

# 차세대 실감 방송의 구현을 위한 심리 음향의 이해

김 성 영  
McGill University  
[sungyoungk@hotmail.com](mailto:sungyoungk@hotmail.com)

## Towards a better understanding of psychoacoustics in the future broadcasting

Kim, Sungyoung  
McGill University

### 요약

차세대 실감 방송에서의 오디오 신호는 정보의 전달이라는 기존의 역할을 넘어서 현장감의 재현이라는 실감 방송의 목표를 구현하는 역할을 감당하게 될 것이다. 이 논문에서는 이러한 차세대 실감 방송에서 오디오 신호가 가지는 심리음향학적인 (psychoacoustic) 특성을 방송현장의 운용자들을 위해 기존의 연구들에 근거하여 설명하였다. 차세대 방송은 첫째, 멀티채널 오디오 방송, 둘째, 고 해상도 데이터의 활용 그리고 셋째, 멀티 모달 전송로 특정지을 수 있는 새로운 오디오 산업의 기술 진행 방향을 통해, 방송으로 전달되어지는 객체에 대하여 개선된 정위(localization), Envelopment, 명료도(Clarity)등의 개선된 심리음향학적인 특성을 가지게 한다. 이와 같은 심리음향학적인 개선은 운용자의 올바른 개념적인 이해와 결합하여 보다 현장감 넘치는 방송을 청취자들에게 가져다 줄 것이다.

### 1. 서론

최근 몇 년간의 오디오 업계는 그야말로 한치 앞도 내다보기 어려운 격변의 시간을 보내고 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그 무엇보다도 에디슨의 축음기 발명 이후 100여년을 지속되어왔던 레코딩 비즈니스의 근간이 MP3 파일과 인터넷으로 인해 흔들리고 있기 때문이다. 그러나 이러한 변화는 자연스럽게 오디오 데이터의 저용량화가 멀티채널 오디오로 활용될 수 있는 계기가 되어주었고 DVD위한 오디오 포맷으로 자리 잡을 수 있게 해주었다. 동시에 DVD 비디오 시장의 비약적인 신장은 기존의 영화 업계에 국한되어있던 멀티채널 오디오에 대한 관심을 일반인들에게 가져오게 하였고 디지털 방송의 오디오가 멀티채널로 자리 잡는데 공헌하였다. DVD는 또한 DVD라는 미디어가 가지는 대용량 저장능력을 오디오 정보만을 위해 사용하게 하는 소위 '고 해상도 오디오'를 대중에게 전달가능하게 한 가능성을 열어주었다. 소니와 필립스는 이러한 고 해상도 오디오를 위해 DSM (Delta Sigma Modulation)을 활용한 DSD (Direct Stream Digital)이라는 새로운 코딩 기법과 SACD (Super-Audio CD)라는 새로운 매체를 차세대 오디오 매체로 시장에 출시하였다. 멀티채널과 이러한 고 해상도를 동시에 구현하는 것은 아직 DVD-A(오디오 정보만을 담고 있는 DVD)와 위에서 소개한 SACD에 국한되고 있으나 고속 인터넷을 기반으로 하여 고 해상도 오디오 정보를 멀티채널로 전송하는 실험이 McGill University에서 이루어졌다. 몬트리올에서 전송한 고 해상도 멀티채널 오디오 정보가 실시간으로 샌프란시스코의 117차 AES Convention 행사장으로 전달되게 한 이 실험을 통해 멀지 않은 미래에서 실시간 '고 해상도 멀티채널 오디오 정보 전송'이 실용화 될 수 있는 가능성이 밝

혀졌다. 이미 NHK의 기술연구소등에서는 차세대 실감 방송을 위해 HDTV급 이상의 해상도를 가지는 비디오와 함께 24.2라는 총 26개의 오디오 채널을 전송하는 실험이 진행 중이며 동시에 고 해상도 오디오를 이에 병행하기 위한 연구를 지속하고 있다. 이에 멀티채널 오디오와 고 해상도 오디오가 가지는 특성과 그로 인한 심리음향학적인 개선점들, 그리고 이러한 개선점들을 어떻게 현장에서 활용해야 하는 가에 대해서 기존의 연구들을 정리하여 기술하고자 한다.

