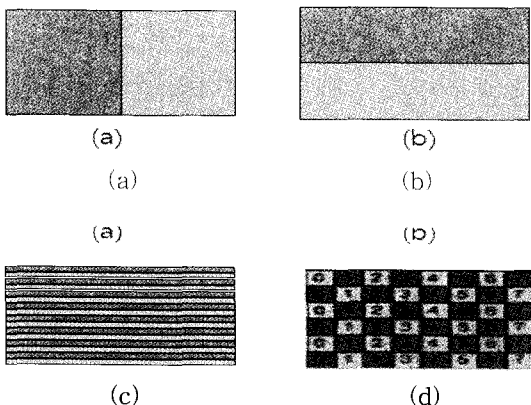
줄어들어 최종 화질은 원 영상에 비해 열화된다는 것과 이 포맷으로 방송했을 때 기존의 방송 수신기는 이 중 좌우 어느 하나의 영상만을 떼어서 볼 수 없으므로 역방향 호환성이 제공되지 않는다는 것이다.

기존 2D 영상과 동일한 형태와 데이터 크기를 갖는 다른 포맷도 생각해볼 수 있다. 그림 4(c)의 interlaced 포맷은 마이크로편광 필터를 사용하는 디스플레이를 갖는 3DTV에 유리하고, 그림 4(d)의 checker-board 포맷은 DLP 디스플레이를 갖는 3DTV에 유리하다. 이러한 포맷들을 “frame-compatible” 포맷이라고 하여 초기 3DTV 방송시스템에 많이 사용되고 있다. 2007년부터 방송하고 있는 일본 BS-11 위성방송, 2010년 초부터 방송하고 있는 Skylife 위성방송에서 모두 side-by-side 영상 포맷을 사용하고 있다. 반면에 제한된 방송 채널의 제약 때문에 역방향 호환성이 매우 중요한 지상파 방송에서는 좌우 두 개의 영상을 각각 전송하는 full resolution의 two-stream 방식이 사용되어야 한다.

현재 TTA의 3DTV PG에서는 지상파 방송 송수신을 위한 표준 규격에 대해 논의를 하고 있으며, 위에서 설명한 frame-compatible 포맷 이외에 full resolution의 좌우 영상이 시간적으로 inter-leaving되어있는 frame-packing 포맷이 함께 고려되고 있다.

3.4 압축 전송 방식

기본적으로 스테레오 비디오는 2D 비디오에 비해 데이터 크기가 2배로 늘어나게 되며, 이를 각각 압축하면 전송에 필요한 대역폭이나 저장을 위해 필요한 공간이 2배가 된다. 따라서 좀 더 효율적인 데이터 압축 방법을 연구하게 되



(a) side-by-side, (b) top-down, (c) interlaced, (d) checker-board

그림 4. frame-compatible 포맷

있으며, 방송을 위해서는 역방향 호환성 등 추가의 요구 조건을 만족하기 위한 고려를 하여 데이터 압축 방식을 결정해야 한다. (표 1)은 지금까지 MPEG에서 표준화해온 압축 및 표현 방식에 대한 내용을 정리한 것이다[11,12].

단일 영상(Monoscopic Video)의 경우보다 스테레오 영상(Stereoscopic Video)의 압축에서 효율을 높일 수 있는 부분은 동일한 시간에 획득된 좌우 두 개의 영상 사이의 유사도를 활용하는 것이다. 즉, 좌우 영상 사이의 Disparity를 분석하여 예측부호화를 하는(이를 DCP: Disparity-Compensated Prediction라고 함) inter-view 부호화 방식이다.

