

연 재 순 서	
1. 3D 게임엔진에 대하여	
2. 렌더링 엔진	
3. 애니메이션 엔진	
4. 사운드 엔진 (이번호)	
5. 서버 엔진	
6. 게임 인공지능	
7. 맵 에디터	
8. 게임진행 모듈	
한국전자통신연구원(ETRI) 김현빈 외 가상현실연구부	

사람은 두 귀를 사용해 어떤 소리를 들었을 때, 그것이 3차원 공간상의 어느 지점과 방향으로 부터 들려오는지 감지할 수 있다. 또한 그 음이 속한 음향적 환경(예를 들면 실내, 야외, 강당, 동굴 등)을 구분할 수 있다. '3D 사운드'란 음원이 발생한 공간에 위치하지 않은 청취자가 음향을 들었을 때에 방향감, 거리감 및 공간감을 지각할 수 있도록 음향에 공간 정보를 부가한 음향을 말한다. 음향 재생장치를 통해 3D 사운드를 들으면 현장에 있지 않아도 현장에서 듣는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 과거의 3D 사운드는 다수의 스피커를 이용해 각 스피커마다 고유의 소리를 출력하는 방법으로 입체음을 구현했지만 최근에는 하드웨어적인 디지털 가속 기술로 2개의 스피커에서도 입체음을 낼 수 있다. 본 고에서는 멀티채널에 의한 입체음향 기술과 2채널에 의한 입체음향 기술을 중심으로 소개하기로 한다.

▲ 멀티채널에 의한 입체음향

멀티채널에 의한 입체음향 방식은 두 개 이상의 마이크로폰을 사용해 음을 녹음하고, 다수의 스피커를 이용해 음향의 공간적 분포를 재생하는 방식으로 소리의 현장감을 향상시키기 위한 목적으로 많이 사용된다.

연주회장에서의 음향이 폭넓은 공간감을 주는 것은 반향음(벽면 또는 천장에서 반사되는 음)의 결과이다. 이 방식은 두 개의 스피커만으로 스테레오 음향을 재생할 경우, 스피커 두개가 청취자 정면에 있기 때문에 충분한 공간감을 느끼지 못하는 단점을 극복할 수 있다. 기본적으로 청취자의 전, 후, 좌, 우에 2개 이상의 스피커를 배치(녹음의 경우도 여러 개의 마이크로폰을 배치)해 음향이 청취자를 둘러싸는 서라운드 타입으로 재생한다. 다양한 '멀티채널 재생 방식'에 대해서 알아보도록 하자.

(1) AC-3

최근 DVD 플레이어나 가정용 극장시스템이 대중화되면서 AC-3라는 새로운 음향시스템이 각광을 받고 있다. AC-3는 오디오의 잡음제거 기술로 유명한 미국의 돌비(Dolby) 연구소에서 새로 개발한 오디오 코딩방식으로 출력 640W, 5.1채널을 기본으로 사용한다. 물론 돌비 AC-3 전용 앰프도 필요하다. AC-3은 기존 음향시스템 중 가장 성능이 뛰어난 것으로 알려진 돌비 프로로직 서

라운드 시스템이 청취자를 중심으로 전방의 좌, 우, 중앙, 후방에 총 4개의 스피커를 사용하는 것에 비해 전, 후, 좌, 우, 중앙에 설치하는 5개의 스피커와 중저음 대역 전용의 서브우퍼(Sub-Woofers) 스피커를 포함한 총 6개의 스피커 시스템으로 현장감 넘치는 사운드를 제공한다.

