

초고선명 방송을 위한 오디오 포맷 및 부호화 기법

Audio Signal Format and Coding Method for Ultra High Definition Television (UHDTV)

서 정 일*, 강 경 옥*
(Jeongil Seo*, Kyeongok Kang*)

*한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부
(접수일자: 2009년 8월 21일; 채택일자: 2009년 9월 15일)

본 논문에서는 초고선명 방송 (UHDTV)에서의 고품질 실감 오디오를 재현하기 위한 오디오 신호규격 및 멀티채널 오디오 재생시스템 형상, 멀티채널 오디오 부호화 기법에 대한 기술개발 동향, 표준화 현황, 문제점에 대해서 살펴보고 국내외 방송 및 통신 환경에 적절한 해결 방안을 제시한다.

핵심용어: 초고선명 방송, 멀티채널 오디오 포맷, 멀티채널 오디오 부호화

투고분야: 뉴미디어 분야 (13.3)

In this paper, we describe technical trends, standard activities, and upcoming issues relating on UHDTV audio, which requires high quality realistic sound. We also propose a proper solution to it for domestic broadcasting and telecommunication environments.

Keywords: UHDTV, Multichannel Audio Format, Multichannel Audio Coding

ASK subject classification: New Media (13.3)

I. 서론

21세기가 시작됨에 따라 컬러TV로 대표되던 아날로그 방송이 디지털 방송으로 급속하게 진화하고 있으며, 특히 국내에서는 아날로그 방송 송출이 다가오는 2011년에 종료할 예정이므로 비아호로 디지털 방송의 시대가 활짝 열렸다고 할 수 있다. 현재 디지털 TV 방송 규격에서 제공되는 비디오와 오디오는 HDTV (High Definition Television)란 용어로 요약할 수 있으며 이는 1280×720 크기를 가지는 고해상도 비디오와 5.1채널 서라운드 오디오로 대표된다. 이러한 HDTV는 40~50인치 정도의 화면 크기에서는 시청자들에게 만족스러운 품질을 제공할 수 있지만, LCD TV 및 PDP TV가 점차 대형화됨에 따라 HDTV가 가지는 품질만으로는 100인치 이상의 대형화면에서는 시청자에게 만족스러운 비디오를 제공하기 어려울 것으로 예상되고 있고, 궁극의 입장감과 몰입감을 제공하기 위해서는 5.1채널 서라운드 오디오 재생시스템의 성능이 부족하다는 문제점이 제시됨에 따라 1990년대 후반부터 일본에서

는 초고선명 방송 (Ultra High Definition Television; UHDTV) 기술이 개발되고 있다 [1].

일본의 NHK를 중심으로 개발되고 있는 UHDTV는 HDTV 비디오 해상도의 8배와 16배의 해상도를 제공하는 4 K (3840×2160)와 8 K (7680×4320) 초고해상도 비디오와 그림 1과 같이 세 개의 계층으로 구성되는 22.2 채널 오디오 재생 시스템 [2]을 이용하여 시청자에게 HDTV보다 더욱 선명하고 깨끗한 화질과 실감있는 음향을 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

4 K 또는 8 K와 같은 초고해상도 비디오에 부합하는 실감있는 음향을 제공하기 위해서는 HDTV와 DVD (Digital Versatile Disc)에서 이용하고 있는 5.1채널 오디오 재생

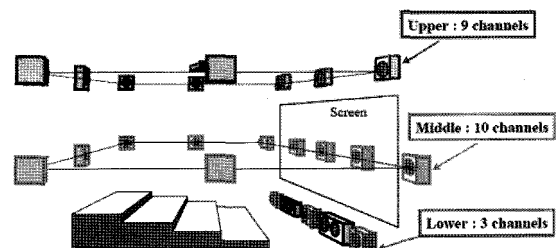


그림 1. NHK의 UHDTV를 위한 22.2채널 오디오 재생 시스템
Fig. 1. NHK 22.2 channel audio rendering system for UHDTV.

시스템이 가지고 있는 5.1채널 평면 라우드스피커 배열을 이용하여 청취자를 둘러싸는 2차원 서라운드 음향만을 제공하는 한계점을 극복할 수 있는 오디오 재생 시스템을 설계하여야 한다. NHK는 22개의 full range 라우드스피커와 2개의 서브우퍼를 3개의 계층을 가지는 3차원으로 배열하여 음의 고저감과 현장감을 제공할 수 있지만 이용되는 라우드스피커 채널 수가 가정에 적용하기에는 너무 많아서 적용 가능성에 의문점이 제기되고 있다.

UHDTV가 목표로 하는 음질을 제공하기 위하여 오디오 신호의 해상도를 증대시키고, 출력 채널의 수도 5.1채널에서 22.2채널 등으로 증가하게 되면 UHDTV를 위한 오디오 신호는 기존의 HDTV에 비해 상당한 데이터량을 가지게 된다. 따라서 이러한 대용량의 멀티채널 오디오 신호를 효과적으로 압축하기 위한 부호화 기술에 대한 연구도 진행되고 있으며, Blu-Ray에 적용된 Dolby Digital Plus [3]와 DTS HD [4]가 이러한 오디오 부호화 기술의 개발 방향과 부합한다고 볼 수 있다. 또한, UHDTV 서비스가 기존의 HDTV 서비스를 수용하면서 진화한다고 가정하면 기존 HDTV 재생기와의 호환성(backward compatibility)도 고려하여 할 중요한 파라미터이다.

