

정규논문(Regular Paper)  
방송공학회논문지 제17권 제5호, 2012년 9월 (JBE Vol. 17, No. 5, September 2012)  
<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.5.827>  
ISSN 1226-7953(Print)

## UHDTV를 위한 10.2 채널 기반 다채널 오디오 재현 기술

이 태 진<sup>a)†</sup>, 유 재 현<sup>a)</sup>, 서 정 일<sup>a)</sup>, 강 경 옥<sup>a)</sup>, 김 환 우<sup>b)</sup>

### Multichannel Audio Reproduction Technology based on 10.2ch for UHDTV

Taejin Lee<sup>a)†</sup>, Jae-Hyoun Yoo<sup>a)</sup>, Jeongil Seo<sup>a)</sup>, Kyeongok Kang<sup>a)</sup>, and Whanwoo Kim<sup>b)</sup>

#### 요 약

방송 환경이 점차 디지털로 발전해 나가면서, HDTV를 넘어서는 차세대 방송서비스에 관한 관심이 증대되고 있다. 차세대 방송 서비스는 2차원 영상 서비스에서 3차원 영상 서비스로, HD급 영상 서비스에서 UHD(Ultra High Definition)급 영상 서비스로, 5.1 채널 오디오 서비스에서 10 채널 이상의 다채널 오디오 서비스로 진화하여 고품질의 실감 방송 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 본 논문에서는 UHDTV 방송 서비스 환경에서 고품질의 오디오 서비스를 제공하기 위한 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 기술에 대해 설명한다. 10.2 채널 재현 시스템은 기존 5.1 채널 시스템을 기반으로 측면에 2개의 스피커를 추가하여 측면의 음상정위 성능을 향상시켰으며, 전면에 2개의 수직면 스피커와 후면에 1개의 천정 스피커를 추가하여 수평면 뿐 아니라 수직면에서의 음상정위가 가능하다. 10.2 채널 시스템에 대한 성능을 평가하기 위해 APM 모델을 활용한 객관적 음상정위 평가와 22.2 채널과 10.2 채널 재현시스템을 구축하여 청취자를 통한 실제 주관적 음상정위 평가를 수행하였다. 객관적, 주관적 음상정위 평가 결과 10.2 채널 시스템은 22.2 채널 시스템과 통계학적으로 동일한 음상정위 평가 결과를 보였고, 기존 5.1 채널 시스템 대비 우수한 음상정위 평가결과를 보여주었다.

#### Abstract

As broadcasting environments change rapidly to digital, user requirements for next-generation broadcasting service which surpass current HDTV service become bigger and bigger. The next-generation broadcasting service progress from 2D to 3D, from HD to UHD and from 5.1ch audio to more than 10ch audio for high quality realistic broadcasting service. In this paper, we propose 10.2ch based multichannel audio reproduction system for UHDTV. The 10.2ch-based audio reproduction system add two side loudspeakers to enhance the surround sound localization effect and add two height and one ceiling loudspeakers to enhance the elevation localization effect. To evaluate the proposed system, we used APM(Auditory Process Model) for objective localization test and conducted subjective localization test. As a result of objective/subjective localization test, the proposed system shows the statistically same performance compare with 22.2ch audio system and shows the significantly better performance compared with 5.1ch audio system.

Keyword : Multichannel Audio, UHDTV, Audio Signal Format

a) 한국전자통신연구원 방송융합미디어연구부 (Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI))

b) 충남대학교 전자공학과 (Chungnam National University)

† Corresponding Author : 이태진(Taejin Lee)

E-mail: tjlee@etri.re.kr

Tel: +82-42-860-5713 Fax: +82-42-860-5479

※ 본 과제는 방송통신위원회의 UHDTV 방송 표준 개발 과제로 수행한 연구로부터 도출된 것입니다.

· Manuscript received June 15, 2012 Revised August 16, 2012 Accepted August 16, 2012

## 1. 서론

아날로그 방송에서 디지털 방송 시대로 방송환경이 변화하면서, HDTV 방송서비스를 넘어서는 차세대 방송 서비스에 대한 관심이 증가하고 있다. 미국에서는 2009년에 아날로그 방송의 송출을 중단하였고, 일본은 2011년에 중단하였으며, 우리나라도 2012년 말에 아날로그 방송의 송출 중단을 예정하고 있다. 따라서 디지털 방송 시대를 대비한 새로운 방송 서비스를 위한 기술 개발이 필요하다. 디지털 기술의 발전과 더불어 TV 관련 기술도 지속적으로 발전하여, 더 큰 화면, 더 좋은 화질의 TV를 계속 개발하고 있으며, Smart TV, 3DTV, UHDTV 등 기존 TV를 넘어서는 새로운 방송 서비스 기술에 대한 관심이 증대되고 있다.

차세대 방송 서비스는 2차원 영상 서비스에서 3차원 영상 서비스로, HD급 영상 서비스에서 UHD(Ultra High Definition)급 영상 서비스로, 5.1 채널 오디오 서비스에서 10 채널 이상의 다채널 오디오 서비스로 진화하여 고품질의 실감 방송 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

3DTV 방송 서비스와 함께 차세대 방송 서비스로 각광을 받고 있는 UHDTV 방송 서비스는 기존 HD 콘텐츠보다 4

배에서 16배의 선명도를 갖는 비디오와 10 채널 이상의 실감음향을 제공하는 초고품질 방송 서비스로, 일본을 중심으로 유럽과 국내에서 활발한 기술개발과 표준화가 진행 중이다<sup>[1][2][3][4]</sup>.

