

## 휴대용 기기를 위한 입체음향 솔루션 3D Sound Solutions for Portable Device

김현석† · 이동우\* · 최용석\* · 이인호\* · 이승원 · 김풍민\*

Kim Hyoun-Suk, Lee Dong-woo, Choi Yong-Suk, Lee In-ho, Simon Lee, Kim Poong-Min

**Key Words :** 3D Sound(입체음향), Virtual Reality(가상현실), HRTF(머리전달함수), RTF(공간전달함수)

### ABSTRACT

최근의 전자기기는 소형, 경량화가 가속화되고 있고, 특히 휴대용 기기에서의 MP3, MOD, VOD, DMB, 3D 게임, 등 다양한 멀티미디어 콘텐츠에 대한 일반인의 접근성이 확대됨에 따라 휴대용 기기에서의 입체음향 효과에 대한 사용자의 관심이 고조되고 있다. 하지만, 휴대용 기기에서의 입체음향 효과 구현은 PC 환경에서의 구현과는 다르게, 적은 CPU 점유율, 작은 메모리 사용, 등 열악한 재생환경에서의 구현이 필요해, 기대만큼의 성능을 내기가 쉽지 않다. 이러한 제약된 환경에서 만족스러운 입체음향 효과의 구현을 위해서는 기기별 H/W 특성을 감안한 알고리듬 최적화가 필수이다. 본 논문에서는 휴대용 기기 환경에 최적화된 입체음향 기술과 동향, 국내에서 상용화된 XEN™ 솔루션에 대해 살펴봄으로서 향후 휴대용 기기를 위한 입체음향 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

### 1. 서 론

입체음향은 음원이 발생한 공간에 직접 위치하지 않은 청취자가 재생된 음향을 들었을 때에 음향으로부터 방향감, 거리감, 공간감 등의 입체적 단서를 지각할 수 있는 음향을 말하며, 단순한 모노(Mono)나 스테레오(Stereo) 신호에 공간적 지각단서를 부가하여 입체음향 신호로 변환하는 기술을 입체음향 생성기술이라 한다<sup>(1)</sup>.

일반적인 입체음향관련 기술은 주로 미국, 일본 및 유럽의 선진국을 중심으로 연구되어 음향기기 및 TV 등 가전제품에 상용화 되어 왔으나, 최근에 이르러 휴대용 기기 시장이 커짐에 따라 이들 기기에 탑재 가능한 실시간 입체음향 처리 기술에 대한 관심이 증가되고 있다. 휴대 기기용 입체음향 기술은 경량구현을 위한 최적화와 휴대 기기의 재생환경 제약을 극복하는 효과 퀄리티 확보의 두 가지 목적을 함께 만족하여야 하는 어려움이 있다.

국내의 휴대용 기기는 세계적으로 선도적 역할을 하고 있으며, (주)이머시스(Emersys Corp.)가 이 분야에 최적화된 입체음향 솔루션 XEN™을 개발해 이를 적용한 제품들이 출시되고 있다<sup>(2)</sup>.

본 논문에서는 휴대용 기기를 위한 핵심 입체음향 기술과 동향, 그리고 XEN™ 솔루션에 대하여 살펴보고, 향후 연구 방향에 대해 고찰한다.

### 2. 입체음향 핵심기술

입체음향 기반기술은 아래 (그림 1)과 같이 4 가지로 구분하여 설명할 수 있다.

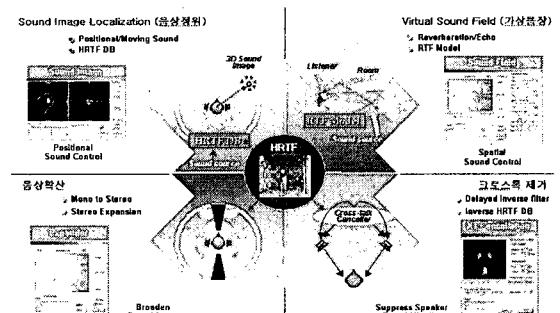


그림 1. 입체음향 기반기술 개념도

#### 음상정위

음원(Sound Source)으로부터 발생된 소리를 청취자의 양쪽 귀에 설치된 마이크로폰을 통해 녹음한 신호를 바이노럴 신호라고 하며 이 신호를 헤드폰(또는 이어폰)으로 재생할 경우, 현장에서 직접 듣는 것과 같은 음상(Sound Image)을 지각할 수 있다. 음원과 음상은 공간적 특성이 반드시 일치하지 않으며, 음원과 음상이 일치할수록 입체음향이 구현이 잘 되었다고 할 수 있다.

