

# 다채널 스피커 시스템을 위한 오디오 신호의 직렬 전송

## Serial Transmission of Audio Signals for Multi-channel Speaker Systems

권 오 균\*, 송 문 빈\*, 이 승 원\*, 이 영 원\*, 정 연 모\*

(Ohkyun Kwon\*, Moonvin Song\*, Seungwon Lee\*, Youngwon Lee\*, Yunmo Chung\*)

\*경희대학교 전자공학과

(접수일자: 2005년 6월 8일; 수정일자: 2005년 7월 12일; 채택일자: 2005년 7월 28일)

본 논문에서는 다채널 오디오 시스템의 스피커들을 직렬로 연결하기 위한 새로운 오디오 신호 전송 기법을 제시한다. 다채널 오디오 본체로부터의 아날로그 신호는 디지털 신호로 변환되고 신호 처리 과정을 거쳐서 직렬로 연결된 각 스피커에 전달된다. 여기서 신호 처리 과정은 오디오 신호의 특성을 고려한 데이터 압축과 전송을 위한 패킷 생성을 포함한다. 각 스피커는 전달된 패킷으로부터 해당하는 디지털 신호만을 검출하여 아날로그 신호로 다시 변환하여 음향을 재생한다. 제시된 모든 기능은 VHDL을 사용하여 모델링되었으며 FPGA 칩으로 구현하였고 실제 다채널 오디오 시스템에서 테스트하였다.

**핵심용어:** 다채널, 스피커, 오디오, 직렬 전송

**투고분야:** 음향 신호처리 분야 (1.2)

In this paper, we propose a new transmission technique of audio signals for the serial connection of the speakers of multiple-channel audio systems. Analog audio signals from a multi-channel audio system are converted into digital signals with signal processing steps and transferred to each speaker through a serial line. The signal processing steps contain data compression and packet generation in association with audio signal characteristics. Each speaker gets its corresponding digital audio signals from the transmitted packets and converts the signals into analog audio signals to make sounds with the speaker. All the proposed functions in this paper are modeled in VHDL, implemented with FPGA chips, and tested for actual multi-channel audio systems.

**Keywords:** Multi-channel, Speaker, Audio system, Serial transmission

**ASK subject classification:** Acoustic Signal Processing (1.2)

## I. 서론

멀티미디어 시스템이 발달하면서 오디오 시장 또한 날로 발전하며 커지고 있다. 스피커는 오디오 시스템에서 최종적으로 소리를 출력해 주는 기구로서 시스템 전체의 성능을 결정하는 매우 중요한 부분이다. 초기 오디오 시스템의 경우에는 단지 사람이 들어서 음향을 확인 할 수 있는 것에 목적을 두었다. 따라서 한 개의 스피커만을 사용 했다. 그 후 오디오 기술이 발전 하면서 두 개의 스피커를 사용하는 스테레오 시스템이 일반화 되었다[1].

오늘날의 오디오 기술은 더욱 발전하여 HTS (Home

Theater System)가 일반화되어 오디오 시스템에서 여섯 개의 스피커를 사용하는 5.1 채널이 보편화 되고 있으며 더 나아가 7.1 또는 9.1 채널 또한 활발히 연구되고 있다[1]. 그러나 다채널 스피커 시스템을 위한 오디오 신호의 직렬 전송에 대한 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있다.

고성능 오디오 시스템에서는 여러 개의 스피커를 연결할 때 사용하는 물리적인 방식이 성능에 영향을 주기 때문에 시공하는 단계 에서부터 세심한 주의가 필요하다. 현재는 오디오 유닛에서 스피커로 신호를 전달할 때 아날로그 신호를 사용한다. 따라서 각각의 스피커 마다 다른 선로를 시공해야 한다. 여러 개의 스피커를 사용하는 시스템은 배선을 하는데 많은 어려움이 있을 뿐 아니라 유지 보수 과정에서도 많은 어려움이 있다[1]. 본 논문에서

서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 다채널 오디오 시스템에서 스피커를 직렬로 연결하기 위해 신호를 효율적으로 전송하는 기법을 연구하고 구현하였다.

## II. 현재의 스피커 연결 방법

현재의 5.1 채널 오디오 시스템은 [그림 1]과 같이 우퍼를 포함한 여섯 개의 스피커를 오디오 본체 주변에 위치시킨 후 각각 배선한다. 따라서 배선이 복잡하고 스피커를 연결하는 과정에서 양질의 음질을 보장하기 위해서는 높은 가격의 연결선을 사용하고 상호 임피던스를 맞추는 등 설치 과정에서 고려해야 하는 많은 사항이 있다. 이런 문제를 개선하기 위하여 블루투스나 2.4 GHz 대의 RF를 이용한 무선 스피커 시스템을 사용하고 있다. 그러나 무선 스피커 시스템의 경우 사용자의 뒷면에 위치하는 두 개의 스피커만을 고려하고 있으며 별도의 송수신 모듈을 두어야 한다. 또한 사용 범위가 10 m 내외로 제한이 있으며 간섭 등에 의한 잡음이 발생하는 등의 문제를 가지고 있다.

