

논문-01-6-1-08

디지털 오디오 방송 서비스를 위한 오디오 코덱의 구현

장대영*, 홍진우*

Implementation of the Audio CODEC for Digital Audio Broadcasting Service

Dae-young Jang* and Jin-Woo Hong*

요 약

본 논문에서는 디지털 오디오 방송 시스템의 소스 부호화기로 사용하기 위한 AAC (MPEG-2 Advanced Audio Coding) 코덱 시스템의 개발에 관하여 기술한다. 인코더 및 디코더는 ETRI에서 제안한 디지털 오디오 방송 시스템에 접속하기 위해 MPEG-2 (moving Picture Experts Group phase 2) 시스템의 TS (Transport Stream) 형식으로 입출력한다. 내부 오디오 신호처리를 위한 DSP (Digital Signal Processor)는 TI(Texas Instruments)사의 TMS320C6701 (Floating point, 166 MHz)을 사용하였으며, 인코더에서는 DSP를 4개까지, 디코더에서는 3개까지 사용하여 구성할 수 있도록 설계하였다. DSP에서는 시스템 제어, 오디오 신호 입력, 오디오 신호 처리, TS 신호 발생, 비트스트림 출력 등의 처리를 수행하며, 각 DSP는 직렬 및 병렬 접속에 의해 데이터를 전달한다. 현재 본 시스템을 사용하여 2채널의 AAC 코덱을 구현하였으며, 이후 본 시스템을 이용하여 멀티채널 AAC 코덱, MPEG-4 오디오 코덱을 구현할 예정이며, DAB 및 디지털 방송 분야에 활용될 것이다.

Abstract

This paper introduces an implementation of MPEG-2 AAC codec system for digital audio broadcasting. This system consists of the encoder and the decoder. This system includes MPEG-2 system multiplexing and demultiplexing modules for interfacing to the ETRI-DAB system. Four DSPs are adopted for the encoder and three DSPs for the decoder. Each DSP processes system control, I/O control, audio signal processing, multiplexing and demultiplexing. This paper also discusses some near future estimations related to the DAB system and its services. Currently a stereo audio codec is available, but multi-channel audio codec and MPEG-4 audio codec will be also implemented.

I. 서 론

라디오 방송은 1896년 마르코니가 처음으로 무선전신 실험에 성공하면서 전파에 의한 통신가능성이 열린 이래, 무수한 방송국이 설립되면서 인류의 생활에 깊숙이 파고 들어 없어서는 안될 중요한 대중 매체가 되었다.

아날로그 신호에 의해 전달되던 라디오 방송은 1995년

영국 BBC에 의해 디지털 오디오 방송이 개시된 이후, 세계 각국에서 지대한 관심을 가지고 앞다투어 디지털 오디오 방송 서비스를 상용화하기 위해 힘쓰고 있다. 이러한 각국의 노력의 결과로써, 최근 5년동안에 여러 종류의 디지털 오디오 방송 시스템들이 등장하였으며, 그 이름 또한 DRB(Digital Radio Broadcasting), DSB (Digital Sound Broadcasting), DAB(Digital Audio Broadcasting), DAR(Digital Audio Radio), DR(Digital Radio) 등 다양한 형태로 불리게 되었다. 이들 시스템 중에서 가장 일찍 유럽에서 개발되어 실용화 단계에 있는 DAB가 가장 일반적인 명칭으로 사용되고 있으며, 그 외에도 미

* ETRI-무선방송기술연구소 방송미디어연구부
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

※ 본 논문은 과학기술부의 특정연구사업인 "디지털 오디오 방송 기술 연구"과제의 일환으로 수행한 연구결과입니다.

국의 IBOC (In Band On Channel), IBAC (In Band Adjacent Channel) 방식이 많은 관심을 불러 일으키고 있다^[1].

