

3DTV 방송기술 및 서비스 동향

박영수* □허남호**

*과학기술연합대학원대학교 (UST)

**한국전자통신연구원 (ETRI)

목 차

- | | |
|---------------------|---------------------|
| I. 서론 | IV. 3DTV 국내외 서비스 동향 |
| II. 3DTV 방송 기술 | V. 결론 |
| III. 3DTV 국내외 연구 동향 | |

I. 서론

우리가 받아들이는 정보의 많은 부분은 두 눈을 통해서 들어온 시각 정보이다. 사람의 두 눈은 앞을 향하여 약 6.5cm가 떨어져 있어 서로 약간 다른 시각 정보를 받아들이게 되고, 이들은 뇌에 전달되어 하나의 입체감을 가진 영상으로 융합되어 인식된다. 이러한 사람의 시각 시스템에 대한 원리는 이미 기원전 300년경 유클리드가 그의 저서에 남긴 바 있으며, 1837년 영국의 휘트스톤 경은 이러한 원리를 이용하여 '스테레오스코프'라는 기계 장치를 통하여 입체 그림을 볼 수 있도록 한 장치를 발명하였다. 이후 사진과 영화의 발명과 함께, 여기에 입체 기술을 적용한 입체 사진과 입체 영화가 등장하여 많은 관심을 끌기도 하였다. 3DTV의 역사도 꽤 오래되었는데, 이미 1928년 8월 텔레비전을 발명한 영국의 베어드 경에 의해 최초의 스테레오스코픽 3DTV가 선보이기도 했다. 이후 1950년대 '제 1차 입체 영화의 붐'과 때를 같이하여 3DTV에 대한 관심도 높아져 실험방송이 이루어지기도 했으나, 금방 열기가 식었고, 이후에도 지속적인 관심은 받지 못하였다. 하지만 2005년 이후의 '제 3차 입체 영화의 붐' 이후 많은 3D 입체 영화가 제작되고 있고, 2009년 영화 '아바타'의 전 세계적인 성공은 3D 입체 영상을 가정에서도 보고자 하는 기대를 키웠으며, 급속도로 발전한 디지털 방송 기술과의 결합을 통하여, 3DTV 방송을 집 안에서 시청하는 일이 단지 먼 미래의 일이 아닌, 당장 눈앞에 펼쳐진 현재가 되었다. 본고에서는 이런

높은 3DTV의 관심과 분위기 속에서 3DTV에 필요한 방송 기술에는 무엇이 있고, 3DTV 방송을 서비스하기 위해서 국내외에서는 어떠한 노력을 기울이고 있는지에 대해서 알아보려고 한다.

II. 3DTV 방송기술

3DTV 방송을 위해서는 기존의 2DTV 방송과는 다른 방송기술이 필요한데, 3DTV 시스템을 이루는 구성 요소에 따른 3DTV 방송기술에는 어떤 것들이 있는지에 대해 살펴보고자 한다.

2.1. 3DTV 방송 시스템

텔레비전 방송을 보기 위해서는 크게 영상을 획득하고, 편집하여 방송용 콘텐츠를 만드는 과정, 만들어진 방송 콘텐츠를 압축하고 전송하는 과정, 전송된 영



그림 1. 3DTV 방송 시스템

상을 복원하여 보여주는 과정이 필요하다. 3D 방송을 위해서는 이들 각각의 시스템 과정에 기존의 2D 방송을 위한 기술과는 다른 3D 영상의 특성을 고려한 기술이 필요하다.

2.2. 3D 영상 콘텐츠의 제작

3D 영상이라는 것은 사람의 왼쪽과 오른쪽 눈이 서로 조금 다른 영상을 보고, 이 영상들이 뇌에서 융합되면서 하나의 입체감 있는 영상으로 인식된다는 양안시차의 원리를 이용하여, 왼쪽과 오른쪽에 보여줄 두 영상을 만들고, 이들을 각각의 눈에만 보이도록 하여 시청자들이 이 영상을 보면서 입체감을 느낄 수 있도록 하는 영상을 뜻한다. 이러한 3D 영상을 만들기 위해서는 3D 입체 카메라를 이용하여 실사를 촬영하는 방법, 컴퓨터 그래픽을 이용하여 양쪽 영상을 만드는 방법, 실사와 컴퓨터 그래픽을 합성하는 방법, 그리고 기존의 2D 영상을 3D 영상으로 변환하는 방법이 사용된다 [1]. 3D 입체 카메라를 사용하여 실사영상을 촬영하는 방법은 두 개의 렌즈를 가진 별도의 입체 카메라를 제작하거나, 두 개의 카메라를 마치 한 몸처럼 연결해주는 리그를 이용하여, 두 눈에 보여줄 영상을 얻는 방법이다. 이 방법은 가장 기본적이고 전통적인 방법으로 그동안에 제작에 대한 많은 노하우가 쌓여 있지만, 아직도 입체 카메라를 조작하거나 이동하는 것에 대해 해결해야 할 많은 문제들이 남아있다. 컴퓨터 그래픽을 이용한 방법은 렌더링 과정 중에 왼쪽과 오른쪽에 보여줄 영상을 각각의 가상 카메라 위치에서 두 번 렌더링을 하여 양쪽 영상을 얻는 방법으로 기존의 컴퓨터 그래픽 영상을 만드는 작업에 약간의 비용과 수고만 더하면 3D 입체 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있지만, 컴퓨터 그래픽 작업 자체가 많은 제작비용이 들고, 비록 애니메이션 분야에서는 대부분의 장면이 컴퓨터 그래픽으로 만들어지지만, 아직까지 실사 콘텐츠에서는 보조적인 수단에 불과하다는 단점을 가지고 있다 [1]. 실사 영상과 컴퓨터 그래픽을 합성하는 방법은 합성하려는 실사 영상과 컴퓨터 그래픽 영상 간에 초점이나 깊이감 등이 잘 맞아야 자연스런 입체 영상을 보여줄 수 있기 때문에 가장 복잡하고 기술적인 어려움도 많은 방법에 해당한다. 기존에 있는 2D 영상을 3D 영상으로 변환하는 방법은 2D 영상에서 배경과 전

경에 위치한 물체들을 각각의 레이어로 나누고, 레이어들에 깊이 정보를 부여한 다음, 이를 이용하여 왼쪽과 오른쪽 영상을 만들어내고 영상 정보가 없는 부분은 수동으로 이를 채워주는 방법으로 기존의 방대한 2D 콘텐츠를 재활용하여 부족한 3D 콘텐츠를 채울 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 지금까지 선보인 자동/실시간 변환 기술로는 만족할만한 결과를 보여주고 있지 못하기 때문에, 한 프레임씩 수작업을 통한 변환이 필요하고, 이에 많은 인력과 비용이 필요한 실정이다.