바이노럴 타입의 입체음향을 생성하는 방식에는 녹음과 필터링에 의한 방법이 있다. 녹음에 의한 방법은 실제 청취자의 양쪽 귀에 장착한 마이크로폰을 이용해 현장음을 녹음하거나 더미헤드

† 김현석: (주)이머시스 디지털콘텐츠연구소장  
E-mail : hskim@emersys.co.kr

Tel : (042) 862-5048, Fax : (042) 862-5033

\* (주)이머시스

(Dummy Head)에 장착한 마이크로폰을 통해 바이노럴 신호를 녹음하는 것이다<sup>(1)(3)</sup>. 필터링에 의한 방법은 머리전달함수(Head Related Transfer Function; HRTF)를 필터로 이용하는 것에 의해 구현된다. 머리전달함수는 보통 무향실 내에서, 여러 지점에 배치한 스피커로부터 더미헤드의 양쪽 귀에 장착한 마이크로폰까지의 임펄스 응답을 측정하여 푸리에(Fourier) 변환한 것을 말한다. 이 머리전달함수와 원음을 컨볼루션하면 원하는 3 차원적 위치에 음상을 정위시킬 수 있다<sup>(4)</sup>. 이 동음의 경우, 부드러운 이동감을 주기 위해서는 보간처리가 필요하다. 또한, 도플러(Doppler) 효과를 도입하면, 소리가 멀어지고 가까워짐에 따른 퍼치 변화를 부여할 수 있어 현실감이 높아 진다.

#### 가상음장

바이노럴 신호에는 음원의 위치, 방향 뿐만 아니라 음원을 들려싸고 있는 공간, 즉 음장(Sound Field)과 관련된 공간적 단서들이 포함되어 있다. 음장이란 가청주파수의 음파가 존재하는 공간을 말한다. 홀이나 거실 등의 공간감을 재현하기 위해서는 특정 공간에서 실측된 임펄스응답 또는 수학적으로 모델링된 공간전달함수(Room Transfer Function; RTF)를 사용한다. 사운드 네이터를 이러한 전달함수로 필터링함으로서 가상음장 효과를 얻을 수 있다. RTF의 가장 중요한 요소는 직접음, 초기반사음, 잔향음이며, 이 요소들의 크기, 시간차, 밀도, 감쇠율 등이 가상음장에서 생성되는 소리의 느낌을 결정짓게 된다.

#### 음상확산

모노나 스테레오 사운드에서의 음상을 확대시키거나 스테레오 음상을 강화시키면 보다 향상된 스테레오 또는 입체감있는 사운드가 된다. 모노의 경우 의사 스테레오 변환처리에 의해서 가운데 위치한 음상을 좌우로 펼칠 수 있으며, 스테레오 사운드의 경우 MS 기법 등을 활용하여 모노 또는 스테레오 성분의 사운드의 음상확산 정도를 조절할 수 있다.

#### 크로스톡제거

바이노럴 입체음향을 재생하는 방식에는 스테레오 스피커에 의한 재생방식과 헤드폰 재생방식이 있다. 헤드폰 재생방식의 경우, 충실히 입체음향 효과를 구현할 수 있으나, 스피커 재생방식의 경우, 좌측 스피커에서 재생된 신호가 청취자의 좌측 귀에만 도달하지 않고 우측 귀에도 입사되며, 우측 스피커의 신호도 같은 현상이 발생하여, 신호들간에 상호간섭(Crosstalk)을 일으킨다. 이와

같은 현상은 바이노럴 신호에 의한 입체음향 효과를 저하시키는 요인으로 작용한다. 따라서, 스피커로 출력하기 전에 크로스톡 제거 필터를 거쳐야 입체음향을 청취자에게 스피커에 의한 상호간섭 없이 재생하여 전달할 수 있게 된다<sup>(5)</sup>.

### 3. 휴대용 기기를 위한 입체음향 기술

#### 휴대용 기기의 제약성

휴대용 기기는 전력소모가 작아야하고, 컴퓨팅 파워의 여유가 충분치 않으며, 메모리도 제한되어 있다. 또한, 스피커 재생환경의 경우, 작은 스피커를 사용함으로 인해 충분한 중저음 사운드 재생이 불가능하며, 다이내믹레인지도 매우 제한되고, 기구적으로 좌우측 스피커의 왼벽한 내부 크로스톡 분리가 되지 않아 이상적인 스테레오 재생시스템이라 보기 힘들다.