본 논문에서는 UHDTV를 위한 오디오 신호규격에 대해 2장에서 살펴보고, 3장에서는 멀티채널 오디오 재생 시스템의 개발동향 및 표준화 현황에 대해 살펴본다. 4장에서는 멀티채널 오디오 신호를 압축하기 위한 멀티채널 오디오 부호화 기술들에 대해 알아보고, 5장에서는 UHDTV를 위한 고품질 멀티채널 오디오 부호화 구조를 제안한다.

II. UHDTV 오디오 신호규격

16비트 해상도와 44.1 kHz 표본화 주파수 (sampling frequency)를 제공하는 CD (Compact Disc)는 고품질 스테레오 음향을 제공하는 디지털 오디오 신호의 표준규격으로 사용되었다. HDTV와 DVD의 등장으로 인해 채널 수만 2채널 스테레오에서 5.1채널로 증가하였으며, 비디

오와의 동기 및 신호처리의 용이성으로 인해 48 kHz 표본화 주파수가 방송용으로 추가되어 사용되고 있다. 2004년에 표준이 완성된 Blu-ray에서는 고품질 멀티채널 음향을 위하여 출력 채널 수를 7.1채널까지 증가시켰으며 양자화 비트 수를 24비트까지 표본화 주파수를 96 kHz까지 지원하도록 하였다. 표 1은 광학 디지털 저장장치와 디지털 방송에서의 오디오 신호 규격을 요약하여 정리한 것이다.

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)에서 표준화 된 UHDTV를 위한 오디오 신호 규격 [5]은 NHK에서 개발한 22.2채널 오디오 재생시스템이 그대로 반영된 것이며, 현재까지 표준화된 멀티채널 오디오 재생시스템 중에서는 가장 높은 해상도와 가장 많은 출력채널 수를 가지는 포맷이다. 상기 표준에서는 48 kHz 표본화 주파수를 기본으로 하면서 96 kHz 표본화 주파수를 선택적으로 사용할 수 있으며, 오디오 신호에 대한 양자화 비트수는 16, 20, 24 비트를 사용할 수 있다. 또한 전대역 (full bandwidth)을 가지는 24채널 오디오 출력 채널을 사용하도록 정의해 두었으며 각 채널의 위치 또한 그림 1과 같은 3개의 계층으로 정의하고 있다.

HDTV의 신호규격에 대한 표준화를 NHK가 주도한 선례를 볼 때 UHDTV에 대한 신호규격도 NHK가 주도할 것으로 예상하고 있으나 출력 채널수에 대해서는 22.2채널이 과도하다는 의견이 제기되고 있으므로 향후 변경될 가능성이 있으며, 이에 대한 논의가 ITU-R SG6를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 이에 대한 검토는 3장에서 자세히 살펴보기로 한다.

최근 들어 국내에서도 UHDTV를 도입하기 위한 기술적 검토가 대기업과 연구소를 중심으로 이루어지고 있으며, UHDTV 송수신 시스템을 표준화 하는데 앞서서 UHDTV를 위한 비디오 및 오디오 신호규격에 대한 표준화 논의가 관련 포럼을 통해 진행되고 있다. 국내 표준화 진행상황을 고려해 볼 때 양자화 비트 수와 표본화 주파수는 SMPTE 규격을 따를 것으로 예상되지만 출력 채널수와 각 라우드스피커의 위치에 대해서는 쉽게 결론을 내리기 어려울 것으로 예상된다.

표 1. CD, DVD, HDTV, Blu-ray의 오디오 신호 규격
Table 1. Audio signal format for CD, DVD, HDTV and Blu-ray.

	CD	DVD	HDTV	Blu-ray
양자화 비트 수	16	16	16	16, 20, 24
표본화 주파수 [kHz]	44.1	44.1, 48	48	44.1, 48, 96
오디오 채널 수	2	2, 5.1	2, 5.1	2, 5.1, 6.1, 7.1

III. UHDTV를 위한 멀티채널 오디오 재생 시스템

20세기를 주도하던 스테레오 오디오 재생시스템이 DVD와 HDTV를 필두로 5.1채널로 진화함에 따라 청취자들은 전방뿐만 아니라 측방 및 후방에서 전달되는 서라운드 음향을 즐길 수 있게 되었다. 그러나 수평면상에 배치된 5개의 라우드스피커를 이용하는 5.1채널 오디오 재생시스템이 제공할 수 있는 음장감은 한계가 있었으므로 청취자들은 스테레오 음향에 비해 후방에서의 분위기음(ambience) 만을 느낄 수 있을 뿐 실제와 같은 현장감을 제공하는데 한계가 있다는 것을 느끼게 되었고, 설치를 위한 번거로움에 인하여 HDTV 디스플레이에 비해서는 폭발적인 보급은 이루어지지 못한 것이 현실이다. 또한 음악감상 수단이 휴대용 MP3 (MPEG-1 Layer III) 플레이어 통해서 대부분 이루어지고 있으므로 라우드스피커를 통한 고품질 음악감상 환경에 대한 필요성이 부각되지 못하고 있는 것도 현실이다. 그러나 100인치 이상의 UHDTV가 보급된다면 UHDTV 비디오가 제공하는 고품질에 스테레오나 5.1채널로 제공되는 2차원 음향은 부적절함을 느낄 것이며, 이를 설치에 용이한 구조를 가지면서도 3차원 실감음향을 제공할 수 있는 멀티채널 오디오 재생 시스템의 필요성이 부각될 것으로 예상된다.