이러한 디지털 오디오 방송의 출현이 가능하였던 것은 CD (Compact Disc), DAT (Digital Audio Tape), MD (Mini Disk) 등의 디지털 오디오가 출현한 이후, 이들 데이터의 용량을 혁신적으로 감소시킬 수 있는 디지털 오디오 압축 및 부호화 기술이 개발되었기 때문이다. 이들 기술은 현재 MPEG에 의해 통합되어 약 10년간 MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4로서 발전되어 왔는데, 가장 초기 디지털 오디오 부호화 기술인 MPEG-1이 유럽에서 개발된 DAB 시스템에 적용되어 오늘에 이르게 된 것이다.

유럽의 디지털 오디오 방송 방식인 DAB는 가장 일찍 개발되어 그 성능이 검증되었지만, 이미 낙후된 기술인 MPEG-1을 그대로 사용할 수 밖에 없는 구조로 인해, 다소 성능 및 서비스의 융통성이 결여된다는 단점이 있다. 또한 현재의 아날로그 라디오 대역 이외의 대역을 사용하는 DAB에 비해, 미국의 IBOC 및 IBAC 방식은 기존 아날로그 방송과 같은 대역을 사용하면서 동시에 방송되다가 점차 전 디지털 방식으로 대체한다는 개념으로서 많은 관심을 불러 일으켰지만, 기술적 문제들이 아직 완전히 해결되지 않은 상황이어서 유럽의 DAB 방식과 힘 겨루기가 한창이다.

표 1에서는 유럽과 미국, 일본의 디지털 오디오 방송 방식을 요약하여 설명하고 있다.

표 1과 같이 다양한 전송 방식에 대응하여, 미국 및 일본의 디지털 오디오 방송은 오디오 부호화 방식으로서

표 1. 유럽, 미국, 일본 방식의 비교[1]
Table 1. Comparison of typical DAB systems

	유럽	미국	일본
프로젝트	EUREKA-147 DAB	IBOC, IBAC	ASDB-T
변조방식	COFDM	COFDM	BST-OFDM
오디오 부호화	MPEG-1 Layer II	MPEG-2 AAC / PAC	MPEG-2 AAC
주파수 대역	대역외	기존 혹은 인접 채널	TV 대역
대역폭	1.536MHz	140kHz	430kHz
표준화 현황	ETSI 채택	미국 제안중	TTC 승인
서비스 현황	1995년부터 시험방송	1999년부터 시험 방송	2000년 시험방송
문제점	새로운 대역 필요	기존 방송과 상호 간섭	TV 채널과 주파수 조정

MPEG-1보다 향상된 성능을 가지는 MPEG-2 AAC를 채택함으로써, 오디오 부호화 방식 또한 중요한 결정 요인이 되었다. 그러나 이미 상용화 되어 서비스를 실시하고 있는 유럽 방식의 경우 오디오 부호화 방식을 변경한다는 것은 막대한 손실을 감수하여야 하므로 현재로서는 MPEG-1을 고수하고 있는 실정이다. 그러나 DAB는 단순히 아날로그를 디지털로 대체한다는 개념보다는 디지털 오디오 서비스와 함께 다양한 부가 서비스를 지향하고 있으므로, 향후 MPEG-2, MPEG-4 등의 향상된 기능도 수용하여 융통성 있는 서비스를 제공할 필요성이 있다.

본 논문에서는 이러한 배경을 근간으로 하여, 디지털 오디오 방송을 위한 오디오 시스템의 요구사항과 MPEG-2 AAC 시스템의 설계 및 구현에 관한 내용을 기술하며, 향후 전망 및 연구 계획에 대하여 논하고자 한다.

II. 하드웨어 설계 및 구현

디지털 오디오 방송 시스템의 오디오 부호화 시스템으로 활용하기 위해 본 MPEG-2 AAC 시스템은 표 2 및 표 3에 기술한 요구사항을 기본으로 하여 설계되었다.