#### 휴대용 기기를 위한 입체음향 기술 동향

입체음향과 관련하여 일반 오디오 사용자 대상으로 상용화 된 제품 형태에는, MP3 기기 등의 멀티미디어 재생기에 탑재되는 임베디드 S/W 솔루션, 사운드카드 또는 스피커에 입체음향 지원 기능이 추가된 경우, 그리고 기존의 음향기기에 간단히 연결하여 입체음향 효과가 가능한 H/W 등이 있다. 최근에는 3D 그래픽 가속칩에 입체음향 기능을 통합 구현한 칩도 선보여지고 있다.

#### (1) 국외 현황

현재 상용화 수준의 휴대용 기기를 위한 입체음향 제품을 개발한 국외 회사들은 SRS Lab(미국), QSound(캐나다), Sonaptic(영국) 등이 있다. SRS와 QSound의 경우 가정용 AV, 또는 영화용 입체음향 제품도 가지고 있다. 휴대용 기기 이외의 부분에서 입체음향 솔루션을 보유한 업체는 Dolby, Creative(Sensaura), Lake DSP사 등이 있다. 미국의 SRS 사에서 개발한 TrueSurround는 5 채널의 신호를 2 채널로 매핑시켜 가상 음상정위를 실현시킨 기술로서 기본적으로 머리전달함수를 이용하여 공간정보를 부가하는 기술을 채용하고 있지만 Crosstalk을 제거하는 과정을 채용하지 않음으로써 계산량을 줄인 것이 특징이다. 캐나다의 QSound 알고리듬은 원칙적으로 일상적인 스테레오 재생시스템 장치 이외에 하드웨어를 새로이 추가하지 않고, 2 채널의 입체음향 신호를 생성하기 위해 머리전달함수 대신 인간의 청각 신경계를 포함한 전달함수를 모델링하는 것으로 알려져 있다.

## (2) 국내 현황

국내 휴대용 기기의 입체음향 상용화는 해외에 비해 무척 활발하다고 할 수 있다. 특히, 휴대폰의 경우 MP3 기능의 탑재와 멀티미디어 기능 강화, 스테레오 스피커의 채택 등에 따라 입체음향에 대한 관심과 수요가 증가하여, 현재는 입체음향 기능을 사운드 재생 기능을 차별화하거나 고급화하는 주요 요소로 간주하고 있다. 국내의 입체음향 기능을 탑재한 휴대폰은 많은 경우 (주)이머시스의 XEN™ (Xound Exciting and Natural) 솔루션을 사용하고 있다. XEN™은 자체 측정 머리전달함수를 이용한 음상정위와 음장제어, 음상확산, 크로스톡 제거기술을 기반으로 휴대용 기기에서 실시간 처리가 가능하게 한 입체음향 솔루션이라고 할 수 있다. XEN™을 사용하지 않는 경우는 자체 솔루션을 탑재한 대기업 제품, 국외 미디칩 또는 오디오관련 칩에 내장된 3D, 또는 SRS사의 WOW 솔루션을 사용하는 경우 등이다.

## 4. 입체음향 솔루션 XEN

### 휴대용 기기 위한 입체음향 솔루션

#### (1) XEN에 활용된 기술

국내의 대표적인 입체음향 솔루션 XEN™은, 환경이 제한되어 있는 휴대용 기기에 탑재가 용이하면서도 일정 수준 이상의 입체음향 퀄리티를 제공하기 위해, 원음(입력신호)에 HRTF 와 RTF, 그리고 Sub-band Signal Processing 처리를 한다.

HRTF 는 1997년 ETRI(한국전자통신연구원)에서 측정한 DB 와 2002년 이머시스에서 KAIST 와 함께 측정한 DB 를 사용한다. 측정된 HRTF DB 를 임펄스응답으로 바꾸면, 채널당 1 샘플의 바이노럴 오디오 데이터 처리에 수백에서 천번 가량의 곱셈과 덧셈 연산이 필요하여 모바일 기기에 바로 적용하기엔 부적절하다. 따라서, XEN™에서는 솔루션별 효과 목표에 적합하도록 HRFT DB 로부터 확산감, 위치감에 관련된 핵심 파라미터를 추출하여 계산량과 메모리 문제를 극복하였다. 또한, 3D Sound Positioning 에 쓰이는 HRTF 는 위치당 6 개~10 개 파라미터 내외의 극히 적은 계산량으로 가능하도록 구축된 Compact HRTF DB 를 사용하였다.

