

## 홈시어터의 음향기술

두세진(동아방송대학 방송기술과)

### I. 서론

최근 크게 흥행에 성공하고 있는 국산영화들은 국내 영화팬들을 열광케 하고 이제는 해외에 서까지 인기를 크게 누리고 있다. 이러한 국산영화의 성공은 심지어 영화에 무관심했던 사람들 까지도 영화관으로 끌어들이고 관심을 갖게 하고 있으며 영화산업의 발전가능성이 다대함을 증명해 주고 있다.

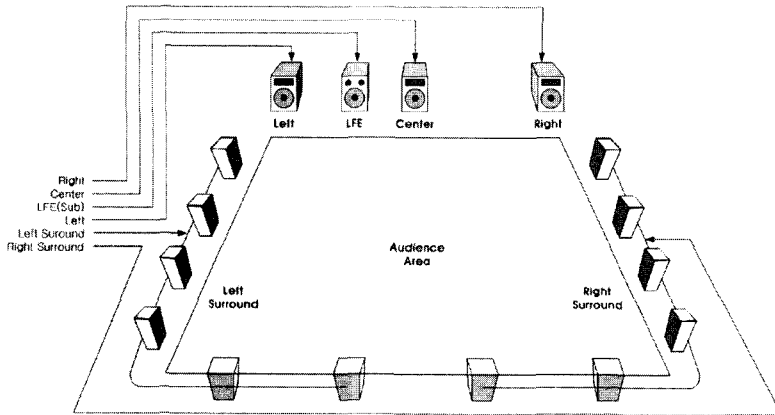
영화관에서의 감동을 집에서도 누리하고자 하는 것이 홈시어터, 즉 가정극장의 목적이다. 벽면을 가득채우는 대화면과 실감나는 입체음향을 제공받으면 가정에서도 분명 영화관과 같은 감동을 얻을 수 있게 된다. 최근 신혼부부의 혼수 1호라고까지 불리우는 홈시어터는 그 기술이 어떠하며 문제점이 무엇인지, 그리고 그 해결방법은 무엇인지에 대해 모색해 보기로 한다.

### II. 홈시어터의 구성

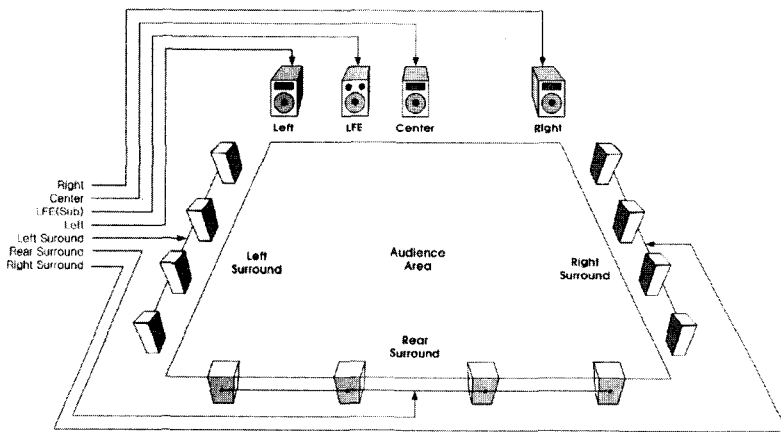
홈시어터는 영화관의 영상, 음향을 가정에서 재현하고자 하는 것이므로 우선 영화관의 영상 및 음향을 살펴보는 것이 필요하다. 우선 영화관

의 영상은 가로세로비가 2.35인 Cinemascope, 2.20인 Panavision, 1.85인 미국 영화표준, 1.67인 유럽 영화표준, 1.33(4:3)인 아카데미 표준 가운데의 하나이다. Kerns Powers가 제안하여 1984년에 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)의 만장일치 가결로 HDTV 표준이 된 16:9는 가로세로비가 1.77로서 영화 스크린의 가로세로비와는 차이가 있으며, 따라서 영화의 영상은 가공되어 16:9, 혹은 4:3의 홈시어터 화면에 투사된다. 홈시어터 영상은 고전적 CRT이외에 LCD/DLP프로젝션 TV 혹은 프로젝터가 시장을 주도하고 있고 대화면 PDP 디스플레이도 점차 가격이 낮아지며 대중화되어 가고 있는 추세이다. 영화화면과 같은 매끄럽고 콘트라스트가 강한 화면을 가정에서 즐길 수 있도록 각 영상업계에서는 기술개발에 총력을 쏟고 있다.

