

멀티채널 오디오 부호화를 위한 TMS320C6701 DSP 보드 구현

장대영 · 홍진우 · 콧진석

한국전자통신연구원

Implementation of the TMS320C6701 DSP Board for Multichannel Audio Coding

Dae-young Jang · Jin-woo Hong · Jin-suk Kwak

ETRI

E-mail : dyjang@etri.re.kr

요 약

본 논문은 MPEG-2 AAC 멀티채널 오디오 및 MPEG-4 오디오의 다중객체 부호화를 위한 DSP 시스템의 설계 및 구현에 관하여 기술한다. DSP로서는 TI 사의 최근 제품인 고성능의 TMS320C6701 (이하 6701로 함) 2개를 사용하였고, DSP 보드는 PC에 장착하여 프로그램을 다운로드하고 시스템을 제어할 수 있게 하기 위하여 PCI 인터페이스를 함께 구현하였으며, 부호화기 및 복화기로서 함께 사용할 수 있는 구조로서 설계하였다. 또한 멀티채널 오디오를 디지털 신호로 변환하고 다중화하여 직렬신호로서 입력하고, 다시 역으로 출력하기 위한 시스템을 별도로 외부에 구현하였으며, 접속 인터페이스로서 ADI (Analog Digital Interface)를 사용하여, ADI 인터페이스를 지원하는 멀티채널 오디오 장비를 입력력 시스템으로 사용할 수 있도록 하였다. 현재의 결과로서는 MPEG-2 AAC 4채널 오디오를 2개의 DSP를 사용하여 실시간으로 안정되게 부호화 할 수 있으며, 1개의 DSP로도 8채널까지의 복화화가 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper is on the DSP system design and implementation for real time MPEG-2 AAC multichannel audio, and MPEG-4 object oriented audio coding. This DSP system employs two DSPs of the state of the art TMS320C6701, developed by TI semiconductor. DSP board has PCI interface for downloading application program and control the system. DSP board was designed to use for both encoder and decoder, by setting several switches. The system contains external input and output box also, for A/D and D/A conversion for eight channel audio. The input box converts multi channel digital audio to ADI format, that provides serial interface for eight channel digital audio. And the output box converts ADI format signal to multi channel audio. Through this ADI interface, DSP boards can be connected to input, output box. Implemented DSP system was tested for integration with MPEG-2 AAC encoder and decoder S/W. Currently the DSP system performs realtime AAC 4-channel audio encoding with two DSPs, and 8-channel decoding with one DSP.

1. 서 론

최근 방송 매체 및 가정용 오디오, 비디오 매체의 디지털화가 가속되고 있다. 이는 디지털 신호 처리 기술의 향상으로 인해 디지털 오디오, 비디오 매체가 전송 및 저장 매체에 구애받지 않고 사용이 가능해 지고 있음에 기인한다. 즉 디지털 신호처리에 의해 많은 정보를 압축함으로써 전송

채널 및 저장 매체의 한계를 극복하고, 편집 및 저작이 디지털 매체 상에서 처리될 수 있어 모든 적용 분야에 융통성을 발휘할 수 있게 되었다.

현재 가정용 오디오에서는 압축되지 않은 디지털 오디오 형식인 CD (Compact Disc)가 널리 사용되고 있지만, 조만간 보다 많은 정보를 담을 수 있는 DVD (Digital Video Disc) 매체가 오디오 시장을 잠식할 것으로 예상된다. DVD 매체의 저

상 용량이 CD보다 월등히 많으며 데이터 압축에 의해 저장할 수 있는 오디오 신호의 대역폭을 CD의 약 4배인 최대 192kHz까지 확장할 수 있으며, 채널 또한 5.1채널 (전방 좌, 우 채널<2> + 후방 좌, 우 채널<2> + 중앙 채널<1> + 저음 강조채널<0.1>)까지 늘릴 수 있어 기존의 CD의 품질에 불만을 나타내던 오디오 매니아들의 감증을 풀어줄 수 있는 고품질의 오디오와 함께 현장감을 가정에서 즐길 수 있기 때문이다.