### 2. 멀티채널 오디오

1994년 Theile를 중심으로 한 ITU멤버들은 ITU-R BS.775-1[1]의 오디오 제작 및 재생 환경에서의 멀티채널 스피커 구성의 표준을 정하였다. (그림 1) 이와 같은 재생환경이 가지는 가장 큰 특징은 다름 아닌 정위(localization)[1]의 개선일 것이다. 스피커 재생을 통한 정위는 스피커들 간의 레벨차 혹은 시차로 인해서 발생하는 팬텀(phantom) 이미지에 의한 것이다. 기존의 2채널 스테레오 재생의 경우에 있어서는 2개의 스피커가 있는 공간 이외의 영역에 대한 음원의 정위는 특정한 주파수를 가지는 음원을 제외하고는 불가능한 것이었다. 그러나 멀티채널 오디오 환경에서는 센터 스피커(C)와 후면의 두 개의 스피커(LS, RS)를 통해 필요한 대부분의 공간에서의 팬텀 이미지를 형성하는 것이 이론적으로 가능하다. 또 하나 멀티채널 오디오를 통해 개선된 점은, 음원

1) 일반적으로 정위는 3차원 공간에서의 정위를 나타내는 lateralization을 의미하나, 멀티채널 환경에서의 구현되는 정위는 2차원 평면적인 localization이 더 정확한 개념이라고 할 수 있다.

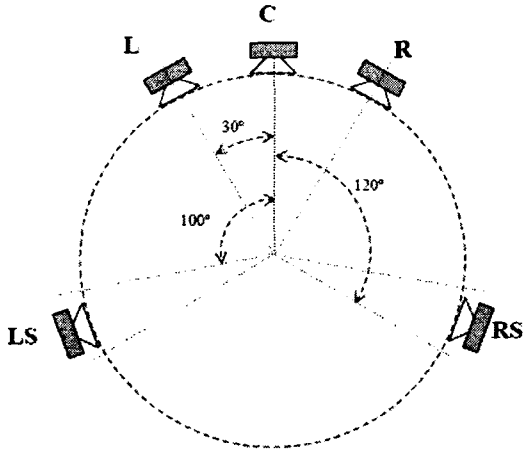


그림 1. ITU-R BS.775-1의 멀티채널 스피커 배열

이 청취자가 있는 영역에서 어떠한 형태로 진행해 나가는 가를 인식하는 Envelopment라고 할 수 있다. 공간상에서 음원의 정적인 위치를 정위라고 본다면, 그 정위에서부터 청취자에게로 진행되는 음원의 동적인 움직임에 대한 느낌을 Envelopment라고 할 수 있다. 이 Envelopment는 공간 및 건축 음향에서 좋은 공연장의 음향이 가져야 할 중요한 요소로 연구되어 왔었다. 하나의 예를 들자면 청취자의 안방에 오디오 시스템이 놓여있고 현재 뉴욕 카네기 홀에서 연주되고 있는 공연을 감상중이라고 해보자. 기존의 2채널 스테레오 환경에서 재생되는 카네기 홀의 음향은 마이크가 놓여있는 지점에서의 정적인 정보이다. 하지만 적절한 서라운드 마이크 테크닉에 의해 수집된 정보가 멀티채널 시스템에서 재생될 때에는 후면의 스피커가 전면의 스피커에서 시작된 음원이 후면에서 어떻게 변화하게 되었는지에 관한, 즉 동적인 움직임에 관한 정보도 전달해 주게 된다. 이러한 음원의 위치 및 그로 인한 공간감의 인식이 멀티채널 오디오에 있어서 개선된 가장 중요한 특징이 된다. 차세대 방송에서 이러한 장점이 활용되어서 실감 방송을 구현해야 함은 자명하다. 하지만 이러한 자명한 원칙이 멀티채널 오디오를 어떻게 운용하는가에 따라서 오히려 반대효과를 가져오는 경우도 있다. North와 Hargreaves는 청취자, 즉 인식하는 주체에게 객체를 전달할 때 그 객체의 재생되는 공간상에서의 구성 및 컨트롤이 복잡해

