

A/V용 고음질 입체음향 재생기 개발.

이신렬, 성평모

서울대학교 전기공학부

3D sound reproduction system for A/V.

E-Mail : sinlyul@acoustics.snu.ac.kr

Abstract

본 논문은 인간이 양귀로 3차원 공간상의 음의 위치를 파악하는 원리를 이용하여 만들어진 입체음향을 청취자의 양귀에 가장 효과적으로 재생시킴으로써 완벽한 입체음향을 재현하는 장치로 3차원 게임, 가상현실 시뮬레이터, 놀이공원에서 사용될 수 있는 A/V용 입체음향 재생기 구현 기법이다. 본 개발 품은 전방 30도에 스피커를 배치하는 기존 제품에 비해 안정된 정면 음상 정위와 후면 음상 정위가 가능하고, 청취자의 머리 움직임에 따른 입체음향 효과의 저하를 막을 수 있으며, 인지적 특성을 고려한 역 필터링으로 과도한 신호처리로 인한 음질 저하를 개선할 수 있고, 다중 사용자에게 동일한 음질을 골고루 전달할 수 있어 카 오디오나 영화관에서 사용되어질 수 있다.

1. 서론

입체음향 재생을 위한 기존의 방식은 전방 ± 30 도에 위치한 스테레오 스피커에 트랜스오럴 [1] 필터를 거쳐 신호를 재생하였다. 이러한 방식의 문제점은 다음과 같다.

① 양 스피커 사이 음상 정위 어려움.

특히 양 스피커 중앙 부근에서는 음상이 더욱 불안해지며 매끄러운 좌우 음 이동이 어렵다.

② 후면 음상 정위 어려움.

동측 HRTF equalization이 고 주파수까지 완벽하게 이루어지면 후면 정위도 가능하나 이는 근본적으로 불가능하다.

③ 좁은 Sweet-spot.

스피커 배치 각도가 넓기 때문에 청취자의 머리가 조금만 움직여도 입체음향 효과는 크게 저하된다.

④ 다수 이용자 확장의 어려움.

양 스피커를 한 변으로 하는 삼각형의 꼭지점에 위치한 청취자만이 입체음향 효과를 느낄 수 있다.

⑤ 신호처리의 어려움.

트랜스오럴 필터 구현 시 크로스토크 제거를 위한 정확한 역 필터링이 어렵다[3].

⑥ A/V용으로 부적절.

정면에 화면이 제공되는 A/V용 기기의 경우 안정된 정면음상과 서라운드 효과를 요구되나 이를 만족시키기 어렵다.

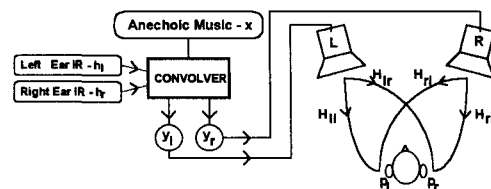


그림 1 기존 전방 ± 30 도에 위치한 트랜스오럴 필터. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 전방 ± 30 도에 스피커를 배치하는 기존 방법에 비해 안정된 정면 음상 정위와 후면 음상 정위가 가능하고, 청취자의 머리 움직임에 따른 입체음향 효과의 저하를 막을 수 있으며, 인지적 특성을 고려한 역 필터링으로 과도한 신호처리로 인한 음질 저하를 개선할 수 있고, 다중 사용자에게 동일한 음질을 골고루 전달할 수 있어 다인 승 게임기, 시뮬레이터, 자동차나 영화관에서 사용되어질 수 있다.

2. A/V용 고음질 입체음향 재생기 구현.

2-1. Cooper & Bauck MS 기법[4].

- ㉠ 개념
 - Monopole-Dipole 스피커 전, 후방 배치.
- ㉡ 장점
 - 정면 음상 정위용이. (A/V용 적합)
 - 후면 음상 정위용이. (서라운드 효과)
 - 멀티유저 확장용이. (동일한 음질 제공)
 - Cross-talk canceller 구현용이.
- ㉢ 단점
 - 설치상 제약.(후면 스피커 배치)
 - Dipole 스피커 제작 어려움.
 - 실제 양귀에 정확한 입체음향을 복원의 어려움.

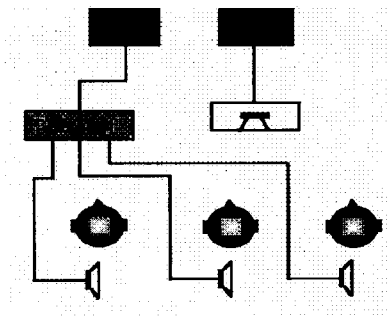


그림 2. M/S 기법을 이용한 트랜스오럴 필터 구현

2-2. Stereo-Dipole 기법[2].

- ㉠ 개념
 - 전방 ± 5 도에 스테레오 스피커 배치.
- ㉡ 장점
 - 넓은 Sweet-spot.
 - Cross-talk Canceller 구현용이.
(Optimum loudspeaker position)
 - A/V용 적합.