방송에 있어서는 매체를 디지털화 함에 따라 채널을 5.1채널까지 늘리며, 기타 다중언어 서비스 및 장애인용 복지 서비스를 위한 추가 음성 서비스를 규격에 포함시키고 있다[1]. 또한 디지털 방송 채널의 여유 공간을 적절히 사용하여 부가 데이터 서비스를 제공하며, 향후 인터넷과의 결합에 의해 대화형 멀티미디어 방송 서비스를 제공하려는 계획이 여러 기관에서 수립되고 있다.

이러한 오디오 매체와 방송의 디지털화를 실현하기 위해서는 디지털 신호처리 기술을 이용한 고품질 멀티채널 오디오 및 객체 기반 음성, 오디오 부호화 기술을 개발하는 것이 급선무라고 할 수 있다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 멀티채널 오디오 방식으로는 돌비 AC-3[2]가 있지만 비트스트림의 구조가 부가 서비스를 구현하는 측면에서 매우 불편하며, 성능이 그리 우수한 편이 아니다. MPEG (Moving Picture Experts Group)에서는 AC-3와 기존의 MPEG-1 오디오 부호화 방식[3]과 호환성을 가지는 MPEG-2 BC (Backward Compatibility) [4]의 단점을 보완하고 기능을 확장시킨 MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) [5]를 1997년 표준화하였다.

MPEG-2 AAC는 비트스트림에 최대 48 채널의 오디오를 포함할 수 있으며, 채널 당 64 kbps의 비트율로써 'EBU 방송 품질'을 만족하고 있다[6]. 이러한 성능은 MPEG-2 BC의 약 2배에 해당하고, AC-3 및 MP3 (MPEG-1 audio layer III) [3]의 약 1.5배에 해당하는 성능으로서 장차 여러 가지 응용분야에 활용될 전망이다. MPEG-2 AAC는 현재 MPEG-4 오디오의 하나의 개체로서 포함되어 있으며, 일본에서 향후 모든 디지털 방송의 오디오 방식으로 규정되어 있다.

MPEG-2 AAC를 구현한 시스템 및 부품은 아직 극소수에 불과하다. Cirrus Logic에서는 AC-3, MPEG-2 BC, MPEG-2 AAC를 지원하는 디코더 칩을 발표하였으며, 기존의 MPEG 디코더를 개발했던 업체들이 AAC 디코더를 개발하고 있는 중이다. 대개의 오디오 관련 부품들은 DSP (Digital Signal Processor)를 이용하여 외부에 메모리와 입출력 인터페이스를 추가하는 방식으로 개발되고 있으며, 이는 오디오 데이터의 해상도가 16 비트 이상으로써 내부 연산 처리에서는 적어도 24에서 32 비트 이상의 부동 소수점 연산을 필요로 하므로 고정 배선에 의한 회로로서는 구현이 매우 힘들기 때문이다.

현재 발표되고 있는 DSP 중 가장 성능이 우수한 부동 소수점 DSP 중의 하나가 TI (Texas Instruments) 사의 TMS320C6701로서 167 MHz의 클록을 사용하여 최대 1 GFLOPS의 처리 용량을 가진다. 데이터 버스는 32비트이며, Velocity의 VLIW (Very Long Instruction Word)를 기본으로 하는 구조이며, 내부에 여덟 개의 연산기를 이용하여 병렬 처리를 수행한다 [7, 8]. 그림 1에 6701의 내부 구조를 나타내고 있다.

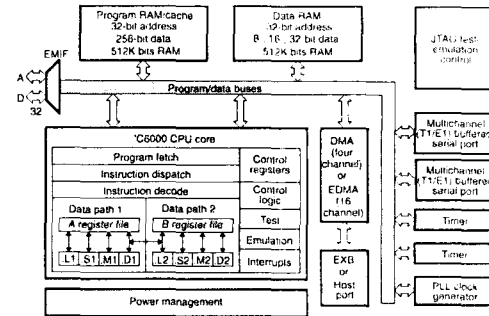


그림 1. TMS320C6701의 구조

본 논문은 MPEG-2 AAC 멀티채널 오디오 및 MPEG-4 오디오[9]의 다중객체 부호화를 구현하기 위해 TI 사의 TMS320C6701을 이용한 DSP 시스템의 설계 및 구현에 관하여 기술한다. 본문에서는 DSP 시스템 및 입출력 시스템의 설계에 관한 내용과, 구현된 시스템을 이용한 실시간 멀티채널 MPEG-2 AAC 인코더 및 디코더의 구현에 있어 발생한 문제점과 이를 해결하기 위하여 사용한 여러 가지 해결책에 관하여 기술한다.