표 2. 인코더 요구사항
Table 2. Requirements for Encoder

항목	요구 규격
오디오 입력	6채널(아날로그/디지털)
프로파일	MPEG-2 AAC LC
채널 구성	1-6 채널
데이터 입력	RS-232
비트스트림 입력	IEC958
비트스트림 출력	ES 및 TS

표 3. 디코더 요구사항
Table 3. Requirements for Decoder

항목	요구 규격
비트스트림 입력	ES 및 TS
기존 클럭	비트스트림에서 복원
데이터 출력	RS-232
데이터 표시	LCD 표시창
오디오 출력	6채널(아날로그/디지털)

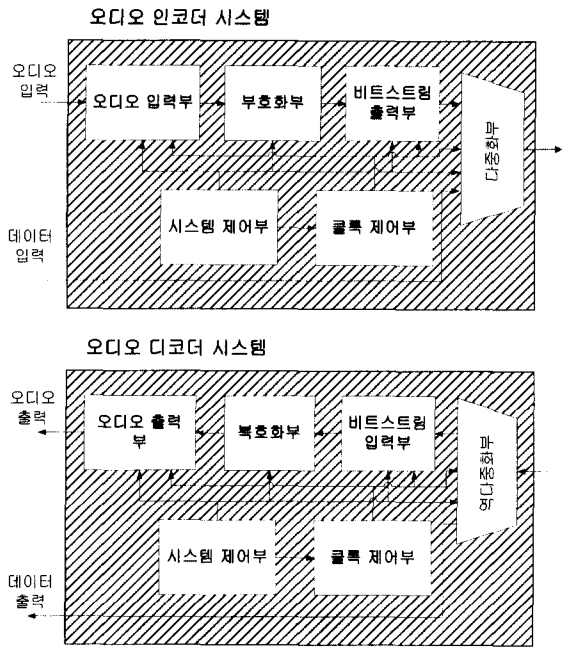


그림 1. MPEG-2 AAC 시스템의 전체 구성 및 외부 접속도
Figure 1. Block-diagram of MPEG-2 AAC codec system

시스템은 그림 1과 같이 크게 인코더 및 디코더로 구성되어 있으며, 인코더에는 MPEG-2 시스템 다중화부, 디코더에는 역다중화부가 포함되어 있다.

시스템의 주요 부분을 입력/출력부, 인코딩 처리부, 디코딩 처리부, 시스템 제어부, TS 처리부로 구분하며, 다음 절에서 보다 자세히 설명한다^[2].

1. 입력/출력부

인코더의 입력은 외부 시스템으로부터 아날로그 또는 디지털 형식의 오디오 데이터를 입력하는 멀티채널 오디오 입력, 외부 부가 서비스용 데이터를 입력하는 데이터 입력, 외부 비트스트림을 입력하는 비트스트림 입력 등으로 구성되어 있으며, 출력은 ES (Element Stream) 및 TS (Transport Stream) 형식의 비트스트림 출력을 제공한다^[3].

디코더의 입력은 ES 및 TS 형식의 비트스트림 입력이 있으며, 출력은 외부 데이터 출력 및 멀티채널 오디오 출력으로 구성되어 있다.

오디오 입,출력은 5.1 채널까지의 멀티채널 오디오를 수용할 수 있도록 하였으며, 데이터량이 많기 때문에 FIFO

(First In First Out)를 사용하여 버퍼링을 하여 입력하도록 구성되었다.

비트스트림은 다양한 시스템에 적용하기 위하여, ES 뿐만 아니라 TS 형식으로 출력할 수 있도록 하였으며, ES의 경우 IEC61937 형식을 사용하며, TS의 경우는 ECL (Emitter Coupled Logic) 병렬 인터페이스를 적용하였다. TS의 경우는 TS 다중화 혹은 역다중화부와 접속되며, ES의 경우는 인코딩 및 디코딩 처리부로 직접 접속된다.

2. 인코딩 처리부

인코딩 처리부는 멀티채널 오디오 데이터를 압축 및 부호화하는 부분으로서, MPEG-2 AAC의 비트스트림을 생성하여 출력한다.