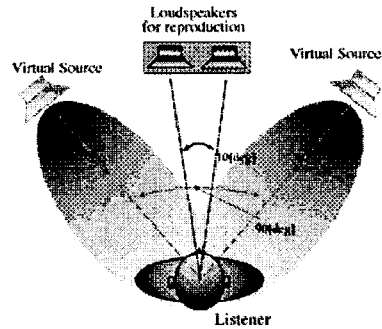


그림 3. Stereo-Dipole 스피커 배치도.

2-3. Blumlein Shuffling Filter[7].

- ㉠ 개념
 - 더미헤드 마이크는 저주파수에서 출력은 거의 동일하며 아주 작은 시간 지연 차를 나타낸다.
 - 헤드폰 재생 시에는 이 시간 지연을 이용하여 음원의 방향을 결정하지만 스피커 재생 시는 이 시간 지연 차를 사용하여 방향을 결정하기가 어렵다.
 - 전기적으로 저 주파수 분리도를 인위적으로 늘림. (L-R Boost)
- ㉡ 장점
 - 스피커 청취 시 음상 정위 능력을 개선시키며 자연스러운 공간감을 느낄 수 있게 한다.
 - 헤드폰 재생 시에도 약간의 저주파수 분리를 더 선호한다.
 - Transaural 필터 구현 시 측면 음상 정위가 더욱 뚜렷해지고 음폭이 늘어난다.

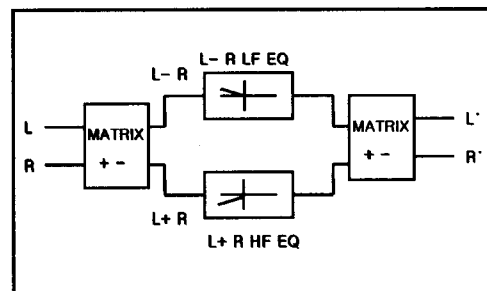


그림 4. Blumlein shuffling filter

2-4. M/S 와 Stereo-Dipole 기법을 이용한 스피커 배치.

- ㉠ 개념
 - Monopole-Dipole 기법의 후면 스피커를 Stereo-Dipole 스피커 이용.
- ㉡ 장점
 - 넓은 Sweet-spot.
 - 음장 조절 가능.(Gain control)
 - 안정된 정면 음상.(Hard center)
 - Cross-talk Canceller 구현용이. (Natural crosstalk-canceller)
 - 멀티유저 확장용이. (동일한 음질 제공)
 - 게임, 시뮬레이터, 카 오디오, 극장용 등등 A/V용으로 적합.
- ㉢ 단점
 - 실제 양귀에 정확한 입체음향을 복원의 어려움.

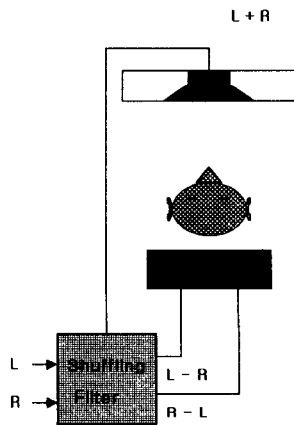


그림 5.M/S 와 Stereo-Dipole 기법을 이용한 스피커 배치도.

2-5. 트랜스오럴 필터 구현을 위한 역 필터링 기법.

- 2-5-1. Flattern spectrum 기법.
- ㉠ 개념
 - Minimum Phase 성분만 Inverting. (Magnitude Response만 보정)
 - Non-minimum Phase 성분 유지. (Echo, Reverberation 성분)
 - HRIR를 Minimum Phase 가정.
 - 스피커 특성 보정시 용이

- ㉡ 문제점
 - HRIR은 Mixed-Phase (Concha reflection 포함)
 - 음상 정위, 음질 저하 (Phase 보상 무시)

2-5-2. Mourjopoulos 기법[6].

- ㉠ 개념
 - Mixed-phase 응답을 가진 시스템의 Causal, stable 역 필터 설계
 - Least-square 기법 이용
 - Reflection을 포함한 Room 응답 보정시 용이
- ㉡ 문제점
 - 원 신호의 과도한 Peak, Notch의 역 필터링 시 과도한 Notch, Peak를 유발. (긴 필터 tap수, 음질 저하)
 - Anti-aliasing 필터 사용 시 Nyquist 주파수 부근의 적은 에너지 → 역 필터링 시 과도한 크기 값(비 가청 Nyquist 주파수 대역) → 가청 주파수 대역의 아주 적은 크기 값 (Noise floor 이하의 크기 값) → 음질 및 음상 정위 저하

2-5-3. Spectrum regularization 기법[5].