3D 영상 콘텐츠 제작에 있어 생각해보아야 할 또 하나의 기술적 문제는 3D 영상 콘텐츠에 적합한 자막 합성 기술이다. 현재의 방송환경에서 영상의 보조 수단으로 많은 자막들이 영상에 삽입되는데 3D 영상에서는 2D 영상과는 달리 영상이 가지고 있는 깊이감을 고려해야 하기 때문에 3D 영상을 감상할 때 입체감을 느끼는데 방해가 되지 않으면서도 자막을 표시할 수 있는 위치와 방법에 대한 고민도 필요하다 [2].

2.2.1. 3D 영상을 얻기 위한 카메라

3D 영상 콘텐츠를 만들기 위해 가장 많이 쓰이는 방법은 3D 입체 카메라를 통해 실사 영상을 촬영하는 방법이다. 최초로 카메라를 이용한 입체 영상의 획득은 1840년 폭스탈봇이 휘트스톤 경의 도움을 받아 카메라를 이동시켜 두 개의 영상을 얻는 방법을 통해 이루어졌으며 [3], 그 이후 두 개의 렌즈를 가진 카메라가 개발되어 두 눈에 보여줄 입체 영상을 얻을 수 있게 되었다. 현재는 두 개의 렌즈를 가진 별도의 카메라를 이용하는 방법과 리그를 통해 두 개의 카메라를 통해 입체 영상을 얻는 방법이 가장 많이 쓰이고 있고, 이 외에도 하나의 렌즈를 이용한 3D 입체 카메라, 하나의 영상과 깊이 정보를 동시에 얻을 수 있는 카메라 등이 3D 영상 획득용으로 연구, 개발되고 있다. 3D 입체 카메라는 주시각의 조절 여부와 방법, 그리고 렌즈의 배치에 따라 그 종류를 나누기도 하는데, 렌즈를 평행으로 나란히 배치하여 주시각의 조절은 불가능 하지만 영상의 왜곡이 적은 평행축 카메라, 렌즈의 각도를 기울여 배치해서 주시각 조절을 통해 입체감의 정도를 조절할 수 있는 교차축 카메라, 그리고 렌즈를 평행으로 배치하였지만, 렌즈와 촬상소자를 분리하여 촬상소자를 이동시켜 주시각 조절을 가능하게 한 수평이동식 카메라로 구분한다. 또 렌즈를 위아래로 배치하여 카메라 렌



그림 2. 3D 카메라 시스템
(왼쪽 : Pace Tech; 오른쪽 : 3Ality).

즈의 간격이 커서 발생하는 문제점을 보완하는 카메라를 가리켜 렌즈를 옆으로 배치한 병렬식 카메라와 구분지어 직교식 카메라라고 부른다. PACE Technologies사에서는 Sony사의 HDC-F950, HDC-1500 같은 디지털 HD 카메라를 활용한 'Fusion 3D 카메라 시스템'을 만들었고, 이는 'NBA 올스타전 (2007)', 영화 '아바타 (Avatar, 2009)' 등의 3D 영상 콘텐츠 제작에 활용되었다. 또 3Ality사에서도 리그 기술을 이용한 자사의 카메라 시스템을 통하여 U2의 공연을 3D로 제작한 바 있다[1]. 이외에도 P+S Technik GmbH, Element Technica Filmmagic, Liquid Picture사 등이 주로 리그 기술을 이용한 3D 입체영상 카메라 시스템을 선보였다. 디지털 카메라 업체인 Sony, Panasonic, RED ONE사 등에서는 두 개 또는 하나의 렌즈를 이용한 3D 입체 카메라를 발표하거나 개발 중 제작고, 'Z-cam', 'AXI-VISION (NHK)' 같은 영상정보와 깊이정보를 동시에 얻어 이를 이용한 3D 입체 콘텐츠를 제작 Pa위한 카메라 기술도 선보이기도 하였다. 우리나라의 경우에는 KBS, 레드로버, 아술, 스테레오피아, 한국입체기 등에서 3D 입체 카메라나 입체 카메라용 리그를 개발하고 있으며, ETRI에서는 3D 입체 카메라 시스템을 제작하여 2002년 한/일 월드컵 경Pa3D gi 시범 서비스에 사용한 바 있다[2].

2.2.2 3D 영상을 위한 컴퓨터 그래픽 개발도구

컴퓨터 그래픽을 이용해서 3D 영상을 얻기 위한 개발도구로는 상용 제작 도구인 Autodesk사의 'Maya', '3D Studio Max', 'Mudbox' 그리고 NewTek사의 'Light Wave', Avid사의 'Softimage', Pipsology사의 'Zbrush' 같은 프로그램들이 많이 사용된다[4]. 또 컴퓨터 그래픽을 이용한 3D 입체 애니메이션을 제작하는 유명 애니메이션 스튜디오에서는 'Renderman (Pixar)' 같은 저작도구나 'Ultimate 3D (Dreamworks SKG)' 같

은 시스템을 자체 개발하여 사용하기도 한다.

2.3. 3D 영상 콘텐츠의 편집

3D 영상을 편집하는 과정도 기존의 2D 영상을 편집하는 과정과는 조금 다르다. 3D 영상은 2D 영상과는 달리 왼쪽과 오른쪽 영상에 대하여 동기화를 맞춰 편집해야 하며, 입체감의 조절, 수직/수평 위치, 색상과 밝기의 차이, 렌즈왜곡 등을 미세하게 보정하는 과정이 더 필요하다. 또 3D 영상의 입체감을 확인하고 조절하는 것도 편집과정에서 이루어져야 한다. 또 편집 컷의 경우에도 보다 입체감을 중시하는 방향으로 되어야 하고, 빠르고 짧은 컷보다는 눈에 피로를 덜 주고, 입체감의 연속성을 갖게 하는 긴 컷들이 3D 영상에는 더 적합하다고 알려져 있다[5]. 이러한 3D 영상 편집의 특성 때문에 3D 전용의 편집 프로그램들도 많이 소개되거나 연구되고 있다. 기존의 2D 영상 편집을 위해 사용되던 Apple사의 'Final Cut Pro', Adobe사의 'Premier Pro', Sony사의 'Vegas Pro' 같은 편집 도구에 3D 영상 편집을 위한 기능을 더하기 위한 Plug-in 들이 발표되었고, 3D 영상만을 위한 별도의 전용 편집 시스템이 만들어져 발표되기도 하였다. Assimilate사의 'Scratch' 시스템은 U2의 콘서트를 3D 콘텐츠로 제작하는데 사용되었고, 영국 Quantel 사의 'iQ / Pablo' 시스템은 영화 '한나 몬타나 (Hannah Montana, 2008)'의 제작에 활용 되었다. 또한 Avid사, Iridas사에서도 3D 영상을 위한 편집 시스템을 발표하기도 했다[4].

