

범용 DSP를 이용한 디지털 오디오 믹서구현

이규하*, 이지하*, 이기승*, 윤대회*, 이충용*, 방동희**
 *연세대학교 전자공학과 음향, 음성 및 신호처리 연구실
 **동서전자 기술 연구소

A Implementation of the Digital Audio Mixer

Kyu-Ha Lee*, Ji-Ha Lee*, Ki-Seung Lee*, Dae-Hee Youn*, Chungyong Lee*, Dong-Heui Bang**
 *Yonsei University, Electronic Eng., ASSP Lab.
 **Dongseo Electronics co.

ABSTRACT

본 논문에서는 TI사의 범용 DSP인 TMS320C31을 이용하여 48KHz의 표본화주파수를 지원하고 20비트의 해상도를 갖는 방송용 디지털 오디오 믹서 시스템을 구현하였다. 전체 시스템은 4부분의 모듈로 구성된다. 아날로그 및 AES/EBU 디지털 포맷의 오디오 데이터를 입력 받는 입력 모듈과 믹싱을 위한 믹싱 모듈, 처리된 데이터를 아날로그 및 디지털 포맷으로 출력하는 출력 모듈, 그리고 전체 시스템을 제어하는 제어 모듈로 구성된다.

디오 방식은 추가적인 성능 개선을 소프트웨어의 재프로그래밍을 통해 구현할 수 있으며, 디지털 신호 처리 기법을 통해 얻을 수 있는 잡음에 대한 강인성과 고성능의 정교한 필터 구현이 가능하다.

방송용 오디오 믹서가 갖는 다채널의 특성과 각 채널에 대한 다양한 신호 처리 기능의 특성을 고려해, 본 연구는 각 모듈별로 DSP를 갖는 다채널 시스템 설계를 목적으로 하며, 소프트웨어 재구성을 통해 다양한 오디오 믹서의 기능을 추가적으로 부여할 수 있도록 하였다.

1. 서론

오디오 믹서는 다채널의 오디오 신호를 적절히 선택하여 원하는 신호들로 믹싱 처리하는 기능을 갖는다. 그림 1-1과 같이 오디오 믹서는 오디오 신호를 입력 받아 전처리단을 통해 신호의 불필요한 대역을 제거한 후 equalizer 등의 필터링(filtering)을 수행하고, 이 처리된 신호를 원하는 채널 신호에 대해 믹싱을 수행한다. 이렇게 믹싱된 오디오 신호들은 compressor 등의 dynamic range control을 거쳐 출력하게 된다. 또한 입력단과 출력단 신호의 레벨을 조절하는 레벨 콘트롤 부분과 스테레오 채널 출력비를 조정하는 panning의 기능을 갖는다.

CD(Compact Disc)의 개발로 시작된 디지털 오디오 기술은 디지털 방송의 개막과 더불어 효율적인 믹싱 작업과 신뢰성있는 시스템 구성 및 고음질의 오디오 신호 재생을 위해 오디오 믹서를 DSP를 이용하여 구성할 필요가 있게 되었다[1][2][3]. 과거의 아날로그 방식 오디오에 비해 DSP를 이용한 디지털 오