II. H/W 시스템 설계 및 구현

본 장에서는 MPEG-2 AAC 멀티채널 오디오와 MPEG-4 객체기반 오디오의 인코더 및 디코더를 구현하기 위한 DSP 보드의 설계 및 멀티채널 오디오 입출력을 위한 입출력 박스의 설계에 대하여 기술한다.

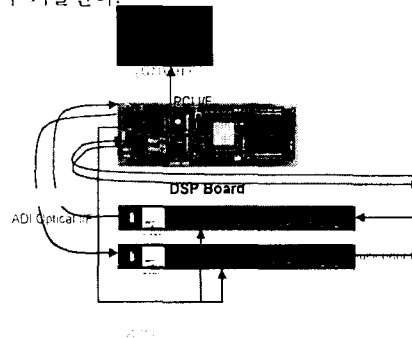


그림 2. 전체 시스템 구성 및 접속

본 시스템의 H/W는 그림 2와 같이 크게 DSP 보드와 입출력 박스로서 구성된다.

2.1 DSP 보드의 구조 및 기능

DSP 보드는 실제로 멀티채널 오디오의 MPEG-2 AAC를 기반으로 하여 부호화를 수행하는 부분으로서 DSP를 2개 혹은 1개를 장착하여 운용할 수 있다. TMS320C6701 DSP 2개를 사용하면 5.1 채널의 MPEG-2 AAC 부호화를 수행할 수 있을 것으로 예측하였으며, 한 개의 DSP로서 5.1 채널 이상의 디코딩 처리를 충분히 할 수 있을 것으로 예측하였다.

그림 3에 DSP 보드의 구조에 대하여 나타내고 있다.

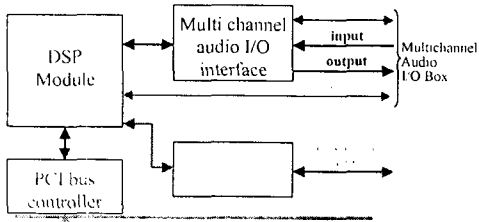


그림 3. DSP 보드의 구조

그림의 DSP 모듈에는 두 개의 DSP를 장착할 수 있는데, 두 개의 DSP 사이에는 고속의 데이터 전송을 위하여 FIFO (First In First Out)를 사용하여 접속하였으며, DSP의 직렬 포트도 병행하여 사용할 수 있도록 하였다. DSP 보드의 데이터 입력과 출력을 위해서도 역시 FIFO 및 직렬 포트를 사용할 수 있도록 접속하였다. 호스트 PC와의 접속을 위하여 PCI (Peripheral Connection Interface)를 구비하였으며, 이를 통하여 응용 프로그램을 다운로드하고, 시스템을 제어할 수 있도록 하였다[10].

또한 입출력 인터페이스로서 멀티채널 오디오 인터페이스와 비트스트림 인터페이스를 가진다.

멀티채널 오디오 입출력 인터페이스는 8채널의 오디오를 직렬 신호로서 다중화 하는 ADI 형식[11]으로 외부에서 입력을 받아 각 채널의 샘플 단위의 병렬 데이터로 변환하여 입력 FIFO에 저장하는 입력부분과 출력 FIFO에 저장되어 있는 DSP의 출력 데이터를 ADI 형식으로 변환하여 외부로 출력하는 출력 부분과 입출력 인터페이스의 전체 타이밍을 동기시키기 위한 주 클럭 제어부로 나눌 수 있다.

비트스트림 입출력 인터페이스로서는 IEC60958 (International Electrotechnical Commission, 디지털

오디오 접속 규격)[12]을 사용하는데 입력 부분은 IEC60958 입력을 받아 병렬데이터로 변환한 후 FIFO에 저장하며, 출력 부분은 DSP에 의해 FIFO에 저장된 출력 비트스트림을 IEC60958 신호로 변환하여 외부로 출력한다.