영화관에서의 감동은 대화면 영상과 함께 온몸을 감싸는 듯한 입체음향에서 느끼게 되는 부분이 크다. 영화관의 음향은 스크린 후방에 위치한 좌, 우, 중앙 스피커 및 서브우퍼 이외에 객석 측면 및 후면에 설치된 서라운드 스피커가 입체적 음향을 들려주게 된다. 그 설치 레이아웃은



<그림 1> 5.1채널 영화관



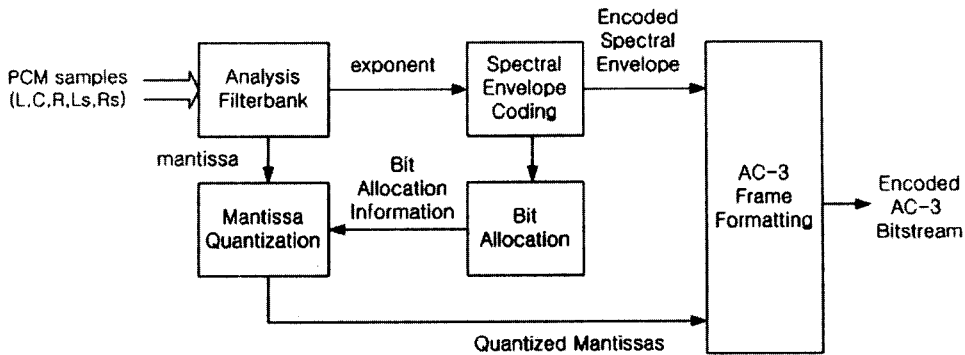
<그림 2> 6.1채널(Surround EX) 영화관

다음 그림과 같다. 그림1은 측면과 후면의 스피커가 같은 채널로 연결된 5.1채널 방식이고, 그림2는 최근에 도입되고 있는 측면, 후면 서라운드를 분리한 6.1채널 확장서라운드(Surround EX)이다.

영화관의 경우 객석의 영역이 넓으므로 일정 간격 및 높이로 서라운드 스피커를 설치하여 모든 객석에서 고르게 입체음향을 들을 수 있도록 하고 있다. 스피커로부터 방출된 음은 영화관 내

의 벽, 천장 등에 반사되므로 의도된 바대로의 음향을 청중에 제공하기 위하여 건축마감에 대하여서도 그 음향특성을 규정하고 있다. Dolby, THX에서는 영화관의 건축음향에 대하여 각각 규정하고 있는데 공통적인 것은 스피커로부터의 음을 방해하지 않도록 적절위치를 흡음해야 한다는 것과 저음, 고음에 걸쳐 고르게 흡음해야 한다는 것이다.

영화관에서 사용되고 있는 입체음향 재현 시



〈그림 3〉 돌비디지털(AC-3) 인코딩 과정

시스템은 Dolby Digital, DTS(Digital Theater System), 혹은 전면에 5채널의 스피커를 배치하여 총 8채널을 사용하는 SDDS(Sony Dynamic Digital Sound)을 통해서 구현된다.

### III. 음향 코딩 방법[1~4]

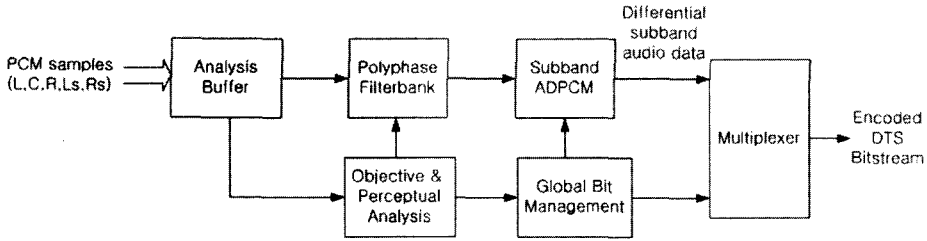
홈시어터의 입체음향은 DVD 뿐만 아니라 컴퓨터 게임, 위성방송 등을 통해서도 일반화되어 가고 있는 추세이다. 소스에는 돌비디지털, 혹은 DTS 코딩 방식으로 인코딩되어 있으며 가정에서는 이를 풀어내는 디코딩 작업을 통해 원래의 여러 채널로 분리해 낸다. 돌비디지털 5.1채널과 DTS 5.1채널 이외에도 여러 향상된 포맷들이 발표되고 있다. 돌비디지털 측에서는 5.1채널 서라운드 신호에 Matrix 인코딩하여 후방 스피커를 통해 재생하는 Surround EX(6.1 혹은 7.1), 2채널 입력을 5.1채널 이상으로 만들어주는 ProLogic II, 2채널이나 5.1채널 신호를 7.1채널까지 확장해주는 ProLogic IIx, 가 있다. DTS측에서는 독립적인 후방스피커 구동방식인 6.1채널의 DTS-ES, 24bit/96kHz의 고품위 음질을 구현하는 DTS96/24, 2채널을 입력받아서 5.1채널 혹은

6.1채널로 재생해주는 DTS neo:6 등이 있다.

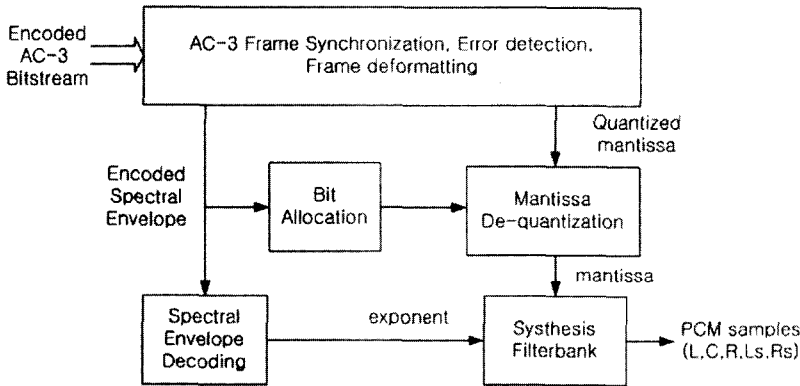
#### 1. 돌비디지털(AC-3) 인코딩

모노, 스테레오, 6채널 등 총 8가지 모드 중 선택할 수 있으며 48kHz, 44.1kHz, 32kHz의 샘플링 주파수를 활용한다. 압축률이 높아서 32kbps~640kbps의 비트레이트로 5.1채널을 처리할 수 있다.