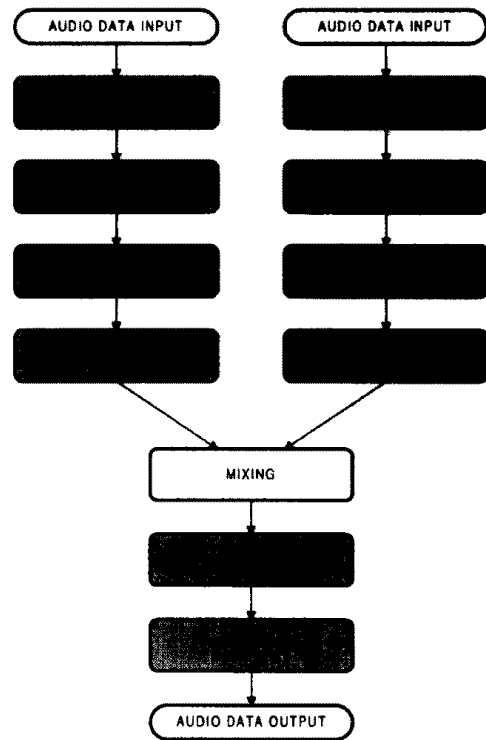


그림 1-1 오디오 믹서의 흐름도

2. 디지털 오디오 믹서 시스템 구성

본 연구에서 구성된 디지털 오디오 믹서 시스템은 그림 2-1과 같이 디지털 오디오 데이터 처리 부분과 시스템을 제어하기 위한 제어 정보의 처리 부분으로 나누어 진다. 그러므로 전체 시스템에는 오디오 데이터 및 제어 정보를 전송하기 위한 별도의 외부 버스(bus)가 존재한다.

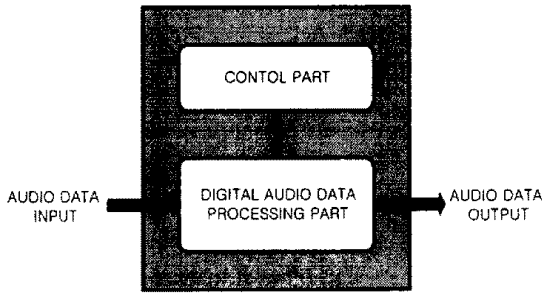


그림 2-1 디지털 오디오 믹서 구조

위와 같은 구조의 디지털 오디오 믹서는 각 기능에 대한 적절한 병렬 처리를 위해 입력 모듈, 믹싱 모듈, 출력 모듈, 제어 모듈의 4부분으로 나누어 지는데 그림 2-2에 전체의 블록도를 나타내었다.

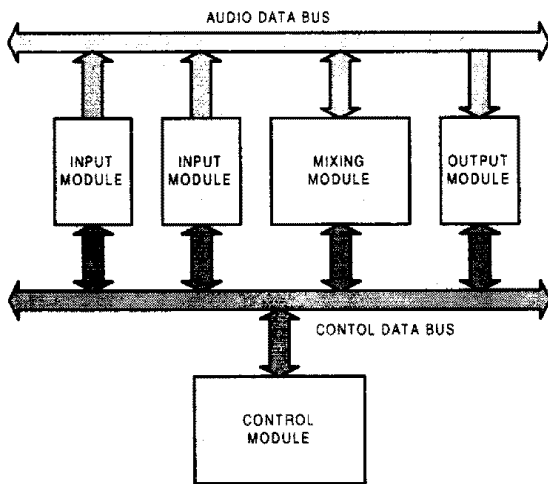


그림 2-2 디지털 오디오 믹서 블록도

2.1 디지털 오디오 데이터 처리 과정

입력 모듈은 입력받은 아날로그 및 AES/EBU 디지털 오디오 데이터에 대해 low cut 필터링, high cut 필터링, equalizer, 레벨 콘트롤, panning을 수행한다.

디지털 신호 처리의 가장 앞단에 위치한 high cut

및 low cut 필터는 불필요한 고/저주파 대역을 제거하는 필터로 사용자의 선택에 의해 결정될 수 있다.

이와 같은 전처리단의 필터를 통과한 신호는, low shelving, high shelving, mid-low peaking, mid-high peaking 필터를 갖는 4-band parametric equalizer를 통해 처리된다[4][5].

Equalizer를 통과한 오디오 데이터는 레벨 콘트롤을 거쳐 신호의 레벨이 조정되고, 입력 모듈의 마지막 단계에서 스테레오 채널에 대한 panning과정을 거치게 된다.