궁극의 현장감을 제공하는 3차원 멀티채널 오디오 재생시스템에 대한 연구는 1970년대 후반부터 연구되기 시작했으며, 최근 들어 5.1채널 오디오 재생 시스템 [6]을 표

준화한 ITU-R에서는 UHDTV 및 Digital Cinema와 같은 대화면 디지털 디스플레이 (Large Screen Digital Imaginary, LSDI)를 위한 멀티채널 재생시스템에 대한 표준화를 진행 중이다 [7]. 본 장에서는 ITU-R에서 논의되고 있는 멀티채널 재생시스템에 대한 개요와 장단점을 분석하고자 한다.

3.1. 5.1 채널 오디오 재생시스템

ITU-R BS.775-2는 1992년 표준화 되었고 HDTV, DVD, DVD Audio, SACD (Super Audio CD) 등 대부분의 동영상 및 오디오 어플리케이션에서 5.1 채널 오디오 재생시스템이 이를 적용하고 있다. 그림 2는 ITU-R에서 정의하고 있는 라우드스피커 배치구조를 나타낸다. 표준 스테레오 라우드스피커 (L, R) 배치에 전방에 라우드스피커 (C)를 추가함으로써 보컬 신호나 영화에서의 대사 신호를 효과적으로 재생하도록 하고, 후방 라우드스피커들 (Ls, Rs)을 이용하여 후방 신호나 배경음을 재현할 수 있도록 하였다. 단, 후방 라우드스피커들의 위치는 100도에서 120도 사이에 자유롭게 배치할 수 있도록 하였으므로 실제 가정환경에서 후방 라우드스피커를 배치함에 있어서 어느 정도의 유격을 준 것이 특징이다. 또한 저주파수 (100 Hz 미만) 효과음을 위한 서브우퍼 채널을 추가하였으며, 서브우퍼 채널 신호는 음원의 위치를 청취자가 판단하기 어려우므로 서브우퍼 채널의 위치는 정의하지 않았다.

5.1 채널 오디오 재생시스템은 풍부한 전방 음향장면과 후방 배경음을 효과적으로 표현할 수 있다는 장점이 있지만 측후방에 제한적으로 배치된 라우드스피커 개수로 인하여 가상음원을 측후방에 위치시키기 곤란하다는 단점이 있다. 특히 측방신호의 경우 청취자의 양귀의 연장선상에 라우드스피커가 위치하지 않기 때문에 청취자 정면을 기준으로 90도와 270도 부근에 가상음원을 위치시킬 경우 청취자가 제대로 위치를 판단할 수 없다는 문제점이 있다. 또한 수평면상에만 라우드스피커가 위치하기 때문에 음의 고저감을 표현할 수 없으므로 3차원 음장을 재현하는데는 부적절하다고 할 수 있다.

3.2. 5.1 채널 이상의 멀티채널 오디오 재생시스템의 요구사항

5.1 채널 이상의 채널수를 가지는 멀티채널 오디오 재생시스템을 개발함에 있어서 고려되어야 할 요구사항을 ITU-R BS. [MCS1]에서는 아래와 같이 정의하고 있다.

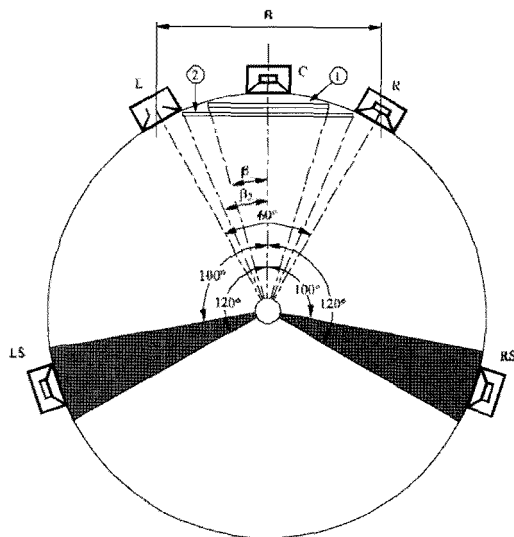


그림 2. ITU-R BS.775-2 표준 라우드스피커 배치
Fig. 2. Reference loudspeaker arrangement of ITU-R BS. 775-2.

- ✓ 전방에 위치하는 대화면 디스플레이에서 제공하는 영상이미지와 음향이미지와의 동기를 위하여 전방 음향이미지는 높은 공간해상도를 가지면서도 안정적으로 제공되어야 한다.
- ✓ 고저감 (elevation)을 포함하여 청취자를 둘러싸는 모든 방향에 대해서 음향 이미지를 재현할 수 있어야 한다.
- ✓ 실제감과 입장감을 제공하는데 필요한 3차원 음향 감이 5.1 채널에 비하여 두드러지게 (significantly) 향상되어야 한다.
- ✓ 5.1 채널에 비하여 넓은 청취공간 (sweet spot)에서 적절한 음질을 제공할 수 있어야 한다.
- ✓ 5.1 채널 오디오 재생시스템과 호환성을 제공하여야 한다.
- ✓ 실시간 녹음 (live recording), 믹싱, 전송이 가능한 구조를 가져야 한다.

상기와 같은 요구사항을 만족할 수 있는 멀티채널 오디오 재생시스템 기술을 ITU-R에서 검토하여 현재 아래와 같은 기술들이 현재 작업 중인 표준에 반영되어 있다.

