음악공연을 위한 음향 모니터스피커 시스템 최적화

□ 고문안 / KBS

Ⅰ. 서 론

대형 음악공연의 음향제작을 위한 시스템구성은 콘솔, 스피커시스템, 마이크, 프로세서, 레코더 등으로 이루어지며 방송, 객석SR(Sound Reinforcement), 무대모니터 콘솔시스템 파트로 구성된다. 이렇게 다양하고 폭넓은 음향 제작시스템 중에서 가장 기본적이면서 제작의 기준이 되는 것은 음향 모니터스피커 시스템이다.

세계적인 스피커 시스템 개발자들이 제일 중요하게 생각하는 것은 평탄한 주파수 특성을 재생할 수 있는 시스템을 구현하는 것이다. 하지만 기존 스피커 유닛이 가지고 있는 특성과 여러 가지 물리적인 제약과 변수 등으로 주파수 응답 특성이 평탄하도록 제품을 개발하는 것은 많은 어려움이 존재한다. 고가의 하이엔드 제품일수록 해당 제품의 고유한 음색이 있는데 이는 기본적으로 주파수 특성을 최대한 평탄하게 유지한 후, 각 주파수 영역을 조정하여 해당 제품의 고유한 음색을 구현한다. 이처럼 스피커 주파수 특성은 스피커 시스템 구성의 필수적인 조건이다.

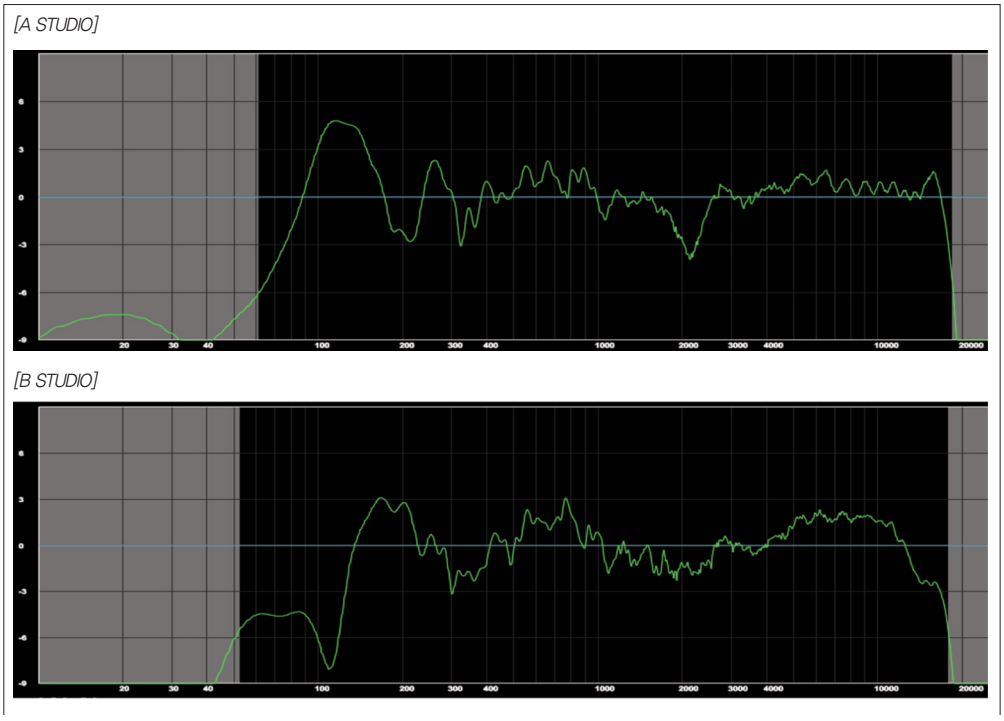
제작현장에서 이상적인 모니터스피커 환경 구축을 위해서는 리스닝 룸의 건축음향 특성 유지와 함께 스피커 시스템 최적화에 있다. 그러나 건축음향 특성 개선은 많은 비용과 시간이 필요하다. 그리고 용도에 맞게 수정하거나 보완하는 것은 현실적으로 쉬운일이 아니다. 따라서 현장에서는 기본 건축음향 특성이 유지된 공간에서 모니터스피커 시스템 튜닝을 통하여 최적화된 시스템을 구성한다. 이에 따라 본 원고에서는 방송현장에서 사용하고 있는 효율적인 모니터스피커 튜닝방안을 소개하고자 한다.