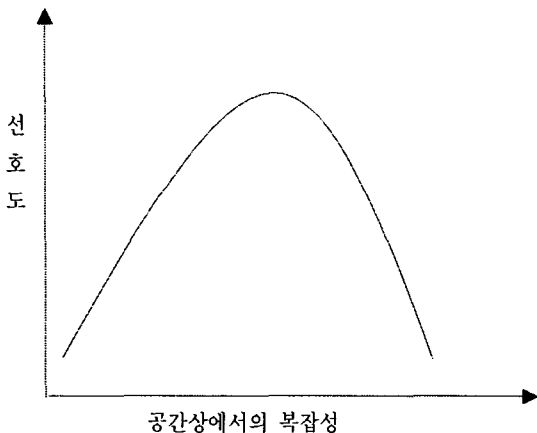


그림 2. 음악의 신호도와 복잡성의 관계

질수록 어느 한계치 이상에서는 인식되는 신호도가 개선되는 것이 아니라 오히려 나빠진다는 것을 발표하였다[2]. (그림 2) 이러한 상황은

멀티채널 오디오에서도 적용되는 데 새로운 심리음향학적인 효과를 과도하게 혹은 적절하지 못하게 사용하면 청취자는 오히려 부정적인 반응을 보이게 된다. 대표적인 그와 같은 예가 콤팩터 현상 (Comb-filtering effect)이다. 콤팩터 현상은 동일한 음원이 일정한 시차를 가지고 들려질 때 각 주파수 성분의 위상차의 상호 간섭에 의해 발생하게 되는 음량의 증폭과 감소현상이다. ITU표준의 스피커 구성에서는 스피커의 수가 약 3배정도 늘어난 만큼 원하지 않는 콤팩터 현상이 일어날 확률도 3배 이상 증가하게 된다. 실질적으로 이러한 콤팩터 현상은 시청자의 움직임을 제한하게 되어 멀티채널 오디오의 사용으로 인해 확장되어야 할 재생공간을 오히려 더 협소하게 한다[3]. Martin의 실험에 의하면 ITU표준 멀티채널 환경에서 Centre와 Left Surround 스피커간의 간섭으로 인한 콤팩터 현상이 가장 나쁜 것으로

	Min	Max	Peak to Peak
C/L - L	-25.9	6.8	32.7
C/LS - C	-28.6	14.7	43.4
L/LS - L	-12.9	8.4	21.3
LS/RS - LS	-9.9	5.9	15.8
L/R - L	-8.4	6.1	14.5

그림 3. 콤팩터로 인한 채널간 최소, 최고 그리고 피크-피크값(Table 6 courtesy Martin)