## III. 다채널 스피커의 직렬연결

위와 같은 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 [그림 2]와 같이 다채널 오디오 시스템에서 하나의 연결선으로 여러 개의 스피커를 연결하여 제어하는 방법을 제

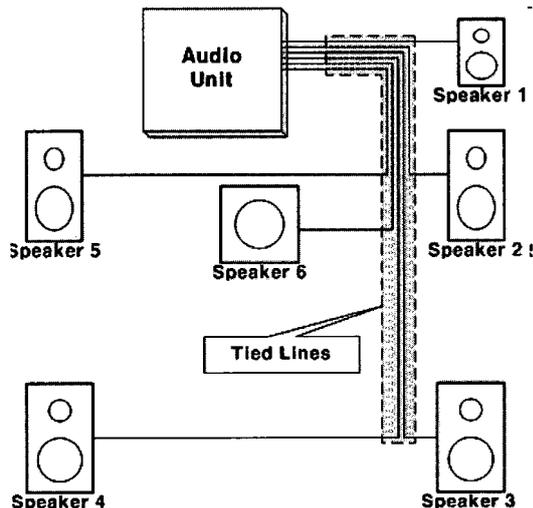


그림 1. 현재의 다채널 스피커 연결 방법  
Figure 1. Current connection technique of speakers for multi-channel audio system.

시하고 구현하였다.

### 3.1. 다채널 스피커의 직렬연결

여러 개의 스피커를 [그림 2]와 같이 직렬로 연결하기 위해서 각각의 스피커로 전달하던 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾼 후 새로운 프로토콜을 정의하고 이에 맞추어 송수신을 수행한다. 디지털 음향 기기의 경우에는 디지털 오디오 신호의 출력을 가지고 있으므로 아날로그 신호를 디지털로 바꾸는 동작은 하지 않는다.

직렬 연결 방식을 사용하여 스피커들을 연결할 경우에는 다양한 방법으로 연결할 수 있다. 하나의 선을 사용하여 모든 스피커를 연결 할 수도 있으며, 배선을 편하게 하기 위하여 하나의 선을 두 개로 나누어 왼쪽 및 오른쪽의 스피커들을 각각 직렬로 연결 할 수도 있다. 이때 모든 선로상의 신호는 동일한 디지털 데이터 이므로 연결하는 스피커의 숫자나 연결 순서와 무관하게 스피커들을 사용할 수 있다. 이를 응용하면 [그림 3]과 같이 빌

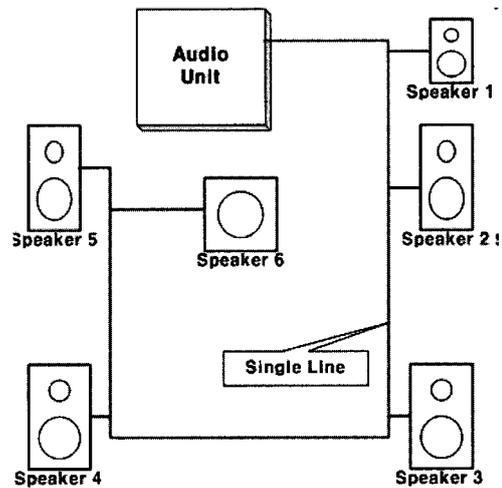


그림 2. 스피커 직렬연결 방법  
Figure 2. Serial connection for proposed speaker system.

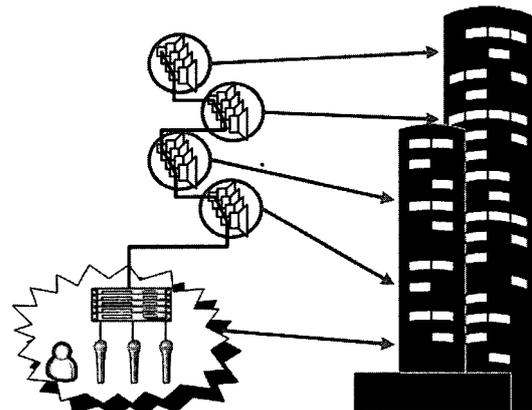


그림 3. 빌딩의 직렬연결 스피커 시스템 구현 예  
Figure 3. Connection example for a PA system within a building.

당의 모든 스피커 들을 하나의 연결선으로 연결하는 시스템을 구현할 수 있다.