II. 스피커 시스템과 사용공간 튜닝의 현실

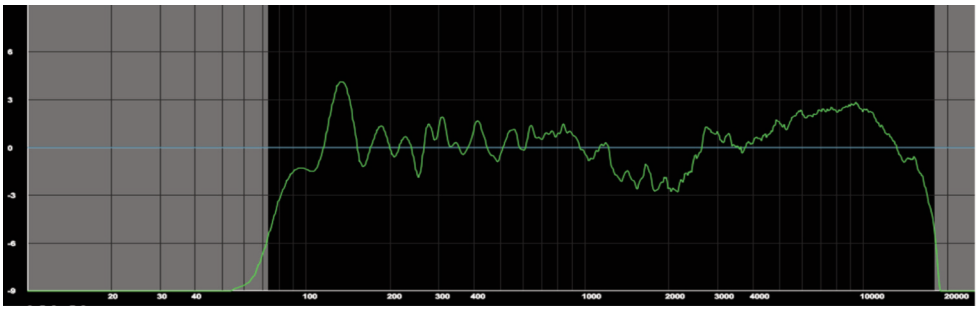
음향제작 공간에서는 모니터스피커 시스템을 설치한 후, 리스닝 포인트에서 좋은 소리와 함께 정확한 원음을 들을 수 있도록 시스템을 세팅한다. 이때 별도의 프로세서 장비를 사용하여 재생되고 있는 스피커시스템의 주요 응답특성을 조정할 수 있다. 물론 사용공간의 근본적인 건축음향 특성은 바꿀 수 없지만 사용환경의 특성을 고려하여 튜닝을 실행하여야만 한다. 이론적으로 평탄한 응답특성을 가진 스피커 시스템이 설치되었다면 더 이상 프로세서를 사용한 튜닝은 필요하지 않다. 하지만 스피커음이 재생되는 공간특성에 따라 위상과 레벨차가 발생하게 되고, 반사나 에코같은 물리적인 특성에 따라 스피커 고유 주파수 재생 특성은 변할 수밖에 없다.

1. 동일 스피커시스템을 다양한 사용공간에서 측정

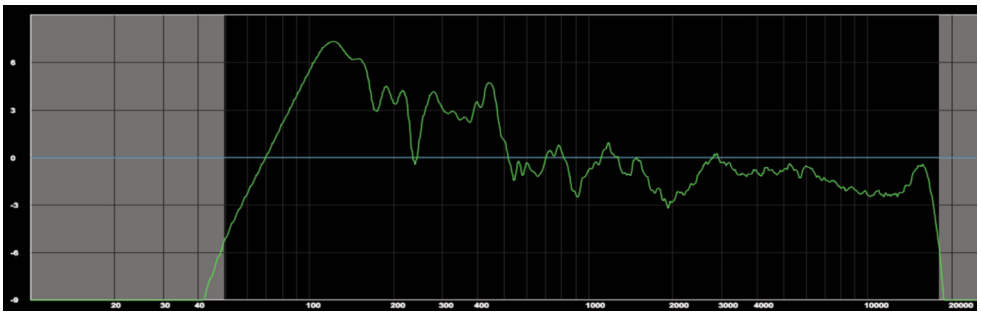
중고가의 모니터스피커 시스템을 구매하여 설치하면 완벽한 모니터 조건을 갖추었다고 생각할 수 있다. 그래서 스튜디오에서 모니터스피커로 가장 많이 사용하고 있는 D모델의 스피커를 동일한 조건으로 스튜디오 현장에서 측정한 결과 아래 〈그림 1〉과 같이 다양한 주파수 응답특성 결과가 측정되었다. 같은 스피커이지만 사용하는 스튜디오마다 20Hz~20KHz까지 다양한 주파수 응답특성을 보이고 있으며 저역대에서는 편차가 큰 결과가 측정되었다. 특히, ±3dB ~ ±6dB사이의 Peak와 Dip 현상은 다소 심각하였으며 고비용을 지출하여 스튜디오 건축음향과 인테리어를 실시한 스튜디오에서 조차 만족스런 주파수 특성결과를 얻을 수 없었다.



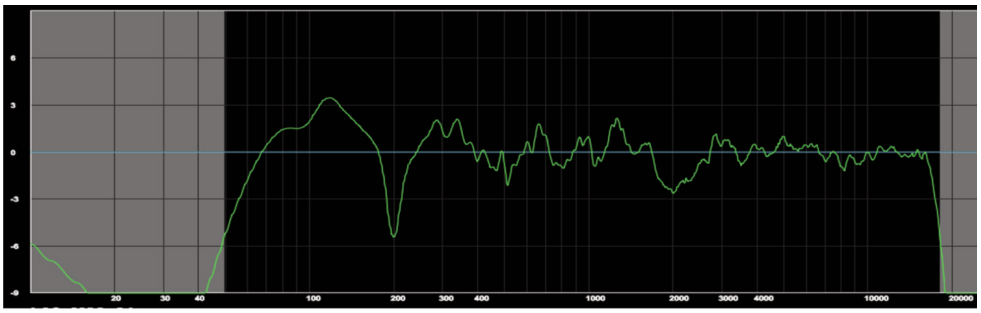
[C STUDIO]