밝혀졌다[3]. (그림 3) 현재까지 표준으로 사용되고 있는 음량을 이용하는 패닝이 멀티채널에 적용될 때 이러한 현상이 발생할 확률이 높아진다. 이러한 콤팩터 현상을 막기 위해서는 각 스피커를 통해 재생되는 신호가 서로 동일하게 변화하지 않도록, 즉 각 신호들이 가지는 상관계수(Correlation coefficient)값이 0이 되지 않도록 해주어야 한다. 하나의 지점에서 다수의 마이크를 사용해 집중하는 코인시던트(coincident) 마이크 테크닉을 제외한 대부분의 서라운드 마이크 테크닉이 활용되는 경우에는 이러한 콤팩터 현상이 발생할 확률이 적으나, 방송과 영화를 위한 사운드 디자인 작업으로 인해 가상적으로 제작된 음원이 적절한 처리 없이 멀티채널 환경에서 재생될 때 또한 이러한 현상이 발생하기 쉽다. 특히 제작된 음원을 측면으로 배치하고자 하는 경우, 귀에 도달하는 음원의 레벨이 거의 동일하게 되어 마치 음원의 음색(Timbre)을 콤팩터로 변화시킨 것과 같은 원치 않는 결과를 가져오게 된다. 이와 같은 콤팩터 현상을 막기 위해서는 동일한 신호가 2개 이상의 스피커로 재생되지 않게 해주어야 한다. 그러나 위에서 논한 또 하나의 심리음향학적인 요소인 Envelopment를 위해서는 전면과 후면의 일정 레벨의 동일한 신호의 에너지 분포가 필요하다는 것이 Morimoto의 연구에 의해 밝혀졌다[4]. 전면과 후면의 성분이 동일성이 적어질 때 청취자는 전면의 공간과 후면의 공간을 별개의 것으로 인식하게 된다. 멀티채널 오디오를 운용함에 있어 이러한 정위, 콤팩터 현상 그리고 Envelopment를 바르게 컨트롤하여 시청자에게 전달하기 위하여 현업 엔지니어는 신호의 독립성을 유지하면서도 동시에 일정한 동일성을 지켜주어야 하는 어려운 과제를 풀어내어야 하는 것이다.

### 3. 고 해상도 오디오

소니와 필립스가 개발한 DSD 레코딩 시스템은 약 2.8224MHz로 샘플링된 이산 오디오 데이터를 1bit를 이용하여 기록하는 시스템이다. 이 시스템이 왜곡 없이 녹음할 수 있는 주파수 대역은 약 50kHz까지이나

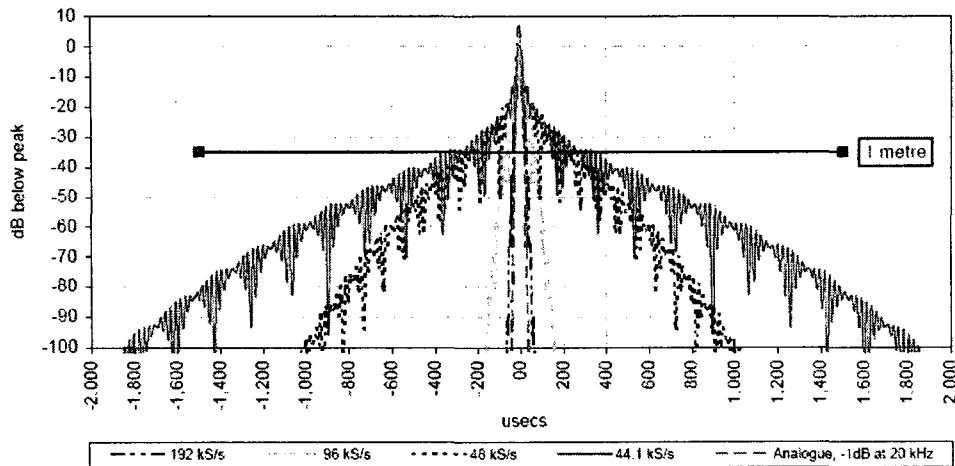


그림 4. 샘플링 주파수에 따른 시간축 상에서의 임펄스 반응(Fig. 6 courtesy Story)