이런 경우 각 층마다 서로 다른 방송을 하거나 임의의 스피커에 임의의 방송을 하는 것이 가능하다.

### 3.2. 시스템 설계

스피커들을 직렬로 연결하기 위해서는 오디오 본체에서 앰프를 통해 각각의 스피커로 직접 전달하던 기존의 아날로그 오디오 신호들을 우선 디지털로 바꾸어야 한다. 아날로그 오디오 신호의 경우는 신호의 특성상 자체에 오디오 데이터와 스피커를 구동하기 위한 전력을 포함하고 있다. 고급 HTS의 경우 각 채널당 30W에서 400W 정도의 출력을 가지고 있다[2]. 그러나 디지털로 변환된 신호는 각 채널별로 TTL 전압수준의 오디오 데이터만을 가지고 있다. 따라서 샘플링한 음질과 제어하는 스피커의 개수에 따라 디지털 오디오 패킷 데이터들의 크기도 달라진다.

#### 3.2.1. 시스템 설계 사양

본 논문에서 구현한 다채널 오디오 스피커의 직렬 연결 시스템은 [표 1]과 같이 사양을 가지고 있다.

각 채널의 연속적인 아날로그 신호는 CD (Compact Disk) 수준의 음질을 갖는 디지털 음향 기기 전달 신호인 I<sup>2</sup>S (Inter-IC Sound) 버스 신호로 변환한다. I<sup>2</sup>S 버스 신호는 CD, 디지털 사운드 프로세서, DTV (Digital TV) 등과 같은 디지털 오디오 다바이스의 음향 신호 규격이다. 만일 DD/DTS 또는 S/PDIF 등과 같은 디지털 오디오 신호 출력을 갖는 경우에는 이러한 변환 과정을 거치지 않고 바로 사용할 수 있다. I<sup>2</sup>S 버스 신호로 변환할 때 가청 주파수인 16 Hz에서 20 kHz의 주파수 대역을 Nyquist 샘플링 이론에 근거하여 44.1 kHz의 속도로 PCM (Pulse Code Modulation) 변환 방식을 사용한다[2,3]. 이때 샘플링 해상도는 각 채널마다 24 비트이다.

표 13. 개발 사양  
Table 1. Development specifications.

개발 내용	사 양	비 고
디지털 샘플링 방법	I2S	디지털 변환 방식
샘플링 비율	44.1 kHz	디지털 CD 수준
샘플링 크기	24 비트	각 채널당
샘플링 주파수 대역	16Hz - 20kHz	가청 주파수 대역
스피커 개수	6 개	5.1 채널
최고 전송 속도	9 Mbit/sec	
전송 방식	직렬신호 방식	

일반적인 HTS의 경우 여섯 개의 스피커를 사용하므로 CD 음질로 처리하기 위해서는 각 스피커 마다 약 0.9 Mbit/sec의 PCM 데이터가 발생 한다. 따라서 5.1 채널의 경우에는 압축을 고려하지 않는 경우 5 Mbit/sec 이상의 전송 대역폭을 필요로 한다. 본 논문에서는 향후의 확장성을 고려하여 최고 9 Mbit/sec의 시리얼 전송 속도를 갖는 시스템을 설계하였다.

#### 3.2.2. 전체 시스템 개념

본 논문에서 제안한 시스템을 구현하기 위한 전체적인 블록 다이어그램은 [그림 4]의 전송측과, [그림 5]의 수신측으로 이루어진다.

전송측은 아날로그 오디오 신호를 디지털로 변환(ADC : Analog-to-Digital Converter)하고 이를 압축 및 패킷화하여 시리얼 신호로 만들어 전송하는 과정을 나타낸 것이다. 구체적으로 설명하면 기존의 오디오 본체에서 출력하는 오디오 신호를 ADC 과정을 거쳐 [그림 6]의 A와 같은 형태의 I<sup>2</sup>S 버스 신호로 변환한다. 그 후 각 채널의 신호들은 channel encoding 과정을 거쳐 [그림 6]의 C와 같이 각각의 패킷으로 만든다.

수신측에서는 시리얼로 입력되는 다채널의 디지털 신호에서 해당 채널의 신호만을 검출하여 아날로그 신호로 변환(DAC : Digital-to-Analog Converter)한 뒤에 각 스피커에서 재생한다.

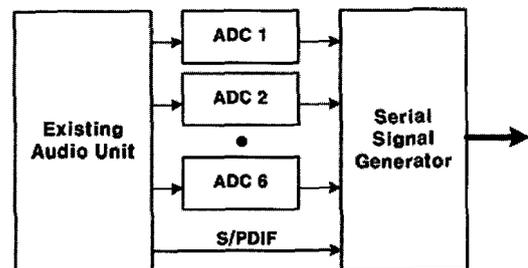


그림 4. 전송측 블록 다이어그램  
Figure 4. Block diagram of the sending part.