인코딩은 주파수 영역에서 행해진다. 50퍼센트 중첩하는 512포인트를 Fielder window를 씌운 후 MDCT(Modified Discrete Cosine Transform)를 통해서 256포인트의 주파수영역으로 변환하는데 특히 신호가 빨리 변화하는 transient 구간에서는 512포인트 대신 256포인트를 사용하는 block-switching 기법을 활용하여 신호의 급한 변화에 대응하고 있다. 부동소수점 계산을 통하여 지수(exponent)와 가수(mantissa)로 신호의 크기를 분리하고 이 중 exponent 성분은 spectrum envelope를 형성토록한 후 각 주파수 대역에 어느 정도의 해상도를 갖는 mantissa를 부여할지를 심리음향적 현상인 마스킹 현상에 근거하여 결정한다. 마스킹되는 상태에 따라



〈그림 4〉 DTS 인코딩 과정



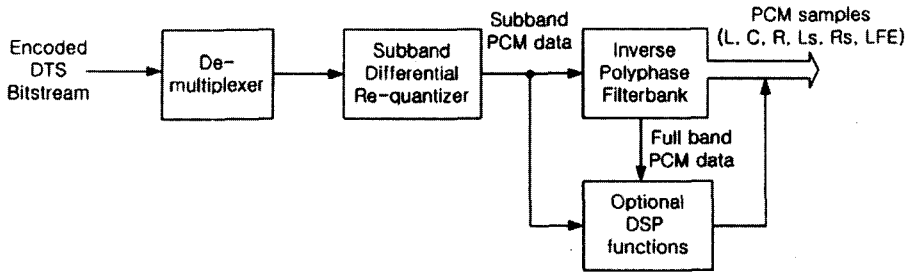
〈그림 5〉 돌비디지털 디코딩 과정

어떤 주파수 대역의 mantissa는 비트수가 아주 작거나 심지어 없는 경우도 있게 된다. 돌비디지털은 미국의 HDTV 방식인 ATSC에서 디지털 오디오 압축표준으로 채택되었다.

## 2. DTS 인코딩

DTS 코딩은 Coherent Acoustics 코딩이라고도 하며 저품질 코딩을 위해서는 8k~32kbps/channel, 하이엔드급 코딩을 위해서는 256k~512kbps/channel를 활용하며 24k~192kHz의 표본화주파수를 사용한다. 해상도는 16비트 내지 24비트 범위이고 1.5Mbps가 통상적인 비트레이트로서 돌비디지털보다 데이터의 양이 많다.

인코딩은 우선 필터뱅크를 이용하여 32개의 서브밴드의 신호로 분리하고, 이 신호들을 ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation) 신호로 코딩한다. 이와 동시에 다른 한 경로에서는 입력된 PCM신호를 심리음향적인 분석을 통해 redundancy를 제거하는 방향으로 비트를 할당함으로써 비트레이트를 낮춘다. 비트레이트가 높을수록 심리음향적 생각을 적게 함으로써 음질저하를 방지한다. DTS의 PCM 입력신호는 프레임단위로 처리가 되는데 한 프레임은 256, 512, 1024, 2048, 4096 샘플 중 하나로 구성되며, 프레임 사이즈는 샘플링 주파수, 비트레이트에 따라 선택된다. 비트레이트가 낮은 경우 긴 윈도우를 사용하여 코딩 효율을 높



(그림 6) DTS 디코딩 과정

인다. 돌비디지털과 가장 큰 차이점이라면 DTS6.1이나 DTS96/24와 같은 차세대 코딩 포맷이 가능하도록 예비하고 있다는 것이다.

### 3. 돌비디지털 디코딩

돌비 디지털의 디코딩은 동기와 오류 정정 등을 거쳐 인코딩 과정의 정확히 반대과정을 처리하여 원래의 오디오 데이터를 얻는다.

### 4. DTS 디코딩

DTS 디코딩은 오류 정정 후 각 채널마다의 서브밴드로 분리해 낸 다음 각 서브밴드를 코딩할 때 주어진 정보를 이용하여 PCM 데이터로 환원된다.

용하여 잘 못 듣는 음은 무시해 버림으로써 신호의 데이터양을 크게 감소시킬 수 있으며, 돌비디지털과 DTS에서는 모두 이러한 심리음향적 현상을 이용하여 데이터를 압축한다. 대표적인 심리음향적 현상은 다음과 같다.

#### 1. 주파수영역 마스킹 현상

같은 소리라도 함께 들리는 음이 어떤 것이냐에 따라 잘 들리기도 하고 잘 안 들리기도 하는 현상이 있는데 잘 안 들리게 되는 현상을 마스킹 현상이라고 한다. 한 음(그림7의 1)이 발생하면 인접주파수 대역의 음은 잘 들리지 않는 마스킹 곡선을 형성하며, 이 곡선 밑에 있는 또 다른 음(그림7의 2번음)은 들리지 않게 되는 현상이다.

