

# 홈 엔터테인먼트 시스템을 위한 효율적인 3차원 공간 등화 방법

\*이준호, \*정재웅, \*\*박영철, \*윤대희  
\*연세대학교 전기전자공학부, \*\*연세대학교 원주캠퍼스 정보기술학부  
junhlee@cyclon.yonsei.ac.kr

## Effective Room Equalization For Home Entertainment System

\*Junho Lee, \*Jae-woong Jeong, \*\*Young-cheol Park, \*Dae-hee Youn  
\* Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul,  
\*\* Division of Information Technology, Yonsei University, Wonju

### 요 약

본 논문에서는 warped common acoustical pole and zero (WCAPZ)를 이용한 새로운 3차원 공간 등화 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 저주파 영역의 성능을 유지하면서 등화 필터의 차수를 효율적으로 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 필터링시에 발생하는 입력과 출력의 지연이 일반적인 블록 변환 방법에 비해 작으면서도 유사한 연산량을 보이게 된다. 또한 제안된 3차원 공간 등화 필터 설계방법은 극점-영점 디워핑 (pole-zero dewarping) 방법에 의해 선형 주파수 영역에서 구현이 되므로 워핑 (warping) 방법보다 적은 연산량을 가지게 된다. 모의 실험을 통해 제안된 방법이 저주파 영역에서 좋은 공간 등화 성능을 보임을 증명하였다.

### 서론

가정용 엔터테인먼트 시스템은 일반적으로 임의의 청취 공간에서 사용된다. 임의의 청취 공간이란 공간의 크기, 주변 물질, 공간 안의 사물들에 대한 사전 정보가 없다는 의미이다. 따라서 홈 엔터테인먼트 시스템의 음향적인 특성은 기기 자체의 전기적인 특성과 청취공간의 음향적인 특성이 결합되어 나타나게 된다. 3차원 공간 역 필터링(inverse filtering)이란 디지털 신호 처리 기법을 사용하여 3차원 청취 공간에 의해 왜곡된 전달 함수를 등화시키는 기술이다[1]. 이 기술을 사용하면 레코딩된 음을 청취공간에 관계없이 완벽하게 복원할 수 있게 된다.

일반적인 공간 응답은 수초간 진행이 되므로 all-zero 모델로 공간 응답을 모델링하기 위해서는 많은 수의 파라미터가 필요하다. 이것은 필연적으로 공간 등화 필터의 탭수를 증가시키고, 이와 같이 설계된 공간 등화 필터를 실시간 시스템에 사용하기 위해서는 시간영역의 콘볼루션(convolution) 방법보다 적은 연산량으로 구현 가능한 FFT 기반의 블록 콘볼루션(overlap-add 또는 overlap-save) 방법[2]을 이용한다. 하지만 FFT 기반의 블록 콘볼루션 방법은 필연적으로 블록 크기의 2배 이상의 입력력 지연을 야기하여, 실시간 시스템에서 비디오 신호와 오디오 신호의 비동기를 유발한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 Gardner는 zero-delay를 가지는 콘볼루션 방법을 제안하였다[3]. 이 방법은 시간영역의 콘볼루션 방법보다는 적은 연산량을 가지지만, 주파수 영역의 블록 콘볼루션보다는 많은 연산량이 필요한 단점이 있다. 따라서 실시간 시스템에서 공간 등화를 위해서는 적은 탭수를 가지는 공간 등화 필터를 설계하는 것이 중요하다.

본 논문의 목적은 청취에 중요한 저주파 영역의 등화 성능을 유지하면서 기존의 방법보다 적은 탭수를 가지는 공간 등화 필터를 설계하는 것이다.

Haneda et al.은 공간 응답의 공통 음향 극점(common acoustical poles)을 이용하여 공간 응답을 등화시키는 방법을 제안하였다[4]. 이 방법의 핵심은 여러 개의 공간 응답으로부터 공통되는 음향 극점을 구하여 이것을 등화시키는데 있다. 하지만 이 방법은 공통되는 음향 극점의 개수가 이론적인 개수보다 적을 때 성능 저하가 심하고, 공통되는 음향 극점을 구하는데 많은 연산량이 드는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 공통된 음향 극점-영점(common acoustical poles-zeros) 방법과 극점-영점 디워핑(pole-zero dewarping) 방법을 결합하여 효율적인 공간 등화 필터를 설계하는 방법을 제안한다. Warped 필터는 디지털 필터 설계시 비선형 주파수 해상도를 가지도록 하는 방법이다. 공통된 음향 극점-영점을 구하는 방법과 Warped 필터를 결합하여 기존의 방법보다 적은 탭수의 등화 필터를 이용하여 저주파 영역의 성능을 유지할 수 있게 된다. 또한 등화 필터의 탭수가 적으므로, 기존의 필터링 알고리즘보다 입력력 지연이 작은 장점을 가지게 된다. 제안한 방법은 warped 주파수 영역에서 최적화된 등화 필터를 구한 후, 선형 주파수 영역으로 변환하여 구현되므로 기존의 등화 필터 설계 방법과 유사한 연산량을 가진다.

### II. 3차원 공간 등화

레코딩된 음장을 5.1 채널 재생 시스템을 이용하여 특정 공간에서 재생한다면, 그리고 특별한 신호 처리 기술이 적용되지 않았다면, 완벽한 원 음장을 청취자의