- ✓ NHK 22.2 채널 오디오 재생시스템
- ✓ THM Labs 10.2 채널 오디오 재생시스템
- ✓ Frounhofer WFS (Wave Field Synthesis) 오디오 재생시스템
- ✓ 가정에서 광학 저장미디어 장치를 이용한 멀티채널 오디오 재생시스템 (DVD audio, SACD, Blu-ray)

3.3. NHK 22.2 채널 오디오 재생시스템

NHK에서 개발된 22.2 채널 오디오 재생시스템의 전체 구성은 그림 3과 같으며, top, middle, low 계층별로 분리

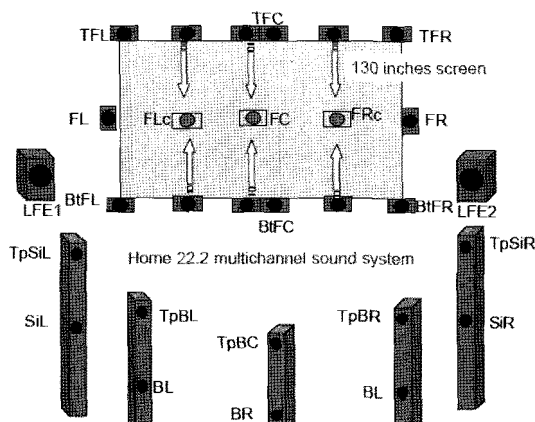


그림 3. 가정용 NHK 22.2 채널 오디오 재생시스템
Fig. 3. Home NHK 22.2 channel audio system.

하여 top 레벨에는 9개, middle 레벨에는 10개, low 레벨에는 5개의 라우드스피커를 배치하였고, 서브우퍼 효과를 강화하기 위하여 2개의 서브우퍼 채널을 사용한다. 5.1채널 재생시스템을 비롯한 기존의 라우드스피커 배열들이 청취자를 중심에 두고 청취자와 라우드스피커와의 거리를 동일하게 두기 위하여 원형으로 배치하는 것에 비하여 일반 가정 및 극장환경을 고려하여 청취공간을 사각형으로 둔 것이 특징이다. NHK는 22.2 채널의 라우드스피커를 실제 가정에 설치하는 불편함을 해소하기 위하여 그림 3과 같이 전방 라우드스피커들은 대화면 디스플레이 주변에 위치시키고 측후방 라우드스피커들은 볼보이 형태의 라우드스피커에 여러 채널들을 함께 배치하는 구조를 제시하고 있다.

3.4. TMH 10.2 채널 오디오 재생시스템

THX (Tomlinson Holman's eXperiment)로 유명한 TMH Labs의 T. Holman에 의해 개발된 10.2 채널 오디오 재생시스템은 실제로는 12개의 전대역 라우드스피커와 양쪽에 배치되는 두 개의 LFE (Low Frequency Effect) 채널로 구성되므로 물리적인 라우드스피커 채널수로 정의하면 12.2 채널이라 할 수 있다. 10.2는 5.1보다 두 배로 성능이 우수하다는 의미의 브랜드 네임으로 사용하고 있다. 그림 4와 같은 TMH 10.2 채널 오디오 재생시스템은 다음과 같이 4개의 모듈로 구분할 수 있다.

- ✓ 5개의 전방 라우드스피커 채널: left wide, left, center, right, right wide
- ✓ 5개의 서라운드 라우드스피커 채널: left surround diffuse, left surround direct, back surround, right surround diffuse, right surround direct
- ✓ 2개의 LFE 채널: LFE left, LFE right
- ✓ 2개의 상향 채널: left height, right height

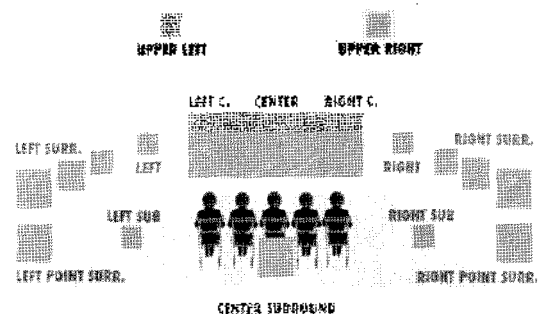


그림 4. TMH 10.2 채널 오디오 재생시스템
Fig. 4. TMH 10.2 channel audio system.

10.2 채널 오디오 재생시스템은 각각 5개의 전방채널과 후방채널을 이용하여 청취자를 중심으로 360도 평면상의 임의의 위치에 가상음원을 재현할 수 있는 장점을 가지며, 두 개의 상향채널을 이용하여 음의 고저감을 일부 표현할 수 있다는 특징을 가진다. T. Holman의 영향력과 미국에 의해 지배되고 있는 영화산업의 구조를 고려한다면, 10.2 채널 오디오 시스템이 영화 음향 제작 및 보급에 먼저 적용될 가능성이 높으며 점진적으로 가정용까지 확산될 가능성도 있다. 그러나 10개의 라우드스피커를 수평면에 배치시켜야 하므로 가정에 설치하기 위한 불편함은 NHK 22.2 채널과 같은 수준이라 할 수 있다.

