

가상환경에서의 4채널 오디오 출력을 이용한 실시간 입체음향 구현

*양시영, **이돈응, *정제창
 *한양대학교 전자통신전파공학과, **한양대학교 음악대학
 wirbel@ece.hanyang.ac.kr

Implementation of the Real-time Stereophonic Sound using the 4 channel Audio Output in the Virtual Environment

*Siyoung Yang, **Donoung Lee, *Jechang Jeong
 *Dept. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University,
 **Dept. of Music, Hanyang University

요약

실제공간에서 음원이 존재하는 것처럼 음향을 재현하려면 스테레오만으로는 완벽한 재현이 어렵다. 본 논문에서는 4채널 오디오 출력을 이용해서 가상환경의 음원이 실제 공간에 존재하는 것처럼 재생하는 방법을 기술한다. 잔향 임펄스 응답을 이용해서 공간감을 구현하였고, 음원과 청자의 거리에 따라 감을 조절하였으며, 4채널에 균일 파워 페닝 기법을 사용해서 방향감을 구현하였다. PC에서 입체음향이 되도록 구현하였으며, 실시간으로 음원과 청자의 위치를 변화시킬 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 공간감, 음량감과 방향감을 고려하는 4채널 오디오 출력을 이용한 실시간 입체음향 구현에 대해 기술한다.

1. 서론

입체음향이란 소리를 재생함에 있어 자연상태의 청취시와 같은 공간감, 음량감, 방향감 등을 느끼게 하고, 공간적 현장감 표현을 가능케 하는 구현 기술이다. 다양한 벽면 재질 특성을 가지는 가상공간에서 소리의 울림 정도는 임펄스 응답으로 표현한다. 그림 1의 공간 A는 가상의 공간을 의미하며, 공간 B는 4채널 오디오 출력을 이용해서 음원을 재생하는 실제 공간이다.

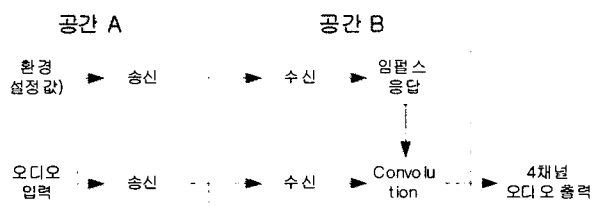


그림 1. 가상공간의 입체음향 재현 시스템

가상공간의 환경설정 값과 음원 데이터를 공간 B로 전송하여 공간 B에서 그 음원을 재생한다. 공간 B에 필요한 환경설정 값은 공간 A의 크기, 각 벽면의 재질, 음원과 청자의 위치이다.

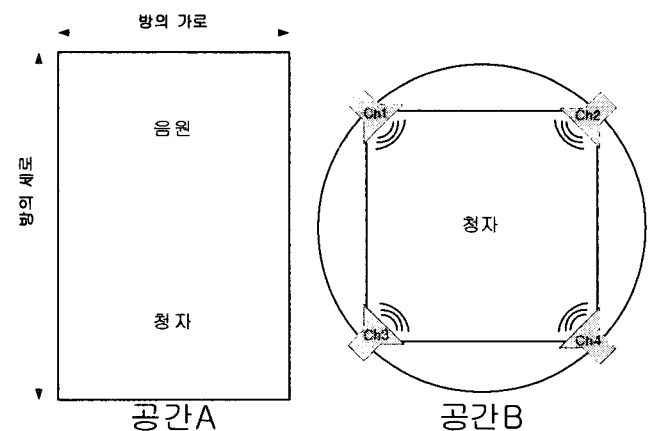


그림 2. 4채널 오디오 출력을 이용한 입체음향

그림 2는 공간 A에서는 음원과 청자의 위치는 자유롭게 이동할 수 있음을 보여주며, 공간 B에서는 청자의 위치는 고정이고 일정한 거리에 4개의 스피커가 위치한 것을 보여준다. 공간 A에서 환경설정 값과 음원데이터를 받으면 실제공간에서 4채널 오디오 출력을 이용해서 음원을 재생한다.

본 논문의 2장에서는 임펄스 응답(impulse response)의 구성에 대해서 알아보고, 3장에서는 패닝(panning)에 대해서 알아본다. 4장에서는 4채널을 이용한 입체음향 구현 방법을 기술하며, 5장에서 시뮬레이션 결과를 보이고 결론을 맺는다.