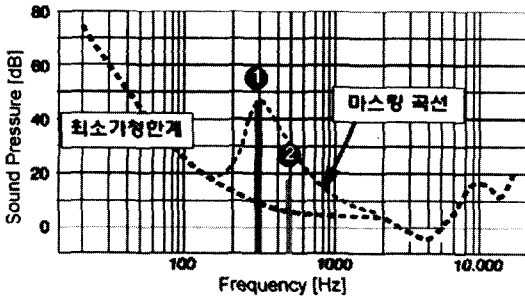
## IV. 심리음향[1]

돌비디지털이나 DTS에서 데이터를 압축하는 중요한 근거는 인간의 심리음향적 현상이다.

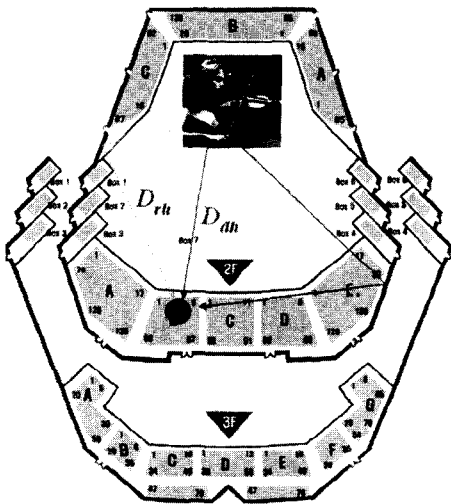
인간의 귀는 협대역 오디오 분석기로 분석한 것과 같은 정밀 분석은 하지 못하는 둔감한 면이 있는데 이러한 심리음향적인 현상을 교묘히 이

#### 2. 시간영역 마스킹 현상

작은 음이 뒤따라오는 큰 음보다 20msec 이내에 존재하면 앞에 있던 작은 음은 들리지 않으며(backward masking), 큰 음 이후에 200msec 이내에 작은 음이 나오면 이 작은 음은 또 들리지 않게 된다.(forward masking)



〈그림 7〉 주파수영역 마스킹 현상



〈그림 8〉 공연장에서의 음의 전달

### 3. 최소 가청한계

앞 그림7의 최소가청한계 이하의 음은 들리지 않는다. 최소가청한계는 개개인마다 상이하며, 음에 의해 마스킹 현상이 발생하는 것은 최소가청한계가 상승하는 현상으로 여길 수 있다.

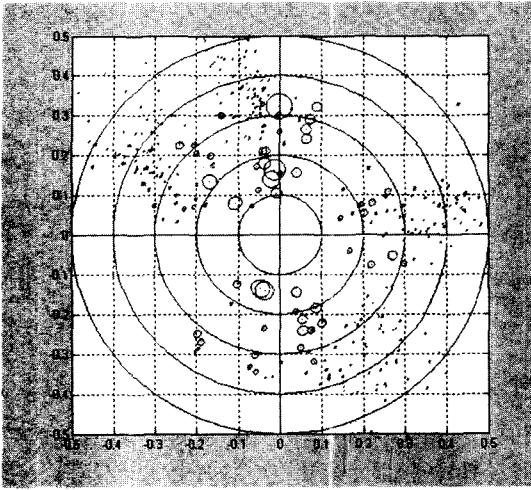
## V. 홈시어터 음장 구현 기술

홈시어터의 기본 구성 중의 하나인 리시버(혹은 DVD)는 돌비디지털과 DTS 등의 디코딩 기

능을 탑재하고 있을 뿐만 아니라 리시버 제조사들 고유의 음장 구현 기능을 제공하는 것이 보통이다. 즉, 일반 2채널 오디오를 청취할 때 보다 입체적으로 들리게 하기 위하여 가상의 반사음을 서라운드 스피커 등을 통하여 내보냄으로써 마치 실제의 공연장, 예를 들자면 콘서트홀, 재즈 클럽 등에서 듣는 듯한 느낌을 가질 수 있도록 하는 것이다. 이것은 디지털 포맷의 디코딩과는 별개의 과정으로서 홈시어터 리시버의 고유한 성능을 발휘할 수 있는 면이기 때문에 많은 전자회사에서 각별히 공을 들여 연구결과를 집약하고 있는 분야이다.

콘서트홀을 예를 들면 무대 위의 연주자로부터의 음은 청취자에게 직접 들어오는 직접음  $D_{th}$ 와 여러벽면을 반사하여 들어오는 반사음  $D_{rh}$ 로 구성된다(그림8). 이러한 반사음을 가정의 홈시어터 스피커를 통하여 인공적으로 제공해 준다면 공연장에서와 같은 감동의 입체음향을 들을 수 있게 될 것이다. 그렇게 하기 위하여서는 각 반사음들이 어느 방향에서, 어느 크기로, 어느 시간차를 가지고 입사하는지를 알아야 하는데 이것은 첫째 직접 공연장에서 측정하는 방법, 둘째 컴퓨터를 통하여 시뮬레이션하는 방법이 있다.

