

---

# 고선명 TV 위성 방송을 위한 멀티 채널 오디오의 성능 평가

김 성 한\*, 장 대 영\*, 홍 진 우\*

## A Performance Measurement of Multi-channel Audio codec for HDTV Satellite Broadcasting

Sung-han Kim\*, Dae-young Jang\*, Jin-woo Hong\*

### 요 약

본 논문에서는 고선명 TV의 위성 방송 서비스를 위하여 멀티 채널 오디오의 전송 및 재생시에 비트율 변화에 의한 음질의 주관적인 평가 모의 시험 결과에 대해서 기술하였으며, 이 시험 결과를 기초로 하여 4 채널 오디오 코덱의 특징 및 주관적인 성능 평가 결과에 대해 기술하였다. 멀티채널의 모의시험시 비트율은 384,320,256,128kbps로 가변 하였으며, double blind법에 의한 주관 평가 결과를 보면 3/2채널에서 320kbps까지는 -1 이하로 원음과 차이가 없거나 거슬리지 않는 것으로 평가 되었다. 위의 결과를 바탕으로 개발된 384kbps 4채널 오디오 코덱에서는 10개의 시험재료중 3개만이 diffgrade가 -0.5이하의 결과를 보여 HDTV 방송용 코덱으로 사용 가능함을 보이고 있다.

### Abstract

In this paper, we describe simulation results of subjective assessments with bit rate variation of multi-channel audio codec system for the services of HDTV satellite broadcasting services. Based on this experiment results, we also describe the specification and subjective performance results for 4-channel audio codec. For multi-channel, bit rates are 384,320,256,128kbps and the results show that 320kbps bit rate is needed to compare with the original and the reproduced signal. Based on this, for 384kbps for 4-channel audio codec, three items that achieve a diffgrade worse than -0.5 are due to the noise of analog output module. This system is satisfied for the audio codec of the HDTV system.

---

\* 한국전자통신연구원

### I. 서론

고선명 TV는 인간의 시각 특성을 고려한 고품질의 화면 및 CD품질에 해당하는 음질을 갖는 새로운 TV로서 고선명 TV기술의 확보는 2000년대 세계 시장의 주도권 확보에 필수 사항으로 인식되고 있다. 또한 고선명 TV는 일반 대중에게 기존 TV보다 훨씬 좋은 영상 및 음향 서비스를 제공할 뿐 아니라 고품질을 필요로 하는 의료분야, 영화제작, 시청각 교육 등에 활용할 수 있는 분야로서 1993년부터 MPEG-2에 근거한 디지털 위성 방송 시스템 개발이 마무리 단계에 있는 지금 새로운 서비스를 제공할 시점이다.

고선명 TV의 위성 방송 서비스를 위하여 멀티 채널 오디오의 연구에 있어서 효율적이고 경제적인 방법을 고려 할 때 낮은 비트율로 고품질의 멀티 채널의 입체 음향 오디오를 제공하기 위한 연구가 활발히 진행 되고 있다.

본 논문에서는 멀티채널 오디오의 전송 및 재생 시 어느 압축율까지 원음과 동일한 품질로 평가되는가를 시험하기 위하여 소프트웨어적으로 시뮬레이션을 수행후 주관적인 테스트를 실시하였다. 이 시험 결과 멀티 채널의 경우 320kbps이상은 제공해야 되는 결과를 보이고 있으며, 위의 멀티 채널에 대한 시험 결과를 이용하여 4-채널 오디오 코덱에 적용 하였다[1].

본 오디오 코덱 시스템은 384 kbps의 전송 속도로서 4개 채널의 음향을 전송할 수 있으며, 각 채널은 48 kHz 샘플링과 16비트 부호화의 A/D (Analogue/Digital) 변환에 의해 입력된다. 품질 평가는 4채널 음향에 대한 주관 평가(triple stimulus /hidden reference/double blind)에 의하여 수행되었으며, 측정 결과를 분석 함으로서 코덱의 음질 수준을 정량화 하며, 추후 NMR (Noise - Masking Ratio) 을 이용한 객관 측정과의 상호 관계를 유추하는데 이용하는 것이다.

본 논문에서는 멀티채널 오디오 서비스가 제공되는 고선명 TV 위성 방송 시스템의 개요 및 인터페이스 프로토콜을 설명하고 개발한 오디오 코덱의 주요 특징 및 성능 평가 결과에 대해서 기술하였다.