2. 임펄스 응답 (Impulse Response)

공간에서 소리가 발생하면 소리가 직접 청자에게 들리기도 하지만 물체나 벽면에 부딪쳐서 청자에게 들리는 소리까지 더해지게 된다. 그래서 밀폐된 공간에서의 소리는 직접음과 초기반사음, 잔향에 해당하는 소리의 합성으로 생각할 수 있다[1]. 따라서 소리의 울림 정도를 나타내는 임펄스 응답은 그림 3과 같이 직접음, 초기반사음, 잔향으로 구성된다[2]. 그림 4는 임펄스 응답의 예이다.

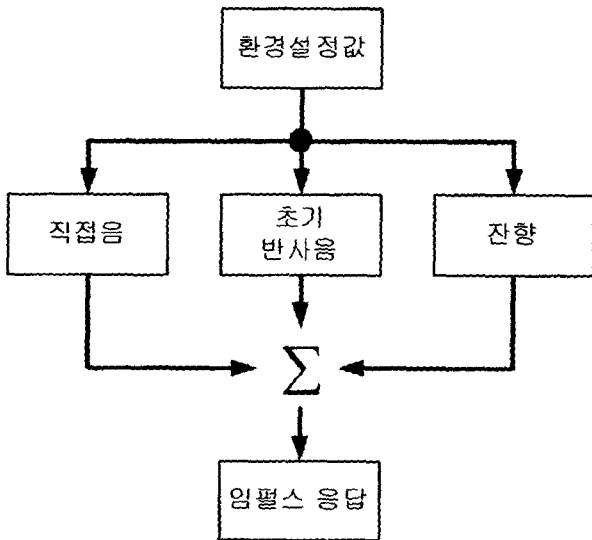


그림 3. 임펄스 응답 구성도

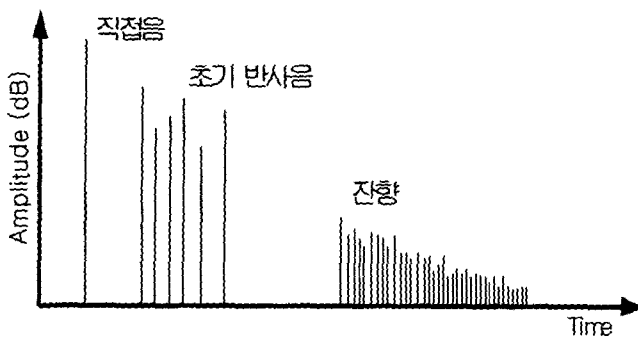


그림 4. 임펄스 응답

소리가 발생하면 약간의 지연 시간을 두고 사람이 소리를 듣게 되는데, 가장 먼저 듣게 되는 소리는 가장 짧은 거리를 통해 날아온 소리이다. 이때 가장 짧은 거리를 직선 경로(direct path)라고 하고 직선 경로를 날아온 소리를 직접음 (direct sound)이라고 한다.

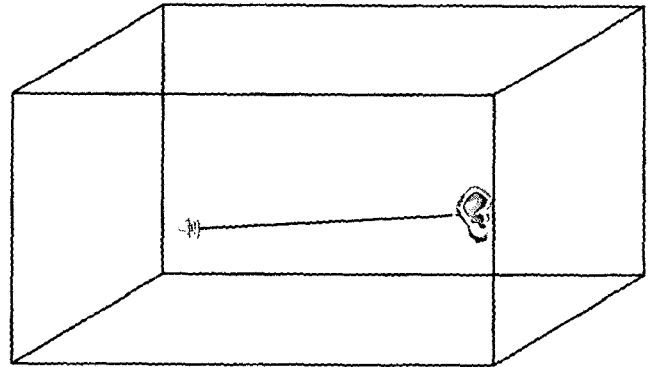


그림 5. 임펄스 응답에서의 직접음

직접음이 들리고 얼마 후에 벽이나 천장, 바닥에 부딪치고 도달한 소리가 들린다. 이렇게 들리는 소리를 초기 반사음(early reflection)이라고 한다. 음원이나 청자가 이동하면 초기 반사음도 변하게 된다. 소리가 물체에 부딪치고 반사되어 청자까지 도달하는 거리는 '피타고라스의 정리'를 이용하여 구할 수 있다. 이렇게 구한 거리로 직접음을 계산할 때와 마찬가지로 소리의 강도와 지연 시간을 계산할 수 있다. 하지만 초기 반사음은 거리뿐만 아니라 소리가 부딪치는 물체의 표면에 영향을 받는다. 소리는 물체에 부딪치면 물체의 흡음률에 따라 에너지가 흡수되고 반사되어 나온 소리는 약해지게 된다. 그러므로 초기 반사음의 소리의 강도는 흡음률을 고려해서 계산해야 한다.