입력 모듈에서 출력된 오디오 데이터는 그림 2.1-1과 같이 래치에 임시 저장되고 외부 버스를 통해 믹싱 모듈로 전송된다.

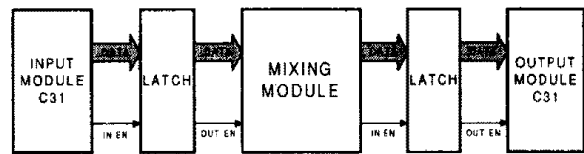


그림 2.1-1 디지털 오디오 데이터 전송

믹싱 모듈은 다채널 입력 모듈의 래치에서 디지털 오디오 데이터를 일괄적으로 받아 들여 출력 모듈에 맵핑하는 믹싱을 수행한다. 믹싱모듈은 그림 2.1-2와 같은 방법으로 입력 모듈의 데이터를 입력 받아 믹싱을 한 후 출력 모듈의 래치로 전송시킨다. 각 입력 모듈이나 각 출력 모듈은 고유 주소가 할당되어 믹싱 모듈에서 각 모듈 래치를 액세스하도록 구성되어 있다.

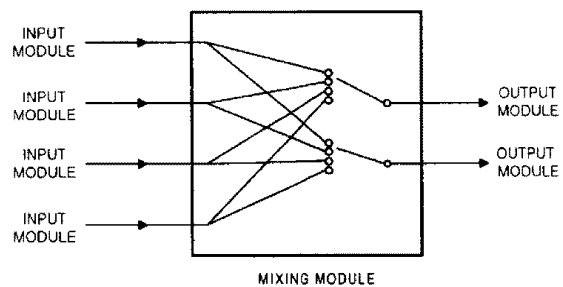


그림 2.1-2 입력 데이터의 믹싱과 출력

믹싱 모듈에서 출력 모듈 래치에 전달된 오디오 데이터는 compressor를 통해 dynamic range control이 수행된다. dynamic range control은 청각이 지각할 수 없는 범위에서 dynamic range를 증가시키거나 감소시킴을 목적으로 한다. 본 연구에서 구현된 믹서의 compressor는 expander, compressor, limiter를 모

두 포함하여, 입력 신호에 대한 레벨 검출, 입출력 맵핑, 그리고 이득 제어의 과정을 수행한다[6][7].

compressor를 통과한 오디오 데이터는 출력 모듈의 마지막 단계인 레벨 컨트롤의 과정을 거쳐 아날로그 오디오 신호와 AES/EBU 디지털 오디오 포맷으로 출력된다.

위와 같은 디지털 오디오 데이터 처리 과정에서의 모듈간의 데이터 전송 타이밍은 매우 중요하다. 각 모듈이 같은 버스를 사용하므로 충돌의 가능성을 막아 안정적으로 데이터를 전송하여야 한다. 그림 2.1-3은 16개의 입력 모듈과 4개의 출력 모듈로 구성된 디지털 오디오 믹서에서 입력 모듈 - 믹싱 모듈 - 출력 모듈 간의 데이터 전송 타이밍을 나타낸 것이다.

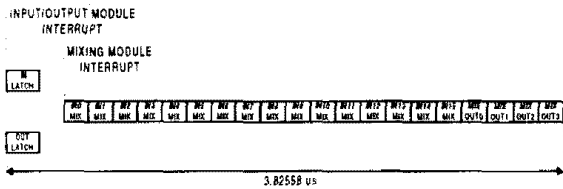


그림 2.1-3 16X4 시스템의 모듈간 데이터 전송 타이밍

입력 모듈에서 처리된 오디오 데이터는 메모리의 임시 버퍼에 저장되었다가 인터럽트에 의해 래치에 쓰여지고, 일정 시간후 믹싱 모듈의 인터럽트에 의해 래치의 데이터는 믹싱 모듈로 전송된다. 믹싱 모듈은 16개의 입력 모듈의 래치를 순차적으로 읽고, 믹싱된 데이터를 4개의 출력 모듈의 래치에 순차적으로 쓰며 인터럽트 주기에서 이 시간을 제외한 나머지 시간에 믹싱 연산을 행한다. 본 연구에서 구현된 디지털 오디오 믹서는 입력 모듈이 좌, 우 두채널의 스테레오 입력을 받아 들이므로 샘플링 레이트의 두배인 96KHz로 인터럽트가 발생한다. 그러므로 실제 실시간 처리시간은 샘플링 주기의 반인 1/96KHz이다.