이 방법은 영상 내 객체 또는 카메라의 움직임이 빠르고 큰 경우에 두 영상을 개별적으로 압축하는 방식에 비해 효율을 증대시킬 수 있으며, 우영상에서 I-frame으로 코딩될 영상을 P-frame으로 코딩함으로써 얻어지는 이득이 매우 큰 부분을 차지한다. 이러한 방식을 적용

표 1. 3D 비디오 관련 MPEG 표준

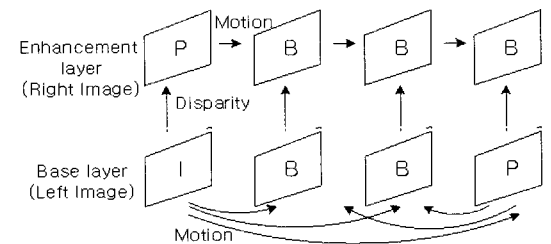
video coding			
stereoscopic video coding	MPEG-2 MVP		1998
multiview video coding	MPEG-4 MVC		2008
multiview video plus depth coding	3DV AhG		working
3D video-related Information Delivery			
stereoscopic data	MPEG-4 MAC, SEI		
stereoscopic conversion	MPEG-21 DIA		
depth map stream format	MPEG-C part-3		2006
multimedia application format			
stereoscopic video AF	MPEG-A part-11		2008

한 스테레오 영상 압축 방식이 MPEG-2 MVP (Multi-View Profile)과 MPEG-4 MVC(Multi-view Video Coding) 표준이다[13]. 그림 5에 MPEG-2 MVP 알고리즘의 압축부호화 개념과 비디오의 프레임 구성을 나타내었다.

앞에서 언급한 바와 같이 지상파 방송을 위해서는 기존 방송과의 역방향 호환성을 유지하면서 압축 효율이 좋은 부호화 방식을 사용해야 한다. 즉, 기본적인 목표는 기존에 HDTV 방송을 하던 채널 대역폭을 이용하여 역방향 호환성이 확보되는 3DTV 방송을 하는 것이다.

이런 측면에서 보면, MPEG-2 MVP는 MPEG-2를 기반으로 하고 있어 기본적인 압축 효율이 부족하며, MPEG-4 MVC는 MPEG-4 AVC를 기반으로 하고 있으므로 역방향 호환성이 확보되지 않는다는 한계가 있다. 따라서, 역방향 호환성과 효율성의 요구 조건을 모두 만족시키기 위해서는 기존 표준의 단순 결합이 아닌 새로운 압축 부호화 방식을 연구할 필요가 있다. 여러 가지 가능한 방법을 (표 2)에 정리하였다. 표에서 HEVC는 현재 MPEG에서 표준화가 시작된 High-Efficiency Video Coding 방식이며, New1과 New2는 스테레오 비디오 압축을 위해 추가로 개발해야 하는 방식을 의미한다.

현재의 HDTV와 역방향 호환성을 고려할 필요가 없는 경우(스테레오 3DTV 방송을 위한



Structure of Disparity & Motion Compensated Prediction

그림 5. MPEG-2 MVP 부호화 개념도

표 2. 기존 HDTV와 역방향 호환성이 제공되는 압축부호화 방식

	L-영상	R-영상
MPEG-2 MVP	MPEG-2 Base Layer	MPEG-2 Enhancement Layer
Simulcast1	MPEG-2	MPEG-4 AVC
New1	MPEG-2 Base Layer	MPEG-4 AVC Enhancement Layer
Simulcast1	MPEG-2	HEVC
New2	MPEG-2 Base Layer	HEVC Enhancement Layer

별도의 전용 채널)에는 MVC 표준을 채택하는 방법이 가장 현실성이 있다. MVC는 현재 Blu-ray Disc를 위한 3D 비디오 압축 포맷으로 채택되어 있다.

3.5 스테레오 3D 디스플레이[14]

본 절에서는 3DTV를 위한 디스플레이에 대해 간단히 살펴보기로 한다. 현재의 스테레오 3DTV 디스플레이는 크게 편광 안경식과 셔터 안경식으로 나누어 볼 수 있다. 아직도 기존에 사용하던 2D 디스플레이를 이용하여 3D 입체 영상을 보기 위한 anaglyph 방식(적청 안경방식)으로 콘텐츠가 함께 제작되고 있지만, 본 논의에서는 제외하기로 한다.

편광 방식은 LCD 또는 PDP 디스플레이의 각 화소(실제로는 각 라인)별로 상호 직각인 편광 필터를 장착하고, 이를 통해 좌우 영상을 구분하여 보여주는 방식이다. 이 방식의 장점은 수동형 방식으로 안경이 가볍고 가격이 저렴하다는 것이며, 반면에 단점은 디스플레이에 동시에 좌우 영상을 보여주므로 해상도가 1/2로 줄어든다는 것이다.

