

가상 음향 공간에서의 음의 선명도 향상

조용춘, 오윤학, 김선민, 세르게이, 장성철
삼성전자 DM 총괄 DM 연구소 A/V Solution 팀

Clarity Enhancement for Virtual Sound

Yong-Choon Cho, Yoonhark Oh, Sunmin Kim, Serguei Iaryguine, Seongcheol Jang
AV Solution Team, DM R&D Center, Digital Media Business, Samsung Electronics co.
{yongc.cho, yoonharkoh, sunmin21.kim, sergei.yarygin, seongcheol.jang}@samsung.com

요약

HRTF 를 사용하여 가상적인 음향 효과를 내는 시스템에서의 음의 왜곡은 필수적이다. 하지만 음성과 같은 사람이 민감하게 느끼는 부분에서의 음의 선명도 저하는 다른 대역의 왜곡보다 더욱 크게 느껴진다. 그리고 모노 및 두 채널의 주파수 특성이 비슷한 스테레오에서는 음질을 보상할 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 음의 선명도의 저하를 유발하게 하는 가상 음향 발생 필터의 특징을 분석하고, 간단한 필터 설계에 의해서 본래의 가상 음향을 그대로 유지하면서 선명도를 높일 수 있는 방법을 제시한다. 제시한 방법은 특히 모노 및 뉴스모드와 같이 음성이 많이 들어 있는 부분에서 뛰어난 성능을 보인다.

1. 서론

일반적인 TV의 경우 본체의 좌/우 혹은 아래에 2채널의 스피커가 부착이 되어 있기 때문에 청취 각도가 좁아 DVD/CD Player 혹은 일반 TV 방송에서 나오는 스테레오 사운드(Stereo Sound)가 마치 모노 사운드(Mono Sound)처럼 스테레오 효과가 저하되어 들리게 된다. 특히, 영화를 시청할 때 좁은 스테레오 사운드 스테이지(Stereo Sound Stage)는 영화의 재미를 반감시켜 시청자들로 하여금 별도의 스피커 시스템 구매를 유발하기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 들어 가상 음향(Virtual Sound) 기술을 사용한다 [1-4]. 이는 HRTF(Head Related Transfer Function)를

사용하여 2개의 스피커가 만드는 좁은 스테레오 사운드 스테이지를 넓혀 주는 오디오 후처리 방법 및 시스템에 관한 것으로 2개의 스피커 간격이 좁은 조건 하에서도 스테레오 효과를 향상시켜준다.

하지만, 이러한 HRTF를 사용한 기술은 가청 주파수 영역의 정보를 왜곡을 전제로 하는데, 이러한 방법의 문제는 어느 대역보다 사람이 가장 민감하게 느끼는 목소리 부분의 왜곡이 더욱 심하게 느껴진다는 것이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 주파수 필터링 방법을 제안한다. 즉, 가상 음향 공간에서의 음의 선명도를 향상시키기 위해서 선명도 향상 필터를 설계하고 후 처리를 통해 가상 음향 공간에서의 음의 선명도를 향상 시킨다.

2 절에서는 HRTF 를 이용한 가상 음향에 대해 설명하고, 3 절에서는 필터 설계에 관해 설명하고, 4 절에서는 실험방법 및 결과에 대해 설명한다. 마지막으로 5 절에서는 결과 분석 및 향후 연구 방향에 대해 설명한다.

2. HRTF 를 사용한 가상 음향

2.1. Binaural Synthesis

음원과 고막 사이의 음향학적 전달함수를 HRTF라고 한다. 이러한 HRTF는 두 귀간의 시간차와 두 귀간의 레벨 차, 귓바퀴의 형상(Pinna)을 포함하여 소리가 전달되어온 공간의 특성을 나타내는 많은 정보가 담겨 있다. 특히 위와 아래의 음상 정위에 결정적인 영향을

미치는 컷바퀴에 대한 정보가 담겨 있는데 형상이 복잡한 컷바퀴는 모델링이 쉽지 않아 HRTF는 주로 측정을 통해 얻게 된다.