2.4. 3D 영상의 압축 부호화

3D 영상은 왼쪽과 오른쪽, 두 개의 영상으로 구성되어 있기 때문에 2D 영상에 비해 2배의 영상 정보량을 가지고 있다. 따라서 3D 영상의 저장 및 전송을 위해서는 보다 효율적인 영상의 압축 부호화 방법이 필요하다. 두 영상을 따로 압축하지 않고, 두 영상의 유사성을 이용하여 압축하는 방법으로 가장 먼저 표준화된 압축 부호화 방법은 MPEG-2 MVP (Multi-View Profile)이다. 이 방법은 바탕 층과 딸림 층의 두 계층으로 구성되며, 바탕 층에는 바탕 영상이 되는 왼쪽 영상 혹은 오른쪽 영상을 기존의 2D 영상을 위한 MPEG-2 압축 부호화 방식과 똑같이 압축 부호화 하고, 딸림 층에서는 바탕 영상과 다른 쪽 영상 사이의

움직임 보상 정보나 변이 정보를 이용하여 압축 부호화 하는 방법을 사용하였다[6]. 이 방법은 기존의 2D 영상을 압축 부호화 하는 방법에 비하여 연산 량이 많고, 복잡하며, 압축 부호화 방법의 구조나 효율성에 있어 그리 좋지 못하였지만, 지금까지도 3D 영상을 압축 부호화 하는데 있어 가장 기본이 되는 구조로 활용되고 있다. 이후에 발표된 MPEG-4 Part2에서는 MAC (Multiple Auxiliary Component)이라는 이름으로 각각의 VOP (Video Object Plane)에 관련된 컴포넌트 그룹정보를 정의하였는데, 이 안에 변이 정보, 깊이 정보 등을 넣을 수 있도록 하여, MAC 기반의 스테레오스코픽 3D 동영상 압축 부호화 개발을 위한 기본 구조로 사용할 수 있도록 하였다[6]. 또한 H264/AVC (Advanced Video Codec) 압축 부호화 방법을 확장하여 다시점 동영상을 위해 만들어진 MVC (Multi-view Video Codec)은 각각의 시점에서 계층적 B-픽처를 사용하고, 시점 사이의 참조, 프레임 재정렬, 가변 GOP (Group of Picture) 같은 기술들을 사용하여 효율적으로 3D 영상을 압축 부호화 하는 방법을 제시하였으며, 그 외에도 3D 영상을 효율적으로 압축 부호화하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다.

25. 3D 영상의 전송

예전에는 단순히 지상파를 이용한 텔레비전 방송의 시청만 가능하였으나, 지금은 케이블망, 위성을 이용한 텔레비전 방송 서비스에 이어, 인터넷 전송망을 통한 IPTV, 무선 통신망을 활용한 모바일 방송 서비스까지 등장하였다. 이러한 다양한 전송망을 이용한 방송 서비스의 출현은 3DTV 방송 서비스를 할 수 있는 길을 넓혀줄 수 있을 것이라고 기대되고 있다. 위성이나 케이블망을 이용하는 방송 서비스 업체에서는 디지털 방송기술의 발전과 함께 많은 수의 채널을 전송할 수 있게 되었고, 이 많은 수의 채널에 대한 활용과 다른 전송망을 이용한 방송 서비스와의 경쟁을 위한 좋은 수단으로 3D 방송 서비스에 대한 관심을 많이 보이고 있고, IPTV나 모바일 방송에서도 새로운 방송 서비스 사업에 대한 비즈니스 모델로 3D 방송 서비스에 대한 연구를 하고 있다. 반면에 지상파 채널에서는 한정된 채널과 공공재로서의 전파성격, 그리고 기존의 2D 방송과의 하위 호환성에 대한 문제 등으로 인하여 조금은

더디게 진행되고 있다. 3D 영상을 전송하기 위해서는 기존의 2D 영상보다 늘어난 전송량을 수용할 수 있는 전송 대역폭을 확보하여 효율적으로 보내는 것이 가장 중요하다. 따라서 전송매체의 특성에 따라 채널 분당 기술이나 AT-DMB (Advanced T-DMB) 같은 기술을 활용하여 늘어나는 전송량에 3D 영상을 보내는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 3D 영상을 전송하기 위한 방식에는 MPEG-2 TS (Transport Stream) 기반의 스트리밍 방식과 IP (Internet Protocol) 기반의 스트리밍 방식이 있는데, 지상파, 케이블망, 위성을 이용한 방송 서비스 업체에서는 MPEG-2 TS 방식을 사용하고 있고, IPTV에서는 IP 방식을 사용한다. 또한 모바일 방송의 경우에는 지상파 DMB 방송은 MPEG-2 TS, DVB-H 방송은 IP 방식을 각각 채택하고 있다[7].

26. 3D 영상 전송을 위한 포맷

3D 영상을 보내고, 이를 보여주기 위해서는 이를 전송하기 위한 채널의 대역폭 같은 특성 등을 고려해야 한다. 가장 좋은 방법은 양쪽 영상을 따로 독립적으로 보내면 가장 좋지만, 기존의 2D 방송을 위해 구축된 시스템과 인프라를 활용하기 위해서는 3D 영상을 공간이나 시간상으로 압축하여 보내는 방식도 고려해 보아야 한다. 공간적으로 압축하는 방법에는 side by side, top and bottom, line interleaved, column interleaved, 체커보드 방법 등이 있다. 또한 시간상으로 압축하는 방법에는 왼쪽과 오른쪽 영상을 번갈아 보내는 frame sequential 방법이 있다. 이 외에도 색상 정보를 바꿔 보내는 에너글리프, 컬러코드 3D 방법과 추가적인 전송대역폭이 더 필요하긴 하지만 깊이 정보 같은 메타 정보를 추가하여 보내는 방법도 있다. 각 3DTV 전송방식에 대한 자세한 특성은 표 1과 같다.

27. 3D 영상의 디스플레이

시청자가 3DTV 방송 서비스를 보기 위해서는 3D 영상을 볼 수 있는 디스플레이 기기가 있어야 한다. 3D 영상을 위한 디스플레이는 크게 안경을 쓰고 감상하는 안경 방식과 안경 없이도 볼 수 있는 무안경 방식이 있으며, 안경 방식은 다시 안경의 역할에 따라 패시브 안경 방식과 액티브 안경 방식으로 나뉜다.