AC-3가 기존 아날로그 방식의 서라운드 시스템에 대해 가지는 가장 큰 차이점은 각 채널이 완전히 분리돼 신호간섭 등이 없이 깨끗한 소리를 전달할 수 있다는 것이다. 돌비 프로로직의 경우 각각의 스피커로 전달해 줄 신호를 더했다가 분리하면서 주파수대역에 혼선이 빚어지지만, AC-3는 신호를 디지털 방식으로 처리해 이와 같은 단점을 완전히 극복했다. 반면, AC-3는 각 채널 하나하나의 음질이 현재의 CD보다 떨어지는 단점을 갖고 있다. 이 때문에 돌비 연구소에서도 AC-3를 음악 용보다는 영화의 사운드트랙용으로 권하고 있다. AC-3는 레

이터 부분에 스테레오 성분을 넣고, 이어서 데이터 부분에 MPEG-2 오디오의 추가 성분을 싣고 있다. 비트 여유가 없어 부족할 때는 비트열의 포맷(Syntax)을 확장해 여기에 나머지 데이터를 싣는다. 그러나 이는 MPEG-2 오디오의 비트열 포맷을 매우 비효율적으로 만들어 MPEG-2 오디오의 성능을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. 이를 보완하기 위해서 MPEG에서는 MPEG-1과의 역방향 호환성을 버리고 대신 성능이 향상된 NBC(Non Backward Compatible) 모드의 표준화가 진행되었다.

(3) DTS

DTS는 차세대 HiFi 오디오로 가기 위한 멀티채널 시스템으로써 CD나 레이저디스크에 사용된 1.4Mbps의 전송률이 돌비 AC-3, MPEG 오디오가 채용한 전송률의 약 4배에 가까운 전송

AC-3가 기존 아날로그 방식의 서라운드 시스템에 대해 가지는 가장 큰 차이점은 각 채널이 완전히 분리돼 신호간섭 등이 없이 깨끗한 소리를 전달할 수 있다는 것이다.

이저디스크 플레이어(LDP)와 DVD 등 디지털 매체의 표준 포맷으로 되어 있으며, DVD의 영화를 입체감 있게 보려면 AC-3 기능이 내장된 오디오 기기를 연결해야 한다.

(2) MPEG-2 오디오

MPEG-2 비디오의 고품질화와 함께 MPEG-2 오디오도 멀티채널 고품질화를 목표로 표준화가 진행됐다. MPEG-2 오디오는 1994년 11월에 IS(International Standard, 국제규격) 13818-3으로 승인돼 표준화가 완결됐다. MPEG-2 오디오는 MPEG-1 오디오를 바탕으로 해 압축효율을 높이기 위한 새로운 기법들이 도입됐다.

MPEG-1 오디오 레이어 3을 활용한 MP3라고 불리는 압축 코딩기술은 인터넷을 통한 고품질 파일전송수단으로 각광받고 있다. MPEG-1 오디오와 비교할 때 MPEG-2 오디오에는 특히 다음과 같은 특징들이 포함돼 있다. 우선 멀티채널화 되었다는 점이다.

MPEG-1 오디오의 스테레오 기능이 MPEG-2 오디오에서는 6채널까지 확장돼 영화관에서의 입체음향을 그대로 만끽할 수 있게 됐다. 또한 MPEG-1 오디오와의 호환성을 위해 MPEG-2 오디오는 MPEG-1 오디오의 비트열에서 오디오 테

를 가지므로 향상된 고품질의 레코딩이 가능하다. 이미 상당수의 DTS 디코더와 소프트웨어가 보급돼 있는 상태이며, DVD를 매체로 해 고품질과 뛰어난 효율성으로 멀티채널 오디오 시장을 넓히고 있다. DTS는 앞으로 나올 DVD-오디오와 소니/필립스의 DSD 방식의 SACD로의 연결 고리가 되고 있다.

▲ 2채널에 의한 입체음향

2채널에 의한 방식은 인간이 두 개의 귀로 음향을 지각하는 특성을 이용해 음상정위(sound image localization)와 음장제어(sound field control)에 의해 생성된 입체음향을 2채널에 의해 재생하는 방식을 말한다. 2채널 입체음향을 생성하는 방식으로는 녹음과 필터링에 의한 방법이 있다.