5.1 채널의 부호화를 수행하기 위해 3개 까지의 DSP를 접속할 수 있으며, 각 DSP는 DSP의 직렬 포트에 의해 서로 접속되어 있다. 각 DSP는 그림 2의 MPEG-2 AAC 부

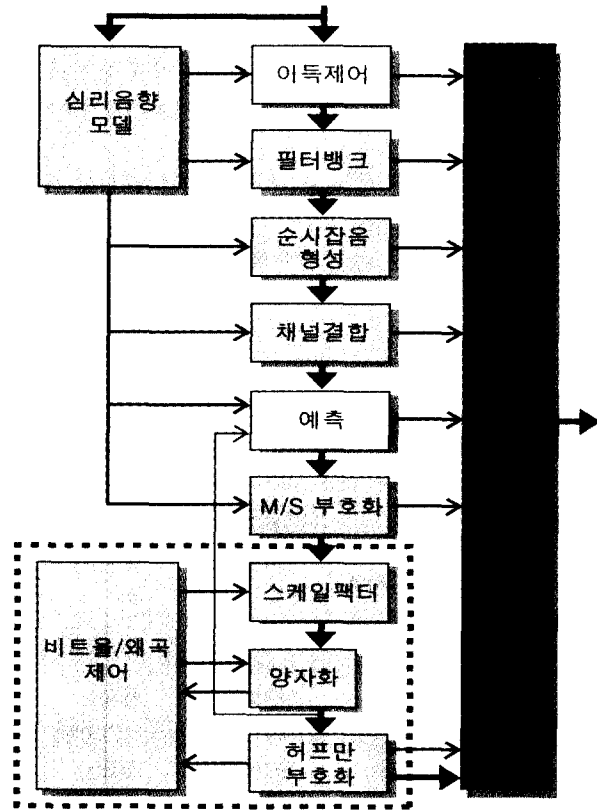


그림 2. MPEG-2 AAC 부호화기의 구조
Figure 2. MPEG-2 AAC Encoder Block-diagram

호화기의 구조에서 나타내고 있는 부호화 도구 즉, 심리음향 모델, 시간/주파수 변환, 순시 잡음 형상화 도구, 채널쌍 부호화, 왜곡 및 비트율 제어, 허프만 부호화 등을 나누어서 처리하게 되며, 이 외에도 시스템의 제어 및 입/출력의 제어를 담당한다^{[4][5]}.

각 DSP는 다른 DSP에 전달하기 위한 적절한 데이터 구조를 생성하며, 이를 DSP의 직렬 포트를 통하여 다음 DSP에 전달한다. 이러한 구조에 의해 인코딩 처리는 파이프라인에 의한 병렬 처리를 수행하게 되며, 이에 의해 약간의 지연이 발생하게 되는데, 버퍼의 크기를 조절하여 지연을 조절할 수 있다.

3. 디코딩 처리부

디코딩 처리부는 인코딩 처리부보다 계산 용량이 현저히 적으므로 한 개의 DSP에 의해 8채널 이상의 디코딩을 수행할 수 있다. 실제로 LC (Low Complexity) 프로파일보다 약 30%이상 복잡도를 가지는 메인 프로파일의 디코딩도 충분히 수행할 수 있는 성능을 가진다^[5].

외부 혹은 TS 역다중화부로부터 ES를 입력하여 오디오 신호를 복원하며, 복원된 오디오 신호는 FIFO를 통하여 오디오 출력부로 전달된다.

4. 시스템 제어부

시스템 제어부는 인코딩 및 디코딩 처리부의 DSP를 일부 사용하여 제어한다. 일반적인 하드웨어의 제어로서는 입출력 제어 및 인터럽트 발생 및 처리가 수행되며, 시스템의 동작 제어는 시스템의 LCD (Liquid Crystal Display) 및 버튼 스위치를 이용하여 사용자에게 의해 수행된다.

