

잔향이 많은 공간에서 지향 제어에 의한 음향 성능의 향상

강성훈, 이재원, 성만순, 김종식 / 대전보건대학 음향기술연구소

Sound quality improvement by directivity control in a live room

Seong-Hoon Kang, Jae-Won Lee, Man-Soon Seong, Jong-Sik Kim / Sound Technology Institute in Daejeon Health Science College

1. 서론

실내의 음향 특성은 실내의 건축 구조에 의하여 결정된다. 그리고 음향 시스템의 설계 시에는 실내의 음향 특성을 고려하여 설계하여야 한다. 그러나 대부분의 음향 시스템은 실내 음향 특성을 고려하지 않은 상태에서 설계되고 있으므로, 전기음향 시스템의 시설공사가 완료된 후에는 만족스러운 소리를 얻지 못하고 실패하는 경우가 많이 있다.

본 고에서는 잔향이 많은 공간에 설치된 기존의 음향 시스템의 문제점을 검토하고, 스피커 시스템의 지향을 제어하여 음향 시스템의 성능을 향상시키는 방안에 대하여 기술한다.

2. 기존의 음향 시스템 성능의 검토

본 고의 대상이 되는 공간은 10,000여명을 수용하는 3층 규모의 대예배당으로 3층과 4층에는 발코니가 있다. 기존의 음향 시스템은 신도석에서 목회자의 설교를 명료하게 청취하기 어려울 뿐만 아니라, 목회자도 강대상에서의 음향 장애로 인하여 설교에 많은 에너지를 겪고 있다. 또한, 음향 시스템의 음질이 좋지 않아서 음악을 재생하는데도 많은 문제점을 가지고 있다. 그 원인은 건축 환경에서 음향이 고려되지 않아 잔향이 아주 많고, 전기음향 시스템의 설계와 시공이 적절하지 못하며, 시스템의 조정이 정확하게 되어 있지 않은 상태이다. 기존의 메인 스피커 배치 상태를 그림1에 나타낸다.

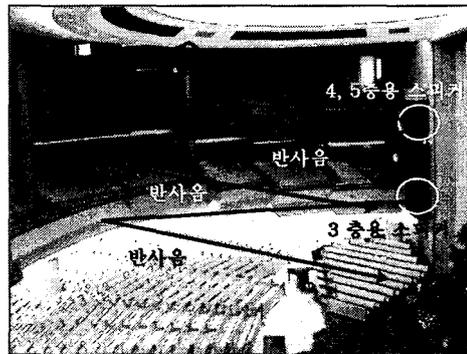


그림 1. 기존의 메인 스피커의 잘못된 배치 상태
기존의 건축 음향 특성과 전기음향 시스템의 성능을 검토하기 위하여 음향 시스템의 성능을 측정하였다.

2.1 실내 음향 특성 검토

실내 음향의 특성을 측정하기 위하여 3층 강대상 하단에서 피스톨을 발사하고, 3층, 4층, 5층의 신도석 중앙에서 무지향성 마이크를 이용하여 DAT에 녹음하고, 분석하였다. 실내의 임펄스 응답과 잔향시간 주파수 특성을 그림2에 나타내고, 각 측정 지점에서의 잔향시간을 그림3에 나타낸다.

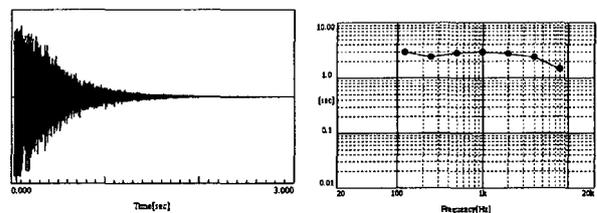


그림 2. 임펄스 응답과 잔향시간 주파수 특성

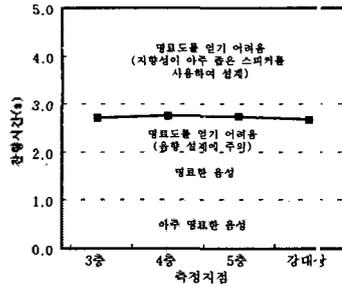


그림 3. 각 지점의 잔향시간

측정을 통하여 실내 음향 특성을 검토한 결과, 잔향 시간은 2.7초 정도로 잔향이 매우 많고, 명료도를 확보하기 어렵다.

2.2 음향 시스템의 성능 검토

음향 시스템의 성능 측정 및 분석은 MLSSA 시스템을 이용하였다. 본 공간의 실내 형태 및 음향 시스템의 배치와 좌우 대칭이므로, 각 층의 한 측에서만 측정하였다.