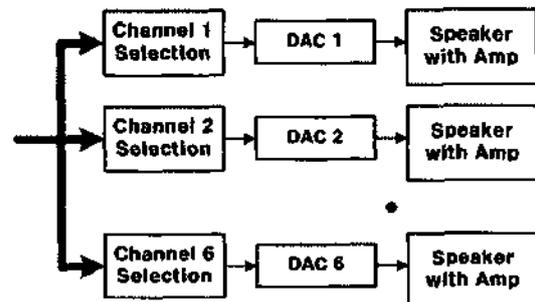


그림 5. 수신측 블록 다이어그램  
Figure 5. Block diagram of the receiving part.

### 3.2.3. I<sup>2</sup>S 버스 신호 형식 및 패킷 생성 방법

[그림 6]의 I<sup>2</sup>S 버스 신호 형식에서 LRCK 신호의 상태가 변한 뒤에 SCLK 신호의 두 번째 상승 에지부터 SDATA로 유효한 24 비트의 데이터를 MSB부터 LSB의 순서로 출력한다. LRCK의 값이 '0'과 '1'인 경우 각각 다른 채널을 나타낸다. 본 시스템은 여섯 개의 채널을 가지므로 11.34  $\mu$ s의 시간 간격으로 LRCK가 '0'일 때는 1, 3, 5 채널과, '1'일 때는 2, 4, 6 채널에 해당하는 세 채널의 I<sup>2</sup>S 버스 신호를 동시에 출력 한다.

(a)는 음향신호가 디지털로 변환된 I<sup>2</sup>S 버스 신호를 나타낸 것이다. 이 신호는 두 채널을 포함하고 있으며 음향 데이터와 동기를 맞추기 위한 모두 세 개의 신호를 가지고 있다. 본 시스템은 이러한 I<sup>2</sup>S 버스를 세 개 사용하여 여섯 채널을 처리한다. (b)는 동시에 세 채널의 신호가 변갈아 가면서 생성되는 것을 보여 주고 있다. (c)는 각 채널별로 패킷화 하여 출력하는 것이다. 이때 각 패킷의 크기는 상태에 따라서 변한다.

각 채널에서는 22.68  $\mu$ s의 시간 간격으로 패킷을 생성한다. 그리고 11.34  $\mu$ s마다 세 개 채널의 패킷을 전송한다. 따라서 SDATA에 유효한 데이터가 있지 않고 LRCK의 상태가 변하기 전인 7.09  $\mu$ s (11.34  $\mu$ s - 4.25  $\mu$ s) 동안 세 개 채널의 데이터 처리와 전송을 마쳐야 한다.

### 3.2.4. 시리얼 오디오 신호 처리

원거리의 디지털 전송 선로는 특성상 수 MHz의 낮은 대역폭을 가지고 있다. 이런 조건에서 모든 채널의 오디오 신호를 전송하기 위해서는 데이터를 압축해야만 한다. 7.09  $\mu$ s내에 세 채널 이상의 데이터를 실시간으로 처리하기 위해서는 하드웨어 적으로도 충분히 빠른 처리 능력을 갖추어야 한다. 이를 위해 각 채널의 I<sup>2</sup>S 버스 신호를 [그림 7]과 같이 PCM 데이터에서 순차적인 차이만

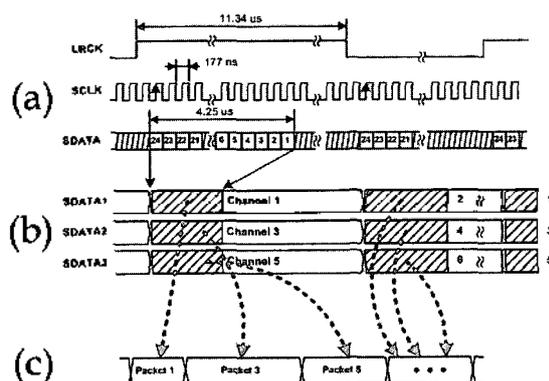


그림 6. I<sup>2</sup>S 버스 신호 형식 및 패킷 생성 방법  
Figure 6. I<sup>2</sup>S-bus format and packet generation.

을 검출하는 방법으로 처리한다.

그림은 한 채널을 순차적으로 t, t+1 그리고 t+2 시간 별로 샘플링을 수행한 데이터의 크기와 이를 처리하는 과정을 나타내고 있다.