표 1. 3DTV 전송을 위한 영상 포맷

전송 포맷	기존 전송 시스템 사용 여부	해상도	특징
공간적 압축	가능	감소	전송 전에 영상크기를 줄이고 전송 후에 영상크기 복원
시간적 압축	초당 프레임 유지 시 추가 전송 대역필요	유지	2D : progressive / 3D interlaced 서비스 가능
색상정보 변경	가능	유지	완벽한 색상재현 불가능
추가정보	추가정보 전송대역 필요	유지	기존 장치에서 2D 영상호환 가능
독립 전송	전송대역폭 증가 필요	유지	별도 전송

2.7.1. 안경방식 3DTV

우리가 3D 영상을 보면서 입체감을 느끼기 위해서는 왼쪽과 오른쪽 눈에 각각의 영상만 보이도록 해야 하는데 안경방식에서는 안경이 그 역할을 하게 된다. 3D 영상을 볼 수 있게 하는 안경 중에서 패시브 안경 방식은 단순한 필터 역할을 하여 영상을 분리하여 보여주게 된다. 패시브 안경방식에는 색상필터를 이용한 애너글리프, 편광필터를 이용한 패시브 편광방식, 그리고 농도차를 이용한 방식 등이 있다.

애너글리프 방식은 양쪽 영상을 다른 색상 채널, 예를 들면 왼쪽 영상은 빨간색, 오른쪽 영상은 파란색+녹색 로 구성하고, 이에 해당하는 색상 필터가 있는 안경을 통해 두 영상을 분리하는 방법으로 간단하게 구현이 가능하지만, 모든 컬러를 구현할 수 없는 단점을 가지고 있어, 현재는 많이 연구되고 있지 않고 있다. 또 농도차를 이용한 방식은 움직이는 물체를 볼 때 투과하는 빛의 양에 따라 지연시간이 생겨 지각시간이 달라지는 폴프리히 효과를 이용한 것인데, 정지 영상에서는 불가능하고, 움직임의 방향과 속도에 따라 앞과 뒤가 바뀌어 보이는 문제점 때문에 역시 많은 연구는 이루어지지 않고 있다.

<패시브 편광 방식 3DTV>

패시브 편광방식은 왼쪽과 오른쪽 영상을 각기 다른 편광을 갖도록 만들고, 안경에는 그에 맞는 편광필터를 설치하여 두 눈에 들어올 영상을 분리해 보여주게 된다. 패시브 편광방식에는 수직과 수평 편광을 이용한 선형 편광방식과 시계방향과 반시계 방향의 편광을 사용하는 원형 편광방식이 있으며 풀 컬러 동영상

을 보여줄 수 있고, 동시에 많은 사람들이 볼 수 있으며, 액티브 안경방식인 셔터 글라스에 비해 저렴한 안경을 사용하는 장점이 있다[8]. 하지만 편광필터를 사용하기 때문에 영상이 어두워지고, 화면에 편광 간섭을 막기 위한 장치가 필요하며, 영상의 해상도가 반으로 줄어드는 단점도 가지고 있다. 영상의 밝기가 어두워지는 단점은 LCD나 LED 같은 디스플레이 기술로 많이 보완되고 있지만, 해상도가 1/2로 줄어드는 단점과 TV 수상기가 비싸지는 문제에 대해서는 여전히 해결책이 필요하다. 이 방식은 현재의 TV 시스템 및 인프라를 그대로 활용할 수 있는 side by side 방식 같은 입체 영상 포맷에 가장 적합한 방식이기 때문에 영국의 BskyB, 일본의 BS11, 우리나라의 skylie 위성방송 등의 정규나 시험방송에 채택되어 사용되고 있고, LG 전자, 현대IT 등에서 이 방식을 이용한 3DTV 제품을 선보였다.

<액티브 셔터링 방식>

액티브 안경 방식은 안경이 두 영상의 분리를 위해 단순 필터 외의 작용을 하는 것으로, 대표적인 방식으로는 액티브 셔터링 방식이 있다. 이 방식은 사람의 눈에 영상이 들어오면 어느 정도의 시간 동안은 그 영상이 눈에 남아있는 잔상 효과를 이용하여, 왼쪽과 오른쪽 영상을 번갈아 보여주고, 안경의 양쪽 셔터를 동기화시켜 빠르게 여닫아 각각의 눈에 원하는 영상만 보여주는 원리를 사용한다. 액티브 셔터링 방식의 경우, 이 방식을 이용하기 위한 셔터 글라스의 가격이 비싸고, 디스플레이와 안경 간의 정확한 동기화가 필요하다는 기술적인 어려움도 있지만, 풀 컬러의 구현이 가

능하고 해상도의 손실 없이 고화질의 영상을 여러 사람이 볼 수 있으며, 화면의 밝기가 떨어지지 않는다는 점, 그리고 기존의 2D 텔레비전과 양립할 수 있고, 저가격으로 시스템을 구현할 수 있다는 장점 때문에 LG 전자, 삼성전자, Sony사 등 여러 회사에서 이 방식을 이용한 3DTV 제품을 선보이고 있으며 당분간 3DTV의 주류를 이룰 것으로 예상되고 있다.

이 외에도 편광방식과 시분할 방식을 결합한 액티브 편광방식도 연구되고 있지만 아직까지는 내시경 외과수술 등 한정된 범위에서만 사용되고 TV 분야로 적용시키기 위해서는 기술적으로 해결해야 할 문제가 많이 남아있다.

2.7.2 무안경식 3DTV

3D 입체 영상을 감상하기 위해서 안경을 쓰지 않아도 볼 수 있는 방식을 무안경식 3DTV라고 한다. 이 방식은 안경대신 화면에 두 영상을 분리해 줄 수 있는 장치를 설치하여 입체 영상을 보여주는 방법으로 이 방식에 해당하는 것으로는 패럴랙스 배리어 방식, 렌티큘러 방식 등이 있다.

패럴랙스 배리어 방식은 왼쪽과 오른쪽 영상을 번갈아 배치하여 하나의 화면을 만들고, 화면 위에 세로 방향의 틈이 있는 배리어를 설치하여 정확한 시정위치에서 시청할 경우 왼쪽 눈에는 틈을 통과한 왼쪽 영상만 보이고, 반대로 오른쪽 눈에는 오른쪽 영상만 보여 주게 된다[9]. 이 방식은 안경을 쓰지 않고도 3D 입체 영상을 감상할 수 있으며, 패럴랙스 배리어를 필름형태로 제작할 경우 저렴하고 간단하게 만들 수 있는 장점이 있지만, 빛의 밝기가 줄어든다는 점과 입체 영상의 배열과 배리어의 위치를 정확하게 고려해야 한다는 문제점도 있으며, 동시에 여러 사람이 보기 어렵다는 점 때문에 개인용 휴대폰 단말기나 모바일 기기, 컴퓨터 모니터 등에 적용된 제품들이 선보이고 있다.