DVD-A와 기타 다른 PCM 방식이 채용하고 있는 최대 샘플링 주파수인 192kHz/24bits로 녹음한 것과 동일한 음질을 구현한다. 이러한 코딩 시스템을 활용한 SACD의 출시로 인해 고 해상도 오디오에 대한 관심이 부각되고 있다. 고 해상도 오디오에 대한 현재까지의 연구는 이러한 초고주파수 대역의 정보와 더 많은 양자화 비트를 통해 하이 샘플링 PCM 데이터 혹은 DSD 데이터로 하여금 뛰어난 음질을 가지게 하는 것에 집중되어 왔으나, 최근의 연구는 '시간축 상에서의 고 해상도'(high temporal resolution)와 '음질의 개선'의 상호관계에 초점을 두고 있다. 사람의 두 귀로 듣는 (binaural hearing) 현상은 단일 청음 (monaural hearing)에서는 가능하지 않는 2 $\mu$ s 정도의 세밀한 시간차도 구분해낼 수 있다[5]. 이에 반해서 기존의 44.1kHz PCM 샘플링 데이터가 가지는 시간축의 해상도는 약 20 $\mu$ s 정도에 불과하여 인지 가능한 신호의 변화를 왜곡 없이 기록하기에는 부족하다. 또한 고 해상도 오디오에서는 그림 4에서와 같이 디지털 오디오에서의 aliasing을 방지하기 위한 LPF의 사용으로 인하여 발생하게 되는 시간축의 번지는 현상 (temporal dispersion)을 최소화 시켜준다[6]. 이러한 시간축 상에서의 명료한 반응은 음악과 같이 복잡하게 변하는 신호에서 각 음원간의 겹치는 현상을 최소화 시켜주어 음악의 명료도(clarity)를 높여주게 된다. 피아노나 타악기들과 같이 어택 시간(attack time)이 빠른 악기들의 경우 음원이 형성되는 초기 반응의 형태에 따라 음색(timbre)에 변형이 오는 것으로 알려져 있다. 이러한 악기군 및 공연장의 잔향과 같이 무작위로 변화하는 에너지의 흐름은 기존의 샘플링 주파수가 가지는 시간축 상의 낮은 해상도와 그로인한 번짐(dispersion)으로 인해 정확하게 표현될 수 없을 것이다[7]. 이러한 개선된 명료도는 결과적으로 음원이 재생되는 공간에서 가지는 넓이와 깊이감을 정확하게 표현해준다. 이중 음원의 넓이는 전통적으로 IACC (InterAural Cross Correlation)값에 의해서 결정되는 것으로 알려져 왔다[4]. 즉 음원이 넓으면 음원의 양끝에서 만들어진 소리는 양쪽 귀에 비록 미세하지만 서로 다른 형태로 전달되게 될 것이다. 대부분의 경우에 있어 스피커로 재생되는 음원은 재생되는 신호간의 크로스토크(crosstalk)로 인해 넓이감은 더욱 왜곡되게 된다. 만약 이러한 신호의 특성이 순간적으로 큰 폭으로 변화하는 형태를 지니면 그림 4에서와 같은 번지는 현상으로 인해 음원의 넓이 정보는 더욱 왜곡되게 되어 전체적인 명료도를 해친다. 하지만 이러한 고 해상도 오디오가 가져오는 심리적인 개선은 상대적으로 멀티채널이 가져오는 것보다는 미약하다. 더욱이 방송에 있어서 디지털 오디오의 전송은 PCM 44.1kHz/16bits 데이

터로도 구현되기 힘든 상황이다. 하지만 클래식 음악 방송, 스포츠 중계, 및 자연 다큐멘터리와 같이 현장감의 전달이 프로그램의 특성상 중요한 요소로 작용하는 곳에 있어 이러한 고 해상도 오디오는 멀티채널 오디오와 함께 적용되어, 이제껏 나열한 여러 심리음향학적인 요소들을 효과를 극대화 시켜줄 것이다. 그러므로 미래의 고 해상도 오디오 방송이 현실화되는 시점을 위해서 현재의 제작물들을 고 해상도로 제작하여 보관하고 송출시 필요에 의해 저해상도로 변형(down conversion)하는 것이 바람직하다고 할 수 있을 것이다.