일반적인 LCD의 접근 속도가 매우 느리기 때문에 DSP에서 직접 제어하는 것은 매우 비 효율적이다. 그러므로 본 시스템에서는 DSP와 LCD 사이에 버퍼를 적용하여 DSP에서 먼저 고속으로 버퍼에 저장한 다음 버퍼에서 LCD로 적절한 속도로 데이터를 전송함으로써 DSP의 자원을 최대한 인코딩 처리에 활용할 수 있도록 하였다.

LCD와 스위치의 접근은 첫번째 DSP에서만 가능하며, 다른 DSP에는 첫번째 DSP에서 직렬 포트를 통해 전송하도록 하였다. LCD는 또한 시스템의 상태 및 사용자에게 다양한 관련 정보를 표현하는데 사용될 수도 있다.

5. TS 처리부

TS 생성부는 인코딩 처리부로부터 ADTS (Audio Data Transport Stream) 형식의 AAC 비트스트림을 입력하고, 외부로부터 부가 서비스를 위한 데이터를 입력하여 PES (Packetized Element Stream) 생성 과정을 거쳐 TS 패킷으로 다중화된다. 이들 데이터 외에도 TS를 형성하기 위한 몇 가지 테이블이 포함되며, TS의 패킷으로 구분되어 출력된다^[3].

TS 패킷은 ECL 병렬 인터페이스에 의해 출력되는데, TS의 전송 속도는 ETRI의 DAB 시스템과의 접속을 위해 750 kbps로 설정하였다. TS 패킷은 188 바이트로 구성되며, 4비트의 헤더를 제외하면, 184 바이트의 데이터를 운반할 수 있다.

TS 패킷과 AAC 비트스트림의 한 프레임 길이는 서로 다르며, 서로 동기시켜 입/출력하기 위해서는 적절한 버퍼와 기준 클럭을 이용하여 상대적으로 버퍼의 고갈이나 포화가 발생하지 않도록 조절하여야 한다. 본 시스템의 TS 생성기에서는 미리 오디오 비트스트림 및 데이터의 PES를 생성하여 두고, 오디오의 한 프레임 시간인 1024/표본화 주파수에 대응하는 TS 패킷의 수를 출력하도록 하여 입력과 출력을 서로 동기시키고 있다.

디코더의 TS 역다중화기에서는 TS의 헤더를 분석하여 오디오 비트스트림 및 데이터 패킷과 테이블들을 구별하며, 테이블을 분석하여 오디오 비트스트림과 데이터를 서로 구분할 수 있다. 이렇게 역다중화 된 오디오 비트스트림은 복호화기로 전송되며, 데이터는 외부로 출력되기도 하고, 프로그램과 관련있는 데이터인 경우 LCD에 표시할 수 있다.

Ⅲ. 시스템 구현 및 고찰

구현된 하드웨어를 기반으로 MPEG-2 AAC 스테레오 인코더 및 디코더를 구현하였다. 인코더에서는 시스템 제어 및 부호화 기능을 포함하여 3개의 DSP에 구현하였으며, MPEG-2 TS 생성 및 출력을 위해 하나의 DSP를 추가로 사용하였다. 3개의 DSP에서 심리음향 모델, 스펙트럼 부호화 도구, 양자화 및 허프만 부호화 기능을 분산 처리함으로써, 실시간에 멀티채널 오디오를 부호화 할 수 있도록 하였다. 이렇게 구현된 부호화기는 오디오 입력에 있어 32, 44.1 및 48 kHz의 표본화 주파수를 지원하며, MPEG-2 AAC LC 프로파일의 비트스트림을 생성하여

TS 생성기에 전달한다. 비트율은 표본화 주파수에 따라 채널 당 32 kbps에서 128 kbps까지 가능하다. TS 생성기에서는 비트스트림을 TS 형식으로 변환하여, 750 kbps의 전송속도로 출력된다.