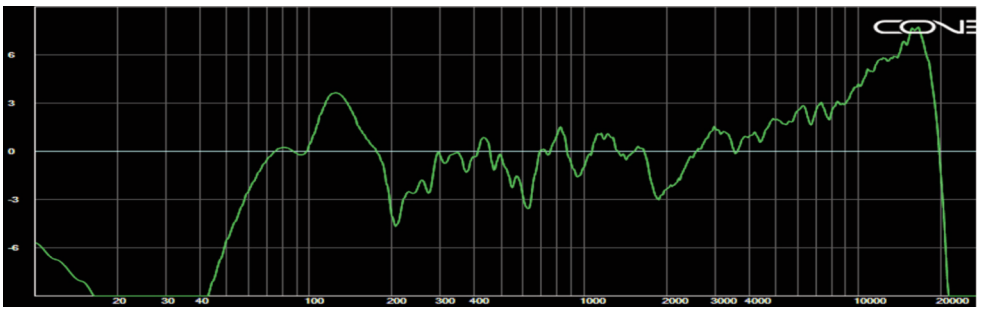
[D STUDIO]



[E STUDIO]



[F STUDIO]



〈그림 1〉 동일 모델스피커로 여러 스튜디오에서 주파수특성을 측정한 그래프

이처럼 같은 모델의 스피커도 사용환경에 따라 특성이 많이 다를 수 있다는 것을 알 수 있다. 더욱이 방송국 각 스튜디오에서 사용하는 모니터스피커의 종류는 다양하고 사용환경도 달라 서로 다른 음향 청취 환경에서 컨텐츠를 제작하도록 되어 있어 제작결과물의 차이가 발생할 수밖에 없는 상황이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 스튜디오의 건축음향 환경 개선(공진현상을 최소화, 초기반사음 제어, 디퓨저 설치로 반사음 확산 등)으로 건축음향 특성을 개선하는 것이 일부 바람직하나, 많은 비용이 발생하고 개선 결과에 대한 편차가 큼에 따라 효율적인 방법으로 스피커시스템을 튜닝할 수 있는 전기음향 보정 방법을 사용하고 있다.

2. 기존 모니터스피커 시스템 튜닝의 문제점

기존 모니터스피커 튜닝방법은 모니터 청취포인트에 무지향 측정마이크를 설치하고 측정프로그램을 활용하여 스피커 주파수 특성을 측정하고 그 특성이 평탄해지도록 프로세서를 사용하여 조정한다. 하지만 〈그림 1〉 중 [D STUDIO], [E STUDIO], [F STUDIO]의 주파수 특성을 가진 시스템은 기존 아날로그 1/3 옥타브 그래픽 이퀄라이져나 일반 디지털 프로세서로 완벽한 보정이 불가능하며 최소한 1000텝 이상의 디지털 이퀄라이져나 고가의 전용 프로세서가 필요하다. 대표적인 측정프로그램으로 많이 사용되고 있는 A사 프로그램은 주파수 보정을 위한 정확한 값을 제시하지 않아 결국 사람의 주관적인 기준에 따라 보정해야 하고 보정을 위한 하드웨어도 별도로 정해야하기 때문에 보정기능과 신뢰도가 낮은 상태이다. 또한 Hi, Middle, Low 밴드식의 보정 스위치로 필터를 적용하는 기존 방법는 보정의 한계가 있으며 노치필터 방식 보정을 시행할 경우 위상이 틀어지는 폭이 크며, 보정하기 위해 많은 시간이 소요됨 따라 효율성도 떨어진다.

3. 디지털 필터 기능의 향상

디지털 신호처리 기술 발달로 오디오 전용DSP(Digital Signal Processor)가 계발된 후, 지속적으로 발전하여 최근에는 고성능 오디오 전용 프로세서를 생산하여 오디오 산업 발전의 계기가 되고 있다.

디지털 필터는 넓은 의미에서 다음 두 가지로 구분된다. Infinite Impulse Response(IIR) and Finite Impulse Response(FIR) filter로 나뉜다.

FIR필터는 입력신호의 일정한(유한한) 값들만을 가지고 필터링을 수행한다. 따라서 필터의 특성함수인 임펄스 응답은 유한한 길이를 가진다. 필터의 수식 형태에서 보면 회귀(feedback)성분을 갖지 않아 동일한 특성을 구현할 때 차수가 IIR필터에 비하여 높아져서 구현비용(부품가격, 실행시간 등)이 많이 들지만, 위상변이(즉, 입력과 출력간의 파형 형태유지)가 중요한 경우에는 반드시 FIR필터를 사용해야 한다. 설계법으로는 윈도우에 의한 방법, 주파수 표본화 방법, 컴퓨터에 의한 최적 설계법 등이 있다.