본 논문에서는 UHDTV 방송 서비스 환경에서 고품질의 오디오 서비스를 제공하기 위한 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 기술에 대해 설명한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 현재까지의 UHDTV 기술 개발 현황에 대해 기술하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 기술의 특징 및 구성에 대해 기술한다. IV장에서는 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 기술의 객관적/주관적 평가결과를 기술하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. UHDTV 및 다채널 오디오 재현 기술

### 1. UHDTV 방송 서비스

HD급 대비 4배에서 16배의 해상도를 제공하는 비디오와



그림 1. HDTV와 UHDTV의 비디오 해상도 및 적정 시청거리[1]  
 Fig. 1. The video resolution and reasonable viewing distance for HDTV and UHDTV

10 채널 이상의 다채널 오디오를 기반으로 초현장감 체험을 가능하게 하는 차세대 실감 방송기술인 UHDTV 방송 기술은 1995년 일본 NHK에서 SHV(Super Hi-Vision)라는 이름으로 연구를 시작하여, 2005년 Aichi EXPO에서 최초로 시연을 하였다. 이후 IBC 2008에서 NHK와 BBC가 공동으로 실험방송을 시연하였고, 2012년에는 런던 올림픽 중계 서비스를 예정하고 있다. 국내에서도 2018년 평창 올림픽에서 시험서비스를 목표로 UHDTV 관련 기술에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다.

HDTV 대비 4배의 해상도를 제공하는 4K-UHDTV와 16배의 해상도를 제공하는 8K-UHDTV는 화면이 대형화되면서 시야각이 넓어져 그림 1과 같이 기존 HDTV에 비해 화면 크기 대비 시청거리가 가까워진다. 이에 따라 수평면 음상정위 뿐 아니라 수직면 음상정위가 중요하게 되고, 기존 스테레오나 5.1 채널<sup>[5]</sup>과 같은 수평면 음상정위를 위한 오디오 재현 기술로는 영상의 위치와 동기화된 음향 서비스를 제공할 수 없게 되어 10 채널 이상의 다채널 오디오 기술에 대한 개발이 진행되고 있다.

UHDTV의 가장 큰 특징은 HDTV에 비해 최대 16배의 화소수, 12비트의 화소당 비트수(bit depth)에 의한 색 표현, 4:2:2 이상의 컬러 신호 샘플링으로 큰 화면에서 더욱 섬세하고 자연스러운 영상의 표현이 가능하다는 것과, 최대 96kHz 샘플링율과 24비트의 비트 해상도(bit reso-

lution)와 10 채널 이상의 다채널 오디오를 통해 수평면과 수직면을 포함하는 전방향 음장 재현이 가능하다는 것이다. 표 1은 UHDTV와 기존의 HDTV의 신호규격을 비교한 것이다<sup>[6]</sup>.

## 2. 22.2 채널 오디오 재현 기술

UHDTV 방송 서비스에서 오디오 신호는 일반적으로 10 채널 이상의 다채널 오디오로 정의하고 있다. 일본 NHK에서는 극장과 같은 넓은 공간에서는 그림 2와 같이 스피커를 설치하여 22.2 채널의 오디오를 제공할 수 있도록 하고 있다<sup>[7]</sup>. NHK의 22.2 채널 오디오 재생 시스템의 구성은 상위 레벨에는 9개, 중간 레벨에는 10개, 하위 레벨에는 5개의 스피커를 배치하고 있고, 저주파 효과음을 강화하기 위

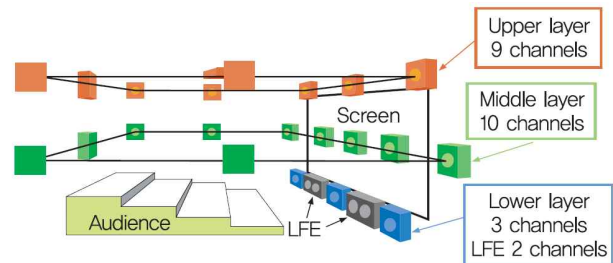


그림 2. NHK 22.2채널 오디오 재현 시스템  
 Fig. 2. The NHK 22.2ch audio reproduction system

표 1. UHDTV와 HDTV 신호규격 비교  
 Table 1. The Signal format for UHDTV and HDTV

구분	UHDTV		HDTV	HDTV 대비 데이터 량 증가
	4K	8K		
화면당 화소수(pixels/frame)	3,840×2,160 (4K)	7,680×4,320 (8K)	1,920×1,080 (2K)	4K: 4배 8K: 16배
화면 주사율(frames/sec)	60 Hz		30 Hz	2배
화소당 비트수(bits/pixel)	24 ~ 36 bits		24 bits	1 ~ 1.5배
샘플링 형식(chroma format)	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0		4:2:0	1 ~ 2배
가로 세로 화면비(aspect ratio)	16:9		16:9	동일
오디오 채널수(audio channels)	10.1 ~ 22.2		5.1	2 ~ 4.4배
오디오 샘플링율(Sampling rate)	최대 96 kHz		44.1 ~ 48 kHz	2배
오디오 비트 해상도(bit resolution)	최대 24 bit		16 bit	1.5배
표준 수평 시야각 (standard viewing angle)	55°	100°	30°	3.3배
표준 시청 거리 (standard viewing distance)	1.5H	0.75H	3H	(H: 화면 높이)

해 2개의 서브우퍼 채널을 사용한다. 5.1 채널 시스템을 포함한 기존의 멀티채널 오디오 스피커 배치가 청취자와 스피커 사이의 거리를 동일하게 하기 위해 원형으로 배치하는 것에 비해 극장 환경을 고려하여 청취 공간을 사각형으로 배치한 것이 특징이다.