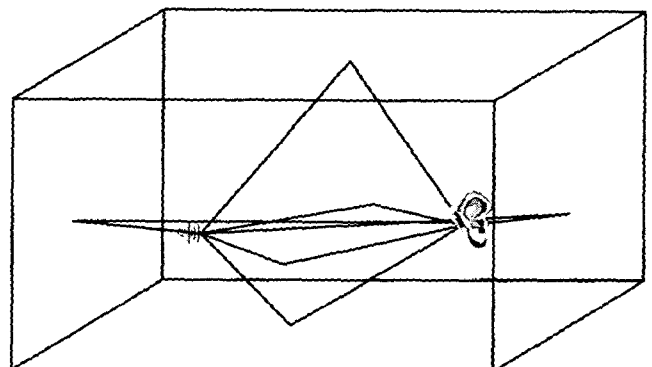


그림 6. 임펄스 응답에서의 초기 반사음

시간이 지나면서 소리는 각 벽면에 반복해서 부딪치게 되어 청자에게 도달한다. 이렇게 도달한 소리는 반복되어 부딪치므로 소리가 감쇄되고 경로는 늘어나게 된다. 이처럼 직접음과 초기 반사음에 이어서 모든 방향에서 들리는 작은 소리를 잔향(reverberation)이라고 한다. 잔향은 모든 방향에서 전달되는 소리들의 합으로 이루어지기 때문

에 직접음이나 초기 반사음과는 달리 청자의 위치 변화에 상관없이 일정하다.

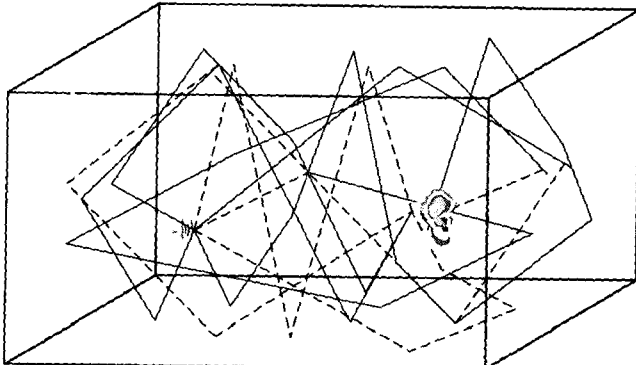


그림 7. 임펄스 응답에서의 잔향

3. 패닝 (Panning)

가상환경에서 음원의 위치가 변하는 경우, 입체음향으로 구현하면 음원의 발원지가 이동하는 것과 같고 이렇게 소리가 이동하는 것을 패닝이라 한다. 패닝 기법중에서 선형 패닝(linear panning)은 스피커간의 소리를 선형적으로 변화시키므로 소리의 이동이 부드럽지 못하다. 본 논문에서는 패닝 효과가 좋으면서도 연산이 복잡하지 않은 균일 파워 패닝(Constant Power Panning)을 사용한다 [3]. 균일 파워 패닝은 각 스피커에서 재생되는 소리의 크기의 파워의 합을 1로 유지하여 소리의 이동을 자연스럽게 이동시킨 것이다. 그림 8과 같이 음원의 위치는 Ch1 부터 Ch4까지의 스피커가 위치한 원을 따라 이동하게 되는 것이다.

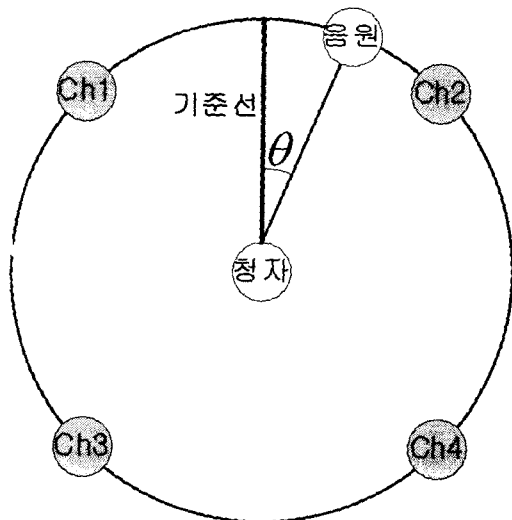


그림 8. 4채널 패닝

그림 8의 θ 는 기준선과 음원사이의 각도로 4ch 패닝에 사용된다.