3.5. Frounhofer WFS 오디오 시스템

WFS는 1989년 네델란드의 TU Delft 대학에서 개발된 라우드스피커 어레이를 이용한 오디오 재생시스템이며, 1990년대 후반에 수행된 CARROUSO란 EU 프로젝트를 통해 녹음부터 재생까지의 전체 과정이 개발되었다. WFS는 그림 5와 같이 객체지향(object oriented) 음향 재현기술로서 재현하고자 하는 객체가 생성하는 파면(wave front)을 라우드스피커 어레이를 이용하여 모사하는 기술이다 [8]. 따라서, 섬세한 파면을 모사하기 위해서는 작은 크기의 라우드스피커들을 등간격으로 배치한 라우드스피커 어레이를 구성해야만 하며 청취자를 둘러싸는 파면을 구성하기 위해서는 100개 이상의 라우드스피커 채널을 사용해야 한다는 구조적인 문제점을 가지고 있으나, 재현하는 음장의 최적청취범위(sweet spot)이 대단히 넓고 가상음원을 라우드스피커 어레이 내부에서도 위치시킬 수 있으므로 일반적인 오디오 재생시스템이 표현하기 어려운 음의 깊이감까지 재현할 수 있다는 장점이

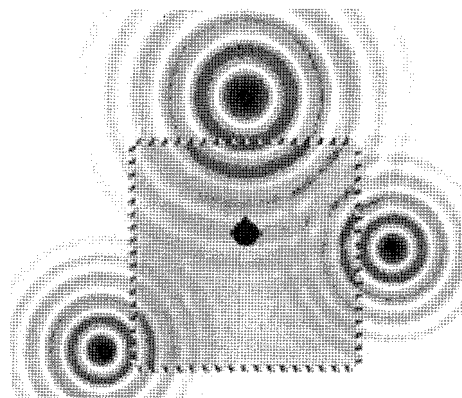


그림 5. WFS 오디오 재생시스템을 이용한 가상음원 파면 재현
Fig. 5. Virtual wave front representation using WFS audio system.

있다.

독일의 Frounhofer 연구소는 이러한 WFS 기술을 극장용 음향 시스템에 적용하기 위한 기술을 개발하여 ICSONO란 브랜드명으로 상용화를 진행 중이다. 그러나 WFS의 성능을 100% 발휘하기 위해서는 100 채널 이상의 라우드스피커가 필요하므로 가정용 음향 시스템으로 부적절하고, WFS 시스템이 원천적으로 오디오 객체신호를 필요로 하므로 멀티채널 음향 편집시스템에 진입하는데 큰 장벽을 가지고 있다는 단점이 있다.

3.6. Blu-ray 7.1 채널 오디오 재생시스템

차세대 광학저장 미디어로 사실상의 표준으로 자리잡고 있는 Blu-ray에서는 7.1채널 오디오 재생시스템을 지원한다. 7.1 채널은 5.1 채널을 기본으로 하면서 2개의 채널을 제작자가 원하는 위치에 배치할 수 있도록 자유도를 준 방법이며, 그림 6과 같이 다양한 방법으로 배치할 수 있다. 특히 상위 계층(Top layer)에도 라우드스피커를 위치할 수 있게 함으로써 음의 고저감까지 제공할 수 있다. 그러나 대부분 청취자의 측면에 라우드스피커들을 추가함으로써 청취자를 둘러싸는 360도 평면에 가상음원을 정밀하게 위치시키는데 이용되고 있다.

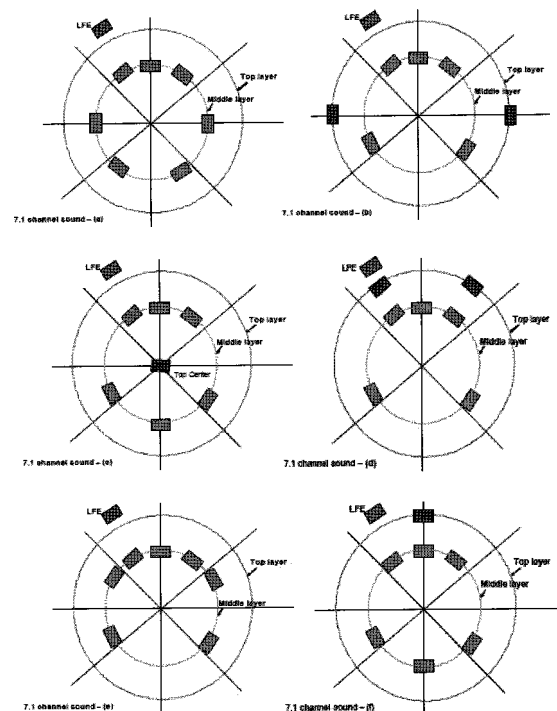


그림 6. 7.1 채널 라우드스피커 배치방법의 예
Fig. 6. Examples of 7.1 channel loudspeaker arrangement.

IV. 멀티채널 오디오 부호화 기술

5.1 채널 오디오 재생시스템의 개발과 더불어 5.1 채널 오디오 신호를 압축하여 저장하거나 전송하기 위한 기술들은 1990년대 중반부터 MPEG과 같은 국제표준단체와 Dolby, DTS 등과 같은 업체를 중심으로 개발되었다. 또한 Blu-ray나 HD-DVD와 같은 차세대 광학 저장장치의 등장으로 인해 오디오 재생시스템이 5.1 채널을 6.1 또는 7.1 채널로 확대되면서, 기존의 5.1 채널 디코더와 호환성을 유지하면서 7.1 채널 오디오 신호를 효과적으로 압축하기 위한 기술들이 개발되었다. 최근에는 공간 오디오 부호화 기술 (Spatial Audio Coding)을 이용하여 멀티채널 오디오 신호를 다운믹스 신호와 공간파라미터로 고압축하는 기술이 개발되어 MPEG에서 MPEG Surround [9]란 이름으로 표준화 되었다.