NHK에서는 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)를 통해 2007년에 비디오 신호규격을 제정하였고<sup>[8]</sup>, 2008년에 22.2 채널 오디오 재생시스템을 UHDTV를 위한 오디오 신호규격으로 표준화를 진행하였다<sup>[9]</sup>. NHK의 22.2 채널 시스템은 기본적으로 극장과 같은 환경을 고려하고 있기 때문에, 방송환경에 적용하기 위해서는 스피커 설치의 문제가 있을 수 있다. 이에 따라 국내에서는 NHK의 22.2 채널과 비슷한 음상정위와 음질 재현성을 가지면서, 가정환경을 고려한 시스템을 UHDTV 오디오 신호규격으로 제정하였다. 국내에서는 2010년에 차세대 방송포럼 실감방송 분과위원회 산하 차세대 오디오 WG에서 10.2 채널 기반의 UHDTV 오디오 신호규격을 TTA에 제출하여 2011년에 UHDTV 오디오 신호규격 표준으로 제정하였다<sup>[10]</sup>. 본 논문에서 제안하는 10.2 채널 기반의 UHDTV 오디오 재현 기술은 NHK의 22.2 채널 대비 절반의 스피커를 이용하여 비슷한 음상정위와 음질을 제공할 수 있는 기술이다. 본 논문에서는 TTA를 통해 제정된<sup>[10]</sup> 10.2 채널 기반의 UHDTV 오디오 신호규격의 특징과 객관적/주관적 평가 결과를 기술한다.

### III. 10.2 채널 기반 다채널 오디오 재현 기술

#### 1. 10.2 채널 스피커 구성

UHDTV와 같은 초고선명 TV 환경에서 기존 5.1 채널을 넘어서는 실감 오디오를 제공하기 위한 10.2 채널 기반 다채널 오디오 재현 시스템의 스피커 구성은 그림 3과 같다. 10.2 채널 시스템은 전방에 수평면 3개 채널과 수직면 (Height) 2개 채널, 총 5개 채널을 배치하고, 측/후면에

표 2. 채널별 스피커의 정의  
Table 2. The definition of loudspeakers

	라벨	정의
C	Center channel	수평면 전방 스피커
L	Left channel	수평면 전방 좌측 스피커
R	Right channel	수평면 전방 우측 스피커
LH	Left Height channel	수직면 전방 좌측 스피커
RH	Right Height channel	수직면 전방 우측 스피커
LS	Left Side channel	수평면 좌측 스피커
RS	Right Side channel	수평면 우측 스피커
LB	Left Back channel	수평면 후방 좌측 스피커
RB	Right Back channel	수평면 후방 우측 스피커
TC/TBC	Top Center channel	수평면 정중앙 천장 스피커
	Top Back Center channel	수평면 후방 천장 스피커
LFE	Low Frequency Effect channel	저주파 재생 스피커

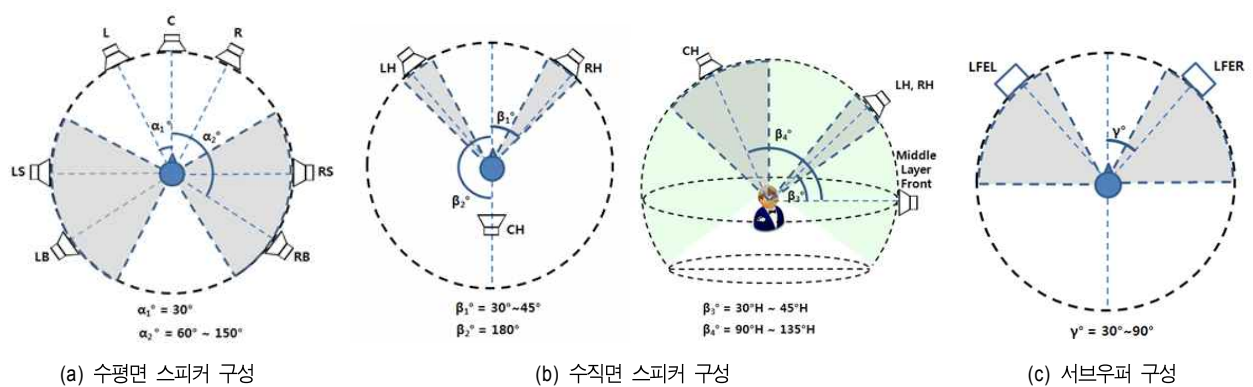


그림 3. 10.2 채널 오디오 재현 시스템 스피커 구성  
Fig. 3. The loudspeaker layout for 10.2ch system

총 4개 채널, 천정에 1개 채널 등 10개 채널과 저주파 담당 2개 채널로 구성한다. 각 스피커는 청취환경에 따라 그림 3의  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ,  $\gamma$ 의 값에 따라 다양한 각도로 설치할 수 있다. 표 2는 각 채널별 스피커 정의표이다.