### II. 고선명 TV 위성방송 시스템 개요

위성 방송 시스템의 구성은 프로그램 송출 스튜디오, 스튜디오와 송신기 입력단까지의 전송로, 송신기, 송신기와 위성링크를 거쳐 수신 안테나까지의 송.수신 링크 그리고 수신기의 출력단과 수상기 사이의 전송로로 구성된다. 위성 방송 시스템은 그림 1 과 같이 송신기, 자원관리 시스템 및 수신기로 구성되어 있음을 보이고 있다. 송신기는 외부에서 발생되어 제공된 프로그램 자료를 수신 및 처리하여 이를 위성 방송을 통하여 전송하며, 위성 방송 지역 내에 위치한 위성방송 시스템은 최대 6개의 송신기로 구성된다. 수신기는 방송위성으로부터 오는 신호를 처리하고 변환하여 수상기에 출력한다. 위성방송 인터페이스의 프로토콜 스택은 표1에 요약되어 있으며, ISO의 OSI 모델과 유사한 구조로 되어있다.

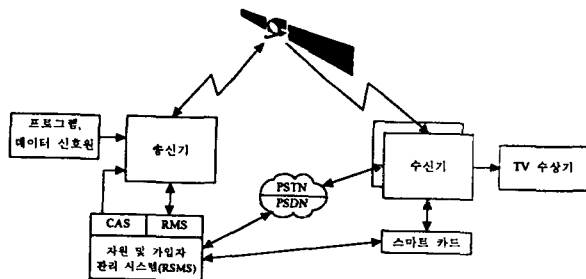


그림 1. 고선명 TV 위성방송 시스템  
Fig 1. HDTV Satellite Broadcast System

### III. 멀티채널의 비트율 가변 모의시험

MPEG 오디오의 품질은 얼마나 많은 정보를 전송하느냐에 따라 좌우된다. 즉 전송 비트율이 높으면 높을 수록 충분한 정보가 전송되어 수신 측에서는 원 신호를 그대로 복원할 수가 있는 것이다. 그러나 모든 정보를 다 보내기에는 전송로의 효율 면에서 커다란 손실이라고 할 수 있으므로 원 신호와 차이가 나지 않는 한도 내에서 전송되는 정

보량을 감소시켜야 한다. 또한 이미 전송로의 용량을 규정하였을 경우에는 최대한의 정보를 보낼 수 있도록 정보를 압축해야 한다. 이러한 전송로 용량 및 정보량에 따른 가장 적절한 비트율을 설정하는 것은 매우 중요하다.

시험을 위하여 여러 가지 비트율로서 인코딩을 하였으며, 소프트웨어상에서 비트율을 가변 시켜 부호화 하였다. MPEG 오디오에 있어서 객관적으로 압축이 적절하게 구현 되었는가는 마스킹 되는 신호와 잡음 신호와의 비로서 고려할 수 있다. 즉 마스킹 신호 대 잡음 신호 비가 0보다 적은 값으로 되는지를 살펴 봄으로서 오디오 신호의 압축이 적절하게 잘 되었는지를 평가할 수 있다. 그러나 MPEG 오디오 압축 알고리즘에서는 사람의 평균적인 청각 특성을 고려하여 오디오 신호의 정보를 압축하고 있으므로 청취자에 따라 오디오의 품질이 다르게 된다. 그러므로 객관적으로 양호한 결과가 나왔다고 해도 많은 청취자에 의한 주관 평가가 필요하다.

주관 평가에 있어서는 청취실이 시험의 결과에 영향을 미치지 않도록 하는 것도 중요하다

이를 위해서는 실내 소음이 적고, 잔향이 적은 청취실이 필요하다. 또한 여러 종류의 음원을 사용하여 비트율을 가변시키며 인코딩한 결과를 원음과 비교하여 그 차이를 평가 하였다. 비트율은 96kbps, 128kbps, 256kbps, 384kbps로 가변 시키며, 10명이 테스트에 참석하였으며, 음원의 종류는 영화 음악, 테니스 게임 중계 및 영어 남자 음성등 길이는 약 10 초 정도로 주파수 대역, 다이내믹 레인지, 템포 등을 고려하였다[2].