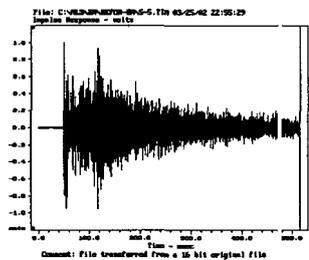


그림 4. 5층에서의 임펄스 응답

그림 4는 5층에서의 임펄스 응답으로 스피커의 설치 위치가 적절하지 않아서 반사음이 많이 여기 되어 있는 것을 볼 수 있다. 측정을 통하여 얻어진 전기음향 성능을 표 1에 나타낸다.

표 1 기존 음향 시스템의 성능

잔향시간	평균 RASTI	평균 $D_{50}(\%)$
2.5초	0.50	30~50%

3. 음향 시스템의 성능 개선

실내의 음향 특성 및 음향 시스템의 성능을 검토한 결과, 실내의 잔향이 많고, 명료도를 확보하기 어렵다. 따라서 음향 성능을 개선하기 위한 방안으로는,

- ① 건축 마감재를 재설계, 재시공하는 방안
- ② 전기음향 시스템을 재설계, 재시공하는 방안
- ③ ①, ②를 모두 재설계, 재시공하는 방안

③안이 최상의 음질을 확보할 수 있는 방안이기는 하지만, 막대한 비용 및 시간이 소요된다. 또 만석 시에

는 잔향 시간이 약 1초 정도 줄어들 것으로 예측되므로, ②안과 같이 기존의 장비를 그대로 사용하고 스피커의 지향성을 제어함으로써 음향 시스템의 성능을 개선할 수 있다. 표 2는 기존 음향 시스템의 성능과 지향성 제어를 통한 음향 시스템의 개선안의 목표치를 나타낸다.

표 2 음향 시스템 개선안 목표치

음향 파라미터	현재 음향 성능	개선안 목표치
최대 음압 레벨	75dB	90dB
명료도 척도(RASTI)	0.4~0.50	공석시 : 0.55 이상 만석시 : 0.60 이상
음압 레벨 편차	± 3 dB	± 3 dB
주파수 특성	100~5000Hz (± 3 dB)	80~12,000Hz (± 3 dB)
음질	나쁨	우수

3.1 스피커 배치 방식

본 공간은 실내의 형태가 발코니가 있는 3층 구조로 되어 있으므로, 메인 스피커의 설치 위치를 고려하면, 집중 방식과 분산 방식을 혼합한 혼합 방식이 적절하다. 기존의 스피커 배치 방식도 혼합 방식으로 배치되어 있지만, 스피커의 설치 위치 및 지향이 적절하지 못하여 실내의 반사음이 많다. 또한 신도석 후벽이 원형으로 마감되어 있어 강대상 쪽에 음향 초점이 발생하고 있다. 따라서 스피커의 설치 방법을 재조정하여 이에 적절한 음향 시스템으로 음향장비를 재구성하였으며, 최소한의 장비를 추가한다.

3.2 메인 스피커

기존의 메인 스피커인 KF850을 사용하였다. KF850은 EAW의 VA(VIRTUAL ARRAY) 기술이 적용되는 스피커로서, 수평축으로 여러 개의 스피커를 배열하면 마치 한 개의 스피커에서 출력하듯 전 주파수 대역에서 간섭 없이 출력할 수 있다. 따라서 KF850의 기술적인 활용도를 높이기 위해 세 개를 하나의 클러스터로 구성하였다. 메인 스피커로서의 기능을 고려하여, 충분한 다이내믹 레인지를 확보할 수 있도록 앰프를 보강하였으며, 댐핑을 고려하여 주요 장비를 스피커와 가까운 위치에 설치하였다. KF850 3개를 1조로 강대상 좌, 우에 메인 스피커로 설치하여 본 공간의 전체의 음원 기준으로 하였다.

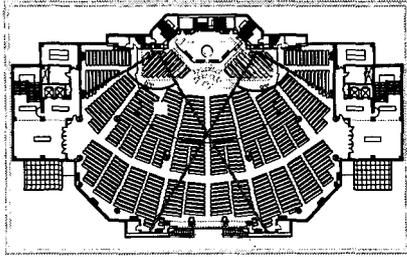


그림 5. 메인 스피커 KF850 수평 커버리지

3.3 프론트 스피커

기존에 설치된 강대상 앞 신도석용 프론트 스피커 4개를 철거하고, 기존 프론트 스피커인 KF850를 좌우 각 한 개씩 사용하였다. 프론트 스피커의 출력이 4층과 5층에 영향을 주지 않으며, 불필요한 반사음 억제를 위해 25도 기울여 성도석을 지향하도록 하였다. 그림 6은 메인 스피커와 프론트 스피커의 설치 모습과 커버리지를 나타낸다.