렌티큘러 방식은 영상의 분리를 위해 배리어 대신 반원통 모양의 렌즈 판을 화면 위에 덧 설치하고 빛이 렌즈를 통과하면서 굴절되는 원리를 이용한다[9]. 이 방식은 디스플레이 상의 모아레 현상을 없애기 위해서 렌즈 판의 두께나 곡률 같은 광학적인 요소를 정확히 맞춰주어야 하는 기술적 어려움을 갖고 있으며[8], 고정된 시정위치에서만 봐야하는 단점을 가지고 있다. 무안경식 3DTV 방식은 안경을 쓰지 않고 볼 수 있다는 장점을 가졌지만, 입체감을 느끼기 위해서는 제한된 시

정 위치에서 감상해야 하며, 동시에 여러 명이 볼 수 없다는 점 때문에 현재는 다시점 영상을 보여줌으로써 시청 인원과 범위를 늘릴 수 있는 연구 등이 진행되고 있지만 아직까지 집 안에서 온 가족이 같이 볼 수 있는 3DTV의 역할을 하기 위해서는 더 많은 연구와 노력이 필요하다.

위에서 살펴본 안경식과 무안경식 입체 디스플레이 외에도 빛의 회절과 간섭 현상을 이용하여 완벽한 입체상을 재현해서 보여주는 홀로그램 같은 방법도 있으나 아직까지는 실험 수준이고, 실제 우리 생활에 적용되기까지는 꽤 많은 시간과 노력이 필요한 실정이다.

III. 3DTV 국내의 연구 동향

3.1. 유럽의 연구동향

유럽에서는 일찍부터 3DTV 방송과 관련된 여러 프로젝트를 통하여 관련 기술에 대한 연구 및 개발을 진행해 왔다. 영국의 BBC를 중심으로 구성된 RACE (Research on Advanced Communications in Europe) 프로젝트의 산하 프로젝트인 DISIIMA (Digital Stereoscopic Imaging & Application, 1992 ~ 1995) 프로젝트에서는 실시간 스테레오스코픽 비디오 전송 실험을 성공적으로 수행하였고, 1990년대 후반에 시행된 European ACTS MIRAGE 프로젝트를 통해서 1996년에 3D 스테레오스코픽 프로그램인 'Eye to eye'를 실험방송하기도 하였다[10]. COST 230 (European Co-operation in the field of Scientific and Technical research 230, 1991 ~ 1998) 프로젝트를 통해서 스테레오스코픽 영상을 위한 디스플레이 시스템, 압축 부호화, 전송 표준화, 그리고 3D 휴먼팩터 등을 연구하였다. PANORAMA (PAckage for New OpeRational Autostereoscopic Multiview systems and Application, 1995 ~ 1999) 프로젝트에서는 무안경식 디스플레이 기반의 3D 영상과 방송 기술에 대한 연구를 진행했고, ATTEST (Advanced Three-dimensional Television System Technologies, 2002 ~ 2004) 프로젝트에서는 깊이 정보를 이용한 3D 방송에 관한 연구를 통하여, 기존의 2D 방송 환경에서의 유연성과 양립성, 그리고 3DTV의 상업성에 대한 실용적인 연구가 행해졌다[11]. 이런 일련의 연구 프로

젝트들을 통하여 3DTV 시스템의 요소기술 개발과 시청자들을 위한 3D 지각 능력에 관한 연구개발 성과를 거두었고, 이를 바탕으로 EC의 지원으로 진행된 3DTV NoE (Network of Excellence, 2004 ~ 2008)에서는 3D 영상의 획득, 3D 영상 신호의 저장 및 전송, 3D 영상 디스플레이 등 모든 분야에 대한 연구를 통하여 방송 뿐만 아니라, 교육, 의료, 게임 등 다양한 분야로 적용하기 위한 기술에 대한 연구가 진행되었다. 이와 함께 3D4YOU, MOBILE3D 등 EC에서 지원하는 총 11개의 3D 관련 프로젝트 간의 관리 및 협력을 위한 컨소시엄 형태의 3D MEDIA CLUSTER를 구성하여 이를 통한 미래 환경에 적합한 3D 기술 개발을 진행하고 있다 [12].

3.2. 미국, 캐나다의 연구동향

유럽에서는 일련의 프로젝트를 통해서 3DTV와 관련된 연구와 기술개발이 이루어진 반면, 미국에서는 연구기관과 대학, 산업체에서 각 분야에 대한 개별적인 연구가 진행되어 왔다. 1997년 미항공우주국(NASA)의 화성탐사로부터 '팩스파인더'는 화성의 모습을 스테레오스코픽 영상으로 찍어 지구로 보내는데 성공하였고, 슈퍼볼이나 NBA 올스타전 같은 큰 스포츠 이벤트 등을 통해 3D 관련 방송기술에 대한 실험을 하기도 하였다. 2005년 헐리우드의 유명 감독들의 선연과 함께 시작된 '제 3의 입체영화 붐'과 함께 많은 작품들이 3D 실사 및 애니메이션 영화로 만들어졌고, 이런 3D 영화 제작을 위한 관련기술들에 대한 연구도 활발하게 진행되었다. 특히 PACE Technology, 3Ality사 등을 중심으로 한 3D 입체 카메라와 리그 기술, 3D 영상 콘텐츠의 저작 및 편집 도구에 대한 개발, 'Real-D'나 'Dolby3D' 같은 3D 스크린 상영 시스템 기술 등에 많은 발전이 이루어졌다. 이런 3D 입체 영화의 붐과 발맞춰 3D 영상을 집 안에서도 볼 수 있도록 하자는 취지를 갖고 설립된 3D@HOME을 중심으로 가정에서의 3D 영상 보급 확대를 위한 많은 연구와 개발이 이루어지고 있다. 또 ATSC (Advanced Television System Committee)에서도 3DTV를 고려한 표준 확장을 통해 미국 내의 3DTV 방송을 위한 준비를 하고 있다. 또 캐나다에서는 CRC (Communication Research Centre) 같은 연구기관을 중심으로 3D 시청환경과 휴먼팩터

같은 다양한 3DTV 방송기술에 대한 연구를 계속 진행하고 있다.