### 3.1 비트율 가변 모의시험 결과

그림2는 5채널, 48kHz 샘플링 및 16비트코딩의 멀티채널 오디오 데이터에 대해 원음과 재생음의 평균 차이값을 보이고 있다. 5개의 테스트 신호에 대해 320kbps전송인 경우 평균차가 -1이하이며, 128kbps인 경우는 -3값을 나타내고 있다. 시험에 사용된 주관 테스트 방법은 테스트를 하는 시험자는 물론 피험자도 시험 재료의 순서를 알 수 없게

하는 "Double blind triple stimulus with hidden reference" 방법이고 5점 방식을 사용하여 원 신호와 코딩후 신호의 차이에 의한 식으로 계산하였다.

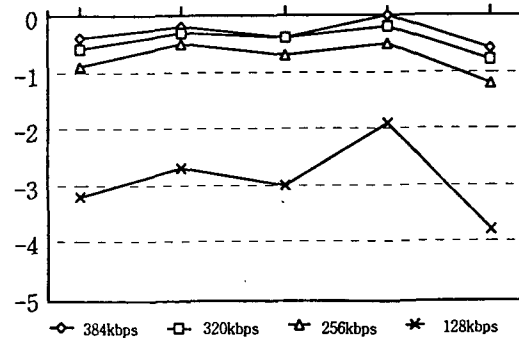


그림 2. 전송속도별 결과

Fig 2. Results for each bit rates

### IV. 4-채널 테스트 코덱의 특성

오디오 코덱은 부호화기 및 복호화기로 구분되어 있다. 하드웨어 및 소프트웨어적인 특성은 다음과 같다. 먼저, 부호화기의 하드웨어적인 특성은 3개의 DSP(TMS320C40, 40 MHz)를 사용하며, 오디오 입력은 FIFO(First In First Out)를 사용하여 6채널까지 입력할 수 있도록 하였다. 각 채널의 입력 샘플은 채널 순서대로 FIFO에 쌓이게 되며, 일정량의 샘플이 FIFO에 쌓이게 되면 한 프레임 분량(1152샘플 \* 6)의 샘플을 DMA(Direct Memory Access)채널을 통하여 DSP의 메모리에 전송하게 된다. 이때 FIFO에 각 채널의 샘플이 순서대로 저장되게 하고, DSP메모리에 전송된 데이터를 확인하기 위하여 각 샘플에 식별자를 붙였다.

부호화기의 소프트웨어적인 특성은 MPEG-1 계층 II의 규격을 이용한 것이며, 완전한2개의 2채널 부호화기로서 구성되어 있으며, 두번째 2 채널 부호화기의 출력 비트스트림은 첫번째 비트스트림의 부가 데이터(Ancillary data) 영역에 포함시킨다. 3개의 DSP중 첫번째 DSP에서는 4 채널 오디오의 입력과 정규화를 수행하고 있으며, 두번째 DSP에

서는 전방 2채널의 오디오 부호화를 수행하며, 세 번째 DSP에서는 후방 2채널의 부호화 및 비트스트림 출력을 수행하고 있다.

부호화기의 하드웨어적인 특성 및 구조는 부호화기와 거의 유사하다고 할 수 있는데 특성상 입력부는 비트스트림을 받으며, 출력은 6개의 채널까지 아날로그 오디오를 출력할 수 있는 구조로 되어 있다. 비트스트림 입력부는 특히 비트스트림의 시작위치를 찾는 부분이 있어 FIFO의 초기화 시 유효한 비트스트림의 시작부분부터 FIFO에 저장되도록 하고 있다. 이 부분이 없는 경우는 DSP에서 S/W(Software)로 구현하여야 하는데 비트 단위로 검색하여야 하는 어려움으로 적잖은 시간이 소요된다. 오디오 출력부에서는 각 채널의 오디오가 순서대로 출력될 수 있도록 DSP에서 각 채널의 샘플을 조합한 후 FIFO에 DMA 채널로 전송하며, FIFO의 각 채널의 샘플은 순서대로 각 채널을 통하여 출력되게 된다. 이 때 출력 채널이 바뀌지 않고 제대로 출력되게 하기 위하여 각 샘플에 식별자를 붙여 채널이 동기화 되도록 하였으며, 이로써 각 채널의 음향신호는 L, R, LS, RS 채널을 통하여 제대로 출력된다.