$$A_{Ch1} = \cos\left(\theta + \frac{1}{4}\pi\right)$$

$$A_{Ch2} = \cos\left(\theta - \frac{1}{4}\pi\right)$$

$$A_{Ch3} = \cos\left(\theta + \frac{3}{4}\pi\right)$$

$$A_{Ch4} = \cos\left(\theta - \frac{3}{4}\pi\right)$$

(1)

$$Amp_{Ch_i} = \begin{cases} A_{Ch_i} & \text{if } (A_{Ch_i} > 0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$Amp_{Ch_i} (i = 1, 2, 3, 4)$ 는 식 (1)을 통해서 구한다. 이렇게 구한 Amp_{Ch_i} 는 식 (2)에서 균일한 파워를 유지하는 것을 볼 수 있다.

$$Amp_{Ch1}^2 + Amp_{Ch2}^2 + Amp_{Ch3}^2 + Amp_{Ch4}^2 = 1 \quad (2)$$

4. 입체음향 구현

입체음향 구현 블록 다이어그램은 그림 9와 같다. 블록 다이어그램에서 받는 데이터는 환경설정 값과 음원데이터를 받아서 데이터를 처리한 후에 ch1부터 ch4까지 4개의 스피커로 음원데이터를 내보낸다.

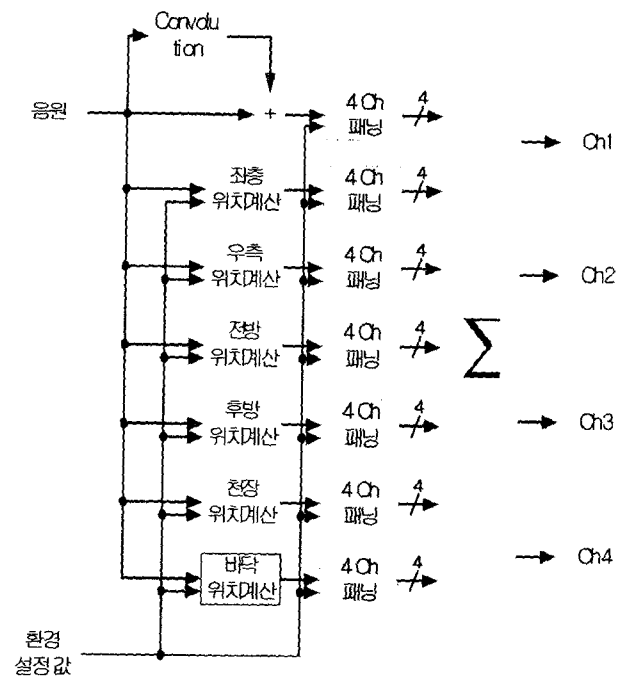


그림 9. 입체음향 구현 블록 다이어그램

그림 9의 위치계산은 초기 반사음을 계산하기 위해서 사용된다. 그림 10은 우측 위치를 계산 부분으로 우측 초기 반사음을 구하기 위해서 음원을 우측의 가상음원을 만든 것이다.

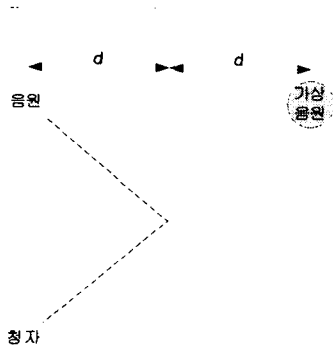


그림 10. 우측 위치 계산

그림 11의 4ch 패닝은 그림 9에서 세부적으로 살펴본 블록 다이어그램이다. 음원과 청자의 위치와 흡음률을 입력받는다. 흡음률은 각 면의 재질마다 다른 값으로 설정할 수 있으며, 흡음률에 따라서 음원의 볼륨 크기가 결정된다. 음원과 청자의 위치로 거리와 각도를 계산한다. 각도는 균일 파워 패닝에 사용하고, 거리는 음원 데이터의 지연시간과 볼륨 크기를 계산하는데 사용된다.