녹음에 의한 방법은 청취자의 양쪽 귀에 장착한 두 개의 마이크로폰을 이용해 현장음을 녹음하고 이를 재생하는 방식이다. 인간의 머리 전달계는 각 개인의 특성에 따라 다르기 때문에 동일 음원에 대해 바이노럴(binaural) 신호를 녹음할 경우, 사람에 따라 다양한 형태의 신호가 생길 수 있다. 가장 이상적인 입체음향의 구현을 위해서는 자신의 두 귀에 장착한 마이크로폰으로 녹음된 바이노럴 신호를 자신이 듣는 것이다. 모든 사람에 대해 자신의 바이노럴 신호를 녹음할 수는 없기 때문에, 현재는 주로 청

각 능력이 뛰어난 음악가나 표준치의 머리 모형을 가진 더미헤드(dummy head)에 장착한 마이크로폰을 통해 바이노럴 신호를 녹음하고 이를 일반 청취자에게 들려주는 방식을 이용한다.

필터링에 의한 방법은 단순음(모노음 또는 스테레오음)을 변형해 입체음을 생성하는 방식으로, 주로 머리전달함수(head related transfer function; HRTF)가 필터로서 이용된다. 이 머리전달함수와 단순음을 컨볼루션(Convolution)하면 원하는 공간상의 위치에 음상을 정위시킬 수 있다. 무향실이 아닌 특정 실내에서 측정된 머리전달함수를 공간전달함수(room transfer function)라고 하며, 이를 이용하면 그 실내의 음장 특성을 생성할 수 있다. 입체음향의 구현은 간단하게는 인간의 청각 구조와 유사한 더미헤드를 사용해 좌우 두 귀 채널에 대해 각각 녹음한 음을 헤드폰으로 그대로 재생하면 가능하다. 그러나 일반적으로는 HRTF를 이용한 음상정위, 실내음장모델을 반영한 음장제어의 신호처리 과정을 거쳐 입체음향을 생성하고 재생함으로써 구현한다.

(1) 머리전달함수와 음상정위

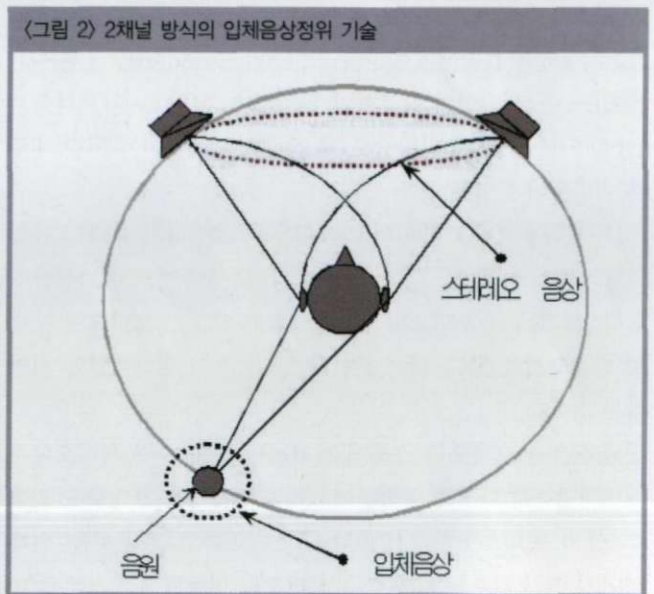


소리가 인간의 청각 기관에 의해 인지되는 경우 청각 사건이 발생하게 된다. 청각 사건은 그 지각되는 위치, 즉 음상이 항상 음원의 위치와 일치하는 것이 아니다. 예를 들어 스테레오 시스템의 경우 음원은 두 대의 스피커이지만 음상은 두 스피커 사이의 공간에서 지각된다. 음상정위 기술이란 이 음상을 공간상의 원하는 위치에 형성하고 제어하는 기술을 일컫는다.

오디오 기술의 발달 과정에 비추어 음상의 성격을 고려해볼 때 모노 재생방식(monophony)은 공간정보 없이 점 음상을 형성하는 기술이며, 다음 세대인 2채널 스테레오 재생방식(stereophony)은 좌우 두 스피커 사이의 공간에 음상을 형성하는 기술이다. 그리고 나아가 최근의 입체음향기술은 머리전달함수를 사용해 3차원 공간상의 임의의 방향에 위치한 입체음상을 생성하는 기술을 발전시키기에 이르렀다.