다음의 그림 2.1-4는 모듈간 샘플 지연을 도시한 것이다. 디지털 오디오 믹서 시스템의 모든 모듈은 프레임 동기 신호를 기준으로 인터럽트를 발생시켜 데이터를 입·출력하는데, 입력 모듈과 출력 모듈은 rising edge에서, 믹싱 모듈은 falling edge에서 인터럽트가 발생한다. Rising edge 인터럽트가 발생하면 입력 모듈은 래치에 처리된 데이터를 전송하고 출력 모듈은 래치에 있는 데이터를 전송 받는다. 반면 falling edge 인터럽트 발생에 의해 믹싱 모듈은 입력 모듈의 래치의 데이터를 전송 받고 믹싱된 데이터를 출력 모듈의 래치로 전송한다.

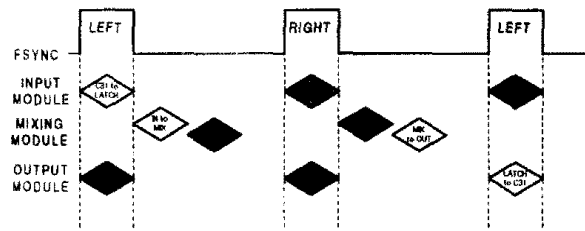


그림 2.1-4 데이터 전송에서의 샘플 지연

그림 2.1-4에서는 96KHz 프레임 동기에서 2-샘플 지연이 발생한다. 입력 모듈에서 믹싱 모듈로의 데이터 전송은 인터럽트 발생 순서가 입력 모듈이 앞서므로 지연이 없으나, 출력 모듈의 인터럽트는 믹싱 모듈의 인터럽트를 앞서게 되므로 출력 모듈은 한 샘플 이전 래치에 쓰여진 데이터를 전송 받게 된다. 이 과정에서 2-샘플 지연이 발생하는데 이는 96KHz의 두 채널 샘플에 대한 것으로 실제적으로 48KHz 시스템에 대해 1-샘플 지연이 발생한 것이다. 또한 인터럽트 발생시 입력 모듈은 새로운 오디오 데이터를 받으면서 이전의 처리된 오디오 데이터를 래치로 전송하고, 출력 모듈은 래치에서 새로운 오디오 데이터를 받으면서 이전에 처리된 오디오 데이터를 출력한다. 이 과정에서 각각 1-샘플 지연을 가지므로 본 연구에서 구현된 디지털 오디오 믹서 시스템은 3-샘플 지연이 발생한다.

2.2 제어 정보의 처리

그림 2.2-1과 같이 제어 모듈에서 입력 받은 제어 정보는 제어 데이터 버스를 통해 각 모듈의 듀얼 포트 메모리에 전송된다.

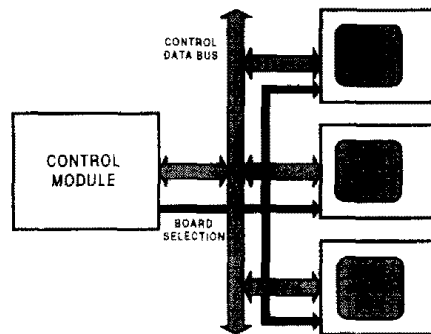


그림 2.2-1 모듈 간의 제어 데이터 전송

입력 모듈은 제어 모듈에서 받아들인 스위치 상태 및 equalizer 등 필터링 선택 정보를 듀얼 포트 메모리를 통해 전송받고, 필터 계수의 계산을 제어 모듈

에서 병렬로 수행하여 입력 모듈의 듀얼 포트 메모리로 전송하도록 하였다. 출력 모듈도 스위치를 통한 기능 선택과 compressor에 관련된 파라미터들을 듀얼 포트 메모리를 통해 전송 받으며, 믹싱 모듈은 입력 모듈의 오디오 데이터를 출력 모듈에 맵핑하기 위한 정보를 전송 받는다.