3.3. 일본의 연구동향

일본에서는 일찍부터 3D 관련 기술에 대한 연구에 많은 관심을 기울여 왔다. 1992년 시작된 '고해상도 입체 동화상 통신'이라는 국책 연구 프로젝트를 통해서 1996년 하이비전을 통한 HD급 3D 입체방송을 선보였고, 1998년 나가노 동계 올림픽 기간에는 45 Mbps급 위성 전송망을 통해서 HD급의 3D 실험방송을 하였으며, 2002년 FIFA 한/일 월드컵 때에도 3D 파노라마 영상을 시범 중계하기도 하였다. 이후 2003년에는 70여 개의 기업체가 참가한 3D 컨소시엄을 구성하였고, 2005년에는 일본 총무성의 주관 하에 UCT (Universal Communication Technology) 기술 개발 계획을 수립하여 2020년까지 공감각 3DTV 개발을 목표로 많은 연구가 진행되고 있다. 또 최근에는 NICT (National Institute of information and Communications Technology)를 중심으로 산업체, 학계, 연구소 등이 모여서 만든 URCF (Ultra-Realistic Communication Forum)를 통해 3D 산업 발전을 연구도 활발히 하고 있다[13].

3.4. 우리나라의 연구동향

외국의 선진국들에 비해 우리나라의 3DTV 방송에 대한 연구의 시작은 상대적으로 늦었지만 연구기관, 대학, 그리고 산업체를 중심으로 우리나라도 활발한 연구 및 개발이 진행되고 있다. 우리나라의 3DTV 방송 기술에 대한 연구 결과 중에 대표적인 것으로는 2002년 FIFA 한/일 월드컵 입체방송 시범 서비스, 3D DMB 방송 시스템 개발, 무안경식 다시점 3DTV 기술 개발 등이 있다.

3.4.1. 2002년 FIFA 한/일 월드컵 입체방송 시범 서비스

2002년 한국과 일본에서 공동 개최된 월드컵 기간 동안 한국에서는 월드컵 경기를 3D로 중계하여 국내 외에 한국의 디지털 방송 기술력을 홍보하고, 3D 방송에 대한 인식을 널리 알리고자 2000년부터 한국전자통신연구원 (ETRI)을 중심으로 3D 영상을 획득하는 카메라부터 3D 영상 디스플레이까지 3DTV 방송 시스템의 전 단계에 대한 연구와 개발을 진행하여 성공적으로

입체방송 시범 서비스를 실시하였다. 이를 위해서 HD급의 스테레오 카메라, 3D 스테레오스코픽 영상을 전송하기 위한 다중화기/역다중화기, 현장중계를 위한 차량의 개발이 이루어졌다. 3DTV 방송을 위한 전송은 45 Mbps급의 ATM 광통신망과 무궁화 3호 통신위성을 통한 155 Mbps급 위성통신망을 통해 이루어졌으며, 이를 통해 side by side 포맷의 HD급 3D 영상을 전송하였고, 서울과 지방의 시연장에서 편광방식의 3D 디스플레이를 사용하여 시청할 수 있도록 하였다[11].

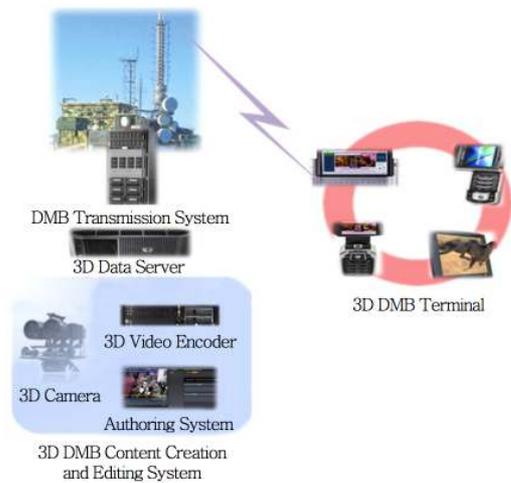


그림 3. 3D DMB 송, 수신 시스템

3.4.2. 3D DMB 방송 시스템

휴대폰이나 PMP (Portable Multimedia Player) 같은 새로운 모바일 기기들이 속속 등장하면서, 기존의 텔레비전은 집 안에서만 시청할 수 있다는 고정관념은 버려지고, 새로운 모바일 기기를 이용한 방송 서비스들이 출현하였다. 여기에는 우리나라의 DMB (Digital Media Broadcasting), 유럽의 DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld), 미국의 MediaFLO, 일본의 1seg 등이 있다[7]. 우리나라에서 연구, 개발되어 현재 방송 서비스가 실시되고 있는 DMB의 경우는 전송망에 따라 지상파를 이용한 T-DMB와 위성망을 이용한 위성 DMB가 있다. 3D DMB 방송 시스템은 T-DMB 방송 서비스와의 완벽한 호환성을 바탕으로 연구, 개발되었다[7].

3.4.3. 무안경식 다시점 3DTV 기술 개발

3DTV의 활성화에 가장 큰 방해요소로 지적되는 원인 중의 하나가 바로 3D 영상을 감상하기 위해서 안경을 써야한다는 점이었던 때문에, 우리나라의 한국전자통신연구원 (ETRI)을 중심으로 몇몇 연구소와 학교 등에서는 이를 해결하기 위한 무안경식 다시점 3DTV 기술 개발에도 많은 노력을 기울였다. 이를 통해 다시점 영상을 얻기 위한 카메라 기술과 압축 부호화하는 기술, 그리고 렌더링하여 3D 디스플레이에 보여주는 기술 등에 많은 발전이 있었고, 앞으로도 더 많은 연구와 노력이 계속될 예정이다.

IV. 3DTV 국내외 서비스 동향

4.1. 유럽의 서비스 동향

유럽에서는 일찍부터 3DTV 방송 서비스에 많은 관심을 기울여왔다. 흑백 텔레비전 시대에도 애너글리프 방식을 이용한 프로그램이 제작되었고, 1982년 독일과 오스트리아에서는 애너글리프 방식의 프로그램을 보기위한 애너글리프 안경이 1500만 개 이상 팔리기도 하였다. 또 1993년 BBC에서는 자사의 TV 시리즈 '닥터 후 (Doctor who)'의 특별한 에피소드를 풀프리티 효과를 이용한 농도차 방식의 프로그램으로 제작하여 방송하고, 프로그램을 3D로 볼 수 있도록 판매된 안경의 수익금을 어린이들을 위한 자선기금으로 기부하기도 하였다[10]. 최근 들어 가장 3DTV 방송 서비스에 관심이 많은 나라는 영국으로, SKY 방송국에서는 2010년 유럽 최초의 3DTV 채널을 BSkyB 위성 방송의 유료 서비스 형태로 만들어 2010년 영국 프리미어 리그 축구 경기를 3D로 방송한 것을 시작으로 3D로 제작된 다양한 영화, 스포츠, 오락 콘텐츠를 제공할 예정으로 있다. 또 BBC사에서도 2008년 6개국 켈커타컵 럭비 경기를 3D 방송으로 실시간 중계한 바 있으며, 지속적인 3D 방송 시범 서비스를 통하여 3DTV 방송 서비스에 대한 준비를 하고 있으며, 2012년 런던 올림픽을 3D로 방송한다는 계획을 발표하기도 하였다[6]. ITV사에서도 역시 조만간 독자적인 3DTV 상용 서비스를 선보일 예정으로 많은 준비를 하고 있다. 프랑스의 Canal+ France 방송국에서는 위성망을 통해 2010 12월부터 3D 방송