IIR필터는 입력신호의 값과 출력신호의 값이 재귀적으로(feedback) 적용되어 필터링이 수행된다. 따라서 구현식의 형태로 반복이 되며 특성함수인 임펄스 응답은 무한한 길이를 갖는다. 동일한 특성을 갖는 FIR필터에 비해 차수가 적어져서 경제성이 있으나 위상특성의 측면에서는 비선형성을 가지므로(즉, 각 주파수 성분마다 위상의 차이가 비선형적) 입력 파형과 출력 파형이 유사한 파형을 갖지

않는다. 설계법으로는 bilinear transform에 의한 방법, 임펄스 응답 불변법 등이 있다. 이러한 방법은 공통적으로 차단 주파수 근방에서 진폭이나 주파수 축의 왜곡이 발생할 가능성이 있으므로 원하는 필터링 대역보다 표본화 주파수를 크게 잡는 것이 좋다.[1]

방송국이나 전문스튜디오의 모니터링 스피커들은 일정 주파수 범위 내에서(무향실 0degree 기준) ±1~2dB 편차 수준의 평탄한 주파수 응답특성을 가진다.

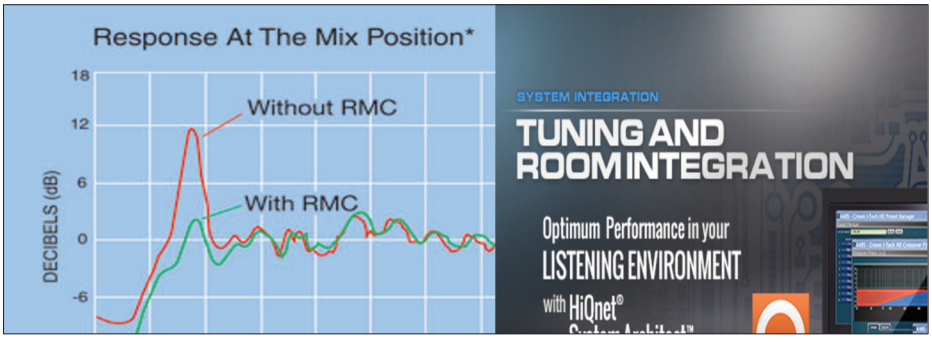
그러나 위와 같이 실제 사용 공간에서 주파수 특성을 측정할 경우 ±3dB 이상의 편차를 나타내고 특정음역은 ±12dB 편차까지 발생되기도 한다. 이런 현상은 사용 공간의 건축음향 특성의 영향이며 튜닝 전문프로세서를 사용하지 않으면 만족할 만한 처리가 불가능하다. 요즘은 위상 변이가 적고 세밀한 보정을 할 수 있는 디지털 하드웨어(FIR필터 제품)의 가격은 매우 고가이나 정밀한 모니터링 환경 구축을 위해 디지털프로세서로 스피커시스템을 튜닝하는 사례가 점차 늘어나고 있고, 각종 스피커 메이커와 관련회사에서는 스피커를 보정할 수 있는 디지털 솔루션를 별도제품으로 판매하고 있다.

Ⅲ. 스피커 디지털 튜닝 솔루션

〈그림 1〉과 같이 사용공간의 건축음향 환경에 따라 스피커 주파수특성이 다르게 나타나기 때문에 같은 스피커라도 사용하는 공간에 따라 특성이 다를 수가 있다. 또한 공간에 따라서는 이상적인 룸(공간)을 만들어 사용하는 데는 한계가 있다. 특히, 100Hz 미만의 저역에 대한 안정된 응답을 도출하는 데는 많은 비용이 소요될 수 있으며 일부는 한계가 있다. 과거부터 더 플랫한 스피커, 더 안정적인 룸을 구축하고자 하는 노력이 많았으나 물리적 공간의 제약과 건축음향공사 비용의 부담, 보다 나은 결과를 위한 추가 공사비용, 시간 등이 요구되어 근래에는 효율성을 고려하여 아래 소개하는 다양한 디지털솔루션을 사용하고 있다.

1. JBL사 RMC™(Room Mode Correction)

스피커를 사용하는 공간을 측정하여 추출된 응답특성을 기준으로 RMC프로그램을 이용하여 〈그림 2〉와 같이 보정할 수 있는 프로세서이다.[2]



〈그림 2〉

〈그림 3〉 GENELEC GLM™(Genelec Loudspeaker Manager) KIT [3]

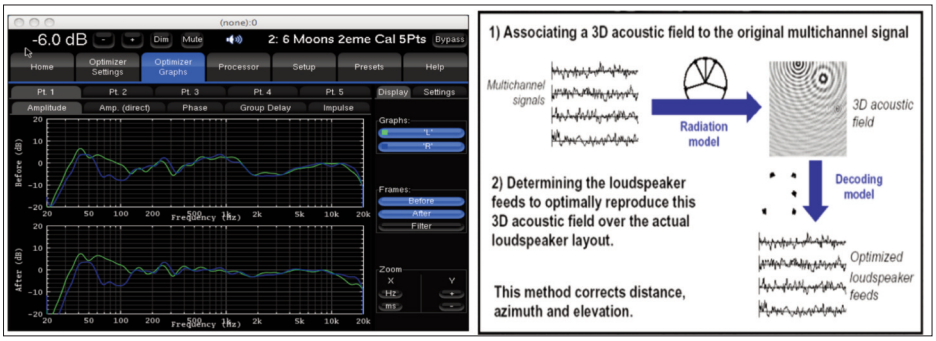
2. GENELEC GLM™(Genelec Loudspeaker Manager)