각 위치에서 측정한 HRTF 데이터베이스(Database)를 사용하면 임의의 위치에 가상의 음원을 위치시킬 수 있다. 예를 들어, 30 도의 위치에 가상의 음원을 형성시키기 위해서는 30 도에서 측정한 HRTF 를 사용해서 실제 음원과 컨볼루션(Convolution)을 시켜 주면 음원이 마치 30 도에 위치한 것과 같은 정위감을 형성시킬 수 있다. 스테레오 사운드 스테이지를 넓혀 주기 위해서 2N 개의 가상의 스피커를 전방에 대칭적으로 배치하고 오른쪽에 위치한 N 개의 가상 스피커를 통해서 스테레오 사운드의 오른쪽 채널 신호를 왼쪽 스피커에 대해서는 왼쪽 신호를 통과시킨다.

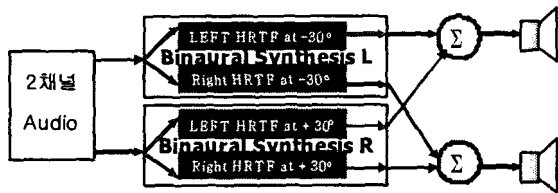


그림 1. Binaural Synthesis의 구성도

2.2. 가상 음향의 구현

Binaural Synthesis 기술은 헤드폰으로 재생했을 때 가장 좋은 성능을 나타낸다. 두 개의 스피커를 통해서 재생을 하게 되면 두 개의 스피커와 두 귀 사이에서 Crosstalk 현상이 발생하여 성능이 저하된다. 이를 해결하기 위해 Crosstalk Canceller가 필요하다. 설치된 스피커에서 30도 정도 넓게 벌려진 HRTF를 통해 얻은 Binaural Synthesis 부분과 조건에 맞는 실험을 통해 얻은 Crosstalk Canceller 부분을 합해서 Widening 필터라고 정의하고, 스테레오 사운드가 Widening 필터를 통과하여 2개의 스피커를 통해 재생되면 마치 전방에 넓게 배치한 가상의 스피커를 통해 소리가 나는 것처럼 느끼게 된다. 이와 같은 방법으로 가상의 정위를 갖는 사운드 스테이지를 얻을 수 있다 [5].

아래 그림. 2 는 [5]에서 제안한 2-Ch. 오디오 신호에 대한 Wide-Stereo system 의 구성도이다. 여기에서는 Binaural Synthesis 와 Crosstalk Canceller 를 이용해 가상의 정위를 만들고, 중간에 음의 공허감을 감쇄시키기 위해 Direct Filter 를 추가하여 가상 스피커 시스템을 제안했다.

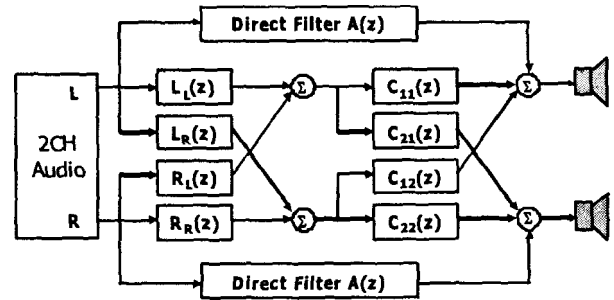


그림 2. 구현된 가상음향의 실행

3. 선명도 향상 필터

목소리의 명료도 (Intelligibility)를 향상시키기 위해 2-3 포먼트 (Formant)에 해당하는 대역의 에너지를 1 포먼트에 비해 크게 해주는 것이 주파수 스펙트럼의 대비를 바꾸는 것보다 효과적이라는 것은 여러 실험을 통해 입증된 사실이다 [6-7].