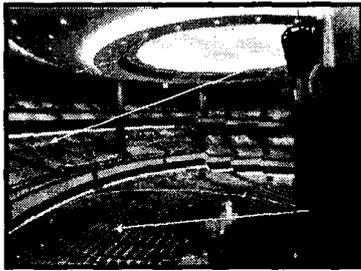


그림 6. 메인 스피커와 프론트 스피커의 커버리지

3.4 3층과 4층 발코니 스피커

기존의 3층 발코니 아래에 설치된 스피커로는 발코니 아래 지역을 커버하는 있어서 음압 레벨의 편차가 심하고, 불필요한 반사음이 발생된다. 따라서 잔향이 많아지고, 다른 신도석의 명료도를 저하시킨다. 따라서 발코니 아래에 생기는 잔향을 최소화하기 위하여 그림7과 같이 실링 스피커로 대체하였다. 실링 스피커는 발코니의 깊이에 따라서 2열 또는 3열로 설치하여, 발코니 아래 모든 성도석에 균등한 음압 레벨이 형성하도록 하였다.

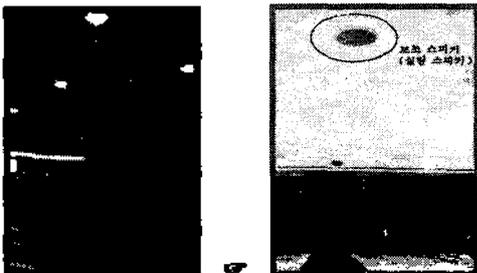


그림7. 기존 서브 스피커의 실링 스피커로의 대체

3.5 5층 서브 스피커

기존의 5층 서브 스피커는 기둥에 설치되어 음압 레벨이 고르게 분포되지 않으며, 명료도도 좋지 않다. 또한 스피커의 지향 방향이 좋지 않아 서브 스피커의 출력이 강대상 및 3층 신도석 앞쪽으로 입사되어 반사음으로서 작용하여 문제가 되었다. 메인 스피커의 직접음이 미치지 않는 일부 지역을 그림9와 같이 서브 스피커(JF80)를 천장에 1열로 설치하여 커버하였으며, 5층 서브 스피커의 출력이 3층이나 4층으로 피드백 되는 영향이 최소가 되도록 각도를 조정하였다. 그리고, 5층의 신도석은 건축적으로 다른 5개의 지역으로 구분되므로 이를 고려하여 스피커의 지향성과 출력레벨을 조정할 수 있도록 앰프와 스피커의 회로를 각 지역별로 분리하였다.

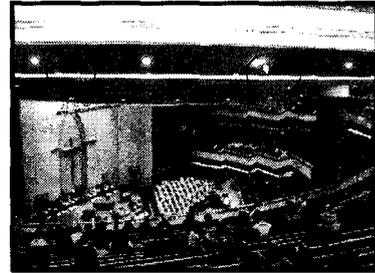


그림8. 5층 서브 스피커

4. 음향 조정

4.1 메인 스피커

메인 스피커의 컨트롤러는 EV사의 Dx38을 사용하였다. 메인 스피커를 형성하는 세 개의 스피커 중에서 중앙에 위치한 스피커의 중심의 위상을 역 위상으로 변경하는 것이 청감적으로 좋으므로, 스피커의 결선을 변경시켰다. 그림9은 메인 스피커의 크로스오버 주파수 특성이다.

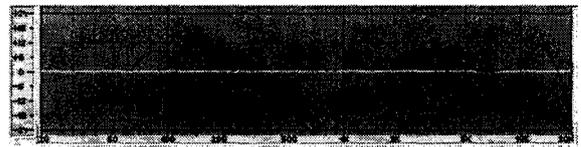


그림9. 메인 스피커의 크로스오버 주파수 특성

출력은 메인 믹서의 출력 페이더를 -10dB로 설정하고 출력이 90dB(A)가 되도록 앰프의 이득을 조정하였으며, 음악 위주로 출력이 되도록 Dx38의 파라미터 이퀄라이저를 조정하였다. 컨트롤러의 입출력 레벨은 50% 상태로 조

정되어 있으며, 앰프의 출력은 최소 10dB의 다이내믹 레인지를 확보하였다. 또한 스피커와 스피커 프레임 간에 조립 불량으로 발생하는 프레임의 공진성을 스위프(sweep) 신호를 사용하여 청감적으로 검토하였다. 메인 스피커의 프레임에 장치된 방진 고무 때문에 프레임 공진은 발생하지 않았다.