2.2 입출력 박스의 구조 및 기능

입출력 박스는 인코더와 디코더의 사용에 있어 자유롭게 구성할 수 있도록 하기 위해 입력박스와 출력 박스로 구분하여 설계하였으며, 멀티채널 오디오 디지털 입출력 인터페이스는 DSP 보드와 동일한 ADI 형식을 사용하였다.

입력박스는 그림 4에서 나타난 것과 같이 멀티채널 오디오 입력부와 ADI 형식 변환부, 클럭 발생부로 구분할 수 있다. 이외에도 전면 패널의 LED 표시부와 제어부가 구비되어 있다. 오디오 입력부는 아날로그 혹은 디지털 신호를 입력할 수 있도록 되어 있으며, 클럭 발생부는 인코더에서 선택하여 주클럭으로 사용할 수 있는 클럭을 발생시켜 준다[10].

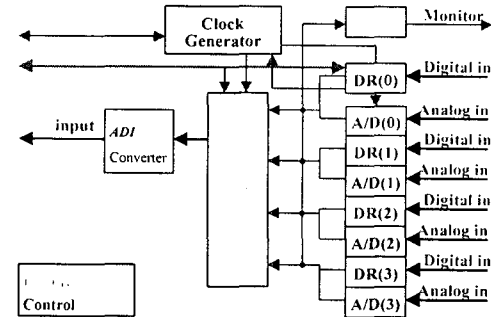


그림 4. 입력박스의 구조

출력박스는 입력박스의 역기능을 수행하며, 클럭은 디코더에서 받아 사용한다. 출력박스의 구조를 그림 5에 나타낸다.

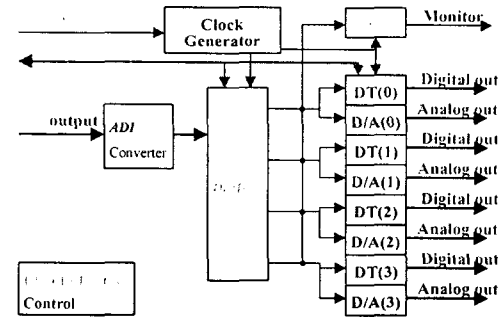


그림 5. 출력박스의 구조

III. MPEG-2 AAC 구현의 분석

2장에서 구현한 DSP 시스템은 기본 기능 시험 후에 본 시스템을 위하여 최적화 된 AAC LC 프로파일의 인코더 및 디코더 S/W와의 통합시험을 하였는데, 6701 DSP의 개발이 1998년 말에 완료되어 아직 상용 제품이 아닌 시험용 제품을 사용함에 의해서 여러 가지 예기치 않은 문제점들이 발생하였으며, 이를 해결하기 위한 추가적인 작업이 소요되었다.

다음에는 통합시험을 통하여 나타난 문제점과 그 대처 방안에 대하여 기술한다.

3.1 메모리 접근 지연시간

첫 번째 문제는 DSP의 입출력 과정에서 발생하였는데, DSP의 연산을 수행하는 모듈과 외부 메모리 사이에는 많은 버퍼가 존재하며, 이들 사이의 버스 할당을 관리하다 보면 추가적인 메모리 접근을 위한 지연이 필요하였다. 실제로 외부 메모리의 데이터 이동에 필요한 평균 지연 클럭수는 하나의 데이터 당 약 10에서 30클럭까지 소요되는 경우가 있었다. 이로 인하여 시뮬레이션에 의해 검증된 프로그램들은 예상보다 훨씬 느리게 수행되었고, 실시간으로 수행시키기 위해서는 모든 프로그램과 데이터를 내부 메모리로 옮겨서 실행시켜야만 하였다[13].

AAC 부호화 알고리즘은 매우 복잡하여 16 kWords의 프로그램 메모리에서 수행하는 것은 불가능하지만, 내부 프로그램 메모리를 캐쉬 메모리로 사용할 수 있는 기능이 있어 이를 사용하여 문제를 해결할 수 있었다. 그러나 내부 데이터 메모리를 캐쉬 메모리로 사용할 수 있는 기능은 제공되지 않아, 주요 함수의 실행 시 외부 메모리의 데이터를 내부 메모리로 옮겨 실행하는 방법을 사용하여야 했다. 이때 메모리의 복사에 있어 DMA를 사용함으로써 데이터 복사에 의한 지연을 줄일 수 있었다.