최근 멀티미디어 산업이 부각하면서 시각적인 정보와 아울러 청각적인 정보(즉, 음향신호)의 기록 및 재생 기술이 진보해 스테레오나 서라운드 방식의 충실한 현장감 재생 목표에서 좀 더 나아가 음상을 임의의 위치에 둘 수 있는 3차원 음향 공간의 자유로운 재생을 목표로 하게 된 것이다. 인간이 어떻게 3차원 음향공간을 인지하는가에 대해서는 지금까지 수많은 연구가 이루어져 왔는데 머리전달함수가 이를 가장 잘 설명하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 머리전달함수란 음원의 3차원적 위치 변화에 따른 음원과 사람의 고막(혹은 외이도) 사이의 전달함수를 말한다.

3차원 공간의 어떤 위치에서 음이 방사될 때, 청취자는 방사 음원의 위치를 지각하게 된다. 〈그림 1〉은 3차원 공간에서 청취자에 대해 일정 거리에 위치하는 구면 상의 음원의 배치를 나타내고 있다. 청 중양에 청취자가 있고, 이때 음원의 방향은 방위각(azimuth)과 고도각(elevation)에 의해 지정된다. 인간의 청각 시스템이 수평면에 대해 음원의 방향을 지각할 수 있는 주 요인은 오른쪽 귀와 왼쪽 귀에 들어오는 소리의 세기의 차이와 시간지연의 차이 때문이다. 방향 지각에는 대표적인 이들 요인 외에도 여러 요인들이 작용하게 되는데, 예를 들어, 청



취자의 정면이나 뒤에서 재생되는 음의 위치나 수직면에서의 음원의 고저를 인지하는 과정에는 입사파가 내이(內耳)에 도달하기까지의 몸통, 머리, 외이(外耳)와의 상호작용과 직접음의 반사와 회절에 의한 음의 스펙트럼적 변화 등 다양한 요인들이 작용하게 된다.

이런 요인들을 포괄적으로 가지고 있는 것이 머리전달함수이다. 머리전달함수에는 두 귀 간의 세기의 차이와 시간지연의 차이 이외에도 음원의 위치에 의해 달라지는 사람의 머리 및 귀에 의한 소리의 주파수별 감쇄 특성 등의 정보가 들어 있다. 머리전달함수에 대한 대표적인 측정으로는 미국 MIT Media Lab의 KEMAR 더미헤드 마이크론을 사용한 측정을 들 수 있다.