- ㉠ 개념
 - Spectrum regularization
 - Out-band(bass boost) regularization
 - 크로스토크 제거를 위한 Strong bass boost (Stereo-Dipole 기법) :
 - ill-conditioning + Poor radiation efficiency of the loudspeaker → 스피커, 앰프의 overloading , DSP 장비의 saturation 유의.
 - Out-band(Nyquist frequency)regularization
 - Anti-aliasing 필터 사용 시 Nyquist 주파수 부근의 적은 에너지
 - In-band regularization:
 - 과도한 peak, notch attenuation

2-5-4. 인지적 특성을 이용한 Spectrum regularization 기법.

- ㉠ 개념
 - 정확한 역 필터링 만으로는 고 음질을 얻을 수 없다. (Shape, Gain factor)
- ㉡ 장점
 - 스테레오 호환성 유지.

(Spectrum regularization + 1/3 octave averaging)

2-6. A/V용 고음질 입체음향 재생기.

㉠장점

- M/S 기법의 장점 이용
 - 정면 음상 정위용이
 - 후면 음상 정위용이
 - 멀티 채널, 멀티유저 확장용이
- Stereo-Dipole 기법의 장점 이용
 - 넓은 Sweet-spot
 - Cross-talk canceller 구현용이
- 인지적 특성을 고려한 역 필터링 기법
 - 스테레오 호환성 유지
 - 고 음질 유지
- A/V용으로 적합
 - 3D 게임 (PC, 비디오, 가상현실)
 - 시뮬레이터
 - Video conference
 - 극장(기존, 입체)
 - Car audio

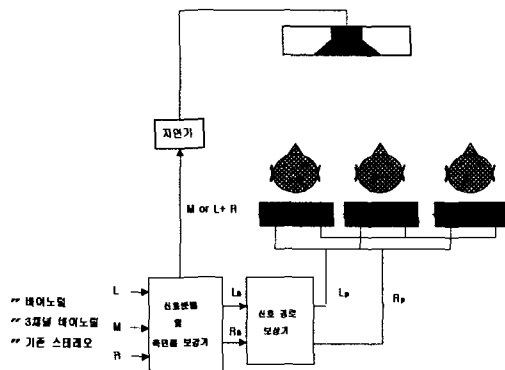


그림 6. A/V용 고음질 입체음향 재생기

3. 결론

본 논문은 A/V용 입체 음향을 동시에 여러 명에게 동일한 고 음질로 느낄 수 있게 하는데 그 목적이 있다. 정면에 위치한 스피커는 A/V에서 가장 중요한 요소인 비디오와의 동기를 맞춘 안정된 정면 음상 정위와 저 주파수를 포함한 넓은 주파수 대역에 대해 다이내믹 사운드 제공을 가능하게 하고, 후면

스피커는 극장용 다 채널 스피커 방식에서 느낄 수 있었던 온몸을 감싸는 서라운드 효과를 느낄 수 있게 한다. 또한 청취자의 머리 움직임에 따른 입체음향 효과의 저하를 개선하여 청취자의 행동 반경을 넓히고, 역 필터링 기법을 개선하여 입체음향 효과를 주기 위해 음질의 저하를 감수해야 했던 기존의 문제점을 극복할 수 있다. 그리고 기존 헤드폰 방식에서의 문제점이었던 정면 음상 정위의 어려움, 머리 내 음상 정위, 현장감 결여를 극복 할 수 있다. 무엇보다 A/V용 고음질 입체음향 재생기는 기존의 방식에서는 불가능했던 청취자의 확장이 가능해 카오디오, 극장 등에서 동일한 입체음향을 다수의 청취자에게 제공할 수 있다.

4. 향후 계획

- 다양한 응용분야에 적합한 바이노럴 녹음, 신호처리, 스피커 배치법 연구
- 전, 후면 스피커 배치를 고려한 음향 편집기 개발
- 전 후면 스피커의 방사특성 및 출력 신호특성 연구
- 기존 스테레오 음원과 바이노럴 음원에 대한 성능 평가
- 다양한 제품 적용 연구 (가상현실, 시뮬레이터, 3D 게임, 영화, 카오디오)

5. 참고문헌

- [1] B.S.Atal and M.R. Schroeder. "Apparent sound source translator." U.S. Patent 3 236949, Feb. 1996
- [2] O.Kirkerby,P.A.Nelson,and H.Hamada,"The stereo diopole-A virtual source imaging system using two closely spaced loudspeakers,"J.Audio Eng. Soc.,vol,46,pp.387-395,May 1998.
- [3] W.G.Gardner. "3-D audio using loudspeakers" Kluwer academic publishers
- [4] Bauck,J.,and D.H.cooper. "Generalized Transaural stereo and applications",J.Audio Eng.Soc.,44(9), pp.683-705
- [5] Ole Kirkerby,Per Rubak,Philip A.Nelson and Angelo Farina "Design of cross-talk cancellation Networks by using fast deconvolution"
- [6] J.N.Mourjopoulos "Digital equalization of room acoustics"
- [7] M.A.Gerzon "Applications of Blumlein shuffling to stereo microphone techniques"