듀얼 포트 메모리는 양쪽에서 같은 주소에 동시 접근시 충돌을 막기 위해, 이 경우 제어 모듈이 우선권을 갖고 다른 모듈의 접근은 1-웨이트 지연 동작을 하도록 하였다. 제어 모듈에서의 각 모듈 듀얼 포트 메모리 접근은 모듈마다 고유 주소를 할당하여 목적 모듈의 듀얼 포트 메모리를 선택하고 듀얼 포트 메모리는 같은 주소 영역에 할당함으로 구현하였다.

3. 디지털 오디오 믹서 하드웨어 설계

3.1 입력 모듈

입력 모듈은 아날로그 오디오데이터 및 AES/EBU 포맷의 디지털 오디오 데이터를 입력 받고, 제어 모듈에서 전달되는 제어 데이터에 따라 처리를 수행한 후 믹싱 모듈에 전달하는 역할을 한다. 입력 모듈의 블록도는 그림 3.1-1에 나타내었다.

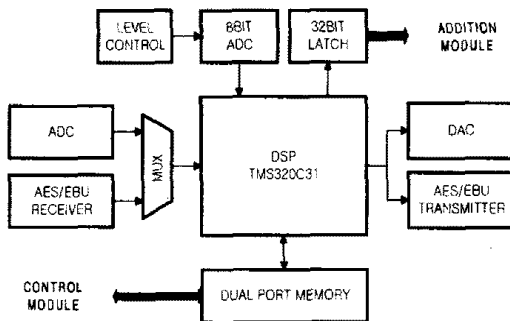


그림 3.1-1 입력 모듈의 블록도

본 연구에서 설계된 입력 모듈은 모듈당 스테레오 오디오 데이터를 입력 받도록 되어 있으며 20비트의 해상도와 48KHz의 표본화주파수로 AD변환을 수행하고, 디지털 오디오 인터페이스로 AES/EBU 디지털 오디오 데이터를 받아 들이도록 설계되었다. AD변환기 및 AES/EBU 디지털 오디오 인터페이스에서 받아들여진 시리얼 데이터 출력은 TI사의 부동소수점 프로세서인 TMS320C31에 전송되는데 TMS320C31의 시리얼 포트는 수신 및 송신에 대해 각각 하나씩 내장되어 있다[8]. 이때 AD변환과 AES/EBU 디지털

오디오 인터페이스의 전환은 제어 모듈의 제어 정보를 통해 이루어 지는데, 입력의 전환이 비트열을 전송하는 동안에 이루어 지면 전환의 초기에 그릇된 데이터를 읽어들이 수 있으므로 그림 3.1-2와 같이 프레임 동기 신호가 트리거될 때 전환이 되도록 하였다.

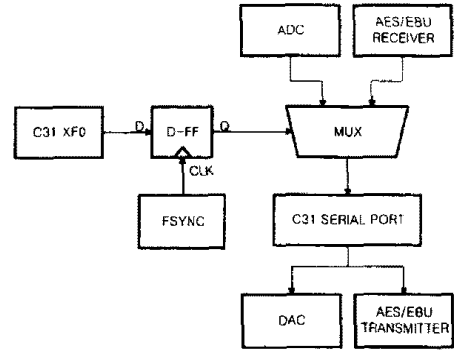


그림 3.1-2 아날로그/디지털 오디오 데이터 입력 선택

입력 모듈은 믹싱 모듈로 출력되는 데이터를 모니터링하기 위해 DA변환부와 외부 디지털 오디오 접속을 위한 AES/EBU 디지털 오디오 포맷 전송부를 내장하고 있다.