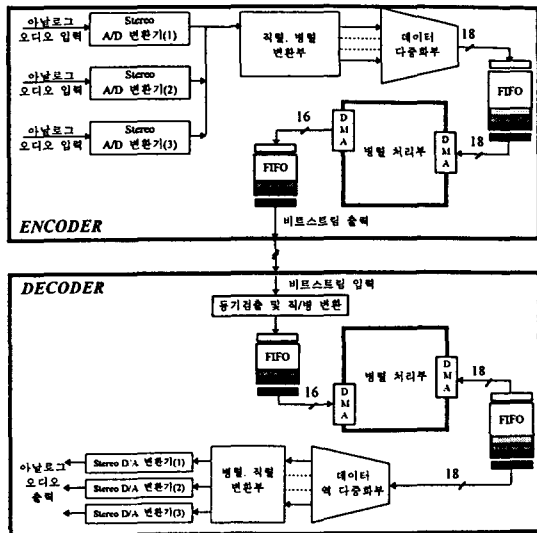


그림 3. 오디오 코덱 시스템  
Fig 3. Audio codec system

소프트웨어적인 특성은 MPEG-1 계층 II를 따르는 것이며, 2개의 2채널 부호화기로서 구성된다. 부호화기와 같이 3개의 DSP가 사용되는데, 첫 번째 DSP에서는 비트스트림 입력과 두 개의 비트스트림을 분할하여 다른 두 DSP에 입출력 포트와 DMA를 통하여 전송하며, 두 번째 DSP에서는 전방 2채널 오디오의 부호화를 수행하며, 세 번째 DSP에서는 후방 2채널의 부호화 및 오디오 샘플들의 재정렬 및 오디오 출력을 수행한다[3]. 그림3은 오디오 코덱 시스템을 보이며, 그림 4는 출력 비트스트림의 구조를 보이고 있다.

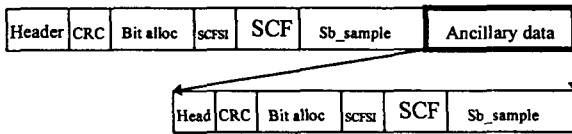


그림 4. 비트스트림 구성  
Fig 4. Bitstream structure

#### V. 4-채널 오디오 코덱의 평가

구현된 오디오 코덱의 경우는 멀티 채널의 비트율 가변 시험에 비하여 시험 재료 및 테스트에 참가하는 피험자를 늘렸다. 사용된 주관 평가용 재료는 하키장에서 나오는 아나운서 목소리, 오케스트라 및 영화음악 등 표 2와 같다. 10개의 시험 재료를 이용하고 있으며 17명이 테스트에 참석하였다. 주관적 음질 테스트는 ITU-R TG 10-3 과 EBU의 G1/LIST의 사양에 근거하여 청취실에서 실시하였으며, 청취실의 규격은 잔향 0.2 sec, 청취실 규격은 4.7m\*6m\*3m, 초기 반향은 -14dB, 배경음 잡음은 40dBA이며 그림 5와 같은 스피커 및 피험자의 배치를 사용하였다[4][5].

그림6은 신뢰도 구간 95 %인 경우의 조건에 대해 각 시험 재료에 대한 결과를 제시하고 있다. 4번 재료인 피치 파이프 음은 주파수 성분이 협대역인 관계로 하드웨어 상의 잡음 성분의 추가로 인한 영향이 다른 테스트 음원과 비교해 지각 차이 정도가 큰 것으로 결과를 보이고 있다. 이것은 잡음 성분 대역이 대역별로 처리를 하는 MPEG-1

오디오 압축 방식에서는 신호 대 잡음 성분비가 높게 발생하기 때문이다.

6번 과 10번 재료는 신호 구간 내에 묵음 길이 간격이 길어 이 구간 처리시에 배경 잡음이 음질에 영향을 준다.

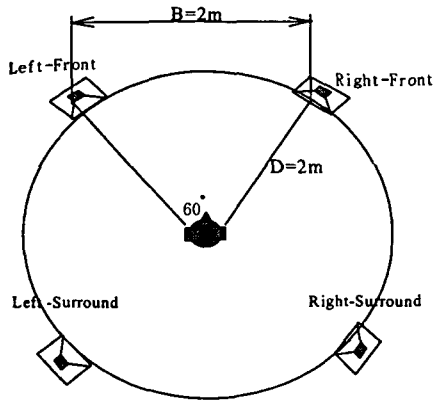


그림 5. 라우드 스피커의 배열 및 위치  
Fig 5. Location of Loud Speakers

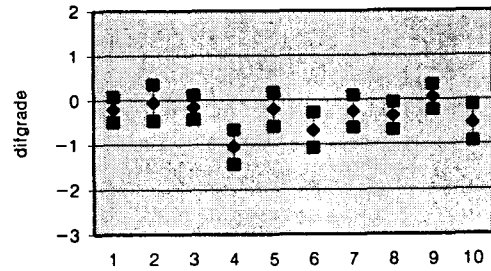


그림 6. 주관적 테스트 결과  
Fig 6. Results of Subjective Test

표 2. 주관 평가를 위한 시험 재료

Table 2. Test Materials for Subjective Evaluation

No	시험 음악
1	하키장에서 의 아나운서 목소리
2	하키장 응원
3	재즈
4	피치 파이프
5	인디애나 존스
6	Yamaha
7	베를리오즈
8	skee scene
9	knight movie
10	테니스장 녹음

