

## 2 차 적응낮치필터를 이용한 새로운 저주파 특성 향상 방법

\*송은정, \*이준호, \*\*박 영 철, \*윤 대 희  
\*연세대학교 전기전자공학과, \*\*연세대학교 원주캠퍼스 정보기술학부  
capssong@dsp.yonsei.ac.kr

### A New Bass Enhancement Method Using Second-order Adaptive Notch Filter

\*Eun-Jung Song, \*Junho Lee, \*\*Young-cheol Park, \*Dae-hee Youn  
\* Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul,  
\*\* Division of information Technology, Yonsei University, Wonju

#### 요 약

휴대형 단말기와 같이 소형스피커를 사용하는 시스템의 경우 트랜스듀서의 크기 제약으로 인해 물리적으로 낮은 주파수 대역의 신호를 재생할 수 없다. 본 논문에서는 소형 스피커에서 저주파 성능이 현저히 떨어지는 문제를 해결하기 위해 'missing fundamental'이라는 심리음향 이론을 이용한 저주파 재생 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 다운샘플링, 적응낮치필터를 이용한 피치추정, 고조파 생성기, 비상관화기로 구성되어있으며 적은 연산량으로 좋은 성능을 보인다. 제안된 알고리즘의 각 블록별 시뮬레이션과 주관적 평가를 통해 그 성능을 증명하였다.

#### I. 서론

이상적인 오디오 시스템의 주파수 응답은 전 주파수 대역에 걸쳐 일정해야 한다. 하지만 일반적으로 좋은 저주파 특성은 스피커의 크기에 의해 제한된다. PC 나 휴대형 단말기에서 사용하는 스피커는 크기와 가격 면에서 제한이 있기 때문에 저주파 성분을 재생하는 성능이 크게 떨어진다[1]. 이러한 문제는 심리음향이론을 이용해 해결될 수 있다. 심리음향이론에 의하면, 기본주파수 성분 없이도 그것의 고조파 성분만 있으면 인지되는 피치는 변하지 않고 소리의 음색만 변한다. 이러한 이론을 'missing fundamental' 이라고 부른다[2]. 이 이론을 기반으로 특정 고조파 성분을 선택적으로 처리함으로써 저주파수 대역의 성분을 재생할 수 없었던 소형 스피커에서도 풍부한 베이스 효과를 낼 수 있다.

심리음향이론을 이용하는 기존 방법은 비선형소자를 이용한 방법[3]과 고조파 생성기를 이용하는 방법[4]이 있다. 비선형소자를 사용하는 방법은 비선형소자를 이용하여 저주파 성분으로부터 간단하게 고조파를 만들어 내는 방법이다. 그러나 이 방법을 사용할 경우, 비선형소자에 의해 생기는 고조파 성분이 4 개 이상이 되어 잡음처럼 들리는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 대역통과필터를 사용하지만 기본주파수가 일정하지 않기 때문에 정확히 2 개나 3 개의 고조파 성분을 뽑아낼 수 있는 필터를 설계하기는 쉽지 않다. 결국 4 개 이상의 고조파 성분에 의한 잡음이 쉽게 발생한다. 또한, 입력이 순음이 아닌 경우에는 혼변조(intermodulation) 성분이 생기는 데 이러한 혼변조 성분 역시 잡음처럼 인지된다.

고조파 생성기를 이용한 방법은 입력의 피치 즉, 기본주파수를 측정하여 그 기본주파수에 대응하는 고조파를 직접 합성해 내는 방법이다[4]. 이 방법은 비선형소자와는 달리 혼변조 문제에서 자유롭지만 피치추정이 정확하지 못하기 때문에 재생된 저주파음의 품질이 일정하게 유지되지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 새로운 피치추정 알고리즘을 고조파

생성기 방법에 적용함으로써 기존의 방법에 비해 성능이 우수한 저주파 재생 알고리즘을 제안한다. 다음 장에서 기존의 고조파 생성기를 이용한 방법을 소개한 뒤 기존 방법의 문제점에 대해 설명하였다. 3 장에서는 적은 연산량으로 좋은 성능을 보이도록 설계한 알고리즘을 제안하고 각 블록에 대해 자세히 언급하였다. 마지막으로 4 장에서는 컴퓨터 시뮬레이션과 주관적 평가를 통해 제안된 저주파 향상 방법의 성능을 증명하였다.

#### II. 고조파 생성기를 이용한 저주파 특성 향상 기법

고조파 생성기를 이용한 저주파 특성 향상 방법은 입력 신호의 기본주파수를 추정하여 그 기본주파수의 고조파 성분을 원하는 수만큼 직접 만들어 내는 방법이다. 그림 1 은 고조파 생성기를 이용하여 저주파 특성을 향상시키는 알고리즘의 블록도이다[4].

입력 신호는 고역통과필터와 저역통과필터를 각각 통과한다. 고역통과필터는 스피커의 재생에 문제가 없는 영역을 구하는 필터이다. 저역통과필터는 스피커가 제대로 재생하지 못해 향상시키고자 하는 대상영역을 구하는 필터이다. 이때, 고역통과필터와 저역통과필터의 차단주파수는 스피커의 차단주파수로 정해진다. 저역통과필터에 의해 구해진 대상신호는 기본주파수를 구하는 피치추정 블록, 측정된 기본주파수의 고조파 성분을 만드는 고조파 생성기 블록을 통과하게 된다.

이 방법에서 피치추정은 매우 중요하다. 이를 정확하게 하기 위해서는 일반적으로 많은 연산량이 필요하지만, 기존 방법에서는 성능보다 연산량에 이득이 있는 방법 즉, 식 (1)을 이용하여 다음과 같이 피치추정을 한다[4].

$$\hat{f}_0(n) = r(n-1) + x(n-1)\gamma[x(n) + x(n-2) - 2x(n-1)\hat{f}(n-1)] \quad (1)$$

식 (1)에서  $x(n)$  은 입력신호이고  $\gamma$  는 수렴속도를 결정하는 계수이다. 식 (1)의  $\hat{f}_0(n)$  으로부터 다음의 관계식을 이용하여 기본주파수  $\hat{f}_0(n)$  을 구할 수 있다.

$$\hat{f}(n) = \cos 2\pi \hat{f}_0(n) \quad (2)$$