서비스를 시작할 예정이고, Orange사에서도 정식 서비스를 위한 시범 방송을 실시하고 있다. 독일의 Sky Deutschland 사에서는 3D 방송을 위한 시험 촬영을 한 바 있고, 포르투갈의 Zon Multimedia사는 2010년 정식 서비스를 시작할 예정이며, 스페인의 위성 방송사인 Canal+ Spain사와 Hispasat사에서도 정식 서비스를 위한 시험을 하고 있다[14]. 벨기에의 IPTV 사업자인 Belgacom에서는 2010년 5월 주필러 리그 축구 경기를 생중계 한 바 있고, 폴란드의 위성 방송사인 Cyfra+사는 2010년 서비스를 목표로 준비 중이며, Dialog사 역시 IPTV를 통한 3D 방송 서비스 시험을 시도하고 있다. 또한 핀란드의 케이블 방송사인 Welho 역시 서비스를 위한 시험을 하고 있으며, 유럽 전 지역을 대상으로 하는 위성 방송사인 Astra사에서는 2010년 5월부터 3D 전용 위성채널을 통해 다양한 3D 콘텐츠를 내보내기 시작하는 등 유럽 전 지역에서 본격적인 3D 방송 서비스를 시작하거나 준비 중에 있다.

4.2. 미국과 브라질의 서비스 동향

1950년대 '제 1차 헐리우드 입체 영화 붐'과 더불어 미국에서는 일반 가정에서도 3D 영상을 볼 수 있는 3DTV에 관한 시도가 행해졌다. 1953년 미국 ABC 방송국에서는 'Space patrol'이라는 자사의 TV 시리즈의 첫 번째 에피소드를 편광 방식의 입체 영상으로 제작하여 15분간 생방송 하였고, 3D Video Corporation사

에서는 1954 ~ 1955년에 멕시코에서 왼쪽과 오른쪽 영상을 프리즘을 통해서 분리하여 보여주는 방식으로 3D 시험 방송을 진행하기도 하였다[1]. 1980년에는 '제 1차 헐리우드 입체 영화 붐' 시절에 제작된 고전 입체 영화들을 케이블망을 통해서 애너글리프 방식으로 방송하는 최초의 상용 3DTV 방송 서비스가 실시되기도 하였다. 2000년대에 들어서도 케이블 방송사인 Fox Channel에서 'Ghost and crimes' 같은 TV 시리즈의 일부분을 애너글리프 방식으로 방송하기도 하였고, NBC 방송국에서도 2009년 2월 슈퍼볼 경기에 3D로 제작된 2편의 광고를 내보내기도 하였고, 자사의 TV 시리즈인 'Chuck'의 두 번째 시즌 첫 에피소드를 3D로 제작하여 방영하기도 하였다[1]. 최근에는 여러 방송사에서 본격적인 3DTV 방송 서비스의 시작을 계획하고 있다. 미국의 대표적인 스포츠 채널인 ESPN은 2010년 남아프리카공화국 월드컵 기간 동안 개막 경기를 비롯한 25경기를 3D로 생방송하기로 하고, 그 이후에도 다양한 스포츠 이벤트들을 3D로 방송하는 3D 전용 채널의 운용 계획을 발표하였고, 디스커버리 채널은 Sony, IMAX사와 합작회사를 만들어 고품질의 3D 다큐멘터리를 제작하여 방송하기로 하였다. 또한 미국의 대표적인 위성 방송사인 DirecTV사에서는 2010년 6월부터 3개 정도의 3D 전용 채널을 통하여 다양한 3D 콘텐츠 방송을 내보낼 계획을 밝힌바 있다[14].

브라질에서도 위성 방송사인 TV Globo사와 케이블

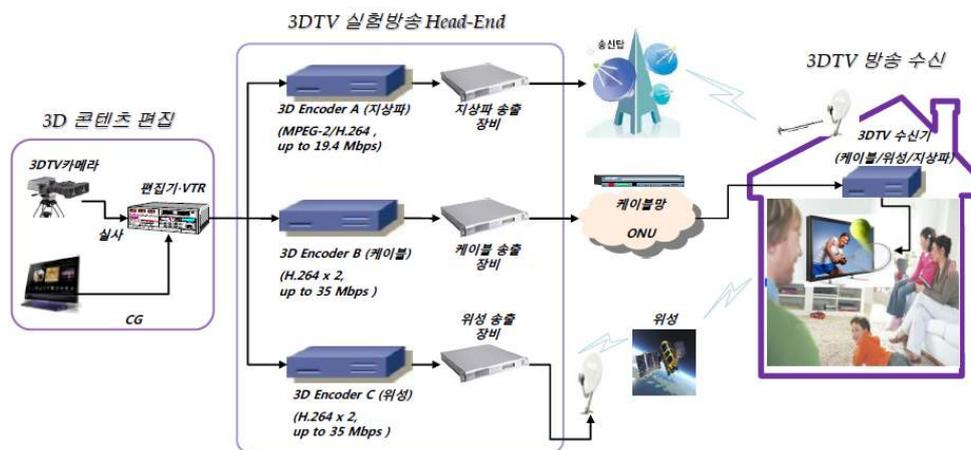


그림 4. 고화질 3DTV 실험방송 개념도

방송국인 NET Servicios에서 2010년 3D 방송 서비스 시작을 목표로 현재 실험을 계속하고 있다[14].