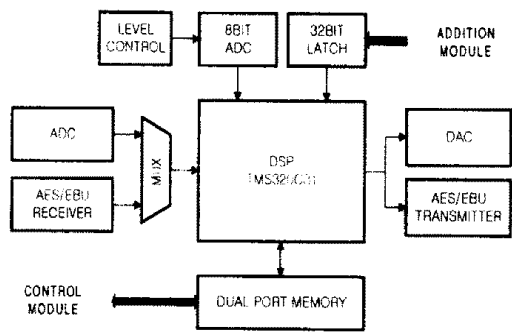
또한 오디오 신호의 레벨 콘트롤을 위해 가변저항의 위치에 따른 전위차를 8비트 AD변환기를 이용하여 디지털 데이터로 변환, TMS320C31로 전달하도록 구성하였다.

TMS320C31에서 처리된 결과를 믹싱 모듈로의 단방향 전송을 위하여 32비트 래치가 구성된다. 래치의 경우 다음의 샘플이 들어오기 전까지 데이터가 유지되므로 모듈간의 데이터 전송 타이밍에 있어 상당한 여유를 가질 수 있다.

3.2 출력 모듈

출력 모듈은 믹싱 모듈로부터 오디오 데이터를 전달 받아 최종 출력 오디오 데이터를 출력 단자로 내보내는 역할을 수행하고, 제어 모듈에서 제어 정보를 양방향으로 전송하도록 구성된다. 또한 보조 입력을 위한 아날로그 오디오 데이터 및 AES/EBU 형식의 디지털 오디오 데이터를 받아 들일 수 있으며 아날로그 오디오 신호 출력 및 AES/EBU 디지털 오디오 포맷을 동시에 출력한다.

위와 같은 구성으로 그림 3.2-1과 같이 입력 모듈과 동일한 형태의 하드웨어 구조를 가지나, 믹싱 모듈에서 오디오 데이터가 전송되므로 입력 모듈과 반대 방향의 래치를 갖는다.



3.2-1 출력 모듈의 블록도

3.3 믹싱 모듈

믹싱 모듈은 각 입력 모듈에서 출력된 데이터들을 믹싱 하여 출력 모듈에 믹싱된 데이터를 전달한다. 믹싱 모듈은 제어 모듈로부터 입력 모듈에 대한 출력 모듈의 맵핑 정보를 듀얼 포트 메모리를 통해 전송 받아 믹싱을 수행한다. 그러므로 믹싱 모듈은 외부 버스를 통해 입력 모듈의 래치에서 오디오 데이터를 전송 받고, 출력 모듈의 래치에 믹싱된 데이터를 전송하기 위해 양방향 트라이-스태이트 버퍼로 구성된다. 믹싱 모듈의 블록도는 그림 3.3-1에 도시하였다.

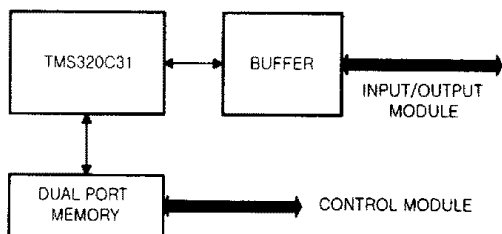


그림 3.3-1 믹싱 모듈의 블록도

3.4 제어 모듈

제어 모듈은 제어 패널상의 각종 가변 저항, 스위치 등을 통해 각종 제어 정보를 입력 받고 입력 모듈, 출력 모듈, 믹싱 모듈에 전달하는 역할을 수행하며 전체 타이밍 클럭을 생성하여 각 모듈에 전달한다. 제어 모듈의 블록도는 그림 3.4-1과 같다.