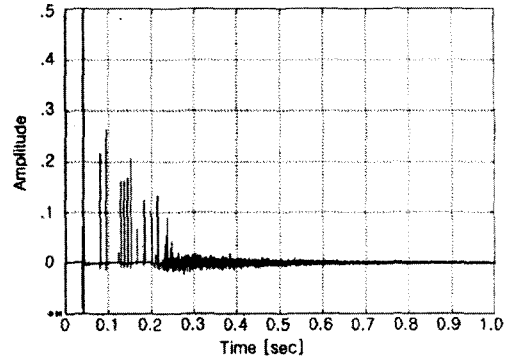
공연장의 음향을 측정하여 홈시어터에 적용한 대표적인 예가 Yamaha사이며, 근접4점 마이크를 이용하여 임펄스 응답을 측정하고 각 마이크에 거의 동시에 도달하는 음파의 시간차를 이용하여 반사음의 방향과 크기를 찾아내는 방법을 사용하였다[5]. 하지만 이 방법은 일정 각도에서 도달하는 반사음을 찾아내지 못하는 문제점이 있어 최근에는 국내에서 5개 이상의 마이크로폰을 이용하여 모든 반사음을 찾아낼 수 있도록 하고 있다 [6]. 하지만 음파가 반사하면서 음파가 확산, 흡



(그림 9) 근접 5마이크 기법을 사용하여 얻은 반사음 정보

음되어 임펄스의 형태가 점차 변형이 되고 따라서 임펄스 응답의 초기 부분 이외의 구간에서는 정확한 정보를 찾아낼 수 없는 문제점은 여전히 남아 있어 아직도 연구의 여지가 남아 있는 부분이라 하겠다.

그림 9는 근접5마이크 기법을 사용하여 반사음에 대한 정보를 추출한 결과이다. 그림에서 많은 작은 원들의 지름은 반사음의 크기에 해당하고 원점으로부터의 거리는 청취지점까지의 도달시간을 의미한다. 반사음은 X,Y,Z 3차원의 방향에서 도래하므로 이러한 반사음 도달 그래프는 X-Y, X-Z, Y-Z 방향의 3개의 그래프가 동시에 얻어진다. 이러한 반사음 데이터를 홈시어터 음장 데이터로 가공할 때에는 우선 2차원적으로 X-Y 평면상에 정사영하여 이를 Intensity panning함으로써 각 스피커에 할당하게 되며 최종적으로는 각 스피커별로 서로 다른 임펄스 응답을 할당받게 된다. 스테레오 음악이 서라운드 스피커를 통하여 재생될 때에는 프론트 및 리어, 센터에 각각 지정된 임펄스 응답과 컨벌루션되