고음질의 디지털 오디오 신호를 구현하기 위해서는 높은 속도로 샘플링 작업을 수행해야 한다. 그리고 순차적으로 샘플링을 수행한 데이터간의 변화량은 매우 작다. 따라서 순차적인 데이터간의 xor 연산을 수행한 결과에 대하여 MSB에서부터 시작하여 LSB 방향으로 스캐닝을 수행하면서 처음으로 만나는 '1'부터 전송한다. 예를 들어 t+1 시간의 샘플링 데이터는 "0000 0000 0000 0001 0010 0001"이고 t+2 시간의 데이터는 "0000 0000 0000 0000 0100 0100" 이므로 이들 간의 xor 연산을 수행하면 "100 0100"이 된다. 즉, 원래 24 비트의 크기를 갖는 데이터간의 변화량을 사용하여 7 비트만으로 표현할 수 있다.

위와 같은 방식은 상용화된 오디오 신호 압축 알고리즘인 MP3 (MPEG audio Player 3)나 AAC (Advanced Audio Coding)에 비해 압축효율은 떨어진다. 그러나 MP3나 AAC의 경우 실시간으로 입력되는 오디오 신호를 압축하고 해제하는 것이 어렵다. 따라서 xor 연산만을 사용하여 데이터를 처리할 경우 계산과정이 간단하고 빠른 처리 속도를 갖는 장점이 있다.

### 3.2.5. 패킷 형식

[그림 8]은 채널당 24 비트의 크기를 갖는 경우에 패킷의 종류와 형식을 정의한 내용을 나타낸 것이다.

PCM 데이터의 변화량을 검출하기 위해 [그림 7]과 같은 방식을 사용한다. 그러나 전송을 시작하는 시점은 비교할 대상이 없으므로 일정한 기준 값을 정의하고 그 값과 비교한다. 일정한 값을 I point라고 정의하고 세 개의

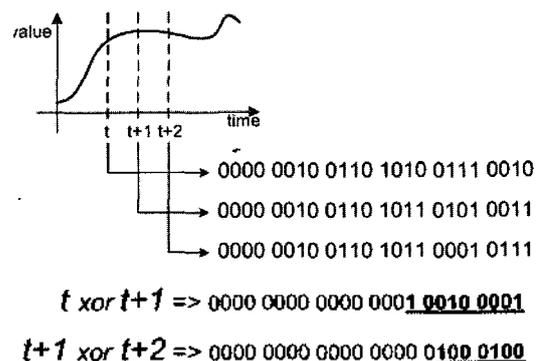


그림 7. 시리얼 오디오 신호 처리  
Figure 7. Serial audio signal processing.

I point를 설정한다. I point를 설정하면 송수신 측의 일정한 기준을 미리 정의해 다채널을 처리할 때 빠른 처리 속도를 유지하고 전송도중 패킷 손실 에러를 최소화 할 수 있다.

[그림 8]의 그래프에서 보는바와 같이 I point는 PCM 데이터를 4 등분하기 하기위하여 사용되며 세 개를 설정하고 있다 (즉 I1, I2, I3 points). 예를 들어, 데이터를 24 비트로 샘플링을 할 경우에 I2 point를 디지털로 변환하면 "0000 0000 0000 1111 1111 1111" 이다. I point를 사용하여 생성한 패킷을 I 패킷 이라고 하고, 바로 전의 입력된 데이터와의 차이를 가지고 생성한 것을 D 패킷 이라고 한다.

[그림 8]에서 보는 바와 같이 패킷의 형식은 I state, Channel number, Channel data로 구성되어 있다. I state는 I 패킷인지 D 패킷인지를 구분해 주며, I 패킷일 경우에는 3 개의 I point 중 어느 것을 참조 했는지를 나타낸다. 따라서 2 비트를 사용한다. Channel number는 3 비트로서 스피커에 따른 채널 번호를 구분해 준다. 5.1 채널 이상에 적용할 경우에는 Channel number의 크기를 변경하여 조절할 수 있다. I 패킷의 channel data는 해당하는 I point와 첫 번째 샘플링한 값의 xor 연산을 수행한 결과를 저장한다. 그리고 D 패킷의 channel data는 현재 샘플링한 값과 바로 앞에 샘플링한 값의 xor 연산을 수행한 결과이다.

I 패킷은 항상 일정한 I point 와의 연산 결과 이므로 D 패킷의 전송 도중 패킷이 손실 될 경우라도 다음 I 패킷부터 정상적인 값으로 복원 된다. I 패킷은 기본적으로 초기 전송을 시작할 때와 그 후 일정 간격으로 발생하며 전송 상태에 따라 그 발생 빈도를 조절한다. 패킷

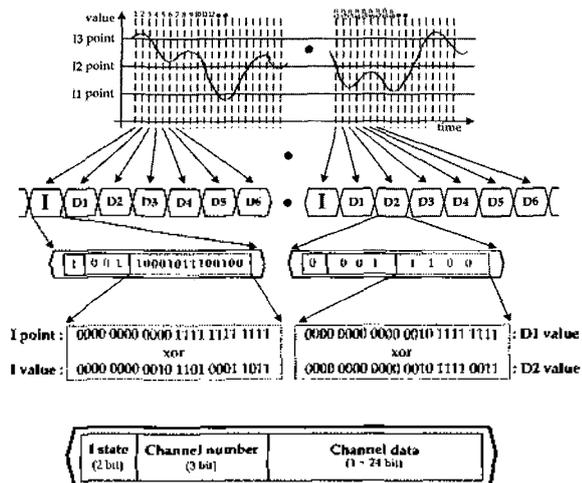


그림 8. I/D 패킷 압축 방법 및 패킷 형식  
Figure 8. I/D compression method and packet format.