4.1. 시각 오디오 부호화 기법에 기초한 고전적 멀티채널 오디오 부호화 기술

사람이 음향학적 자극 (acoustic stimuli)에 대한 인지특성을 통계적으로 분석한 심리음향모델 (Psychoacoustic Model)을 이용하여 주파수 대역별로 분리된 오디오 신호를 최소의 데이터량으로 압축하는 시각 오디오 부호화 기술 (Perceptual Audio Coding)은 오디오 압축 기술의 근간으로 이용되고 있다 [10]. 또한 대부분의 오디오 콘텐츠가 한정되지만 전방 음향 스테이지를 제공할 수 있는 스테레오 채널로 구성되기 때문에 스테레오 신호를 효율적으로 압축하기 위한 MS (Mid-Side) 기법 및 Intensity Stereo 기법이 고안되었으며, 이러한 기술들은 MP3등에서 사용되고 있다 [10]. 그러나 1990년대 초반부터 멀티채널 오디오에 대한 압축기술을 개발하는 데 있어서 기존의 스테레오 디코더와 호환성을 제공하는 것이 더 큰 목적이 있었으므로 멀티채널 오디오 신호가 가지는 공간적인 특징을 활용하기 보다는 멀티채널 오디오 신호들 가운데 유사한 특징을 가지는 채널들을 두 개씩 묶어서 개별적인 스테레오 코덱으로 처리하는 방법이 주종을 이루었다. 이러한 대표적인 기술로는 MPEG에서 표준화된 MPEG-2 BC (Backward Compatible), MPEG-2/4 AAC (Advanced Audio Coding), Dolby사의 AC-3 (Audio Coding 3, Dolby Digital이라고도 불림), DTS사의 DTS (Digital Theater System)가 있다. 사실상 이러한 기술들은 멀티채널 오디오를 위한 기술이라기 보다는 스테레오 코덱이 멀티채널로 확장된 것이라고 평가할 수 있다. 물론 MPEG-2 BC의

Dynamic Crosstalk, AAC의 Coupling Channel, AC-3의 Channel Coupling과 같이 5.1 채널을 구성하는 일부 채널을 다른 채널로 대치하여 표현하는 기술이 포함되긴 하였지만 인코더 구현의 어려움과 음질저하등과 같은 여러 가지 문제점으로 인하여 제한적으로 사용되고 있다.

4.2. Dolby Digital Plus 와 DTS HD

Blu-ray에 7.1 채널 오디오 신호를 압축하는 기술로 채택된 Dolby Digital Plus는 5.1 채널에 기반하는 기존의 Dolby Digital과 호환성을 제공하면서 7.1 채널까지 확장한 기술이다. 사실 Dolby Digital은 원래 채널 확장 방식에 구애받지 않을 수 있도록 설계되었기 때문에, 추가적인 멀티채널 코덱의 개발 결과를 수용할 수 있었다. 그림 7은 기존의 5.1 채널 Dolby Digital 디코더와 호환성을 유지하면서 7.1 채널 오디오 신호를 압축하는 Dolby Digital Plus 인코더의 처리과정을 나타낸 블록도이다. 5.1 채널과 비교하여 7.1 채널 오디오 신호의 채널 위치가 전방 채널들은 동일하지만 측후방 채널 신호들은 달라지므로 5.1 채널과 완벽한 호환성을 제공하기 위하여 5.1 채널로 다운믹스 한 신호와 7.1 채널을 구성하는 측후방 채널 신호들로 분리하여 부호화하고 측후방 채널 신호들은 Dolby Digital 비트스트림의 extension packet에 다중화하여 저장 또는 전송하게 하였다. 따라서 9.1 채널을 부호화한 결과를 가지게 되므로 2채널 신호를 위한 잉여 대역폭을 가진다는 단점이 있다. 이는 사용되는 대역폭이나 압축된 데이터량 보다는 재현되는 음질을 중요하게 고려한 결과라 예측된다.

Blu-ray에서 선택적으로 사용할 수 있는 DTS HD는 무손실 멀티채널 오디오 부호화기로 기존 DTS core, DTS ES, DTS 96/24 plus 부호화기와 상호 호환이 가능하도록 하기 위해서 DTS core 구조에 무손실 부호화된 부가데이터 정보들을 확장된 구조에 저장하는 구조를 가진다. DTS-HD의 코어 구조는 기존 DTS 코어와 마찬가지로 기

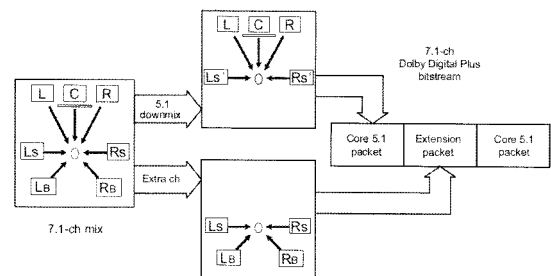


그림 7. Dolby Digital Plus 7.1 채널 인코더 블록도
Fig. 7. Block diagram of Dolby Digital Plus 7.1 channel encoder.

표 2. Blu-ray에 적용되는 DTS HD 구조 및 특성
Table 2. Structure and characteristics of DTS HD for Blu-ray.

Name	Codec Type	Max Channels	Max Bitrate (Mbps)
DTS HD Master	DTS core + HD Bit-for-bit extensions	8	24.5
DTS HD High Resolution	DTS core + HD extensions	8	6.0
DTS 96/24	DTS core + 96/24 extensions	5.1	1.509
DTS ES	DTS core + ES extension	6.1	1.509
DTS	DTS core	5.1	1.509

본적으로 5.1채널, 44.1 kHz 혹은 48 kHz 샘플링 레이트를 갖는 신호만을 지원한다. 그러므로, DTS-HD 부호화기로 부호화된 비트스트림이라도 다른 복호화기 (DTS core 및 DTS ES 등)로 복호화 될 경우 코어 단에서 부호화된 것만을 복호화하면 되므로 문제가 없다. 따라서 DTS-HD의 확장된 구조에는 주로 5.1채널 이상으로 추가되는 채널, 48kHz 보다 높은 샘플링레이트를 갖는 데이터, 무손실 부호화된 정보들이 저장된다. 표 2는 blu-ray에 사용되는 DTS HD의 다양한 조합에 대한 특성을 요약한 것이다.