디코더에서는 인코더에서 출력되는 TS 형식의 비트스트림을 받아 AAC 데이터를 구분하여 받아 들인 후 디코딩 처리기에 전달한다. 디코더는 시스템 제어 및 오디오 출력부를 포함하여 2개의 DSP를 사용한다. 디코더에서는 비트스트림으로 전달되는 정보를 해석하여 LCD를 통해 사용자에게 보여 주며, 오디오 데이터는 복원하여 출력 보드를 통해 출력한다.

이후 본 시스템을 그대로 활용하여, 추가적인 최적화를 통해 5.1 채널까지의 부호화 및 복호화를 수행할 수 있도록 개발될 것이며, 디지털 오디오 방송, 디지털 방송, 인터넷 오디오 방송 등에 활용될 것이다.

IV. 향후 전망 및 계획

현재 디지털 오디오 방송 방식으로는 유럽 방식인 EUREKA-147 DAB가 유력한 방식으로서 대두되고 있지만, 미국 및 일본의 디지털 오디오 방식에서는 MPEG-2 AAC를 오디오 부호화기로서 채택하고 있으며, 향후 향상된 서비스 및 기능을 수용하기 위해서는 MPEG-4와 같은 향상된 기술을 적용하는 것이 필요하다.

MPEG-4의 주요 기능 중 디지털 오디오 방송에 있어 효과적으로 사용할 수 있는 기능은 객체 기반 부호화 기능 및 계층 부호화 기능이다.

객체 기반 부호화는 오디오의 경우 음성 및 음악, 합성음 등의 특성을 달리하는 각 객체 별로 별도의 부호화 방식을 적용하여 부호화하는 방식으로서, 객체들을 별도로 제어하거나 수정할 수 있어 사용자에게 상당한 매력을 줄 수 있는 다양한 서비스가 가능하다. 그러나 단점으로는 각 객체별로 부호화 또는 복호화 기능을 모두 가지고 있어야 하고, 또한 시스템의 제어가 복잡하여 송신 및 수신 시스템의 제작 비용이 상승할 수 있다. 이러한 문제가 해결되려면, 프로세서 기술이나 ASIC 기술이 향상되어야 할 것으로 예상되며, 근래의 추세를 감안하면 수년 내에 이러한 기능이 디지털 오디오 방송에서도 적용될 수 있을 것이다.

계층 부호화 기술은 그림 3과 같이 비트스트림을 기본 계층과 상위 계층으로 구분하여 기본 계층 부호화기에서 최소한의 품질로서 부호화하고, 원 신호와 복원된 기본 계

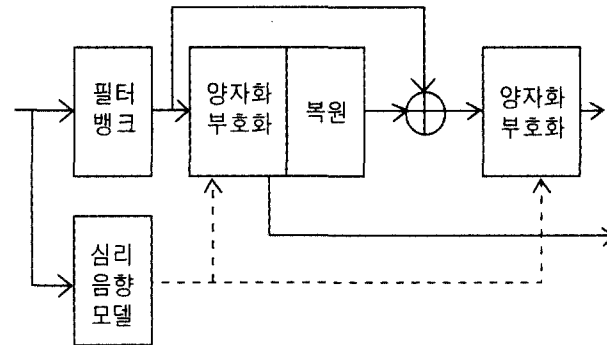


그림 3. AAC의 계층 부호화 방식
Figure 3. Scalable AAC Encoder Block-diagram

층의 신호의 차이를 다시 상위 계층 부호화기로서 부호화한다. 복호화 시 기본 계층은 필수적으로 복원하고 상위 계층은 기본 계층의 품질을 향상시키기 위해 선택적으로 사용될 수 있도록 하는 것이다. 이러한 기능을 이용하면, 계층에 따라 우선 순위나 오류 방지 기능을 단계적으로 적용함으로써, 서비스의 신뢰성을 극대화시킬 수도 있으며, 수신기도 다양한 품질로서 다양한 가격대로서 구현할 수 있다.

디지털 오디오 방송이 본격화되면, 현재의 모든 음반이나 복사 방식의 권리를 가지고 있는 프로그램들의 권리가 보호될 수 없으므로 이를 보호할 수 있는 워터마킹 또는 암호화 기술이 필요하게 될 것이며, 정책적으로도 이러한 권리의 보호 및 거래를 양성화시킬 수 있도록 광범위한 정책의 마련이 시급하다.