표 3은 청취환경에 따라 설치 가능한 수평면과 수직면상에서 10.2 채널 스피커의 배치각도와 최적의 효과를 주기위한 배치각도이다. 수평면 중앙 0°에 배치한 수평면 전방 스피커와, 수평면 좌/우 30°에 배치한 수평면 전방 좌/우측 스피커는 기존 스테레오나 5.1채널 재현 환경과 호환을 위해 기존의 배치와 동일하게 스피커를 위치시킨다. 수평면 좌/우측 스피커는 60° ~ 150° 사이에 배치가 가능하며, 90°에서 최적의 청취 결과를 얻을 수 있다. 수평면 후방 좌/우측 스피커는 수평면 좌/우측 스피커처럼 60° ~ 150° 사이에 배치가 가능하며, 135°에서 최적의 결과를 얻을 수 있다. 수평면 좌/우측 스피커와 수평면 후방 좌/우측 스피커를 90°와 135°에 배치함으로써, cone of confusion 오류를 크게 줄일 수 있다. 인간은 두 귀 사이에 도달하는 음원의 시간의 차(ITD: Interaural Time Difference)와 레벨의 차(ILD: Interaural Level Difference)를 이용하여 음원의 방향을 지각한다. Cone of confusion은 청취자의 귀를 가로지르는 선을 중심으로 만들어진 ITD와 ILD가 같은 뿔 모양의 기하학적 위치이다.

수직면 전방 좌/우측 스피커는 수평면 좌/우 30°~35°사

이, 수직면 상 30°~35°사이에 위치시킬 수 있다. 일반적으로 2m 내의 떨어진 시청 위치를 가정하는 경우 수평면에서 수평면 전방 좌/우측 스피커와 동일한 30°, 수직면에서 30°가 최적의 결과를 얻을 수 있는 배치이다. 수직면에서 90°~135°사이에 배치하는 수평면 천장 스피커는 수직면에서 이동하는 음원에 대해 더 나은 음장을 제공하기 위한 것으로 설치 환경에 따라 90° 혹은 135°가 최적의 효과를 제공할 수 있다. 수평면 천장 스피커는 NHK의 22.2 채널 환경과의 호환성을 고려하면서, 가정 내 설치 시 편의성을 제공하기 위해 90°, 135° 두 개의 값을 추천한다. 서브우퍼는 향상된 저주파 재현 성능을 제공하기 위해 2개를 사용하며, 평탄한 주파수 특성을 위해 정면 좌, 우 스피커 아래에 배치한다. 서브우퍼는 영화인 경우는 두 신호를 동일하게 하여 강력한 효과음을 재생하고, 음악인 경우 한쪽 신호를 90° 위상반전 시켜서 풍부하고 깊이 있는 저주파 신호를 재생할 수 있다.

표 3에서 제시한바와 같이, 10.2 채널 기반 다채널 오디오 재현 시스템의 스피커는 청취환경의 특성에 따라 각도를 조절하여 스피커를 배치할 수 있지만, 최적의 스피커 배치는 표 3에서 범위로 제시한 LS, RS, LB, RB, LH, RH, CH 채널에 특정각도를 지정하여 그림 4와 같이 스피커를 배치하는 경우를 가이드라인으로 할 수 있다.

표 3 10.2 채널 스피커의 배치  
 Table 3. The layout of 10.2ch loudspeakers

Channel	Azimuth/Elevation	비고	Recommend
C	0°(A)	해당 각도에 한 개 채널 배치	0°(A)
L, R	±30°(A)	해당 각도에 좌, 우 한 개 채널씩 배치	±30°(A)
LS, RS, LB, RB	±60° ~ 150°(A)	±60° ~ 150° 범위에 좌, 우 두 개 채널씩 배치	LS: -90°(A) RS: 90°(A) LB: -135°(A) RB: 135°(A)
TC/TBC	90° ~ 135°(E)	90° ~ 135°H range에 한 개 채널 배치	TC: 90°(E) TBC: 135°(E)
LH, RH	±30° ~ 45°(A) & 30° ~ 45°(E)	수평면 ±30° ~ 45° 와 수직면 30° ~ 45°H 두 조건을 만족하는 range에 좌, 우 한 개 채널씩 배치	LH: -45°/45°(E) RH: 45°/45°(E)

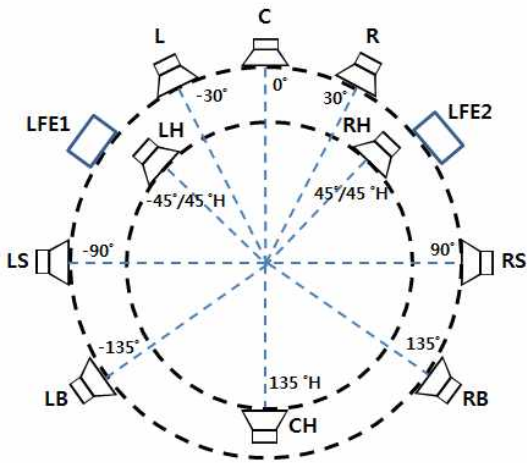


그림 4. 추천 10.2 채널 다채널 오디오 재현 시스템 스피커 배치도  
Fig. 4. The recommendation of 10.2ch loudspeaker layout

2. 10.2 채널과 기존 시스템의 호환을 위한 다운믹스 방법

스테레오나 5.1 채널, 7.1 채널과 같은 기존의 시스템과

호환성을 제공하기 위해 10.2 채널의 각 채널을 다운믹스해야 한다. 또한 22.2 채널 시스템과의 호환성을 제공하기 위해 22.2 채널의 각 채널을 다운믹스 하여 10.2 채널을 생성할 필요가 있다.