사실상 부호화기의 성능만을 두고 평가한다면 DTS가 Dolby Digital이나 AAC에 비해 우수하지는 않지만, DTS 부호화기가 대역폭 (bitrate)을 Dolby Digital에 비해 훨씬 여유있게 사용하고 있으므로 재현되는 음질은 Dolby Digital 보다 우수하다. 이러한 결과는 DTS가 코덱을 개발함에 있어서 설계부터 고압축율을 목표로 한 것이 아니라 고품질의 멀티채널 오디오 신호를 적절한 복잡도로 압축하는데 집중한 결과이며, DVD나 Blu-ray 등과 같은 광학 미디어에 저장하여 배포하는 어플리케이션에서는 저장용량이 부족하면 두 장의 디스크에 저장하면 되므로 큰 문제가 되지 않았다. 그러나 방송과 같은 환경에서는 제한된 대역폭내에 다양한 서비스를 제공하기 위해서 오디오 신호 자체의 압축율이 더욱 중요한 문제이므로 DTS가 방송용으로는 적용되고 있지 않다.

V. UHD TV를 위한 고품질 멀티채널 오디오 코덱에 대한 고찰

5.1. NHK 22.2 채널 오디오 코덱시스템

NHK는 실시간 SHV (Super Hi-Vision, UHD TV의 다른 명칭) AV 코덱 시스템을 개발하고 있으며, 초기에는 비디오 신호는 MPEG-2 비디오 코덱으로 오디오 신호는 Dolby-E를 이용하여 구현하였다 [11]. Dolby-E 코덱 시스템은 48 kHz와 24비트로 샘플링된 PCM 신호를 1/4의

비율로 실시간으로 압축할 수 있으며, 두 채널씩 묶어서 압축력되는 구조를 가지므로 12개의 Dolby-E 코덱이 병렬로 사용되었다. 따라서 28 Mbps의 대역폭을 가지는 22.2 채널 오디오 신호를 7 Mbps로 압축할 수 있었다.

2009년 NHK에서 열린 Open House 행사에서 공개한 SHV 코덱 시스템은 AAC를 이용하여 22.2 채널 오디오 신호를 1.5 Mbps 정도까지 압축할 수 있다고 발표되었다. ISDB-T 자국만의 디지털 방송 표준을 사용하는 일본은 오디오 부호화 기술로 AAC를 이용하고 있으며, 이러한 연장선상에서 AAC를 UHD TV까지 적용할 가능성이 높지만, 22.2 채널 AAC 디코더의 복잡도가 상당하므로 실제 TV 수상기에 구현하는 것에는 여러 가지 어려움이 있을 것으로 예상된다.

5.2. UHD TV를 위한 멀티채널 오디오 코덱 구조에 대한 고찰

본 절에서는 위성, 지상파, FTTH망 등을 통하여 UHD TV를 위한 멀티채널 오디오 신호를 효과적으로 압축하고, 기존의 수신단말과 호환성을 유지할 수 있는 멀티채널 오디오 코덱 구조에 대해서 제안한다. 먼저 UHD TV를 멀티채널 오디오 코덱에 대한 요구사항들을 아래와 같이 도출하였다.

- ✓ 고해상도 (최대 24비트 양자화 및 96 kHz 표본화 주파수) 오디오 포맷을 지원할 수 있어야 한다.
- ✓ 멀티채널 오디오 신호가 가지는 채널간의 잉여성분 (redundancy)을 효율적으로 제거할 수 있는 구조를 가져야 한다.
- ✓ 다양한 라우드스피커 배치환경 (5.1, 6.1, 7.1, 10.2, 22.2 등)에 적응적인 구조를 가져야 한다.
- ✓ 디코더의 복잡도가 낮아야 한다.
- ✓ 방송환경에 적합하도록 적절한 압축율을 제공하면서도 고품질을 멀티채널 음향을 제공하여야 한다.
- ✓ 기존 HDTV 수신기에 이용되는 5.1 채널 오디오 디코더와 호환성을 유지하여야 한다.

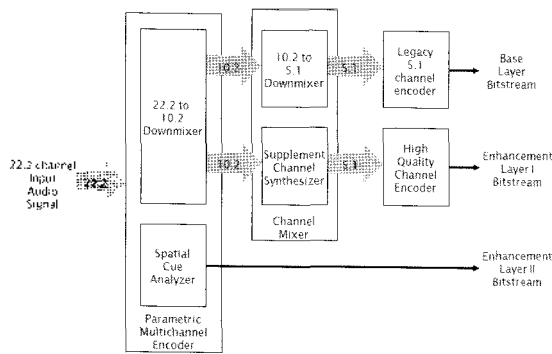


그림 8. 계층적 멀티채널 오디오 부호화기 구조
Fig. 8. Layered Multichannel Audio Encoder Structure.

위와 같은 요구사항 (특히 기존 5.1 채널 오디오 디코더와 호환성)을 만족하기 위한 멀티채널 오디오 코덱 시스템은 출력 채널수를 하나로 한정하지 않고 최대 출력 채널수에서 이용가능한 다양한 중간 채널수로 다운믹싱할 수 있는 계층적 구조를 가져야 하며, 핵심 계층 (core layer)은 5.1 채널 오디오 디코더와 호환성을 유지하는 구조를 가져야 한다. 또한 출력 채널수에 따르는 재현 음질의 품질 또한 가변할 수 있는 구조를 가지게 한다면 채널수의 증가에 따라 비례해서 대역폭이 늘어나는 단점도 막을 수 있다.