셔터 안경 방식은 빠른 디스플레이 소자를 사용하여 좌우 영상을 시간적으로 번갈아 디스플레이하고, 안경의 필터가 이에 동기되어 개폐되는 방식이다. 이 방식의 장단점은 편광식과 반대라고 할 수 있다. 즉, 안경이 능동형으로써 전원과 스위칭 소자를 사용하여 무겁고 가격이 비싸게 되나 영상의 해상도는 저하되지 않는다.

3DTV가 활성화되기 위해서는 잘 제작된 콘텐츠의 증가와 함께 좌우 영상의 Crosstalk이 최소화된 고품질의 디스플레이가 필수적으로 요구된다.

3.6 휴먼 팩터와 영상 안전성(8,15)

스테레오 방식의 3DTV 방송에서 가장 중요한 문제의 하나가 시청 안전성에 관한 것이다. 스테레오 영상 시스템은 원리상 우리가 정확히 초점을 맞추어 보고자 하는 위치(디스플레이 화면)와 실제 지각되는 영상 내에서의 객체까지의 거리가 다르게 된다(그림 6).

좌우 영상의 디스패리티를 크게 하면 그 부분의 객체는 화면으로부터 앞으로 튀어나오거

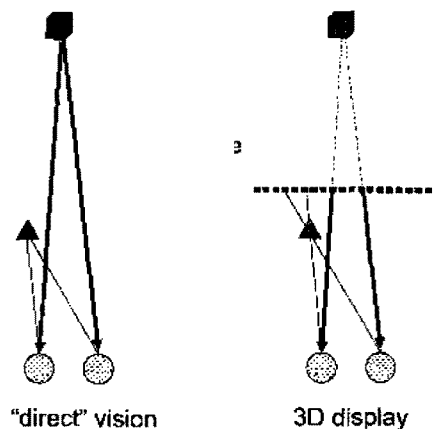


그림 6. 초점과 수렴각의 불일치

나(음의 디스패리티의 경우) 뒤로 들어가 보이게 된다(양의 디스패리티의 경우). 따라서 우리 눈은 객체가 있다고 지각되는 위치에 초점을 맞추고자 하나, 이 위치가 디스플레이로부터 멀어지면 우리는 선명한 영상을 얻을 수 없게 되며, 선명한 영상을 얻기 위해 초점위치를 다시 조정하게 된다. 반면에 자연 상태에서의 시지각에서는 이런 현상이 결코 일어나지 않는다. 즉, 우리 눈이 초점을 맞추는 위치에 보고자 하는 객체가 존재하는 것이다.

우리의 시각 시스템은 초점과 수렴각을 항상 일치시키고자 하는 생리적인 반응을 하게 되며, 스테레오 영상 시스템에서는 이 양자가 일치하지 않음으로 이러한 현상이 장시간 지속되면 우리 시지각 시스템은 강한 피로를 느끼게 된다.

이 현상을 최소화하기 위해서는 스테레오 영상의 디스패리티를 과도하게 만들지 말아야 하며, 초점범위를 크게 하기 위해 밝은 디스플레이를 사용해야 한다. 이 외에도 디스플레이의 불완전함으로 인해 발생하는 좌우 영상의 Cross Talk도 피로감을 유발하는 주요 원인이 된다. 또한 성장기의 어린 아이들은 어른에 비해 얼굴이 작고 따라서 상대적으로 두 눈 사이의 간격이 작다. 이 경우 동일한 콘텐츠를 보더라도 입체감을 더 크게 느끼게 되므로 편안한 시청을 위해서는 시차를 조절하여 볼 수 있는 기능도 제공해야 한다.