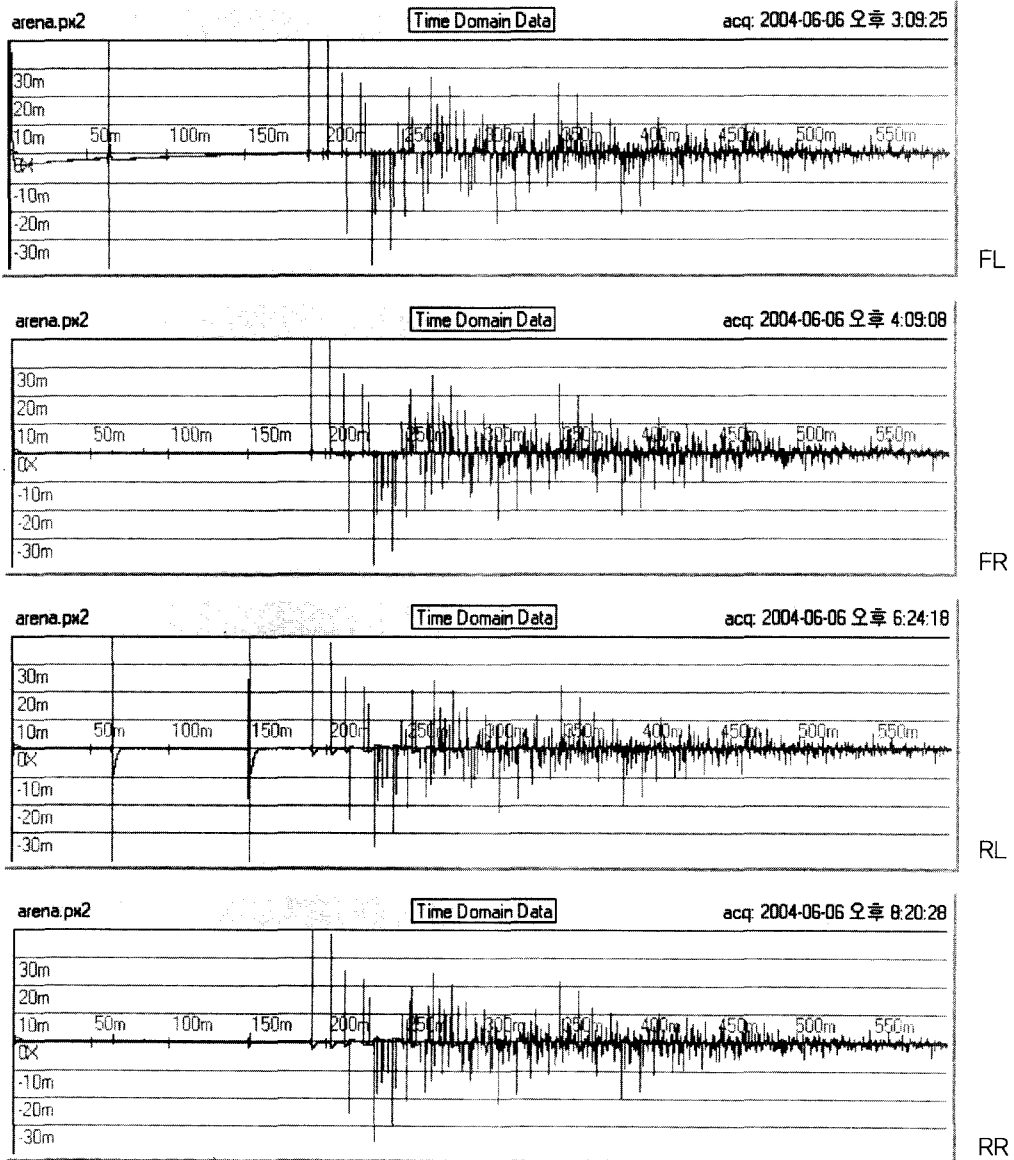


(그림 10) 초기반사음은 FIR로, 후부잔향은 IIR로 구현한 예

어 서라운드 음향으로 제공된다.

이렇게 직접 측정하는 방법 이외에 공연장을 컴퓨터 상에서 가상으로 구성하여 음선법(Ray Tracing)을 이용하여 일정 청취지점에서의 임펄스 응답을 얻은 후 이것을 음장 기초 데이터로 활용하는 것도 가능하지만 이 방법의 경우는 반사면에서의 확산을 고려하는 것에 애로점이 있어 실제상황과 같은 데이터를 얻을 수 없다는 점과 얻은 임펄스 응답이 시간에 따라 고음이 감소하는 자연스런 현상을 반영하지 못하기 때문에 고음이 과도한 날카로운 음색이 된다는 점 등의 단점이 있다.

그림10은 Yamaha사의 음장 구현을 위한 임펄스 응답의 예이다. 임펄스 응답 초기 부분은 뚜렷한 임펄스 형태를 띤 상태로 측정 혹은 시뮬레이션한 결과대로 구현하고, 후부 잔향은 랜덤하게 처리되 각 스피커간의 음이 상관관계가 없도록 처리하여 보다 높은 임장감을 가질 수 있도록 구현하고 있다. 임펄스 응답의 구현은 FIR과 IIR 필터 중 선택하여 사용하게 되는데 전체를



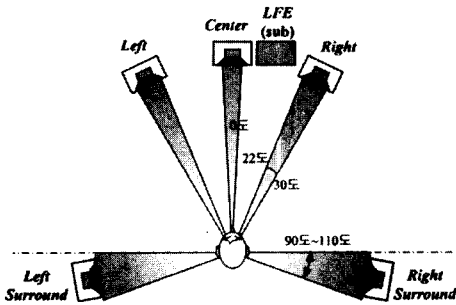
〈그림 11〉 저가 모델의 초기반사음 및 잔향 처리 방법의 예

모두 FIR필터로 처리한다면 많은 연산량과 메모리가 필요하여 비용이 상승하는 문제가 있다. 고가의 프로오디오 장비로 사용하는 경우는 전체를 FIR로 처리하는 경우도 있지만 일반적으로는 초기반사음 부분은 FIR필터로 처리하고 후부잔향은 IIR로 구현하여 음질과 비용을 모두

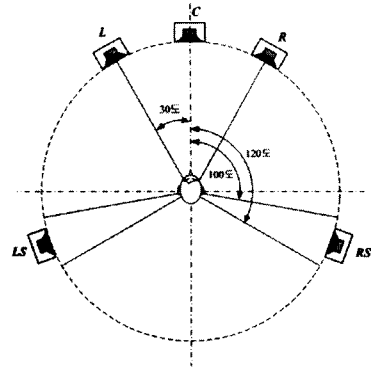
만족할 수 있도록 하고 있다.

저가 모델의 경우는 그림11에서 보는 것처럼 초기반사음 부분도 아주 간단히 처리하고 4개 채널의 후부잔향 부분을 완전히 같은 것으로 사용하여 비용을 낮춘 모델들도 있는데 이는 임장감의 면에서 성능이 떨어질 수밖에 없다.

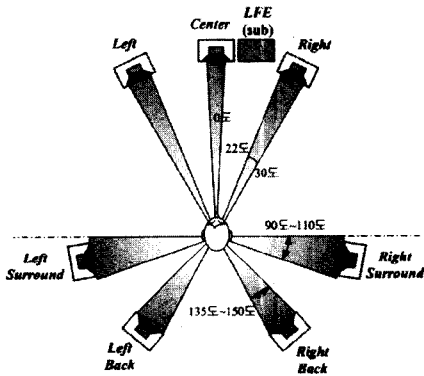




〈그림 12〉 Dolby사의 5.1채널 스피커 배치방법



〈그림 14〉 ITU-R BS775-1 권고안에 의한 스피커 설치방법



〈그림 13〉 Dolby사의 7.1채널 스피커 배치방법

## VI. 홈시어터 스피커의 설치

홈시어터의 경우는 청취위치가 좁은 면적으로 고정되므로 영화관과 같이 여러개의 서라운드 스피커를 배치하지 않고 채널당 하나의 스피커만을 구동하도록 하고 있다.