V. 결 론

본 논문에서는 디지털 오디오 방송의 개발 현황을 간단히 살펴 보았으며, 디지털 오디오 방송 시스템의 오디오 부호화기로서 사용될 수 있는 MPEG-2 AAC 시스템의 설계 및 구현에 관하여 간단히 소개하였다. MPEG-2 AAC 부호화 방식은 유럽의 EUREKA-147 DAB 시스템에서 사용하는 MPEG-1보다 최대 2배까지의 압축 효율을 가지며, 128kbps에서 CD 음질을 얻을 수 있기 때문에 디지털 오디오 방송 시스템의 가장 유력한 오디오 부호화기로 생각할 수 있으나, EUREKA-147이 이미 상용화되어 서비스되고 있는 상황이라 현재로서는 시장 진입에 어려움을 겪고 있다. 그러나 향후 서비스의 향상에 대한 사용자의 요구 사항에 의해 점차 보다 앞선 기술의 오디오 부

호화기로 교체될 것으로 전망된다.

또한, 모든 디지털 방송은 그 특성상 부가 데이터 서비스를 동반할 수 있으며, 디지털 오디오 방송에서도 멀티미디어를 이용하는 서비스가 출현할 것이며, 이를 위해서는 확장성이 뛰어난 MPEG-4 등의 첨단 기술이 일부 도입될 수도 있으므로 MPEG-2 및 MPEG-4의 디지털 방송에의 활용에 대한 노력을 계속하여야 한다.

본 논문에서 소개한 디지털 오디오 방송을 위한 MPEG-2 AAC 오디오 시스템은 앞으로 EUREKA-147에도 적용할 수 있는 시스템으로 개발해 나갈 것이며, 이외에도 MPEG-4의 다양한 기능을 사용할 수 있는 부가 서비스의 창출을 위한 테스트베드로서 활용할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 박지형, "디지털 라디오 방송," 세종 출판사, pp. 53-141.

2000.

[2] 장대영, 강경옥, 박진석, 김성한, 홍진우, S. Geyersberger, W. Fiesel, H. Gernhardt, D. Huhn, "A multichannel audio codec system for multichannel audio authoring", *106th AES Convention proceeding*, I-7, 5, 1999.

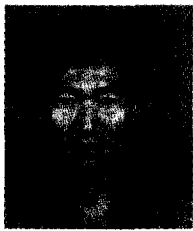
[3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG. International Standard IS 13818-1 Information Technology - *Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio, Part 1: System*, 1997.

[4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG. International Standard IS 13818-7 Information Technology - *Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio, Part 7: Advanced Audio Coding*, 1997.

[5] S. Geyersberger, W. Fiesel, H. Gernhardt, D. Huhn, M. Dietz, 장대영, 강경옥, 박진석, 김성한, 홍진우, "MPEG-2 AAC Multichannel Realtime Implementation on Floating Point DSPs", *106th AES Convention proceeding*, J-2, 5, 1999.

저 자 소 개

장 대 영



1991년 2월 : 부경대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2000년 2월 : 배재대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업 (공학석사)
 2000년 3월~현재 : 배재대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정
 1991년 1월~현재 : 한국전자통신연구원 방송미디어 연구부 선임연구원
 주관심분야 : 음향 신호처리, 멀티미디어 방송

홍 진 우



1982년 2월 : 광운대학교 응용전자공학과 졸업 (공학사)
 1984년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1993년 8월 : 광운대학교 대학원 전자계산기공학과 졸업 (공학박사)
 1998년~1999년 : 독일 프라운호퍼연구소 (교환연구원)
 1984년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 음향기술연구팀장
 2000년 1월~현재 : 한국음향학회 홍보이사, 뉴미디어음향 학술분과위원장
 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 디지털 콘텐츠 보호, 디지털 오디오 방송