4. 향후 전망 및 맺음말

본 고에서는 스테레오 3DTV 방송을 위한 요소기술 및 관련 고려사항들을 살펴보았다. 현재 추진되고 있는 스테레오 3DTV 방송은 안경착용이 필요한 디스플레이를 기반으로 한

다는 점에서 TV 서비스로서의 사용자 수용성에 대해서는 아직도 논란이 있으며 계속 지켜보아야 할 것이나, 안경 자체의 개선을 포함하여 본격적인 상용화 단계에서 더욱 더 많은 기술적인 진보를 이룸으로써 많은 부분의 문제점이 해소될 것으로 기대하고 있다. 3D 입체영상은 많은 기술적인 어려움에도 불구하고, 기존의 2D 영상에 비해 훨씬 더 현실감 있는 정보를 제공한다는 점에서 매우 매력적인 미디어로써 향후 발전할 필연적인 방향이라는 데에는 이론의 여지가 없다. 향후 스테레오 3D의 한계를 넘어 현실과 구분할 수 없는 Real-3D 입체영상 시스템을 실현하기 위한 연구도 지금부터 차근차근히 추진해나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김옥중, 허남호, 김진웅, 유지상, "3D 영상 산업 및 표준화 동향," 한국통신학회지 제 27권 3호, pp. 3-9, 2010년 3월.
- [2] 김옥중, 김진웅, "국내에서의 3DTV 관련 기술개발 역사 및 현재 동향 분석," 한국방송공학회지 제12권 4호, pp. 40-52, 2007년 12월.
- [3] H.M. Ozaktas, L. Onural (Eds.), "Three-Dimensional Television: Capture, Transmission, Display," Springer, 2008.
- [4] Oliver Schreer, Peter Kauff, Thomas Sikora (Eds.), "3D Video Communication: Algorithms, Concepts and Real-time systems in Human centered Communication," John Wiley & Sons, Ltd. 2005.
- [5] 김진웅, "3DTV 방송 : IT Expert Interview" TTA Journal, No.127, pp. 30-36,

- 2010년 3월.
- [6] 이주식, “실감방송 기술정책 추진방향” TTA Journal, No.127, pp. 42-47, 2010년 3월.
- [7] Susan R. Barray, “Fixing My Gaze : A Scientist’s Journey into Seeing in Three Dimensions,” Basic Books, 2009.
- [8] 이형철, “3D 휴먼 팩터: 시청자 친화적인 3D 영상의 구현,” 한국통신학회지 제27권 3호, pp. 36-41, 2010년 3월.
- [9] Bernard Mendiburu, “3D Movie Making,” Focal Press, 2009.
- [10] 김만배, “2D/3D 입체 변환기술,” 한국통신학회지 제27권 3호, pp. 23-28, 2010년 3월.
- [11] 윤국진, 엄기문, 김진웅, 허남호, “MPEG-supported 3D Video 기술동향”, 주간기술동향 1385호, pp. 1-14, 2009년 2월.
- [12] 호요성, 오관정, “3차원 비디오 부호화 기술,” 한국통신학회지 제27권 3호, pp. 29-35, 2010년 3월.
- [13] 윤국진, 이봉호, 이광순, 이현, 정광희, 허남호, 김진웅, “3DTV 방송기술 표준화 및 서비스 현황”, 전자통신동향분석 제24권 제5호 pp. 143-151, 2009년 10월.
- [14] 최승중, “3DTV 기술 개발 동향,” TTA Journal, No.127, pp. 64-68, 2010년 3월.
- [15] 감기택, “인간의 3D 정보처리와 휴먼팩터,” TTA Journal, No.127, pp. 69-75, 2010년 3월.



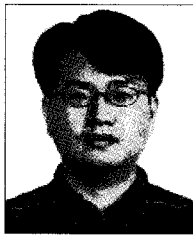
김진웅

- 1977년~1983년 서울대학교 전자공학과 학사, 석사
- 1990년~1993년 Texas A&M University Dept. of Electrical Engineering 박사
- 1983년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 방통융합 미디어연구부장
- 관심분야 : 디지털 방송 기술, 3DTV 방송, UHDTV 방송, Audio 및 Video 압축부호화, 멀티미디어 시스템 등



문경애

- 1981년~1985년 충남대학교 계산통계학과 학사
- 1985년~1997년 충남대학교 전산학과 석사, 박사
- 1991년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
- 관심분야 : 영상처리, 디지털콘텐츠 기술, 디지털 방송 기술 등



최진수

- 1986년~1996년 경북대학교 전자공학과 학사, 석사, 박사
- 1996년 5월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 실감 미디어연구팀장
- 주관심분야 : 영상통신, UHDTV방송, 3DTV방송, 데이터 방송