NHK 22.2 채널 재현 시스템과의 호환성을 제공하기 위해, NHK 22.2 채널로부터 10.2 채널 시스템으로의 다운믹스를 위해 표 4와 같은 매트릭싱(matrixing) 방법을 제안한다. 그림 5는 3개의 층으로 구성되어 있는 NHK 22.2 채널 오디오 재현 시스템의 각 스피커 구성 및 라벨을 보여준다. 먼저 해당 대체 채널이 존재하는 경우 그대로 그 신호를 가져오며, 해당 위치에서 벗어난 스피커라면 파워를 절반씩 인가하기 위하여  $1/\sqrt{2}$  씩 분배해주는 것을 원칙으로 한다. 경우에 따라서, NHK의 top layer, middle layer, bottom layer의 신호는 다운믹싱 시 각각 특정 상수를 곱해주어(각각 t, m, b) 전체 사운드 레벨을 조정할 수도 있다. 서브우퍼 신호 역시 1번과 2번 채널에 각각 상수를 곱해주어(각각 k, l) 사운드 레벨을 조정할 수 있다. 이렇게 곱해지는 상수가 모두 1이면 특별한 레벨 조정 없이 그대로 다운믹싱

표 4. NHK 22.2 채널 시스템과 호환을 위한 다운믹싱 매트릭스  
Table 4. The downmix matrix for compatible with NHK 22.2ch

Down-Mix Layout 22.2 -> 10.2	Channel matrixing
	$L = m * (FL + \frac{1}{\sqrt{2}} FLc) + b * BtFL$
	$R = m * (FR + \frac{1}{\sqrt{2}} FRc) + b * BtFR$
	$C = m * \{FC + \frac{1}{\sqrt{2}} (FLc + FRc)\} + b * BtFC$
	$LH = t * (TpFL + \frac{1}{\sqrt{2}} TpFC + \frac{1}{\sqrt{2}} TpSiL + \frac{1}{2} TpC)$
	$RH = t * (TpFR + \frac{1}{\sqrt{2}} TpFC + \frac{1}{\sqrt{2}} TpSiR + \frac{1}{2} TpC)$
	$LS = m * SiL + t * \frac{1}{\sqrt{2}} TpSiL$
	$RS = m * SiR + t * \frac{1}{\sqrt{2}} TpSiR$
	$LB = m * (BL + \frac{1}{\sqrt{2}} BC) + t * \frac{1}{\sqrt{2}} TpBL$
	$RB = m * (BR + \frac{1}{\sqrt{2}} BC) + t * \frac{1}{\sqrt{2}} TpBR$
	$TBC = t * (TpBC + \frac{1}{\sqrt{2}} TpBL + \frac{1}{\sqrt{2}} TpBR + \frac{1}{2} TpC)$
	$LFE1 = k * LFE1$
	$LFE2 = l * LFE2$

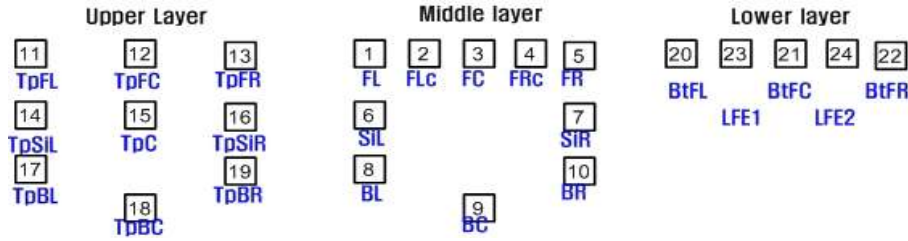


그림 5. NHK 22.2 채널 오디오 재현 시스템 스피커 구성  
 Fig. 5. The loudspeaker layout for NHK 22.2ch

매트릭스를 적용한다는 의미이고, 상수의 값은 콘텐츠의 특성에 따라 달라질 수 있다.  
 기존 7.1 채널, 5.1 채널, 스테레오 채널로의 다운믹싱 시

에는, 10.2 채널의 평면상에 배치되는 스피커와 수직면 스피커 신호는 다운믹싱 시 각각 특정 상수를 곱해주어(각각 a, c) 전체 사운드 레벨을 조정할 수 있다. 서브우퍼 신호

표 5. 기존 시스템과 호환을 위한 다운믹싱 매트릭스  
 Table 5. The downmix matrix for backward compatible