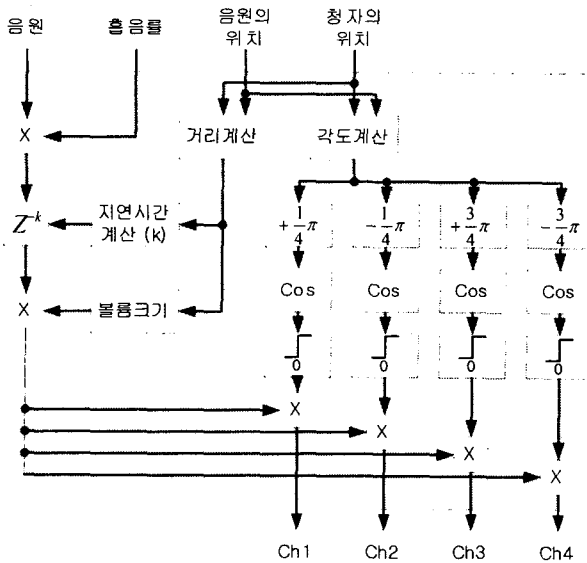


그림 11. 4ch 패닝 블록 다이어그램

따라서 음원 데이터는 직접음, 좌측 초기 반사음, 우측 초기 반사음, 전방 초기 반사음, 후방 초기 반사음, 천장 초기 반사음, 바닥 초기 반사음, 잔향이 적용되어 나온다.

5. 시뮬레이션 및 결과

프로그램은 4장의 내용을 기반으로 구현하였다. 프로그램 개발은 Visual C++을 사용하였으며, 펜티엄4 1.5G 펜

티엄4 1.5GHz, 256MB 램, Window XP 환경에서 시뮬레이션 하였다. 4채널 오디오는 Port Audio의 ASIO 드라이버를 사용하였고[4], 사운드 카드는 EMAGIC사의 EMI 2|6를 사용하였다. 구현한 프로그램은 메모리와 CPU 점유율이 높지 않아 구동에 문제가 없었다.

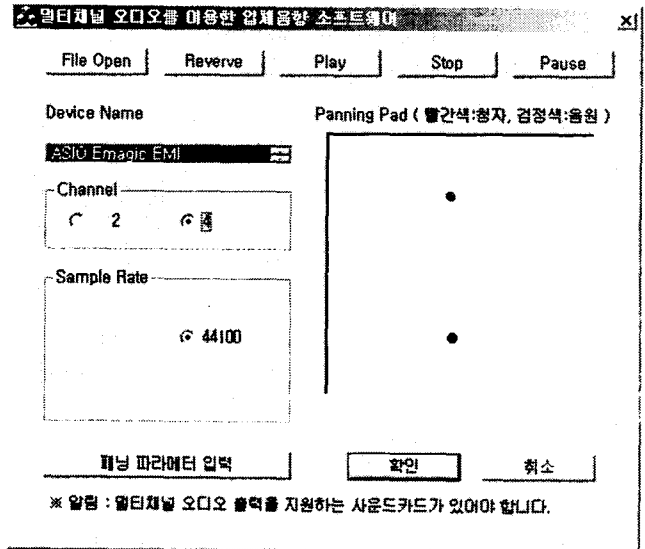


그림 12. 구현 프로그램 시뮬레이션

본 논문에서는 음원과 청자의 위치를 실시간으로 변화시키면서 그에 따른 입체음향을 구현하였다. 스테레오로 재구성된 입체음향은 실제 공간에서 재현할 때, 좌측과 우측에서만 재현시키므로 실제 음향효과와는 다르다. 본 논문에서는 멀티채널로 4채널을 사용해서 음원을 재현시키므로 가상공간의 음원을 실제 공간에 유사하게 입체음향으로 재현시키는 효과가 있다. 오디오 출력으로 4채널이 아닌 6채널이나 8채널을 사용하면, 좀 더 현실감 있는 입체음향 효과를 구현할 수 있다. 본 논문의 방법을 응용하면 가상현실과 3차원 게임등 멀티채널 스피커를 사용하는 환경에서 뛰어난 입체음향 효과를 보여줄 것이다.

참고문헌

- [1] David M. Howard and James Angus, *Acoustic and Psychoacoustics*, Focal Press, 1996
- [2] 정재철, 김동형, 정제창, "재질특성을 고려한 효과적인 잔향 모델의 구현", *제16회 신호처리 합동 학술 대회 논문집*, vol 16 No.1, 2003
- [3] Curtis Roads, *The Computer Music Tutorial*, MIT Press, 1996
- [4] Port Audio, <http://www.portaudio.com>