RTF 는 초기반사음과 잔향음 모델을 간략한 FIR(또는 IIR) 모델로 구성하고 각 계수들을 자연스러운 공간감 효과가 가능하도록 오랜 기간 투영함으로써, 일반 MP3 기기에서 탑재 가능한 수준으로 소요 계산량과 메모리를 최적화 하였다.

XEN™에 사용되는 알고리듬 내부의 모든 계산은 청감상 원음질의 손실을 최소화하면서 16Bit Fixed Point 연산과 32Bit Accumulation 으로 구현되도록 최적화 되었다.

#### (2) XEN 솔루션 종류

XEN™은 여러 종류의 입체음향 효과와 함께 EQ, 스펙트럼 분석, 에코제거 등 일반사운드 효과도 지원한다. 아래 (표 1) 은 입체음향 효과 솔루션만을 요약한 것이다.

표 1. 입체음향 솔루션 XEN의 종류

| 구분                                   | 솔루션            | 내용  |
|--------------------------------------|----------------|---|
| 확산<br>(Spatialization)               | MEX,<br>WIDE   | 이어폰에서 고음질의 스테레오 강화 및 파노라마처럼 좌우로 펼쳐지는 확산 효과                                      |
| 음장<br>(Sound Field)                  | LIVE,<br>sLIVE | 실제 live 환경에서 음악을 감상하는 듯한 느낌을 주며, 강하게 훑어펴지는 입체적 현장감 부여                           |
| Cross-Talk<br>Cancellation           | eXTX           | 두개의 근접한 스테레오 스피커에서 넓은 음상의 입체감이 풍부한 스테레오 사운드 청취가 가능하며, 이어폰용 3D 음상을 스피커 재생시에 유지시킴 |
| 외재화<br>(Externalization)             | XOME           | 이어폰 청취 시 귀와 머리속을 자극하는 부자연스러운 사운드를 머리밖으로 외재화 시킴으로서 장시간 청취시에도 편안한 음악 청취가 가능       |
| 가상스피커<br>(Virtual<br>Speaker)        | eVS            | 다채널 콘텐츠의 이어폰 및 스피커 재생 시 가상의 스피커를 위치시켜 가상 청취 공간에서 멀티스피커로 듣는 것과 같은 효과 부여          |
| 3D 포지셔닝<br>(3D Sound<br>Positioning) | eSI            | 가상의 3 차원 공간상의 위치에 음원을 정위시키는 효과로 3D Sound Positioning 을 가능하게 함                   |

고음질의 스테레오 확산, 강화 효과 및 중저음 보강효과인 MEX(Magic Expander), 베인 보컬 등의 중앙에 위치한 악기들의 음상을 파노라마처럼 펼쳐 좌우로 넓고 편안한 스테레오 이미지를 형성시켜주는 WIDE, 콘서트홀에서 청취하는 듯한 입체적인 효과를 주는 LIVE 및 sLIVE 가 있으며, 스피커 재생 전용 솔루션으로는 근접한 스피커 재생 환경에서 크로스톡 제거기술을 적용하여 좌우로 넓은 음상의 입체효과를 주는 eXTX(emersys Xross-Talk Xancellation)가 있다.

이 외에 이어폰 음악 청취 시 귀와 머리를 자극하는 음을 머리 밖으로 위치시키는 외재화 기술을 적용하여 청취 피로감을 줄일 수 있는 XOME(Xound Out of My Ears), 다채널 콘텐츠 재생 시 가상 청취 공간에서 멀티스피커로 듣는 듯한 효과를 주는 eVS(emersys Virtual Speaker), 음상정위기술을 사용하여 가상의 3 차원 공간상의 위치에 음원을 위치시켜주는 효과로 게임 등에서 3D Sound Positioning 을 가능하게 해주는 eSI(emersys Sound Image)가 있다.

### (3) XEN 탑재 플랫폼

XEN™은 S/W 형태의 솔루션으로서 Multimedia Application DSP Chip, 휴대폰의 웰컴칩과 같은 Baseband Chip, MP3 플레이어 전용 칩 등에 탑재된다. 특히, XEN™은 PCM 사운드를 입출력 데이터로 사용하므로 사운드 데이터 포맷에 영향을 받지 않으며, 솔루션별 프로그램 크기는 1.5Kbyte에서 3.0Kbyte 까지의 작은 범위에 있어, 여유 MIPS(Million Instructions Per Second), 여유 데이터 메모리 크기 등 최소한의 조건만 갖춘다면 어떠한 플랫폼에도 탑재가 가능하다.

### (4) XEN 분야별 적용 제품

아래는 (표 2)는 XEN™ 솔루션이 적용되어 출시된 제품을 정리한 것이다.