다양한 모니터스피커를 생산하고 있는 GENELEC사는 최종적인 룸 보정을 위해 스피커 본체에서 비교적 세밀하게 주파수 응답을 조절할 수 있는 필터를 내장하고 이를 이용하여 스피커를 보정하는 프로그램을 운영하고 있다. 최근에 선보인 SAM 시스템의 경우 DSP를 이용하여 스피커 보정솔루션으로 활용할 수 있다. 또한 다양한 제조사의 스피커메이커들도 스피커 보정 필터를 스피커본체에 내장하여 다양한 사용 환경에서 보다 쉽고 빠르게 스피커 특성을 개선하여 사용할 수 있도록 하고 있다.

3. TRINNOV Optimizer

보다 적극적인 스피커 보정을 위해 위상 응답부분 보정에 향상된 기능을 제공하는 솔루션으로 디지털 미터기능과 다양한 튜닝기능을 가지고 있다. 특히, 다채널 스피커 위치(거리, 높이, 방향) 배치부터 튜닝까지 할 수 있는 복합적인 기능을 가지고 있다.

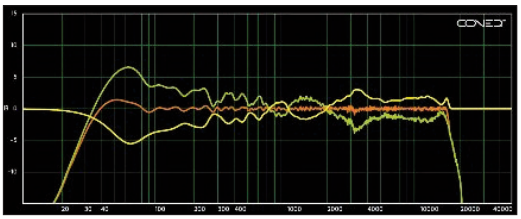
필자는 실제 5.1채널 믹스 시 이 프로세서를 사용하여 일반 사무공간에 5.1채널 스피커를 설치하고 튜닝하여 다채널을 제작한 경험이 있으며 제작 후, 표준화된 전문스튜디오에서 모니터 했을 경우 기본적인 조건을 넘어 만족스런 결과를 얻을 수 있었다.



〈그림 4〉 Trinnov Optimizer 시스템

4. CONEQ(CONvolution EQualizer)

CONEQ는 리얼사운드랩 사가 개발한 세계 최초의 음향 파워 이퀄라이제이션 기술이다. 스피커에서 나오는 소리의 음향 파워 주파수 특성을 스피커 전면 400점을 기준으로 측정하여 산출하고 그 결과에 따라 정밀한 보정(최대 65,536 밴드)을 실시하여 스피커 주파수 특성을 극한까지 평평하게 보정하고 동시에 타임 얼라이먼트도 정확하게 보정한다. 결국 스피커에서 재생되는 소리를 극도로 원음에 가깝도록 보정할 수 있는 솔루션이다.[5]



〈그림 5〉

음향 파워주파수응답을 측정하여 그래프로 나타내어 주고 정밀하게 보정할 수 있는 필터를 구체적인 그래프로 추출해 내어 실제 청취 환경에서 이상적인 주파수응답을 얻을 수 있도록 하는 프로그램으로 위상의 변이를 최소화하여 급격한 Peak와 Dip부분을 보정하여도 음질의 변화가 전혀 없는 장점이 있어 현재 KBS 주요 스튜디오에서 적용하고 있는 솔루션이다.

Ⅳ. 제작현장 적용사례

1. 디지털 튜닝으로 최적화

제작과정에서 모니터스피커의 재생소리가 기준음향이 되기 때문에 녹음이나 믹스, 최종마스터링에 있어서 모니터 스피커 셋팅은 중요하다. 모니터 스피커는 주파수특성이 균등하여 모든 대역의 가청주파수를 들을 수 있고 음의 정위(Localization)와 깊이(depth)를 쉽게 파악할 수 있어야 하며 음향프로세서(EQ, Compressor)사용에 따른 사운드 변화를 섬세하게 느낄 수 있어야 한다. 모니터 스피커에 대한 ITU-R의 권고사항은 아래 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉

진폭 주파수 특성	40Hz~16KHz 대역에서 편차가 4dB 이내
최대 출력 음압 레벨	108dB 이상
비선형 왜곡	250Hz 이하 3%(-30dB)미만 250Hz 이상 1%(-40dB)미만
스피커간의 주파수 특성 편차	250Hz~2KHz 대역에서 레벨 편차가 1dB이내

상기 권고사항에는 진폭주파수 특성편차가 4dB 이내이나 최근에는 더욱 정확한 모니터링 환경구축을 위해 2dB 이내 특성을 유지할 수 있도록 시스템을 구축한다.

이에 따라 제작스튜디오에서는 특정주파수에서 피크(Peak)나 딥(Dip)이 없는 주파수특성이 플랫한 모니터 스피커를 사용할 수 있도록 노력하고 있다. 하지만 대부분 제작공간에서 사용하고 있는 스피커들은 20Hz ~ 20KHz까지 이상적으로 플랫한 주파수 특성을 가지고 있지 않다.