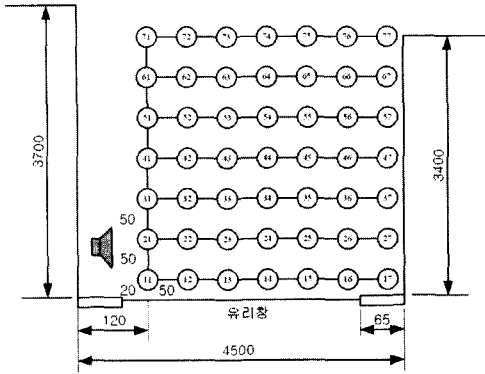
청취를 위한 스피커 거리, 각도에 대한 내용은 돌비와 ITU-R 등에 제안이 되어 있다. 그림 12와 그림 13은 돌비의 5.1채널, 7.1채널시의 청취 위치를 예시한 것이며, 그림 14는 ITU-R BS775-1에 근거한 레퍼런스 청취실의 서라운드

스피커 설치 권고안이다[7]. ITU-R의 권고안이 모든 스피커로부터의 거리를 균등하는 것으로서 가장 바람직한 상태이지만 이를 지키기 어려운 일반 가정에서는 돌비의 설치 방법을 따라 거리를 적절히 설정하고 리시버에서 스피커 거리를 보정하여 사용하면 된다. 7.1채널은 Dolby Digital EX, Dolby Prologic Ix, DTS-ES의 재생에 필요한 셋업이다.

현재 사용되고 있는 스피커 배치방법은 모두 평면상에 스피커를 배치하는 것이지만 보다 입체감이 풍부하도록 하기 위해서는 향후 Lexicon사에서 제안하는 바와 같이 머리 위에도 스피커를 배치하여 음상을 3차원적으로 형성할 수 있어야 할 것으로 생각된다.

## VII. 재생공간의 문제

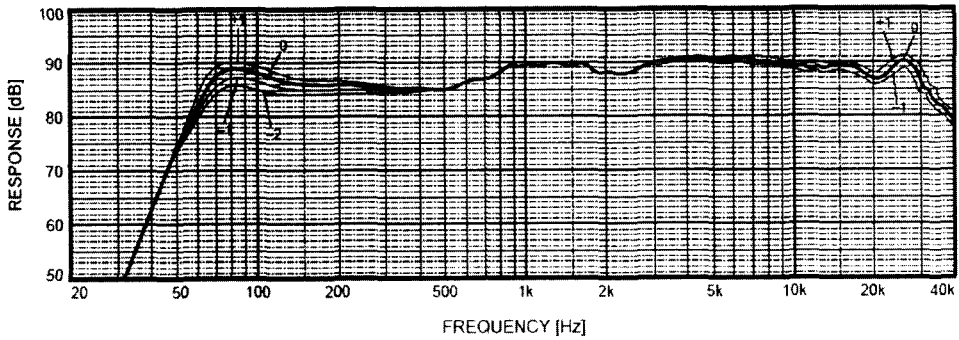
홈시어터의 설치 환경은 음향의 품질에 지대한 영향을 미친다. 이것은 실내의 경계면에서의 반사음들이 스피커로부터의 음향에 추가되어 음상이 흐트러지고 주파수별 음량이 고르지 않게 되기 때문이다. 다음 그림은 일반 아파트에서



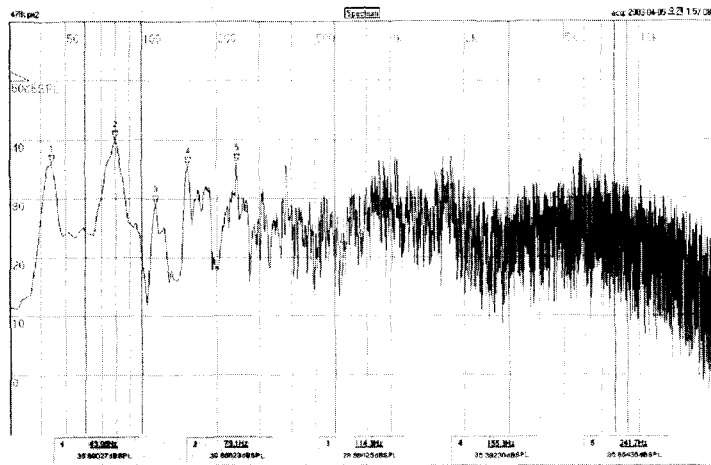
〈그림 15〉 스피커 및 측정 마이크로폰의 위치

의 음향 왜곡상황을 확인하기 위한 측정마이크로폰의 위치와 음원(스피커)의 위치를 나타낸다.

