

# 입사음장재생시스템

천인규

삼성전자주식회사, 디지털미디어연구소, 오디오 랩

## Incident sound fields reproduction systems

Ingyu Chun

Samsung electronics co., ltd., Digital media R&D center, Audio Lab., ingyu.chun@samsung.com

### 요약

산란체가 있을 때에 음장은 입사파와 산란파로 구분될 수 있다. 입사파는 산란체에 영향을 받지 않는다. 바꿔 말하면 음원으로부터 나온 소리는 청취자와 주위 환경에 무관하다. 이 논문에 제시된 입사음장 재생시스템은 주어진 공간내에서 입사음장을 재생하여 청취자에 독립적인 가상음장을 만드는 시스템이다. 입사음장 재생은 경계표면제어원칙에 기반하였다.

입사파만이 정확히 재생된다면 제어공간 내에 주어진 산란체에 대한 전체음장이 정확히 재생되게 된다. 입사파는 제어공간내의 산란체에 영향 받지 않으므로 어떤 산란체가 제어공간내에 들어오더라도 주어진 입사음장에 대한 전체음장은 항상 정확히 재생되게 된다.

### 1. 서론

바이노럴 기술을 이용한 입체음향시스템의 성능은 일반적으로 고주파영역에서 청취자의 귀모양에 매우 민감하다.[1] 입사음장재생시스템은 청취자에 무관한 입사음장을 재생함으로써 가상음장을 만드는 것을 시도한다. 따라서 입사음장재생시스템의 성능은 제어공간에 위치한 청취자와 독립되어있다. 이 논문은 입사음장재생 시스템에 대하여 이론적인 배경과 구현 방법에 대하여 설명한다.

### 2. 입사음장의 재생

음원과 산란체가 있을 때에 음장은 입사파와 산란파로 구분될 수 있다. 입사파는 자유공간에서 산란체가 없을 때에 음원으로부터 생성되는 음장으로 정의될 수 있다. 산란파는 입사파가 산란체와의 상호작용으로 인해 생성된 음장이다. 제어공간에서 산란파는 산란체의 구조와 산란체의 표면에서의 음압과 임피던스에 의해 정해진다. 그러므로 제어공간 내에

### 3. 제어공간 밖에 산란체가 있을 경우의 입사음장의 재생

제어공간 밖에 입사체가 입사음장 재생에 어떠한 영향을 끼치는가에 대한 연구도 이루어졌다. 자유공간에서 두 개의 임의의 산란체가 있고 제어공간 안에는 그 중 한 개의 산란체만 있다고 가정하자. 이 경우 입사음장 재생시스템이 재생하는 제어공간안의 입사음장은 음원에서 생성되는 음장과 제어공간 바깥에 있는 산란체로부터 생성되는 산란음장으로 구성되어 있다. 그런데 추가적인 입사음장, 즉 제어공간 바깥의 산란체로부터의 산란음장은 제어공간 안에 있는 산란체의 구조와 표면에서의 음압과 임피던스에 영향을 받는다. 하지만 제어공간 바깥의 산란체로부터의 산란음장이 제어공간 안에 있는 산란체에 영향받지 않는다고 가정한다면 입사음장 재생시스템에 의해 어떤 산란체가 제어공간내에 들어오더라도 주어진 입사음장에 대한 전체음장은 항상 정확히 재생된다.

이 가정은 다음 조건 중 하나가 만족하다면 알맞게 유효하다고 할 수 있다. 첫째 조건은 제어공간 내에 있는 산란체의 구조나 경계조건이 별로 바뀌지 않는

경우이다. 즉 파장에 비하여 산란체의 크기가 작은 경우에 해당된다. 두번째 조건은 제어공간 밖에 있는 산란체의 표면 음압이 제어공간 내에 산란체의 구조나 경계조건의 변화해도 별로 바뀌지 않는 경우이다. 세번째 조건은 제어공간 바깥의 산란체로부터의 산란음장이 제어공간 안의 전체 음장에 비해 충분히 약한 경우이다.

#### 4. 입사음장재생의 제어

키르히호프 헬름홀츠 적분방정식은 다음과 같은 경계표면제어원칙으로 해석될 수 있다. [2] 주어진 공간 안에 음장은 경계표면에서의 음압과 입자속도를 재생함으로써 재생될 수 있다. 그림 1 은 이 원칙을 기반으로 한 입사음장재생 시스템을 보여준다.

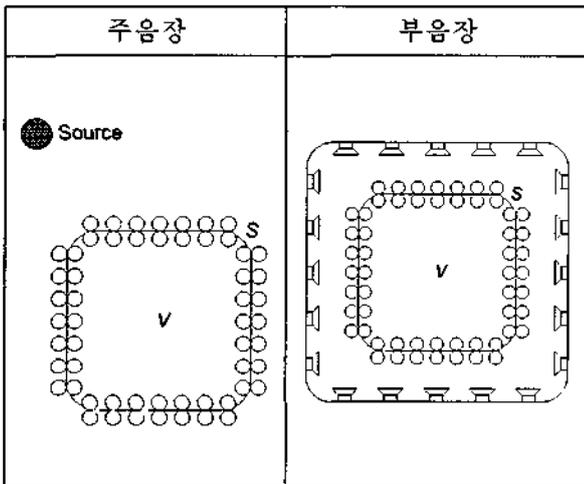


그림 1. 입사음장재생시스템

제어음장에서의 경계표면은 분리된 제어점으로 나누어지는데 입자속도를 근사적으로 재생해 주기 위하여 그림에서와 같이 경계표면에 수직선의 두 점을 측정하여 재생하여 준다. 주음장에서 경계표면의 제어점에서 측정된 음압은 부음장에서 다수의 음원들을 이용하여 재생된다. 이 음압을 재생하기위해 필요한 음원들의 신호는 음원과 제어점들 간의 전달함수를 구하여 이의 역함수를 이용하여 구한다. 이 때 제어점의 개수에 비해 음원의 수가 부족한 경우에는

최저제곱방법을 사용하여 최적의 음원 신호를 구하게 된다. [3]

#### 5. 결론

이 논문을 통하여 제어공간 내에 입사음장을 정확히 재생해 줌으로써 가상음장을 만들어내는 입사음장 재생시스템에 대하여 논하였다. 이 입사음장은 여러 개의 음원을 이용하여 입사음장을 재생해 낼 수 있다. 이 입사음장재생시스템의 성능은 제어공간 내에 위치한 산란체 (예를 들면 청취자) 에 무관하기 때문에 어떤 산란체에 대해서도 같은 재생성능을 낼 수 있다. 이 시스템은 제어공간내의 입사음장은 제어공간 밖의 산란체에 무관하다는 가정을 기반으로 하고 있다. 수치해석 모델을 사용하여 이 시스템을 검증해 보면 성공적으로 가상음장이 생성되었음을 보여줄 수 있다. [4]

#### 참고문헌

1. H. Møller, "Fundamentals of binaural technology," *Applied Acoustics* **36**, 171-218 (1992).
2. S. Ise, "A principle of sound field control based on the Kirchhoff-Helmholtz integral equation and the theory of inverse systems," *Acustica* **85**, 78-102 (1999).
3. P. A. Nelson and S. J. Elliott, *Active Control of Sound* (Academic Press, London, 1992).
4. I. Chun, *A Numerical Study of Multichannel Systems for the Presentation of Virtual Acoustic Environments* (Ph.D. Thesis, University of Southampton, 2004).