#### 4. 저 주파수 인식과 멀티 모달 전송

[1]에서 정의된 멀티채널을 위한 ITU 표준에서는 저주파수 재생을 위하여 하나의 서브 우퍼 스피커를 활용하는 것으로 나타나있다. 이것은 일정 주파수 이하의 저주파수 대역은 무지향성으로 진행해나가며 저주파수 대역의 재생에서는 음원의 정위나 공간감이 생길 수 없다는 전통적인 물리학적 견해에서 온 것이다. 그러나 어디를 '일정 주파수 이하'로 볼 것인가가 중요한 문제이다. ITU 표준에서는 이 '일정 주파수'를 최대 120Hz로 보고 있으며 Dolby Digital(소위 AC-3)에서도 120Hz로 정하고 있다[2]. 많은 홈씨어터 시스템이 위와 같은 아이디어에 착안하여 5개의 소형 스피커와 하나의 서브 우퍼 스피커로 구성되어 있다. 민수용 제품의 경우 200Hz를 크로스오버 주파수로 정하여 사용하는 경우도 있다. 이러한 일반적인 믿음과 달리 최근의 일련의 저주파수 인식에 대한 연구는, 단일 서브 우퍼 스피커와 메인 신호로부터 일정 주파수 이하를 분리하여 LFE(Low Frequency Extension) 신호를 이용하는 방식에 의문점을 제시하고 있다. 그중 가장 잘 알려진 의문점은 저주파수가 공간에서 만들어내는 정재파(定在波, Standing Wave)로 인해 생기는 현상이다. 단일 서브 우퍼로 인해 재생되는 저주파수는 실내와 같은 공간에서 정재파를 형성하여, 시청자의 위치에 따라 저주파수의 느낌이 큰 폭으로 변화하게 만든다. 2개의 서브 우퍼를 사용하였을 때 이와 같은 스탠딩 웨이브로 인한 저주파수 레벨의 변화는 상호 작용에 의해 개선되게 된다. 저주파수 인식에 있어 단일 서브 우퍼 환경이 가지는 또 하나의 문제는 별도의 저주파수 신호들을 다수의 서브 우퍼를 통해 재생하는 경우와 그 신호들을 하나의 신호로 합쳐서 하나의 서브 우퍼를 통해 재생하는 경우에 있어 시청자가 과연

2) 음악의 경우 80Hz를 그 기준으로 권장하고 있다.