표 2. 입체음향 솔루션 XEN 적용제품

| 분야         | 사업자        | 모델명  |
|------------|------------|--|
| 휴대폰        | SKT        | LG : SV510, SV520, SB100<br>SKY : IM-7400, IM-8100,<br>IM-8300, IM-8400<br>Pantech&Curitel : PT-S130 |
|            | KTF        | LG : KV5100, KV5200, KF1000  |
|            | LGT        | LG : LP5200  |
| MP3 Player | 제조사<br>류로  | 모델명<br>MR-200  |
|            | EZMax      | EZMP-4100  |
|            | 메이콤        | 엠버드 XY-22  |
| 뮤직포털       | 사업자<br>KTF | 서비스명<br>도시락  |

국내 실시간 처리가 가능한 입체음향 솔루션을 도입한 휴대폰의 경우, XEN™ 솔루션이 90% 이상의 시장점유율을 가지고 있다. 또한 올해부터 국내 서비스가 시작된 DMB 방송 분야에서는 업계 최초로 DMB 전용단말기 및 DMB 폰에 입체음향 솔루션 XEN™이 적용되어 입체음향의 활용 범위를 높였다.

MP3 플레이어의 경우 XEN™ 솔루션을 탑재하여 출신된 제품은 현재까지 세 모델이다. 아직까지는 브랜드 인지도가 높은 SRS 사의 솔루션이 MP3 플레이어의 입체음향 솔루션 시장에서 높은 점유율을 가지고 있으나, 점유율은 다른 입체음향 솔루션의 증가로 점차 감소하고 있는 추세이다.

국내 웹 뮤직 서비스 포털사이트인 KTF의 '도시락'은 MP3 와 뮤직비디오의 웹 플레이어에 XEN™ 솔루션을 도입하여 스피커 및 이어폰용 입체음향 효과와 EQ 기능을 구현하였다.

### 휴대용 기기 위한 향후 입체음향 기술 방향

#### (1) 입체음향 솔루션 비전

최근에는 휴대용 기기에서 사운드가 정보와 감성 전달에 매우 중요한 부분으로 인식 되어지고 있는 가운데, 입체음향 기능은 휴대용 기기에서 선택적 요소에서 탈피하여 필수적인 요소로 자리 를 잡아 가고 있다.

휴대용 기기에서의 입체음향 기술은 아직까지는 음악 및 영상물에 대해서 주로 적용되고 있다. 그러나 앞으로는 음악 및 영상물 재생뿐만 아니라, 게임, DMB 방송, 인터넷 스트리밍 서비스 분야 등에 까지 적용 분야가 확대될 전망이다.

#### (2) 향후 기술 개발 방향

휴대용 기기는 기본적으로 배터리 방식으로 전원을 공급받는다. 따라서 이러한 기기에서의 입체음향 솔루션은 가능한 적은 리소스 사용이 필수적이다. 반면, 사용자의 보다 높은 효과 퀄리티 요구와 다양한 기능 요구는 날로 높아질 것이다. 따라서, 컴퓨팅 파워, 메모리 크기, 프로그램 크기를 더욱 축소시키는 연구가 필요하다.

또한, 휴대 게임기에서 입체음향 기술이 곧 적용되어 상용화 될 전망이며, 이를 위해서는 음상 정위 기술에 쓰이는 알고리듬에서 최소한의 효과 저하로 간략화해야 하며, 여러 사운드 객체의 맵싱과 가상음장기술도 함께 최적화 되어 구현할 수 있는 알고리듬도 개발되어야 한다.

## 5. 결 론

휴대용 기기에서의 입체음향 효과의 기본 기능과 동향, 그리고 최근 활용성이 높아지고 있는 입체음향 솔루션 XEN™에 대해 살펴보았다.

음악을 즐기는 사용자들이 입체음향 효과 지원 여부를 주요한 요소로 인식하는 추세이고, 3D 게임, DMB 방송과 같이 입체음향이 필요한 분야도 계속 늘어나고 있어 꾸준한 휴대 기기용 입체음향 기술 개발이 필요하다.

## 참고문헌

- (1) 강성훈, 강경옥, 입체음향 (기전연구사, 1997)
- (2) <http://www.emersys.co.kr>
- (3) D. Begault, 3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia, Academic Press, Boston, Ma, 1994
- (4) J. Blauert, Spatial Hearing, MIT Press, Cambridge, MA, 1983
- (5) P. Damaske, "Head-related two channel Stereophony with loudspeaker reproduction", J.Acoust. Soc. Am. 52, pp.1109~1115(1971)