4.2 프론트 스피커의 조정

프론트 스피커의 크로스오버 콘트롤러는 기존의 장비 MX800i(EAW)을 사용하였다. MX800i는 KF시리즈 스피커 전용 콘트롤러로서 별도의 조정을 필요로 하지 않는다. 그러나 이 장비로는 미세한 조정을 할 수 없으므로 그래픽 이퀄라이저를 추가로 사용하여 주파수 전송 특성을 조정하였다.

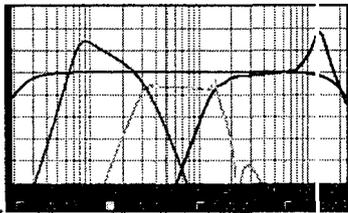


그림10 KF850용 MX8750 크로스오버 주파수 특성

프론트 스피커는 메인 스피커와 동일한 조건의 출력 레벨과 다이내믹 레인지를 가질 수 있도록 오디오 믹서의 게인과 앰프의 출력 레벨을 조정하였다.

4.3 발코니 아래의 보조 스피커

발코니 아래의 보조 스피커는 크게 2개의 최대로 구분되어 조정된다. 강대상을 기준으로 앞쪽 열의 보조 스피커는 메인 스피커와 동일한 출력 레벨인 90dB(A)로 조정하고, 뒤쪽 스피커는 건축 형태의 특성으로 출력 레벨이 높으면 공명현상이 일어나 음향적으로 좋지 않은 영향을 주므로 87dB(A)로 조정하였다. 앰프의 최대 출력 용량은 총 보조 스피커 부하에 200% 정도인 기기를 사용하고 있으므로 다이내믹 레인지는 충분하다.

보조 스피커는 음성이 명료하게 재생되도록 조정하고, 건축 공간의 특성을 고려하여 120Hz 이하의 저음 부분을 감쇠시켜 불필요한 잔향음을 억제하였다. 또한, 음상을 강대상으로 정위시키기 위하여 출력을 80ms 지연시켰다. 그리고, 각 층별로 시간 지연을 설정하면 강대상 부근에서는 보조 스피커의 출력이 입사되어 에코나 반사음으로

서 지각되므로, 이를 방지하기 위하여 각 층의 모든 보조 스피커에 동일한 시간을 설정하여 강대상과 강대상 앞 성도석에서 청취되는 에코를 최소화 하였다.

5. 음향 시스템의 성능 개선 결과의 고찰

개선된 음향 환경은 측정에 의한 객관적 평가와 청감에 의한 주관 평가를 실시하였다.

그림11은 측정을 통하여 얻어진 동일지점의 임펄스 응답을 나타내고, 표3은 잔향시간, RASTI, D50값을 나타낸다. 나타낸다.

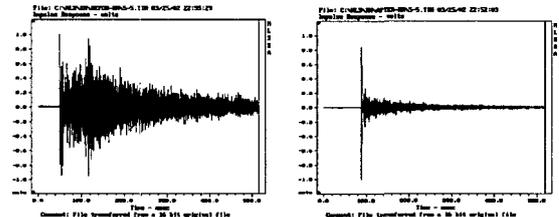


그림12. 5층 동일 지점의 임펄스 응답 전(좌)후(우) 비교

표3 음향시스템 개선후의 음향 파라미터

기준	잔향시간(s)	RASTI	D50(%)	음압레벨편차	
	1.7초이내	0.55이상	60%	±3dB 이내	
측정	3층	1.9	0.53	67	±3dB
	4층	1.9	0.63	76	±2.5dB
	5층	2.0	0.55	65	±1.5dB
	전체	1.9	0.57	69	±2dB
평가	공식시	적합	적합	적합	
	(만석시1.5초)	(우수)	(우수)	(우수)	

현장에서의 주관 평가 결과, 공식시에도 명료한 음성을 들을 수 있지만, 만석시에는 아주 깨끗하고 명료한 음성을 들을 수가 있으며, 음악의 다이내믹 레인지도 넓고 풍부하게 재생되었다.

참고문헌

- [1] じおか しげお, PA音響システム, 1996.10
- [2] 강성훈, "방송음향 총론", 기전연구소, 2000.01
- [3] 강성훈, "알기쉬운교회음향", 케이사운드랩㈜, 2001.05
- [4] 강성훈, "PA음향II", 케이사운드랩㈜, 2001.09
- [5] 강성훈, "건축과 소리", 케이사운드랩㈜, 2001.11.
- [6] なかたみのる, 建築の音響設計, 1995.09