3.2 LDDW

두 번째 문제는 역시 외부 메모리 인터페이스에서 발생하였는데, 데이터를 64 비트 단위로 읽을 수 있는 기능인 LDDW가 외부 메모리에서는 제대로 수행되지 않았다. DSP의 오류였다. LDDW는 주로 고속 알고리즘에서 두 개의 데이터를 한꺼번에 읽어와서 고속으로 처리하는데 사용하는데, 이를 사용할 수 없게 되었다. 또한 프로그램 초기화 시 초기값으로 초기화되어야 하는 배열 데이터에 대해서 초기화 시 LDDW를 사용하는데 이 또한 사용할 수 없었다.

초기화 시 LDDW로 데이터를 초기화하는 것은 라이브러리로서 제공되는 기능으로, 라이브러리의 데이터 복사 부분을 32 비트 이하의 단위로만 복사하도록 수정함으로써 해결하였다[13].

또한 FFT (Fast Fourier Transform), MDCT (Modified Discrete Cosine Transform) 등에 사용되는 64 비트 단위 처리기능을 내부 메모리에서만 수행하도록 하였으며, 외부 메모리와 사이에 복사를 수행해야 하는 경우는 32비트 단위로 두 번 처리하도록 하였다.

수학 함수의 경우 double이나 long 형을 사용하는 연산이 사용되는 경우 이를 컴파일하면 LDDW를 사용하게 되는데, 이를 피하기 위하여 32비트만을 사용하는 float이나 int 형으로 데이터 형을 변환하였다.

이들은 모두 부호화의 성능을 저하시키는 요인으로서 작용할 수 있으며, 오류가 없어진 DSP를 사용할 경우 자연스럽게 해결될 수 있는 문제들이다.

3.3 DMA 오류

위에서 설명한 두 가지 문제를 해결하면서 저하된 DSP의 성능을 보상하기 위하여 추가적인 최적화가 필요하였다. 시뮬레이션 결과 두 개의 DSP를 사용하여 5.1 채널의 실시간 부호화가 가능할 것으로 추정되었고, 디코딩은 1개의 DSP로 8채널까지의 실시간 디코딩이 가능할 것으로 추정되었다.

그러나 부호화기에서 수십 프레임의 부호화 후에 두 번째 DSP에서 프로그램 오류가 발생하는 것을 발견하였다. 분석하여 본 결과 첫 번째 DSP에서 두 번째 DSP로 데이터를 전송하는 동안, DMA 채널에서 데이터 전송 오류가 발생하는 것을 발견하였다. 문제가 발생한 경우 DMA에 의해 전송된 데이터에는 하나의 데이터가 두 번 중복하여 복사되어 있었다.

이 문제의 원인은 AAC 부호화에서 최적화를 위하여 DSP의 병렬 처리 기능을 최대한 활용하고 있는데, 이 부분에서 주로 DMA 오류가 발생하는 것으로 보아 외부 메모리 인터페이스의 타이밍 불안과 내부 연산 모듈의 병렬연산에 의한 전원의 불안이 복합적으로 영향을 미쳐 발생하는 문제로 추정된다.

현재의 시스템은 160 MHz의 클럭으로 사용하고 있는데, 133 MHz에서는 외부 메모리 인터페이스가 더 안정된 것으로 측정되었다. 즉 더 낮은 클럭으로서 DSP를 운용하면 문제가 없어지지만 이 경우 실시간으로 부호화 알고리즘을 수행시키기 어려우므로, 클럭을 그대로 사용하면서 최대한 DMA와 부호화 알고리즘의 핵심 부분이 겹치지 않도록 서로의 타이밍을 조절하여야 했다. 즉, 부호화 알고리즘이 시작되려면 DMA 전송이 완료되는 시점까지 기다리도록 하였다.

그러나 비동기 메모리 인터페이스에 의해 접속된 FIFO는 최고 속도로 운용하여도, DSP의 한 프레임 처리 클럭의 약 30 % 정도는 두 개의 DSP 사이의 약 16 kWord의 데이터 전송에 할당하여야 했다. 이로써 전체 5.1 채널의 오디오 부

호화는 불가능하였고, 현재로서는 4채널의 부호화를 실시간으로 수행하고 있다.