일반적으로 제작스튜디오의 정확한 모니터환경 구축을 위해 믹스룸의 건축음향 특성개선에 많은 비용을 투자하고 있으나 각종 기기배치와 스피커 위치에 따른 변수와 벽면, 바닥, 천정의 반사나 흡음특성 변화에 따라 믹스룸의 건축음향특성은 유동적이고 특이상황에 따라 이상적인 건축음향특성을 유지하는 것은 불가능하다. 결론적으로 믹스룸의

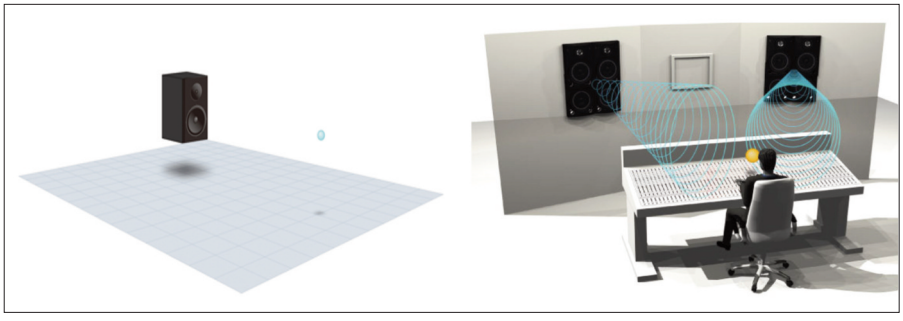
모니터스피커 음향특성은 스피커 배열(위치, 높이) 등의 요소를 기본으로 하고 실내공간의 건축음향 특성을 바탕으로 스피커 전기음향 특성을 최적화하는 방법이 가장 현실적이다.

KBS에서는 모니터스피커 튜닝을 위해 TRINNOV Optimizer, CONEQ 시스템을 도입하여 현장에서 활용하고 있다. 이 두가지 시스템 중 CONEQ 시스템을 사용한 측정, 튜닝방안을 소개한다.

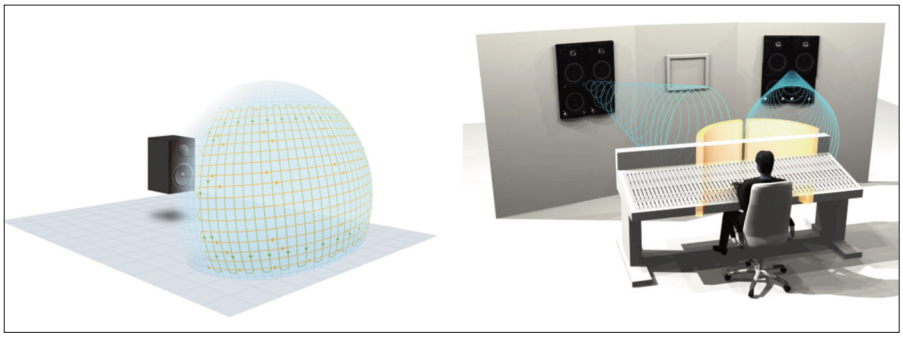
CONEQ 시스템과 기존시스템의 가장 큰 차이점은 기존의 음압 측정 및 보정방식이 엔지니어 모니터링의 위치인 한 지점의 음압에 의지하고 있는 "1점 음압측정"방식 〈그림 6〉인 반면, CONEQ 시스템은 음향 파워 측정방식으로 〈그림 7〉과 같이 엔지니어의 얼굴 부근을 감싸는 표면을 약 400점으로 하여 음향 측정을 실시하고, 그 면을 통과하는 음향 에너지의 주파수 특성을 종합적으로 보정할 수 있는 방식이다. 따라서 스피커의 거리, 위치, 측정 마이크를 몇 센티미터 움직인 것만으로 측정결과가 바뀌어 버리는 기존방식의 단점을 보완할 수 있는 시스템이다.

〈그림 6〉과 같이 1점 음압 측정은 측정 위치에 따라 결과가 크게 바뀌어 재현성과 신뢰성이 떨어지며 이퀄라이제이션의 보정이 참고는 될지 모르겠지만, 그 측정 결과만을 바탕으로 안정적으로 보정하는 것은 불가능하다. 결과적으로 작업자의 주관과 경험을 바탕으로 보정해야하는 단점이 있다. 한편 음향 파워 보정은 리스닝 포인트를 면으로 측정하고 그 면을 통과하는 음향 에너지를 종합적으로 분석한