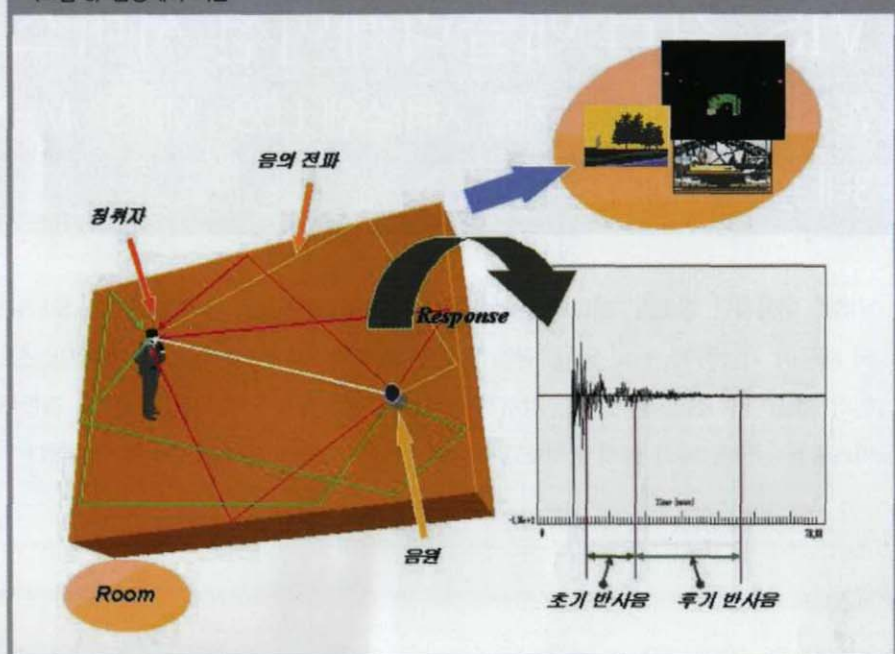
방향감 구현의 경우, 특정 방향의 음원으로부터 두 귀까지의 좌우 머리전달함수 쌍을 모노 음에 대해 각각 필터링하는 바이노럴 머리전달함수 필터링을 수행함으로써 그 구현이 가능하게 된다. 방향에 따른 머리전달함수의 필터링은 보통 디지털 신호처리 기법을 사용해 컨볼루션 연산을 수행함으로써 구현한다. 이런 머리전달함수 필터링 처리를 거치면 음원 신호는 방향성을 갖게 되며, 이후 이득(gain) 조절을 통한 거리감 제어 과정과 공간감을 부여하는 잔향생성 과정을 통과해 입체음향으로서 스테레오 헤드폰이나 2채널 스피커로 재생시키게 되는 것이다. 이렇게 음상정위 기술을 적용해 재생할 경우 <그림 2>에서의 입체음상과 같이 실제 소리가 발생한 위치에서 음상을 지각하게 하는 것이 가능하다.

(2) 음장제어

음원을 둘러싸고 있는 실내 공간의 특성에 따라 동일한 음원이라 할지라도 청취자에게 다른 음향효과를 줄 수 있다. 예를 들어, 동일한 피아노 소리라도 콘서트 홀에서 들을 때와 일반 강당에서 들을 때에 청취자는 다른 음향 경험을 갖는다. 이는 실내 공간의 크기, 구조, 벽 또는 천정의 재질 등에 의해서 음원에 대한 직접음, 초기 반사음, 잔향 패턴 및 잔향시간 등이 달라지기 때문이다.

잔향은 음원으로부터 반사가 그친 후에도천정이나 벽으로부터의 반사가 계속돼 울리는 음으로, 공간감 생성에 주요한 요

<그림 3> 음장제어 기술



인임과 동시에 거리감 생성에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

<그림 3>과 같이 반사음과 잔향을 인공적으로 제어해 특정 실내에 음원이 있는 것과 같은 음향효과를 생성하는 기술을 음장제어 기술이라 한다. 음장제어에 가장 많이 사용되는 것 중의 하나로 Schroeder 잔향기가 있는데, 이 잔향기는 병렬로 연결된 4개의 빗형 필터와 직렬로 연결된 2개의 전대역 통과 필터로 구성된다. 빗형 필터는 특정 주파수가 진동하는 모드를 시뮬레이션하며, 전대역 통과 필터는 잔향 밀도를 증가시키는 역할을 한다. 또한, 잔향 밀도를 더욱 풍부하게 하기 위해 증첩된 전대역 통과 필터와 저역 통과 필터를 갖는 일반화된 잔향기도 제안되었다.

이외에 실내의 잔향 특성을 음향학적으로 모사하는 음선 추적(ray tracing) 방식과 이미지 모델(image model) 방식이 있다. 음선 추적 방식은 음원에서 나오는 음은 모든 방향으로 방사되는 성질을 고려해 음의 에너지 분포를 구해 가상 음장을 생성하는 방법이다. 이미지 모델 방식은 빛이 거울에서 반사하는 것과 같이 음파도 실내의 벽면에 부딪혀 한번 반사한다는 전제 하에, 반사 경로를 구해 가상 음장을 생성하는 방법이다. 또한 공간전달함수를 이용하는 방법이 있는데, 이는 특정 공간의 공간적 단서가 내포된 공간전달함수를 측정해 이를 단순음과 컨볼루션을 행하여 특정 실내의 음장 특성을 추가하는 방법이다. 