동일한 공간감을 가지는 가에 있다. 이를 확인하기 위한 주관적인 감청 테스트의 결과는 저주파수 신호의 분리가 신호의 Envelopment를 인식하는데 크게 기인하는 것으로 나타났다[8]. THX와 NHK에서 각각 10.2와 24.2로 초현실 오디오 재생을 위한 구성을 정하여 '2' 서브 우퍼 개념을 도입하고 있는 것도 위와 같은 이유들로 부터 기인한다. 특히 영화에서 사용되는 효과음의 저주파수는 단일 서브 우퍼의 사용으로 인해 그 효과가 크게 감소된다. 또한 클래식 음악의 경우 단일 서브 우퍼의 사용은 음색의 변형으로 인식되는 것으로 알려졌다. 최근의 116차 AES Convention의 워크샵을 통해 이와 같은 저주파수의 사용 및 공간감에 대해서 심도 있는 논의가 이루어졌으며 그 논의의 결과의 일부로 80Hz이하의 정보들에 있어서만 위에서 기술한 단일 서브 우퍼의 사용이 바람직하다는 의견을 제시하였다[9]. 즉 전송된 오디오 신호를 재생하는 데에 있어서 80Hz이상의 신호들은 최적의 결과를 위해 개별적으로 재생되어야 바람직하다는 것이다<sup>3)</sup>. 그렇다면 과연 남겨진 80Hz이하의 저주파수 정보는 어떻게 처리하는 것이 바람직하다 할 수 있을까? 기존의 방식을 도입하여 80Hz이하의 정보에 대해서 단일 서브 우퍼로 처리해주는 방식도 하나의 대안이 될 수 있겠지만, 대부분의 플래인지 스피커의 경우 그 주파수 반응 대역이 30-40Hz에 이르게 되므로 서브 우퍼가 받게 되는 신호는 약 35Hz이하의 정보에만 해당하는 사항일 것이다. 이러한 초 저주파수 성분은 귀를 통해 인식되기도 하지만 대부분은 몸에 전달되는 진동으로 느끼는 경우가 많다. 실제로 음악에서 이러한 초저주파수 성분을 경험하는 일은 락 콘서트 현장에서 베이스 기타와 키 드럼을 통해서가 대부분이다. 공연장과 같은 큰 SPL을 구현하기 힘든 청취 환경에서는 이러한 초 저주파수 정보는 서브 우퍼를 통한 오디오 형태가 아닌 '촉각(觸覺)(haptic) Transducer'를 통해 직접 전달하는 것이 더욱 효과적이다. 즉 귀로 인식 가능한 저주파수 정보와 함께 결합되어 진동으로 통해 전달되어지는 이와 같은 초저주파수 성분은 시각, 청각, 그리고 촉각이라는 다중형태의 인식 정보가 결합되어 하여 하나의 총괄적이고 전체적인 객체에 대한 사실적인 인식이 가능하게 한다. 물론 이러한 촉각 정보는 초저주파수 영역과 별개로 제작되어 현실감을 극대화 할 수도 있다. 그러나 현재 이러한 촉각 정보의 전송을 위한 별도의 채널이 정의되어있지 않은 현 시점에서는 이러한 초 저주파수 성분을 통해 재현된 '촉각(haptic)' 정보를 통해 현장감을 체험할 수 있다. 이것은 특히 음악방송의 현장감 재현에 큰 기여를 하는 것으로, 두 차례의 걸친 McGill University의 Realtime Communication of Highresolution Multi-sensory Content via Broadband Networks of the program, Valorisation Recherche Quebec(VRQ) 연구 결과를 통하여 밝혀진 바 있다. 아래의 그림 5는 위와 같은 멀티 모달 전송을 위해 사용된 16.5 스피커 어레이와 모션 플랫폼(Motion platform)이 설치된 McGill TV 스튜디오를 보여주고 있다. 위의 연구에서 음악대학내의 공연장에서의 연주 실황을 5.1채널 데이터로 믹싱하여 약 1km떨어진 TV 스튜디오로 기가넷 인터넷망을 통해 비디오 신호와 함께 고 해상도(DSD 데이터)로 전송하였다. 이 중 초 저주파수 성분을 추출하여 그림 5에서 3개의 소파가 놓여있는 모션 플랫폼을 구동하는 신호로 사용하였다. 위의 실험에 청취자로 참석한 대부분의 프로페셔널 오디오 전문가 그룹은 촉각으로 전달된 정보를 통해 가장 현장감에 가까운 음악 감상의 형태를 경험하였음을 공감하였다. 이에 이어 제 117차 AES 컨벤션에서는 북미대륙의 동부 끝인 몬트리올과 서부 끝인 샌프란시스코를 연결하는 인터넷 상에서의 멀