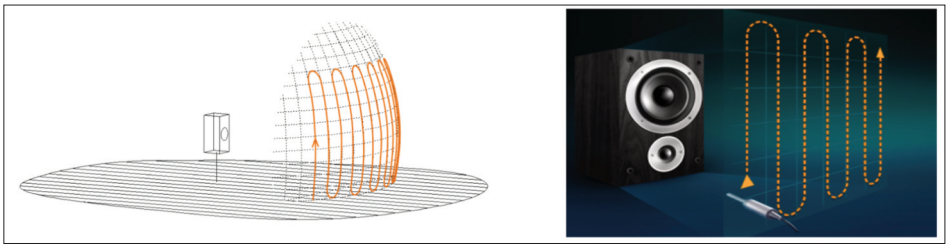
그림 5 잘림



〈그림 6〉 1점 음압 측정방식



〈그림 7〉 음향 파워 측정 방식



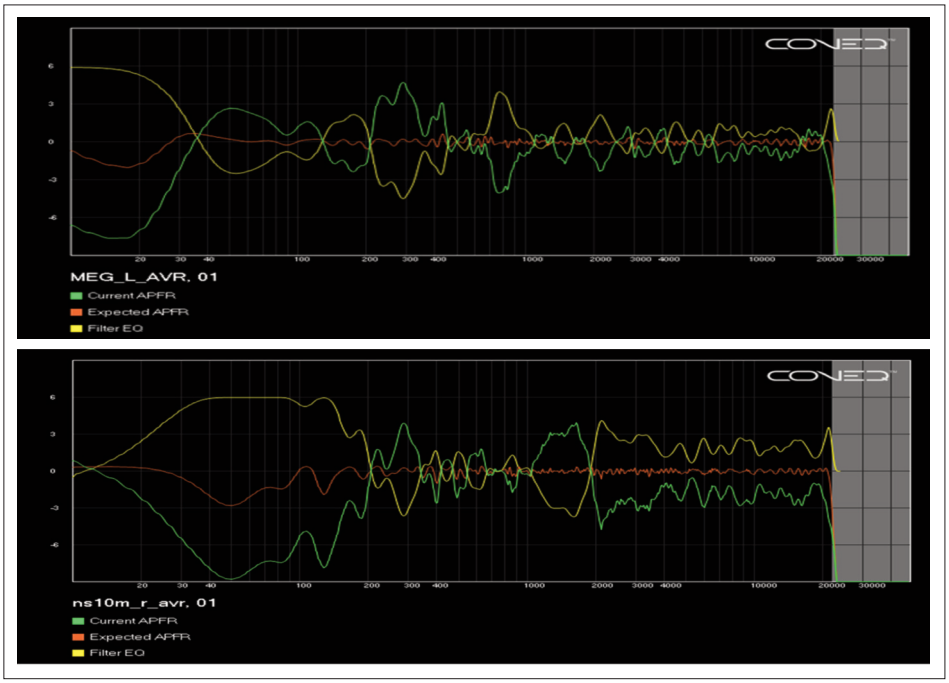
〈그림 8〉 음향 파워 주파수 응답 측정 [5]

후, 4096 밴드로 분리하여 초정밀 보정을 실시한다.

2. 모니터 스피커 측정과 튜닝

방송국의 각 스튜디오는 제작 목적에 따라 서로 다른 공간과 시스템 그리고 다양한 종류의 스피커를 사용하고 있어 서로 다른 모니터 환경이 형성되어 있다.

실제 서로 다른 룸의 체적에 따라 100~200Hz 대역에서는 주로 부밍 현상이 발생되고, 베이스 트랩 사용에 따라 저역 주파수 응답 변화와 함께 디퓨저 사용에 따른 3~6KHz 대역의 주파수 응답특성 변화가 발생한 경우가 많다. 따라서 기존 건축음향 환경에서 CONEQ시스템을 활용하여 모니터시스템의 주파특성을 최대한 평탄하게 유지할 수 있도록 하였다. 〈그림 8〉과 같이 음향 파워 주파수 응답 측



〈그림 9〉 모니터스피커 측정 및 보정 튜닝 실측 그래프

정을 위해 각 스피커를 기준으로 약 3분 안에 400점까지 측정하고 연산하여 공간에 맞는 정확한 음향 파워 주파수 응답값을 추출한다.

이 모든 과정은 CONEQ WORKSHOP 소프트웨어에서 이루어지고, 측정이 완료되면 CONEQ WORKSHOP는 측정 데이터로부터 연산을 수행하여 오디오 시스템의 음향 파워 주파수 특성을 나타내는 그래프를 CONEQ Workshop 화면에 표시한다.(〈그림 9〉)