그림 8은 상기와 같은 요구사항을 만족시키기 위한 22.2 채널 오디오 인코더의 구성 예를 나타낸 것이다. 22.2 채널 오디오 신호를 위한 대역폭을 줄이기 위하여 공간 오디오 부호화 기술을 이용하여 22.2 채널 신호를 10.2 채널로 다운믹스한 신호와 공간 파라미터로 압축한다. 공간 파라미터는 채널당 4~10 kbps 이내로 표현되므로 높은 압축율을 얻을 수 있다. 다만 공간 오디오 부호화 과정 중에 음질의 열화가 발생하지만 다운믹스되는 채널 신호가 충분하다면 청감상의 음질열화는 크지 않을 것으로 예상된다. 또한 10.2 채널 다운믹스 신호만으로도 서비스가 가능하다는 부가적인 이득도 얻게된다. 기존 5.1 채널 오디오 디코더와 호환성을 유지하기 위하여 10.2 채널을 다시 5.1 채널로 다운믹스하여 기존 5.1 채널 인코더를 이용하여 기본계층 비트스트림을 생성하고, 10.2 채널로 복원하기 위한 부가채널 (supplement channel)을 분리하여 이를 일반적인 멀티채널 오디오 인코더를 이용하여 분리하여 부호화하면 5.1 채널 오디오 디코더와 호환성을 유지하면서 10.2 채널로 확장이 가능한 구조를 가질 수 있다. 물론 상기와 같이 생성되는 추가되는 채널들을 위한 데이터들은 5.1 채널 비트스트림 구조에서 확장영역에 다중화 시켜야 한다.

VI. 결론

본 논문에서는 UHD TV 방송에서 오디오에 대한 신호 규격, 재생시스템 구조, 코덱 구조에 대한 연구 및 개발 현황과 표준화 동향을 살펴보고 발전방향을 예측해 보았다. 차세대 디지털 방송 기술로 고려되고 있는 3DTV와 UHD TV 중에서 어떠한 기술이 채택될 것인지에 대해서는 논란이 많은 것이 현실이다. 다만 3DTV는 장시간 시청에서 발생할 수 있는 시각 피로도를 해결하여야 한다는 문제점과 디스플레이의 대형화와 전송환경의 고속화를 고려한다면 UHD TV가 차세대 디지털 방송에 채택되기에 보다 유리한 위치에 있다고 예측된다. 또한 대화면 디스플레이를 이용하는 UHD TV 방송에서 비디오 품질과 부합하는 오디오 품질을 제공하기 위하여 멀티채널 재생 기술 및 부호화 기술에 대한 해결하지 못한 기술적 문제점이 산재해 있으므로 관련 연구 및 기술 개발을 서둘러야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 방송통신위원회, 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT 원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다 [과제관리번호: 2008-F-011, 과제명: 차세대 DTV 핵심기술 개발].

참고 문헌

1. F. Okano, et al., "Ultrahigh-Definition Television System with 4000 Scanning Lines", *2004 NAB BEC Proceedings*, April 2004.
2. K. Hamasaki, et al., "5.1 and 22.2 Multichannel Sound Production using an Integrated Surround Sound Panning System," *2005 NAB BEC Proceedings*, April 2005.
3. R. Dressler, et al., "Dolby Audio Coding for Future Entertainment Formats," www.dolby.com.
4. www.dts.com, "DTS-HD Audio: Consumer White Paper for Blu-ray Disc and HD DVD Application," Nov. 2006.
5. SMPTE 2036-2-2008, "Ultra High Definition Television - Audio Characteristics and Audio Channel Mapping for Program Production," *SMPTE Standard*, July 2008.
6. ITU-R BS.775-2, "Multichannel Stereophonic Sound System with or without Accompanying Picture," *ITU-R Recommendation*, 1992.
7. ITU-R BS. [MCST], "Multichannel Sound Technology in Home and Broadcasting Applications," *Preliminary draft new report for ITU-R Recommendation*, June 2009.
8. Berkhout, A.J., De Vries, D. and Vogel, P., "Acoustic Control

by Wave Field Synthesis," *Journal of Acoustic Society of America (JASA)*, vol. 93, May 1993.

9. ISO/IEC 23003-1, MPEG Surround, Feb. 2007.

10. M. Bosi and R. E. Goldberg, *Introduction to Digital Audio Coding and Standards*, Kluwer Academic Publishers, 2004.

11. Shinichi Sakaida, et al., "The super hi-vision codec," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) 2007*, Sep. 2007.

저자 약력

•서 정 일 (Jeongil Seo)



1994년: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1996년: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2005년: 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
 1998년~2000년: LG반도체 주임연구원
 2000년~현재: 한국전자통신연구원 방통융합 미디어연구
 구부 산임연구원선임연구원
 ※관심분야: 오디오 부호화, 다채널 음장재 현 시스템,
 3차원 오디오, 디지털방송시스템, 객체기반 오디오

•강 경 옥 (Kyeongok Kang)



1985년: 부산대학교 물리학과 (이학사)
 1988년: 부산대학교 물리학과 (이학석사)
 2004년: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학박사)
 1991년~현재: 한국전자통신연구원 팀장
 2006년: 영국 사우샘프턴대학 방문연구원
 ※관심분야: 음향신호처리, 3차원 오디오, 디지털방송
 시스템, 객체기반 오디오