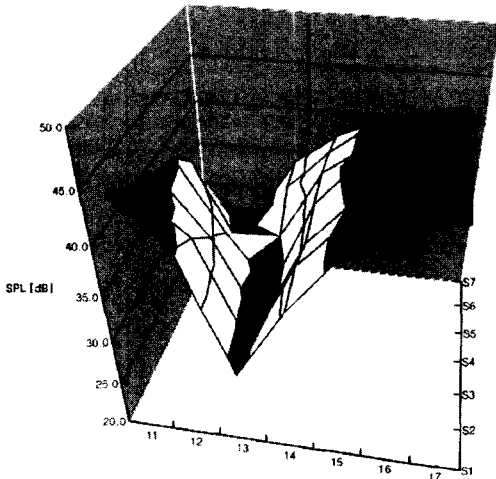
측정에 사용한 스피커의 주파수특성은 그림16과 같다. 이 스피커를 이용하여 측정위치 47에서 측정한 스피커-마이크간의 전달함수 그래프가 그림17이며 그래프를 살펴보면 무향실에서 측정한 스피커 자체의 특성은 평탄도가 우수함에도 불구하고, 청취위치에서는 주파수특성이 크게 왜곡되는 것을 볼 수 있다. 특히 44Hz, 79Hz, 114Hz, 155Hz, 242Hz 등에서는 큰 피크가 보이는데 이것은 실의 벽면, 천장, 바닥 등에서 반사



〈그림 16〉 측정에 사용한 스피커의 주파수특성



〈그림 17〉 그림15의 위치47에서의 스피커-마이크간 전달함수



〈그림 18〉 44Hz 정재파 주파수에서의 위치에 따른 음량의 변화

가 거듭되어 발생한 정재파에 기인한 것이다. 또한 고음영역에서도 스피커고유의 특성과는 많은 차이를 나타내는데 이것은 벽면의 많은 반사음이 부가되어서 나타나는 현상이다.

여러 정재파 주파수 중에서 44Hz의 정재파 공진모드를 3차원 그래프로 그린 것이 다음 그림이다. 벽면에 가까운 위치에서는 음압이 높고 실의 가운데 부분은 음압이 낮아서 음압의 편차가 대단히 심하다. 유리창 반대편으로는 벽이 멀리 떨어져 있어서 해당 방향의 음압레벨은 하강하는 모습이 관찰된다.

이러한 청취환경에 의한 음질 열화를 개선하기 위하여 시간영역으로는 스피커로부터 청취자에게까지 이르는 공간의 임펄스 응답을 deconvolution 하는 방법을 사용하거나, 주파수 영역으로는 등화(Equalization)하는 방법을 사용하기도 한다. 하지만 이 방법은 청취위치가 고정된 경우에만 활용할 수 있는 방법이므로 다수의 청취자가 있는 상황에서 모두를 만족시킬 수는 없는 방법이다. 문제가 되는 주파수대역에서 흡

음할 수 있는 마감처리와 스피커로부터의 1차반사음을 유효하게 흡음할 수 있는 실내건축적인 대응이 보다 바람직한 것으로 여겨진다.

## Ⅷ 결론

돌비디지털과 DTS의 양대 산맥으로 형성하고 있는 홈시어터 멀티채널 코딩 표준은 그 발표 시기나 압축률의 면에서 돌비디지털이 우세인 상황이지만 우수한 음질을 바탕으로 DTS도 꾸준히 그 영역을 넓혀 가고 있다. DVD 출시시에 이 두 포맷을 동시에 지원하고 있는 경우가 많다. 새로이 개선된 서라운드 포맷들이 속속 등장하고 있어서 가정에서 입체음향을 즐기는 것은 나날이 그 음향성능을 향상을 경험할 수가 있지만 한편으로는 건축음향적인 문제가 해결되지 않아 여전히 원작의 음향 그대로를 감상치 못하는 상태이다. 향후 신호처리적으로든 건축음향적으로든 이 문제가 개선될 수 있다면 그때서야 비로소 극장 음향 그대로를 가정에 옮겨 놓을 수 있으리라고 여겨진다.

## 참고문헌

- [1] Painter, T., Spanias, A., "Perceptual Coding of Digital Audio", Proc. of IEEE, Vol.88(4), 2000.
- [2] Craig, T., et. al., "AC-3: Flexible Perceptual Coding for Audio Transmission and Storage", AES 96th Convention, Amsterdam, 1994.
- [3] Vernon S., "Design and Implementation of AC-3 Coders", IEEE Tr. Consumer Electronics, Vol.41(3), 1995.
- [4] Smyth, M., "An Overview of the Coherent Acoustics Coding System", DTS white paper, 1999.
- [5] Yamazaki, Y. & Ito, T. Measurement of spatial

information in sound field by closely located 4-point microphone method. J. Acoustics. Soc. Jpn. (E), 10(2), 1989.

- [6] Doo, S., et. al., "Measurement of Early reflections in a room with 5 microphones system", IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.e 86-A(12), 2003.
- [7] ITU-R BS775-1, "Multichannel Stereophonic Sound System with and without Accompanying Picture", Rec. International Telecommunications Union, Geneva, Switzerland, 1994.

## 저자소개



두 세 진

1987년 서울대학교 공과대학 전자공학과(공학석사)  
 1994년 서울대학교 공과대학 전자공학과(공학박사)  
 1983년-1984년 삼성전자(주) 비디오설계실  
 1994년-1995년 자동차부품연구원 선임연구원  
 1996년-1997년 파스에이브이컨설팅 대표  
 주관심분야 건축-전기음향 설계, 스피커분석 및 설계, 음향신호처리