의 전체적인 크기는 Channel data에 따라 최소 6 비트에서 최고 29 비트 까지 가변적인 값을 갖는다.

### 3.2.6. 시리얼 전송 신호 생성 블록 설계

[그림 9]는 전체적인 동작을 제어하는 시리얼 전송 신호 생성 블록 다이어그램으로 [그림 4]에서 Serial Signal Generator블록에 해당한다. 각 채널별 아날로그 신호들은 오디오 신호 전용 ADC를 사용하여 I<sup>2</sup>S 버스 신호로 변환하여 Channel Separation 블록으로 보낸다. 이 경우 ADC에서 생성된 신호는 각 채널별로 분리된다. 만약 디지털 오디오 신호인 S/PDIF 신호인 경우에는 직접 Channel Separation 블록으로 보낸다. 또한 S/PDIF 신호에는 모든 채널의 데이터를 포함하고 있다.

Channel Separation 블록에서는 연속적으로 들어오는 여러 채널들의 I<sup>2</sup>S 버스 신호에서 채널별로 SDATA를 분리해 Signal Generator 블록으로 보낸다. 이 블록은 D 패킷과 I 패킷을 생성하는 블록으로 나누어진다.

Traffic Controller는 전송상태를 판단해 전송률을 조절하는 I Packet Generation Signal을 발생한다. 이 신호에 따라 I 패킷 또는 D 패킷의 생성이 결정된다. 예를 들어 44.1 kHz의 샘플링 속도를 갖는 디지털 오디오 신호에서 매 20 번 마다 I 패킷을 생성 시킬 경우 전송 중 패킷이 손실 되어도 최대 0.45 μs 내에 원래의 신호로 복원할 수 있다. 그러나 5.1 채널의 경우 구현한 시스템의 전송 대역폭보다 처리해야 하는 데이터의 양이 적기 때문에 Traffic Controller에서 더 많은 비율의 I 패킷 발생 신호를 생성한다. 따라서 패킷을 전송하는 도중 문제가 발생하더라도 사람이 인지하지 못할 정도로 빠르게 원래의 데이터를 복원한다. 이러한 이유 때문에 에러를 정정하기 위한 별도의 부호화 신호 처리는 생략 할 수 있다.

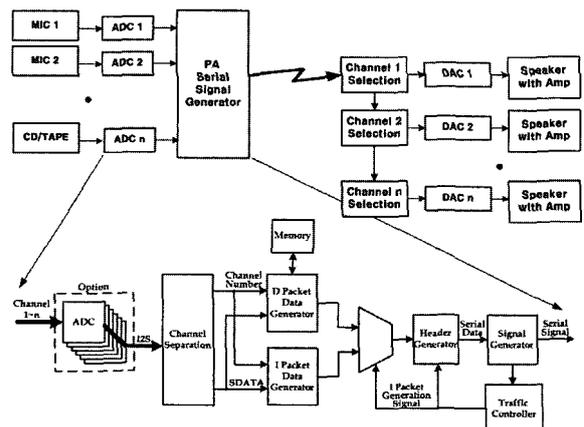


그림 9. 시리얼 전송 신호 생성 블록 다이어그램  
Figure 9. Detailed diagram of data generation for serial transmission.

### 3.2.7. 차동 신호 전송

디지털 신호의 전송은 통신 거리, 속도 및 노이즈의 영향 등에서 우수한 특성을 갖는 선간 전압 차이를 이용한 일반적인 차동 신호 전송 회로를 사용하였다. 현재 차동 신호 시리얼 전송을 이용할 경우 1.2 Km의 전송 거리와 최고 전송 속도 10 MHz의 전송 대역폭을 보장한다[4], 따라서 일반적인 HTS는 50 m 내외의 전송 거리를 가지고 있으므로 스피커들을 연결하는데 전송 거리를 확장시키기 위하여 중간에 증폭 회로 같은 장비를 사용할 필요가 없다. 본 논문에서는 각 스피커를 직렬로 연결하여 디지털 오디오 데이터를 전송하기 위한 전송 선로로 비차폐 연선인 UTP (Unshielded Twisted Pair)를 사용하여 동시에 세 개의 전송 채널을 사용한다[5].