Down-Mix Layout	Channel matrixing
10.2 -> 7.1 	$L = a * L + c * LH$ $R = a * R + c * RH$ $C = a * C$ $LS = a * LS$ $RS = a * RS$ $LB = a * LB + c * \frac{1}{\sqrt{2}} CH$ $RB = a * RB + c * \frac{1}{\sqrt{2}} CH$ $LFE = k * LFE1 + l * LFE2$
10.2 -> 5.1 	$L = a * L + c * LH$ $R = a * R + c * RH$ $C = a * C$ $LS = a * (LB + LS) + c * \frac{1}{\sqrt{2}} CH$ $RS = a * (RB + RS) + c * \frac{1}{\sqrt{2}} CH$ $LFE = k * LFE1 + l * LFE2$
10.2 -> 2.0 	$L = a * (L + \frac{1}{\sqrt{2}} C + \frac{1}{\sqrt{2}} LB + \frac{1}{\sqrt{2}} LS) + c * (LH + \frac{1}{2} CH)$ $R = a * (R + \frac{1}{\sqrt{2}} C + \frac{1}{\sqrt{2}} RB + \frac{1}{\sqrt{2}} RS) + c * (RH + \frac{1}{2} HC)$

역시 1번과 2번 채널에 각각 상수를 곱해주어(각각  $k, l$ ) 사운드 레벨을 조절할 수 있다. 이 경우 역시 곱해지는 상수가 모두 1이면 특별한 레벨 조정 없이 그대로 다운믹싱 매트릭스를 적용한다는 의미이며, 콘텐츠의 특성에 따라 다양한 값을 가질 수 있다.

#### IV. 10.2 채널 재현 시스템의 성능 평가

본 논문에서 제안하는 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 시스템의 성능을 평가하기 위해 APM(Auditory Process Model)<sup>[11]</sup> 기반의 객관적 음상정위 평가와 실제 청취자를 통한 주관적 음상정위 및 음질평가를 수행하였다.

APM은 인간의 청각 처리 과정을 수학적으로 모델링한 것으로 외이, 중이, 내이 사이의 전달함수와 내이의 모세포(hair cell)에서 발생하는 신경 변환(neural transduction)을 시뮬레이션 하기 위한 병렬 처리(peripheral process), 가청 주파수 대역에서 지연과 감쇠 특성을 시뮬레이션 하기 위한 바이노럴 처리(binaural process), 최종 음상정위를 판단 하기 위한 중앙 처리(central process) 과정으로 나누어져 있다. APM의 성능은 실제 주관적 청취평가 결과와 유사한 결과를 얻을 수 있기 때문에, 본 논문에서는 APM을 활용하여 객관적 음상정위 평가를 수행하였다.

##### 1. 객관적 음상정위 평가

APM 모델을 활용하여 5.1 채널, 10.2 채널, 22.2 채널 시스템의 수평면 상의 음상정위 성능을 평가하였다. 실험을 위해 스피커 배치는 각각의 재현 시스템의 최적 스피커 각도를 활용하였고, 우측면( $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ )의 음상정위 성능을 평가하기 위해, 각 재현 시스템의 우측면에 있는 스피커를 활용하여 패닝 방법으로 음상을 재현 한 후, APM 모델을 활용하여 음상정위 성능을 평가하였다. 먼저 그림 6은 5.1 채널 재현 시스템에 대한 APM 모델을 활용한 음상정위 성능평가 결과이다. 그림에서 수평축은 재현 시스템에서 생성한 음상의 위치를 나타내고, 수직축은 APM에서 인지한 음상의 위치를 나타낸다. 따라서 대각선 축에 가까울수록

우수한 음상정위 성능을 보이는 것이다. 그림에서 5.1 채널 재현 시스템은  $30^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 까지에서 음상정위 성능이 현격하게 떨어짐을 알 수 있다.

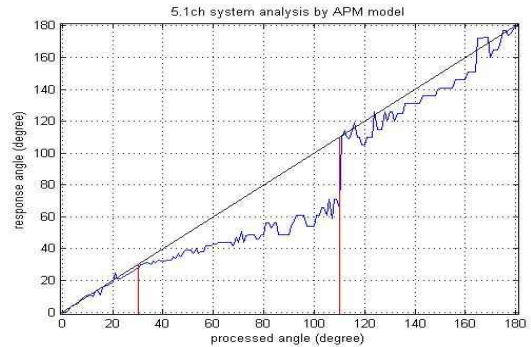


그림 6. 5.1 채널 재생 시스템의 수평면 음상정위 평가 결과  
Fig. 6. The localization test results: 5.1ch

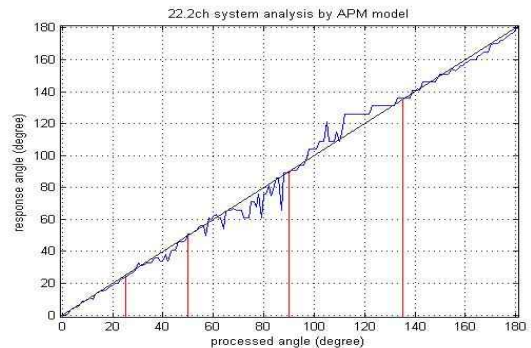


그림 7. 22.2 채널 재생 시스템의 수평면 음상정위 평가 결과  
Fig. 7. The localization test results: 22.2ch