음의 선명도 향상을 위해서는 명료도를 고려한 방법에서 출발한다. 이는 적어도 2-3 포먼트에 해당하는 대역이 1 포먼트에 해당하는 대역의 에너지보다 크게 하는 것이다. 하지만 본 논문에서 제안하는 방법은 음의 명료도 뿐만 아니라 가상 음향의 효과를 그대로 유지 할 수 있게 고려한다.

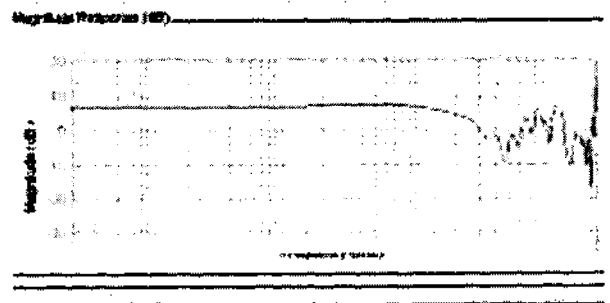


그림 3. Widening 필터 주파수 응답

본 논문에서는 [5]의 Wide-Stereo 방법에서 모노 및 뉴스모드와 같이 사람 목소리가 우세한 구간과 모노 사운드일 때의 음의 선명도만을 고려하여 필터를 설계하고 이를 실험적 방법으로 정제한다. 그림 3은 [5]에서 사용된 Widening 필터의 주파수 응답이다.

그림 4는 위 주파수 응답에 기초하여 설계된 필터의 모양이다. 이는 저주파 대역 즉, 1 포먼트에 해당하는 대역이 단지 7-8dB정도 강조되어 있으므로 이에 해당하는 부분을 음의 명료도 향상법과 비슷하게 감쇄시켜 주고, 2 포먼트 이상에 해당하는 대역에 대해서는 강조해서 필터를 설계한다.

이와 같이 두 대역을 동시에 감쇄 및 강조 해주는 것은 특정 대역에 너무 많은 값의 감쇄 또는 강조로 인한 음의 왜곡을 최소화 하여 가상 음향의 왜곡을 막기 위함이다. 즉 명료도 향상에서는 유성음에 해당하는 2-3 포먼트 대역을 상대적으로 1 포먼트 보다 크게 해주지만, 선명도를 고려 했을 때는 유성음 뿐만 아니라 무성음도 중요한 요소가 되기 때문에 2 포먼트 대역 이상의 고주파 대역을 전체적으로 강조하게 된다.

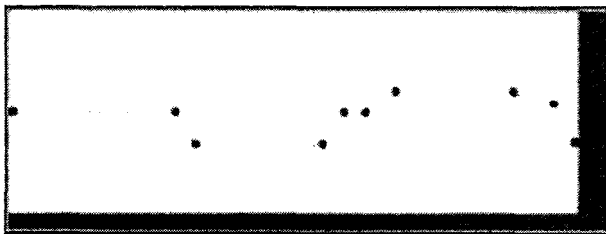


그림 4. 선명도 향상을 위한 필터의 예

4. 실험방법 및 결과

[5]에서 제시한 방법에서 본 논문에서 제안한 필터의 성능을 검증하기 위해 아래 그림과 같은 시스템을 만들어서 입력된 신호가 모노 이거나 뉴스와 같이 목소리 성분이 우세한 신호에 대해서 실험 하였으며, [5]의 Wide-Stereo 알고리즘을 사용하였다.

실험은 샘플링 주파수 44.1KHz의 16bit 스테레오 PCM 데이터를 입력으로 하고, Cool Edit를 사용하여 실험하였다.

본 논문에서 제안한 선명도 향상을 위한 구조는 그림 5 와 같다. 입력된 2 개 채널의 주파수 성분을 비교하여 유사도가 높으면 목소리가 우세한 신호 또는 모노 신호로 판단하여 CE 블록에 Enable 신호를 보낸다. CE 블록은 이를 바탕으로 선 처리된 Wide-Stereo 신호에 선명도 향상 필터링을 적용한다.