수신측에서는 패킷의 헤더에서 Channel number를 검출하여 해당 채널일 경우에만 패킷의 I state 비트를 분석한다. I state가 '1'일 경우에는 I 패킷에 해당하므로 Channel data와 I point 값을 가지고 원래의 I<sup>2</sup>S 버스 신호를 복원해 낸다. 그리고 I state가 '0'일 경우에는 D 패킷에 해당하므로 Channel data와 이전에 복원한 데이터를 가지고 I<sup>2</sup>S 버스 신호를 복원한다. 즉, 수신측에서는 전송되는 패킷을 분석해 원래의 데이터를 복원하므로 I 패킷에 대한 제반 회로가 필요 없다. 이렇게 복원된 각 채널의 I<sup>2</sup>S 버스 신호는 DAC 변환기와 앰프를 사용하여 스피커들을 구동하여 실제 음향을 만들어 낸다.

## IV. 구현 및 성능 평가

본 논문에서 구현한 다채널 스피커의 직렬연결은 VHDL로 모델링한 후에 FPGA를 사용하여 구현 하였다 [7-9]. 그리고 Cirrus Logic사의 ADC1877을 세 개 사용하여 ADC과정을 거쳐 PCM 데이터를 만든다. 각 ADC는 두 개의 채널을 처리한다[6], 따라서 총 여섯 개 채널의 디지털 오디오 신호를 처리 한다.

[그림 10]은 구현한 시스템이고 [그림 11]은 확대한 보드 사진이다. 여섯 개 채널의 스피커들을 모두 연결한 결과로서 제안한 알고리즘과 성능을 확인할 수 있다.

구현한 시스템에서 한 채널의 입력으로 들어오는 아날로그 오디오 신호와, 모든 과정을 거쳐 최종 적으로 재생한 아날로그 오디오 신호와의 파형을 각각 나타내면 [그림 11]과 같다. 샘플링 크기는 24 비트이며 주파수는 44.1 kHz이다. 그림에서 처음의 그래프는 입력으로 주

어지는 한 채널의 아날로그 오디오 신호를 나타낸 것이다. 아래의 그래프는 오디오 신호의 압축 및 패킷처리 과정, 그리고 전송 과정을 거쳐 최종적으로 ADC를 통해 재생한 아날로그 오디오 신호 파형이다. 두 개의 그래프를 비교해보면 원본과 재생 신호가 유사한 것을 알 수 있다.

[그림 12]에서는 패킷 생성 과정에서의 압축 방법과 패킷 형식에 따른 전송 데이터 량의 감소를 나타낸 것이다. 그림에서 Source는 ADC 과정을 거쳐 샘플링한 24 비트의 크기를 나타낸 것이며 Result는 같은 데이터를 [그림 8]에서 제시한 방법에 따라 압축하여 전송할 때의 데이터의 크기를 나타낸 것이다. Result에서 초거의 여섯 번째 굵게 표시된 부분까지는 I 패킷에 해당하는 부분으로 24 비트에 가까운 것을 알 수 있다. 그 후에는 입력되는 오디오 신호의 변화량에 따라 D 패킷의 크기가 줄어든다.

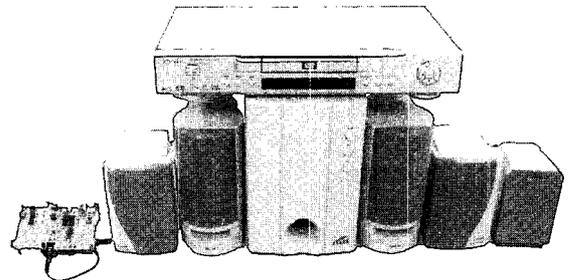


그림 10. 구현한 시스템

Figure 10. Serial connection implementation for 6 channels.

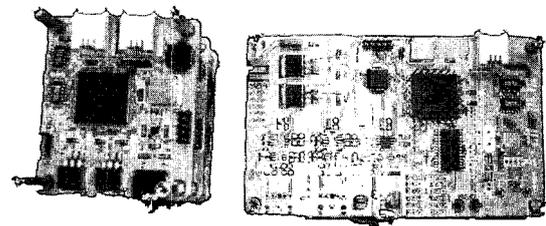


그림 11. 보드 확대 사진

Figure 11. Board picture.

