



서울월드컵경기장 전기음향설비 현황

Seoul World Cup Main Stadium Sound System Performance



글 / 金森中
(Kim, Sam Joong)
삼성SDS 공공Unit II 영업사업팀 과장.
E-mail:samjoong@samsung.co.kr

The purpose of this report is to describe the design of the sound system for the new World Cup Main Stadium, along with relevant design criteria and document its expected acoustical performance.

추진목표

축구경기와 각종 이벤트행사 등에 다목적
으로 사용할 수 있도록 건축음향과 전기음향
이 조화를 이루는 세계 수준의 음향설비 설치

1. 전기음향 시설기준

□ FIFA 시설기준

○ 스피커 위치는

- 건축물의 형태와 비, 바람, 온·습도 등 자연 조건을 고려하고, 그라운드와 관중석의 음압 분포를 균등하게 배치
- 스피커 위치에 의한 적절한 출력레벨을 고려하여, 전송방식과 케이블을 선택한다.

○ 가청도(可聽度 Audibility)

- 소음의 최대치 보다 6dB 정도 더 크게 Sound System을 계획하고, 지향성이 큰 스피커를 사용하여 관람석의 소리가 그라운드에 전달되지 않도록 한다.

○ 명료도(明瞭度 Legibility)

- 소리를 크게 하는 것만으로는 정확한 내용 전달이 어려우므로 정확한 측정과 계산이 필요하며, Time Delay Unit를 사용하여 스피커 간의 소리전달에서 발생하는 시차를 맞추어 음파의 간섭이 생기지 않도록 한다.

○ 경기장내 음향 설계시 CAD Simulation 검토 후 이를 반영

□ 입찰안내서

○ 주파수 특성

- 125Hz~4KHz의 대역에서 음압 편차가 ±10dB이내 일 것.

○ 음압 분포는 극단적인 장소를 제외하고 ±10dB 이내로 하고, 최대 음압 레벨은 90dB 이상을 확보할 것.

○ 시스템의 컨셉은 디지털 컴퓨터 제어방식으로 각종 이벤트에 따라 운용조작이 간편하고, 스피커 송출상황이 Real-Time으로 감시가 가



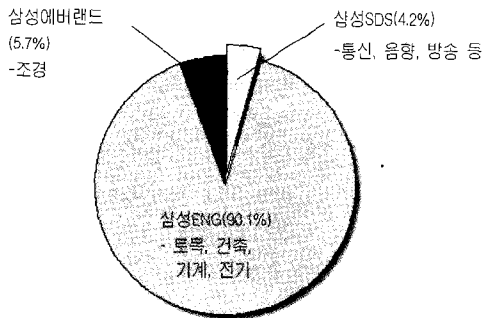
- 능하여야 한다.
- 경기장내 음향을 왜곡 없이 전달하기 위하여 평 · 단면 음압분포도 작성을 위한 음향시뮬레이션 실시하여야 한다.

2. 전기음향 추진경위

- 1998. 10. 15 : 공사계약 체결
- 서울월드컵경기장건설공사를 턴키방식으로 삼성ENG, 삼성SDS, 삼성에버랜드 등 10개 업체와 계약 체결
- 2000. 8. 22 : 스피커 현장반입 완료
- 수량 : 총 328개
(EAW : 84개, COMMUNITY : 24개, JBL : 212개, 모니터용 8개)
- 2001. 4. 20 : 앰프 현장반입
- 수량 : 총 73대(CROWN)

3. 전기음향설비 추진 현황

□ 전기음향 계약 내용



4. 음향설비 실시설계 수행

□ 실시설계 실시

- 실시설계를 위한 준비단계
 - 삼성SDS와 계약을 체결 전기음향설비에 대한 실시설계를 수행하기 위하여 서울월드컵경기장 설계도서(CD로 제작된 건축도면, 통신분야 설계설명서, 입찰안내서 등)를 제출 받아 건축 구조, 용적, 재질, 설계조건 등 제반 여건을 확인하고 철골 설계사인 가이거사(미국) 등과 협의를 거쳐 컴퓨터 시뮬레이션을 실시한 후 실시설계 추진

□ 전기음향 시뮬레이션 실시

- 서울월드컵경기장 음향환경을 과학적으로 검증하기 위하여 음향설계 컨설팅 전문사인 WJHW사와 합동으로 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였음.