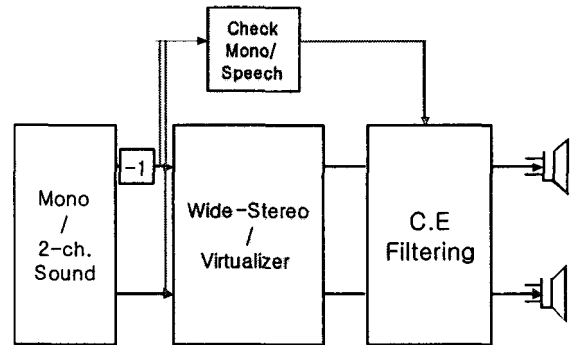


그림 5. 선명도 향상 블록 다이어그램

실험결과는 객관적인 측정의 어려움으로 인해 주관적 평가와, 측정 신호에 대한 주파수 반응 특성을 통해 측정한다.

아래 그림은 Wide-Stereo 와 그에 대해 선명도 향상 필터링을 적용한 결과 중 하나이다. 선명도 향상 필터링을 함으로 인해 2 포먼트 이상 고주파 성분이 조금 강조 됨을 확인 할 수 있으며, Wide-Stereo 만 처리된 신호와의 주파수 성분의 모양이 거의 왜곡되지 않음을 확인할 수 있다.

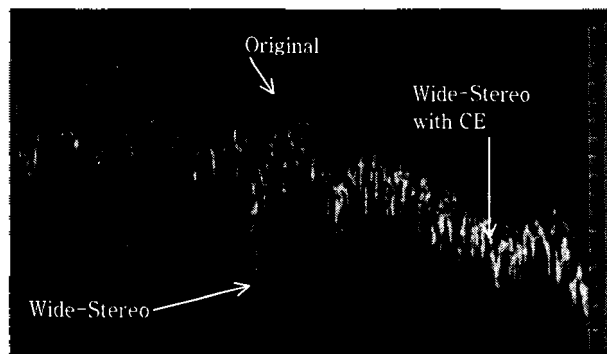


그림 6. Wide-Stereo에 선명도 향상을 적용시킨 신호에 대한 스펙트럼 비교

5. 결론 및 향후 연구 방향

제안한 필터링 방법에 의한 선명도 향상 알고리즘은 기존의 가상 음향 알고리즘을 수정하지 않고 단순히 선처리 또는 후처리 방법을 통해 선명도를 향상시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 입력 신호에 따라 동적으로 선명도 향상이 필요한 부분 즉, 목소리가 우세한 부분에 대해서 처리가 가능하다.

하지만 좀더 정확한 처리를 위해서 모노 및 음성 대역 추출 방법에 대한 연구가 필요하며, 다른 종류의 가상 음향 시스템에 적용가능하기 위해서 필터링 방법의 개선도 필요할 것이다.

또한 이러한 필터링 방법에 의한 음질 향상은 많은 튜닝이 필요하므로 좀 더 많은 음원에 대해 다양한 방법의 접근이 필요할 것이다.

참고문헌

1. SRS Labs, Inc., “Stereo enhancement system,” US5661808, 1997
2. Q Sound Labs., “Method and system for sound expansion,” US5974153, 1999
3. Desper products, Inc., “System and method for localization of virtual sound,” US6307941 B1, 2001
4. Nokia Corporation, “A stereo widening algorithm for loudspeakers,” EP1225789 A2, 2002
5. Sunmin Kim, Joon Lee, SeongCheol Jang and Sangil Park, “Virtual Sound Algorithm for Wide Stereo Sound Stage,” AES 117th Convention 2004, San Francisco USA, 2004
6. Mark Kahrs & Karlheinz Brandenburg, *Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics*, Kluwer Academic Publisher, pp266-267, 2001
7. Bunnell, H.T., “On enhancement of spectral contrast in speech for hearing-impaired