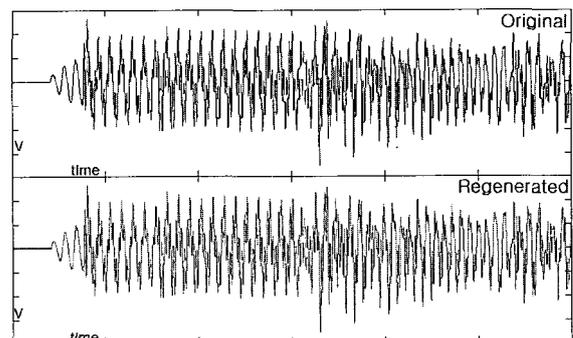


그림 12. 원래의 오디오 신호와 재생 신호의 파형

Figure 12. Original and regenerated signals.

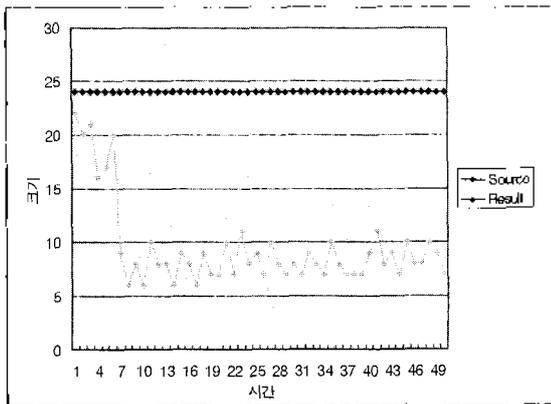


그림 13. 데이터 변화량 측정 결과  
Figure 13. Measurement result of data change.

### V. 결론

다채널 오디오 스피커의 직렬연결 시스템은 하나의 전송 선로를 사용하여 모든 스피커를 연결한다. 따라서 스피커마다 모두 다른 연결선을 사용하는 기존의 아날로그 방식의 연결에 비해서 설치 및 시공이 간편하고 스피커 선의 비용을 절감할 수 있다. 또한 연결하는 스피커들의 순서나 방법에 제한이 없으므로 스피커의 연결이 쉬우며 디지털로 신호를 전송 하므로 오디오 신호를 전달하는 과정에서 왜곡이 없다. 그리고 사후 유지 관리가 쉽다는 장점을 갖는다. 반면에 각각의 스피커에 전원을 공급해 주어야 하며 스피커마다 부가적인 회로가 필요하다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서 구현한 다 채널 오디오 스피커의 직렬연결 시스템은 모든 스피커를 직렬로 연결한 후 디지털 CD 수준의 음질을 갖는 5.4 MHz/sec의 데이터를 직렬 선로를 통해 전송하고 처리할 수 있다. 또한 HTS뿐 아니라 빌딩과 같이 많은 숫자의 스피커를 사용하는 곳에도 적용할 수 있다.

### 감사의 글

이 논문은 2004년도 경희대학교 지원에 의한 연구결과입니다.

### 참고 문헌

1. X.Bosun, "Signal Mixing for a 5.1-Channel Surround

System - Analysis and Experiment." AES Journal, 49 (4), 263, 2001.  
 2. C. Busbridgem Y. Huang, and P. A. Fryer, "Crossover Systems in Digital Loudspeakers." AES Journal, 50 (10), 791, 2002.  
 3. B. Forouzan, *Data Communications and Networking Third Edition*, (McGraw Hill, 2003).  
 4. [http://para.maximic.com/compare.asp?Fam=RS485 &Tree=Interface&HP=Interface.cfm&In](http://para.maximic.com/compare.asp?Fam=RS485&Tree=Interface&HP=Interface.cfm&In).  
 5. [http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9\\_gci817575.00.html](http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci817575.00.html).  
 6. [http://www.cirrus.com/en/products/pro/areas/mixedsig\\_av.html](http://www.cirrus.com/en/products/pro/areas/mixedsig_av.html).

### 저자 약력

• 권 오 균 (Ohkyun Kwon)



1986년: 숭실대학교 전자공학과 (공학사)  
 1997년~ 현재: 한국스프라이트 대표  
 2002년: 경희대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년~ 현재: 경희대학교 전자공학과 박사과정

• 송 문 빈 (Moonvin Song)



1998년: 한밭대학교 전자공학과(공학사)  
 2002년: 경희대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년~ 현재: 경희대 전자공학과 박사과정

• 이 승 원 (Seungwon Lee)



2001년: 한밭대학교 전자공학과(공학사)  
 2001년~ 2003년: (주)new 정보통신  
 2004년~ 현재: 경희대학교 전자공학 석사과정 재학 중

• 이 영 원 (Youngwon Lee)



2004년: 경희대학교 전자공학과 (공학사)  
 2004년~ 현재: 경희대학교 전자공학 석사과정 재학 중

**• 정연모 (Yunmo Chung)**

1980년: 경북대학교 졸업  
1982년: KAIST (공학석사)  
1982년~1987년: 경제기획원 전산처리관  
1992년: 미국 미시간주립대학교 (공학박사)  
1992년~현재: 경북대학교 전자공학과 교수