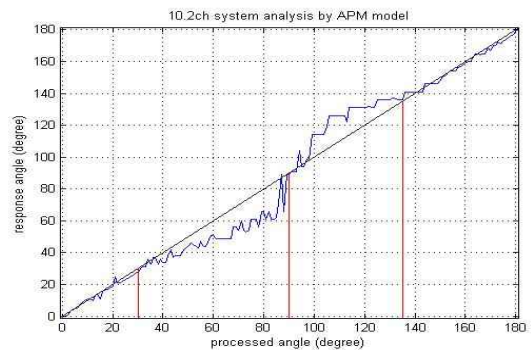


그림 8. 10.2 채널 재생 시스템의 수평면 음상정위 평가 결과  
Fig. 8. The localization test results: 10.2ch



그림 7은 22.2 채널 재현 시스템에 대한 APM 모델을 활용한 음상정위 성능평가 결과이다. 22.2 채널 재현 시스템은 측면에 충분한 물리적인 스피커가 배치되므로, 음상정위 성능이 우수함을 알 수 있다.

그림 8은 10.2 채널 재현 시스템에 대한 APM 모델을 활용한 음상정위 성능평가 결과이다. 그림에서 10.2 채널 시스템 역시 측면에 물리적인 스피커를 활용하여 5.1 채널 대비 우수한 음상정위 결과를 보임을 알 수 있다. 10.2 채널 시스템의 음상정위 성능은 물리적인 스피커 배치의 차이 때문에 22.2 채널 시스템과 동일한 성능을 보여주지는 못하지만, 5.1 채널에 비해서는 우수한 음상정위 결과를 보여주었으므로, 22.2 채널을 설치하기가 불가능한 가정환경을 고려하면, 10.2 채널이 적절한 선택임을 알 수 있다.

## 2. 주관적 음상정위 평가

NHK의 22.2 채널 시스템과 본 논문에서 제안하는 10.2 채널 시스템의 주관적 성능평가를 위해 그림 9와 같이, 무향실에 22.2 채널과 10.2 채널 재현 시스템을 설치하여 음상정위 평가를 수행하였다. 10.2 채널 시스템은 22.2 채널 시스템의 서브셋으로 볼 수 있기 때문에, 그림 10과 같이 22.2 채널 시스템을 구성하고, 이중 10.2 채널 시스템을 위한 스피커를 선정하여 청취평가를 수행하였다. 청취평가에는 9명의 전문가와 3명의 비전문가가 참여하여 두 시스템에서 재현하는 소리를 청취하여 음상정위 성능을 평가하였다.

표 6. 음상정위 평가를 위한 음원의 위치  
 Table 6. The sound image position for subjective test

	Elevation Angle	Azimuth Angle
A	70	330
B	90	15
C	80	80
D	60	260
E	70	165



그림 9. 무향실에서 주관적 음질 평가  
 Fig. 9. The subjective test at anechoic chamber

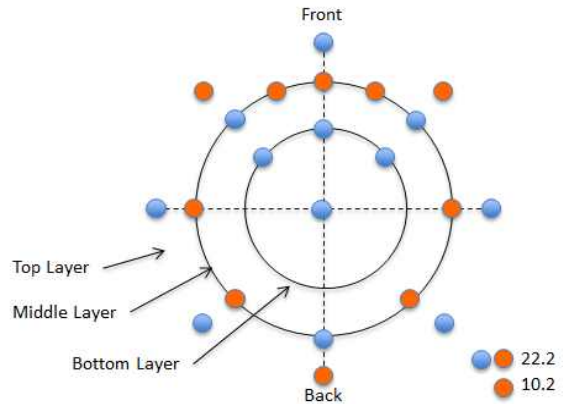


그림 10. 주관적 음질평가를 위한 스피커 구성  
 Fig. 10. The loudspeaker layout for subjective test

음상정위 평가에는 표 6과 같은 전면, 측면, 후면 5개의 점 음원을 이용하였고, KEF HTS 3001 스피커를 활용하였다. 청취자는 22.2 채널과 10.2 채널 시스템에서 재현하는 음원을 청취한 후 본인이 느끼는 음원의 위치를 레이저 포인터를 활용하여 지적하고, 재현하고자 하는 음원의 위치와 청취자가 느끼는 음원의 위치의 차를 측정하는 방식으로 음상정위 성능을 평가하였다.

그림 11은 22.2 채널 시스템과 10.2 채널 시스템의 주관적 음상정위 평가 결과이다. 22.2 채널 재현 시스템은 5개의 레퍼런스 음원에 대해 평균 7.8도의 음상정위 차이를 보여주었고, 10.2채널 시스템은 평균 10.6도의 음상정위 차이

를 보여주었다. 두 시스템의 평균값에서 차이가 있지만, 신뢰구간에서 겹치기 때문에 두 시스템은 5개의 레퍼런스 음원에 대해 통계학적으로 동일한 음상정위 결과를 보인다고 할 수 있다.