표 1. 위성방송 인터페이스 프로토콜 계층 구조

Table 1. Interface Protocol Structure of Satellite Broadcast

응용계층	프로그램 서비스			데이터 서비스 (서비스제공자 정의)	RSMS데이터
	비디오	보조데이터	오디오		
표현계층	Main Profile @Main MPEG 2 Video ES	EIA-608	MPEG 1 Layer II Audio ES	(서비스 제공자 정의)	
	Video PES		Audio PES		
악세스 제어	DVB 스크램 블링				
전송 계층	MPEG-2 트랜스포트 스트림				
데이터 링크	복합 순방향 오류정정 (FEC)				
전기적물리계층	QPSK 변조 및 RF전송				
기계적물리계층	수신기 안테나				

VI. 결 론

본 논문에서는 멀티 채널 오디오 비트율 변화에 의한 음질의 주관적인 평가 모의 시험 결과에 대해서 기술하였다. 이 시험 결과 멀티 채널의 경우 320kbps이상은 제공해야 한다는 결과를 보이고 있다. 또한, 4-채널 오디오 코덱의 특성 및 주관적인 성능 평가에 대해 기술 하였다. 10개의 시험 재료를 이용하여 17명이 참석한 주관적인 테스트 결과에서 순음 성분인 신호와 묵음 구간이 많이 포함된 신호의 경우가 음질에 영향을 미치는 것을 볼 수 있다.

후후, 4-채널 코덱의 주관적인 음질 수준 결과를 정량화 하며, NMR(Noise-Masking Ratio)을 이용한 객관 측정과의 상호 관계를 유추 하는데 계속적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 한국통신 출연의 "고선명 TV전송 기술 개발"사업으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] ITU-R Task Group 10/1, 10/2, 10/3, "Contribution of the Radio communication Bureau's Task Group 10/1, 10/2, 10/3 to ISO /MPEG Audio Groups - Guideline on Subjective Testing of Multichannel Audio Codecs," ITU-R Document TG 10-1/TEMP/7, 2 March 1993.

[2] M. Platzner, etc., "Performance Measurements on a Multi-DSP Architecture with TMS320C40," Proceedings of ICSPAT '93, pp.1144~1152, Sep. 1993.

[3] S. Shlien, "Guide to MPEG-1 Audio Standard," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 40, No.

4, pp.206 ~ 218, Dec. 1994.

[4] ISO/IEC 13818-3, Coding of moving pictures and associated audio: Audio, 1994.

[5] ISO/IEC 11172-3, Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5Mbit/s - Part 3: Audio, 1993.



김 성 한(Sung-han Kim)  
 1965년3월 26일생  
 1989. 2 : 광운대학교 전자계산기 공학과 졸업  
 1991. 8 : 동대학원 졸업(석사)  
 1991.9~현재 : 한국전자통신연구원 휴먼인터페이스연구부 실감통신연구실  
 주요관심분야 : MPEG 오디오, 3차원 오디오 신호처리

장 대 영(Dae-young Jang)

1966년 2월 24일생  
 1991.2 : 부산수산대학교(현,부경대학교) 전자공학과 졸업(공학사)  
 1991.2 - 현재 : 한국전자통신연구원 휴먼인터페이스연구부 실감통신연구실 선임연구원  
 주요관심분야 : DSP응용기술, 음향처리, MPEG 오디오, 3차원 오디오 신호처리

홍 진 우(Jin-woo Hong)

1959년 4월15일생  
 1982.2 : 광운대학교 응용전자공학과 졸업(공학사)  
 1984.2 : 광운대학교 전자공학과 졸업(석사)  
 1993.8 : 광운대학교 전자계산기공학과 졸업(박사)  
 1984.3 - 현재 : 한국전자통신연구원 휴먼인터페이스연구부 실감통신연구실 책임연구원  
 주요관심분야 : ISDN전화기,DSP응용기술, 통신품질 평가,음향처리, MPEG 오디오