이상의 세 가지 문제는 모두 6701 DSP의 시험 제품을 사용하였기 때문에 발생한 문제라고 할 수 있으며, 향 후 보다 안정되고 문제가 해결된 6701 DSP를 사용하면, 5.1 채널의 오디오 부호화를 실시간으로 처리하는 것이 가능해 질 것이다.

IV. 결 론

방송이나 가정용 오디오 매체가 디지털화 되어감에 따라 고품질 멀티채널 오디오에 대한 요구가 늘어날 것으로 예상되고 있다. 또한 방송과 인터넷의 통합에 의해 객체 기반의 오디오 부호화 및 계층 부호화와 같은 효율이 높고, 유연한 부호화 방식이 점차 요구될 것으로 예상된다.

이러한 오디오 매체의 요구사항에 기반하여, MPEG-2 AAC 멀티채널 오디오 및 MPEG-4 객체 기반 음성 및 오디오 부호화의 실시간 시스템을 구현하기 위하여, 고성능의 DSP 시스템을 설계 제작하였다. 멀티채널 오디오의 입출력을 위하여 입출력 박스를 별도로 구현하였으며, 입력 박스와 출력 박스는 DSP 시스템과 접속하여 입출력 기능을 수행하도록 하였다.

제작된 DSP 시스템을 이용하여 MPEG-2 AAC LC 프로파일을 기반으로 하는 멀티채널 오디오 인코더 및 디코더를 구현하였는데, 6701 DSP의 초기 시험 제품을 시스템에 적용하였기 때문에, 외부 메모리 인터페이스와 관련된 여러 가지 문제점이 나타났는데, 이들을 해결하기 위하여 S/W의 구조 및 내부 흐름을 수정하였으며, 이로 인하여 DSP의 성능을 전부 사용하는 것이 불가능하였고, 다소의 성능 저하를 감수할 수밖에 없었다. 최종적으로 두 개의 DSP를 사용하여 4채널의 실시간 오디오 부호화를 구현할 수 있었으며, 한 개의 DSP로 8채널의 실시간 부호화를 보장할 수 있었다. 향 후 개선된 DSP를 사용하면, 5.1 채널까지의 오디오 부호화도 가능해 질 것으로 생각된다.

현재 MPEG-4 음성 부호화 도구 중 HVXC (Harmonic Vector eXcitation Coding) 기능도 DSP 시스템을 통하여 그 기능을 확인하였으며, 앞으로 계속 MPEG-4의 다른 기능들을 구현된 DSP 시스템 상에서 구현하여야 하며, 멀티채널 오디오 및 객체기반 오디오 저작 도구 등의 호스트 PC에서의 응용 프로그램을 개발하여 그 활용 분야를 넓히길 예정이다.

참고문헌

[1] ATSC, Guide to the Use of the Digital

Television Standard For HDTV Transmission, ATSC document, pp. 49 - 55, 4.1995.

[2] ATSC, Digital Audio Compression Standard (AC-3), ATSC Standard, 12.1995.

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

[4] ISO/IEC, Generic Coding of Moving Pictures and Audio: Audio (ISO/IEC IS 13818-3), 2.1997

[5] ISO/IEC, Generic Coding of Moving Pictures and Audio: Advanced Audio Coding (AAC, ISO/IEC 13818-7), 4.1997

[6] David Meares, Kaoru Watanabe, Eric Scheirer, "Report on the MPEG-2 AAC Stereo Verification Tests", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2006, 2.1998

[7] Texas Instruments, TMS320C62x/C67x CPU and Instruction Set, Reference Guide, SPRU189C, 3.1998.

[8] Texas Instruments, TMS320C62x/C67x Peripherals, Reference Guide, SPRU190B, 3.1998.

[9] ISO/IEC, Coding of audio-visual objects: Audio (ISO/IEC FDIS 14496-3), 12.1998.

[10] 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, preprint 4914, 5.1999.

[11] Ken C. Pohlmann, "Principles of Digital Audio 3rd Edition", McGraw-Hill, Inc., pp.320 - 321, 1995.

[12] ASA Lab - Eindhoven, Interface for non-PCM encoded Audio bitstreams applying IEC60958, Philips Sound & Vision, 1997.

[13] 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, preprint 4977, 5.1999.