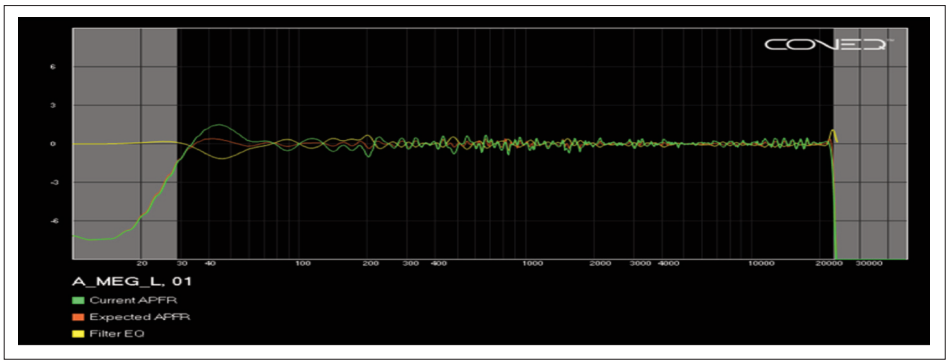
동시에 그 오디오 시스템의 임펄스 응답 보정과 음향 파워 특성을 평탄하게 보정하는 커브를 생성하여 음향엔지니어는 CONEQ Workshop 화면에 표시되는 다양한 데이터를 참조하고 각 매개 변수를 조작하여 보다 적절한 커브를 선택하여 조정한다. 보정후, 레퍼런스 음악을 모니터하고 미세한 세부조정을 통해 전체적인 음색을 조정할 수 있다.

〈그림 9〉와 같이 CONEQ시스템은 20Hz ~ 20KHz영역을 4096탭으로 분리하여 정밀하게 보정할 수 있으며 위상과 타임 얼라이먼트까지 동시에 보정하여 가청주파수 대역을 ±1dB이하까지 평탄하게 튜닝할 수 있다. 그리고 EQ조정범위를 1Hz/0.1dB단위로 설정 가능하여 더욱 정밀한 측정이 가능하여 사용하고 있는 마이크 주파수 특성까지 측정이 가능하다. 모든 튜닝이 끝나고 보정상태에서 재측정을 하면 〈그림 10〉과 같은 주파수 평탄 특성 그래프를 측정할 수 있다.

CONEQ시스템은 스튜디오 모니터스피커 튜닝뿐만 아니라 공연장 SR(Sound Reinforcement)스피커 시스템 튜닝까지 다양한 음향시스템 환경에 적용하는 것이 가능하다. 보정(튜닝)된 모니터시스템을 직접 사용하면서 느낀점은 소리의 정위감과 공간감 구현이 더 명확해지고 다양한 장르 오케스트라(심포니, 윈드, 국악관현악) 각 파트 악기의 원음을 더욱 리얼하게 모니터할 수 있었다. 특히 스튜디오 이동에 따른 실내 공간변화와 스피커의 단점을 신경 쓰지 않고 작업할 수 있게 되었다.

V. 결 론

모니터스피커 시스템에 대해서는 설치방법과 운용법 등 광범위한 범위에서 많은 사항을 이야기를 할 수가 있지만 본 원고에서는 모니터스피커의 주파수 특성을 이상적으로 평탄하게 튜닝하여 음향엔



〈그림 10〉 보정 튜닝후 재측정 그래프

지니어가 최대한 원음을 모니터하면서 녹음과 믹스를 할 수 있도록 하는 현장기술을 소개하였다. 디지털 기술 발전으로 과거보다 스피커튜닝 기능은 강화되고 시스템도 간편해졌다. 물론 이런 종류기술이 만능은 아니지만 점차 필수적인 요소로 여겨지고 있다.

모니터시스템 최적화를 위한 가장 이상적인 방법은 사용공간의 건축음향특성을 개선하고 보강차원에서 상기 튜닝프로그램을 사용하는 것이라고 생각된다. 실제로 최근 메이저급 녹음실이나 제작스튜디오는 이런 병행솔루션을 적용하고 있다. 한편 건축음향에 많은 비용을 집행할 수 없는 상황이나 제작환경이 열악할 경우(중계차, 야외제작 등), 이런 종류의 튜닝솔루션은 가장 효율적인 방안일 것이다. 실제 제작현장에서는 스튜디오가 바뀜에 따라 모니터환경의 변화가 생기고 그 결과 사운드 믹싱 결과가 각 스튜디오의 모니터특성에 좌우되는 일이 많아 상기 솔루션 적용이 필수적이다. 이제는 고품질의 균일한 음향 제작을 위하여 다양한 디지털 튜닝솔루션을 적극적으로 활용해 보길 권고하고 싶다.

참 고 문 헌

□ 참고자료

[1] 김창근 저, MATLAB 사용법과 그 응용, 교우사

□ 참고사이트

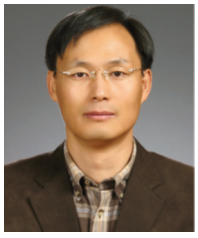
[2] JBL PRO 웹사이트

[3] http://www.genelec.com/

[4] http://www.trinnov.com/

[5] http://www.realsoundlab.com/

필 자 소 개



고 문 안

– 1995년 2월 : 광운대학교 제어계측공학과 학사

– 2000년 2월 : 경희대학교 아트퓨전디자인 대학원 실용음악과 석사

– 1994년 12월 ~ 현재 : 한국방송공사 TV기술국 음향감독, KBS홀 음향감독

– 주관심분야 : 디지털 오디오, 오케스트라 녹음 및 믹스, 사운드마스터링