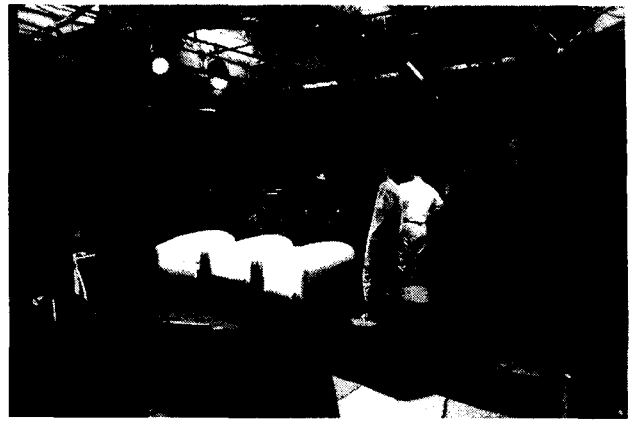


그림 5. McGill University TV Studio의 16.5 멀티채널 시스템과 Haptic Transducer

티채널 및 고 해상도 오디오 전송의 동일한 실험이 성공적으로 이루어졌다. 이러한 실험은 멀티채널 및 고 해상도, 그리고 촉각 정보를 포괄하는 멀티 모달 전송이 멀지 않은 미래로 다가오고 있다는 것을 보여주고 있다. 음악이 아닌 미디어의 경우에 있어서는 이미 DVD 시장에서 타임 코드를 이용하여 비디오 정보와 연동되게끔 해주는 촉각정보를 포함하고 또한 재생해줄 수 있는 모션 플랫폼이 시장에 출시되어 있다. 또한 X-BOX, PS2와 같은 게임 산업에서는 비록 단순한 흔들림에 불과하지만 위의 촉각의 개념에 상응하는 정보를 전달함으로써 현실감을 구현하는 연구를 지속적으로 해오고 있을 뿐 아니라, 그것을 상용화하여 그들의 게임 컨트롤러에 구현하였다. 방송이 제공하는 시청각적 품질이 증가할수록 이와 같은 멀티 모달 전송에의 요구가 증가하는 것은 당연한 현상이 될 것이다. 일부 DVD, 게임 및 영화 시장에서 실험적으로 도입되고 있는 '촉각'정보의 기록과 전송이 방송에서 영상 녹화와 음향 녹음에 이은 제 3의 제작과정으로 자리 잡게 되는 상상도 이제 가까운 현실로 이미 우리 앞에 자리하고 있다.

## 5. 결론

인간의 객체에 대한 인식은 시각적인 정보를 통해서 정확하게 이루어지나, 동시에 시각 정보는 정해진 인식 범위만을 가지는 단점을 지닌다. 즉 보이지 않는 곳에 있는 객체에 대해서는 인식할 수 없는 것이다. 그에 반해서 청각 정보는 인식하는 주체가 있는 공간의 정보와 인식 대상인 객체의 정보를 연속적으로 제공하고 있다. 그러므로 차세대 방송에 있어 올바른 현장감의 전달은 청각 정보를 바르게 구현하여, 그 구현된 신호를 또한 왜곡 없이 전달하는 것으로 극대화될 수 있다고 하여도 과언이 아닐 것이다. 이를 위해 방송 제작 단계에서 멀티채널 및 고 해상도 오디오, 그리고 저 주파수 대역의 촉각 정보 구현 및 통합이라는 도구들을 활용하여 객체의 정위, Envelopment, 명료도 등의 심리물리적인 속성들이 보다 바르게 구현되도록 하여 다음 세대의 실감 방송의 시청자에게 바른 현장감이 제공될 수 있도록 하여야 할 것이다.

## 6. 참고문헌

- [1] ITU-R BS.775-1, "Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture" Rec. International

3) R. Miller와 같은 패널은 40Hz를 자신의 기준으로 제시하였다.

- Telecommunications Union, Geneva, Switzerland (1992-1994)
- [2] Rumsey F., "Spatial Hearing", Focal Press, 2001, pp. 9
  - [3] Martin, G., "Interchannel Interference at the Listening Position in a Five-channel Loudspeaker Configuration", Presented at the 113<sup>th</sup> AES Convention, Preprint No. 5677. Los Angeles, October, 2002.
  - [4] Morimoto, M., "How can auditory spatial impression be generated and controlled?"
  - [5] Nordmark, J.O., "Binaural time discrimination", J. Acoust. Soc. Amer. 60, 1976, pp. 870-880
  - [6] Story, M., "A Suggested Explanation For (Some Of) The Audible Differences Between High Sample Rate And Conventional Sample Rate Audio Material", a white paper of dCS Inc., Sept. 1997
  - [7] Woszczyk, W., "Physical and perceptual considerations for high-resolution audio", Presented at the 115<sup>th</sup> AES Convention, Preprint No. 5931, New York, Oct, 2003
  - [8] Martens, W., "Identification and discrimination of listener envelopment percepts associated with multiple low-frequency signals in multichannel sound reproduction", Presented at the 117<sup>th</sup> AES Convention, San Francisco, Oct. 2004
  - [9] AES Staff Writer, "Bass Handling In Spatial Reproduction", J. AES. Sept 2004, pp. 962-966