가변 저항에 걸리는 전압은 16개 단위로 아날로그 멀티플렉서를 통해 한 채널씩 8비트 해상도를 갖는 AD변환기로 전달되고, 변환된 디지털 제어 데이터는 TMS320C31에 수집되어 지정된 모듈의 듀얼 포트 메모리로 전송된다. 제어 스위치 입력은 on/off 상태를 디지털 신호 레벨로 변환하여 단방향 비퍼를 통해 TMS320C31의 데이터 버스로 전송된다. 한번에 버스의 크기인 32개의 스위치 상태를 읽어들이 수 있다.

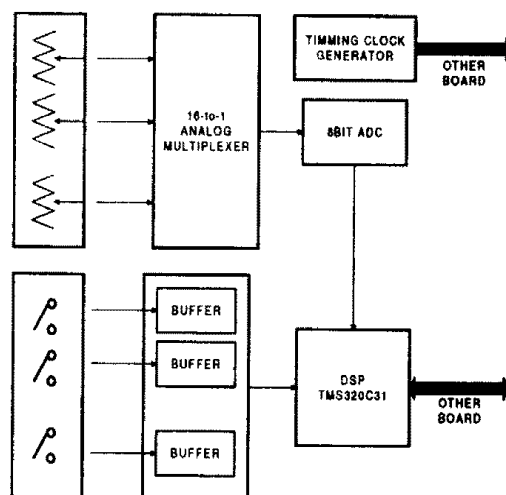


그림 3.4-1 제어 모듈의 블록도

4. 결론 및 추후 과제

본 논문에서는 TI사의 범용 DSP인 TMS320C31을 이용하여 48KHz의 표본화주파수와 20비트 해상도를 갖는 디지털 오디오 믹서를 구현하였다. 구현된 디지털 오디오 믹서 시스템은 믹싱 모듈과 제어 모듈을 중심으로 오디오 데이터를 전송하기 위한 버스와 제어 정보를 전송하기 위한 버스 등 별도의 외부 버스를 갖는다. 외부 버스를 통한 DSP간의 데이터 통신에 의해 병렬 처리가 가능하게 하였고, 래치와 듀얼 포트 메모리를 이용하여 모듈간 데이터 전송의 안정성을 도모하였다.

앞으로의 과제로는 소프트웨어의 업그레이드에 의한 다양한 효과 및 기능을 추가시켜야 하며, 또한 PC와의 데이터 통신으로 사용자 인터페이스를 위해 디지털 오디오 믹서의 상태를 디스플레이하고 PC에서의 제어가 가능하도록 하여야 한다.

5. 참고 문헌

- [1] "Special Issue on Digital Audio," IEEE ASSP Magazine, Oct. 1985
- [2] "A Professional Digital Audio Mixer," N. Sakamoto, S. Yamaguchi, and A. Kurahashi, J. Audio Eng. Soc., Vol. 30, No. 1/2, Jan/Feb. 1982
- [3] "Applications of DSPs in Digital Audio Signal Processing," W. Wagner, Berlin '91 International Conference on DSP Applications and Technology, Oct. 1991
- [4] "Digital Implementation of a 10-Band Stereo Equalizer,"

- " M. Cema, D. Koenig, Berlin '91 International Conference on DSP Applications and Technology, Oct. 1991
- [5] "Digital Stereo 10-Band Graphic Equalizer Using the DSP56001," Motorola Corp. Technical Release, Jan. 19-92
- [6] "A Modular Signal Processing for Digital Filtering and Dynamic Range Control of High Quality Audio Signals," G. W. McNally, T. A. Moore, ICASSP 81, Vol.2
- [7] "Dynamic Range Control of Digital Audio Signals," G. W. McNally, J. Audio Eng. Soc., Vol. 32, No. 5, May 1984
- [8] "TMS320C3x User's Guide, " Texas Instruments 1994