4.3. 일본의 서비스 동향

일본의 경우 일찍부터 3D 입체 방송 서비스에 대한 많은 관심을 기울여 왔으며, 1970년 TV 시리즈 '오즈의 마법사' 중 일부 에피소드를 애너글리프 방식으로 송출한 것을 시작으로 1998년 나가노 동계 올림픽 3D 시범 방송 서비스 등 몇 차례의 시범 방송 서비스를 선보인 뒤, 2007년 12월 말부터 BS11 위성 채널을 통하여 최초의 3D 정규 방송을 내보내기 시작하였다. 또한 2012년 런던 올림픽도 3D 방송 중계를 계획하고 있고, Sky Perfect사에서는 위성을 통한 3DTV 방송 서비스를 2010년 여름에 선보일 예정이고, Jcom사에서는 케이블 방송을 통하여 2010년 4월부터 3D 방송 서비스를 시작하는 등 3DTV 방송 서비스에 많은 노력을 기울이고 있다[14].

4.4. 우리나라의 서비스 동향

우리나라에서는 1993년 SBS 방송국에서 '빛돌이 우주 2만리'라는 애니메이션을 애너글리프 방식으로 제작하여 방송한 바 있고, 2002년 한/일 월드컵의 3D 방송 시범 서비스를 통하여 3D 방송에 대한 인식을 널리 알린 바 있지만, 본격적인 3D 방송 서비스에 대한 노력은 최근에 들어서야 시작되었다. 위성 방송사인 skylife사는 2009년 10월부터 3D 시험 방송 서비스에 들어간데 이어 2010년 1월부터 3D 전용채널인 'sky3D' 정식방송 서비스에 들어갔다. 케이블 방송 쪽에서는 CJ헬로비전사에서 2009년 10월부터 서울 목동 및 부산 해운대를 중심으로 300 여 가구를 선정하여 3D VOD (Video On Demand)를 통한 시범 서비스에 들어갔으며, 2012년까지 1000 가구 이상에 VOD 기반의 고화질 3DTV 시범 서비스를 확대하여 실시할 예정에 있다 [15]. 또한 IPTV 업계에서도 3D VOD 서비스를 중심으로 한 시범 서비스를 2010년 안에 시행할 계획 중에 있으며, 모바일 방송 서비스인 3D DMB의 경우 2007년부터 방송 표준화 작업이 진행 중이고, 위성 DMB 사업자인 TU 미디어에서는 자체 3D 표준을 제정하여 빠르면 2010년부터 위성 DMB 망을 통한 3D 콘텐츠 방송을 준비 중에 있다. 지상파 방송의 경우 공공재적인 전

파의 성격이나 대역폭의 확대로 인하여 3DTV 방송 서비스에 대한 여러 어려움 때문에 그동안 많은 노력을 기울이지 못했으나, 3D 영상에 대한 많은 관심과 더불어 국내 3D 방송 조기 활성화 및 세계시장의 3DTV 시장을 선점하기 위한 목표로 2010년을 목표로 세계 최초의 HD급 지상파 3DTV 실험방송을 준비 중에 있으며, 이에 앞서, KBS와 SBS 방송국에서는 2010년 프레 대구 육상대회와 남아프리카공화국 월드컵 경기를 3D로 시범 방송하기로 결정하고 2010년 5월 19일부터 side by side 방식의 3D 방송신호를 송출 중에 있다.

V. 결 론

앞에서 살펴본 것처럼, 기존의 2D 방송과는 달리 3DTV 방송을 위해서는 방송 시스템의 각 요소 별로 많은 방송 기술의 변화가 필요하고, 이를 위해 많은 연구와 노력이 계속되고 있다. 또한 3D 입체 영화에서 시작된 3D에 대한 관심은 이를 집 안에서도 볼 수 있기를 바라는 기대로 이어지고 있고, 이와 같이하여 전세계의 많은 방송국들이 3DTV 방송 서비스를 이미 실시 중이거나 시작을 준비 중에 있다. 우리나라에서도 3DTV를 위한 방송 기술 연구에 많은 힘을 쏟고 있으며, 3DTV 방송 서비스를 위해서도 어느 나라보다 더 열심히 준비 중에 있다.

참고문헌

- [1] 베니김, '입체영화 산업론', MJ 미디어, 2009.
- [2] 박영수, 허남호, '3D-TV 방송용 콘텐츠 제작 및 편집 기술 동향', KBS 해외방송정보, 2010년 2월호, 2010.
- [3] Jean G. Poulot / 이섬민, '3D 포토에 대해 알고 싶은 모든 것들', 다빈치, 2005.
- [4] B. Mendiburu, '3D Movie Making', Elsevier, 2009.
- [5] 2009년 3D 시네마 국제 워크샵 발표 자료 (<http://dcinema.kofic.or.kr>), 2009.
- [6] 윤국진, 이봉호, 이광순, 이현, 정광희, 허남호, 김진웅, '3DTV 방송기술 표준화 및 서비스 현황', 전자통신동향분석 제 24권 5호, 2009.

- [7] 이봉호, 엄기문, 이현, 허남호, 김진웅, '3DTV 방송 기술 동향', 방송공학회지 제 13권 1호, 2008.
- [8] 박경세, '입체 TV 방송 기술', 커뮤니케이션북스, 2004.
- [9] 이승현, '패럴랙스 배리어와 렌티큘러 스크린을 이용한 3D 디스플레이', 인포메이션 디스플레이, 2009년 제10권 3호, 2009.
- [10] S. Jolly, M. Armstrong, R. Salmon, 'The Challenge of Three-Dimensional Television', BBC Reseach White Paper WHP 173, 2009.
- [11] 김육중, 김진웅, '국내에서의 3DTV 관련 기술 개발 역사 및 현재 동향 분석', 방송공학회지 제 12 권 4호, 2 ~ 63, 2007.
- [12] 정광희, 윤국진, 이봉호, 허남호, '유럽 3D 기술동향', 전자통신동향분석 제25권 1호, 2010.
- [13] 신흥창, 정광희, 정원식, 허남호, 이수인, '3DTV 방송기술 개발 및 산업화 동향', TTA Journal 127, 2010
- [14] '03-5. 주간 심층 이슈 : 3DTV 집중 분석', 한국콘텐츠진흥원, 2010.
- [15] 방송통신위원회, '차세대방송 정책방향', 실감미디어워크샵, 2009.

저자소개

박 영 수 (Youngsoo Park)



2005년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부 학사
 2005년 8월 ~ : 과학기술연합대학원대학교 (UST) 석, 박사 통합과정

※관심분야 : 3DTV

허 남 호 (Namho Hur)



1988 ~ 1992년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 학사
 1992 ~ 1994년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 석사

1994 ~ 2000년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 박사
 2000 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 실감방송시스템연구팀장

2003 ~ 2004년 : 캐나다 CRC 방문 연구원
 과학기술연합대학원대학교 (UST) 겸임교수
 실감미디어산업협회 이사

※관심분야 : 3D DMB, 3DTV, 제어 및 전력전자