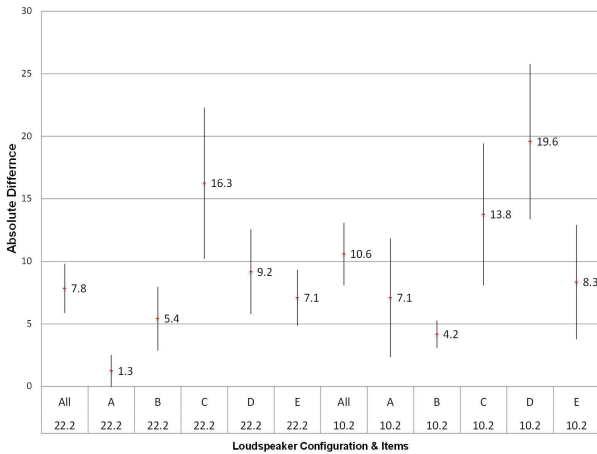


그림 11. 음상정위 평가결과(CI: 95%)  
 Fig. 11. The localization test results(CI: 95%)

### V. 결론

본 논문에서는 UHDTV에서 고품질 음향을 제공하기 위한 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 시스템을 제안하였다. 10.2 채널 재현 시스템은 기존 5.1 채널 시스템을 기반으로 측면에 2개의 스피커를 추가하여 측면의 음상정위 성능을 향상시켰으며, 전면에 2개의 수직면 스피커와 후면에 1개의 천장 스피커를 추가하여 수평면 뿐 아니라 수직면에서의 음상정위가 가능하다.

10.2 채널 시스템에 대한 성능을 평가하기 위해 APM 모델을 활용한 객관적 음상정위 평가와 22.2 채널과 10.2 채널

재현시스템을 구축하여 청취자를 통한 실제 주관적 음상정위 평가를 수행하였다. 객관적, 주관적 음상정위 평가 결과 10.2 채널 시스템은 22.2 채널 시스템과 통계학적으로 동일한 음상정위 평가 결과를 보였고, 기존 5.1 채널 시스템 대비 우수한 음상정위 평가결과를 보여주었다.

NHK의 22.2 채널 시스템은 극장환경을 고려한 것으로 가정환경에서 설치에는 어려움이 있을 수 있다. 따라서 본 논문에서 제시하는 10.2 채널 기반의 다채널 오디오 재현 시스템이 UHDTV 방송 환경에서 가정환경에서 실감 오디오 서비스를 제공하기 위한 적절한 대안으로 활용이 가능하다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. S. Choi et al., "UHDTV Broadcasting Technology", Journal of KIEES, Vol. 21, No. 6, pp. 20-30, 2010.
- [2] S. Y. Jeong et al., "The presence and future of UHDTV technology", Journal of IEEK, Vol. 36, No. 4, pp. 427-435, 2009.
- [3] Recommendation ITU-R BT.1769, Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange, 2006.
- [4] Recommendation ITU-R BT.1201-1, Extremely high resolution imagery, 2004.
- [5] Recommendation ITU-R BS.775-2, Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture, 2006.
- [6] S. H. Cho and J. W. Hong, "The standard status of UHDTV technology", Journal of RAPA, Vol. 19, No. 4, pp. 40-51, 2009.
- [7] K. Hamasaki, et al., "5.1 and 22.2 multichannel sound production using an integrated surround sound panning system", NAB BEC Proceedings, 2005.
- [8] SMPTE 2036-1, Ultra high definition television-image parameter values for program production, 2009.
- [9] SMPTE 2036-2, Ultra high definition television-audio characteristics and audio channel mapping for program Production, 2008.
- [10] TTA.KO-07.0098, UHDTV Audio Format, 2011.
- [11] Munhum Park, Phillip A. Nelson and Kyeongok Kang, "A Model of Sound Localisation Applied to the Evaluation of Systems for Stereophony," ACTA Acoustica, Vol. 94, pp. 825-839, 2008.

---

저 자 소 개

---



이 태 진

- 1996년 2월 : 전북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 ~ 2000년 5월 : Mobens, Co., Ltd. 영상음성기술연구팀 연구원
- 2002년 10월 ~ 2003년 9월 : 일본 Tokyo Denki University, 방문연구원
- 2000년 5월 ~ 현재 : ETRI 실감음향연구팀 선임연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 3D 오디오



유 재 현

- 2003년 2월 : 홍익대학교 전자전기공학부 (공학사)
- 2005년 2월 : 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부 (공학석사)
- 2005년 2월 ~ 현재 : ETRI 실감음향연구팀 선임연구원
- 2011년 11월 ~ 현재 : 일본 NHK 방송기술연구소 방문연구원
- 주관심분야 : 3D 오디오 및 음장 재생 기술, 오디오 신호 처리



서 정 일

- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 2월 ~ 2000년 10월 : LG반도체 주임연구원
- 2000년 11월 ~ 현재 : ETRI 실감음향연구팀 선임연구원
- 2010년 8월 ~ 2011년 7월 : 영국 Southampton University, ISVR 방문연구원
- 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 3D 오디오



강 경 옥

- 1985년 2월 : 부산대학교 물리학과 (이학사)
- 1988년 2월 : 부산대학교 대학원 물리학과 (이학석사)
- 2004년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)
- 2006년 4월 ~ 12월 : 영국 Southampton University, ISVR 방문연구원
- 1991년 2월 ~ 현재 : ETRI 실감음향연구팀장, 책임연구원
- 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 3D 오디오



김 환 우

- 1977년 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1979년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1988년 : University of Utah (공학박사)
- 1980년 ~ 현재 : 충남대학교 전자공학과 교수
- 주관심분야 : 신호처리, 디지털통신, 유무선 통신