□ 서울월드컵경기장 음향시스템 설계 고찰

○ 음향환경 분석

- 경기장 형상이 음향학적으로 이상적인 조건과 부적합한 조건이 동시에 존재하고 있으며,
- 경기장은 수용인원, 지붕구조, 출입구 및 외관상 우위성 등의 문제와 함께 최적의 음향 시스템 수행 능력에 맞도록 설계되지 않았음.
- (경기장 구조상)흡음재를 설치하기가 어렵고 비용이 많이 소요됨.
- 라우드 스피커가 관중석과 가까울수록 음질이 더 좋아지나 대부분의 개방형 경기장은 음향 시스템을 설치하기가 부적합하여 단일위치에서 경기장 전체의 음향을 제공하게 됨.
- 지붕의 거대한 표면은 지붕 없이 열린 공간에 비하여 음향을 반사시키는 역할을 하며, 이러한 음향반사는 음질과 음색 및 명료도를 저하시킴. 이러한 이유에서 지붕의 건축학적 설계는 흡음 재질이 포함되도록 할 것을 권장한다. 지향성 라우드 스피커의 사용과 지붕을 향한



반사음을 최소화하는 것이 중요하다.

3. 시설설계 주요내용

□ 설계조건

- 관중석 최대 음압레벨 : 100~105dB 확보
 - 서울시 기준 : 90dB 이상 ⇒ 만족
- 라우드니스의 균일성(음압분포)
 - : 500Hz~4,000Hz까지의 주파수에서 ±4dB 이내
 - 서울시 기준 : ±10dB 이내 ⇒ 만족
- 명료도 : 0.52~0.60 확보
 - 서울시 기준 : 0.5 이상 ⇒ 만족
- 주파수 응답성(특성) : 60Hz~10,000Hz에서 ±5dB
 - 서울시 기준 : 125Hz~4,000Hz ±10dB 이내 ⇒ 만족
- ※ 설계 내용을 컴퓨터 시뮬레이션 한 결과 서울시 기준을 100% 만족하는 것으로 판명됨.

□ 주요장비 선정

- 스피커 설비
 - 스피커 설치위치 검토
 - 스피커를 관중과 가장 가까이 설치하여 직접음을 강하게 전달하는 것이 최적의 방안이나 건축물 구조상 스피커를 경기장 지붕 트라스에 설치할 수밖에 없는 위치적 여건과 제한된 환경을 감안하여, 설계조건을 충족하고 최근 세계적으로 널리 사용되고 있는 최적의 배치방안인 분산방식을 채택하여 링(Ring) 트라스와 에지(Edge)트라스에 스피커를 설치하는 것으로 설계
 - 경기장 전지역을 객석, 그라운드 및 발코니 지역(4층 회원실 하부)으로 구분하고 관중석과 스피커의 거리를 최소화하기 위하여 동·서측 관중석은 링 트라스와 에지 트라스에 남·북측

관중석은 링 트라스에 스피커를 설치하였음.

- 그라운드는 에지 트라스에서 전담토록 하고, 회원실 발코니 하부는 천장 매입방식으로 스피커를 설치하여 경기장 전지역이 균일한 음향분포가 되도록 배치하였음.
- 또한 스피커를 그룹(Cluster)방식으로 조합하여(객석용:2~3개, 필드용 3개)설치하고 그룹별로 지향각을 지정하여 별첨 스피커 Coverage 분포도와 같이 일정지역을 전담케 하는 분할방식을 채택하여 지붕트라스에 42Cluster(108개) 및 발코니 하부 스피커 212개 등 328개(모니터용 8개 포함)의 스피커를 설치하여 최적의 음향환경을 조성하였음.

경기장 관중은 64,700여 석이고, 객석용 및 필드용 스피커는 42Cluster(108개)이므로 스피커 1개가 담당하여야할 관중은 약 500~600 여 석이 되도록 균일하게 배치.

- 스피커의 선택
- 스피커는 설치 장소와 사용 용도에 따라 결정되며 서울월드컵경기장의 경우,
- 객석용 스피커는 세계최고의 수준이며 미국내 산업용 스피커 시장의 65%를 점유하고 있는 EAW사에서 생산되는 스피커를 선정

EAW스피커의 특징은 타제품과 같이 기성 제품을 생산하여 사용장소와 유사한 용량을 설치하는 것이 아니고 각각의 용도와 음향환경에 가장 적합하게 Order Made로 제작하여 설치하고 있으며 제품 하나하나에 고유번호를 부여하여 품질관리를 하고 있음.

- 그라운드용은 혼 스피커를 주로 제작하는 미국 COMMUNITY사에서 제작한 COMMUNITY 스피커를 선정하였으며,
- 발코니에는 미국 JBL사에서 제작한 JBL스피



커로 선정하였음.

※ 설치 수량 : 총 42Cluster 328개

- EAW : 34Cluster 84개
- COMMUNITY : 8Cluster 24개
- J B L : 212개
- 모니터용 : 8개

○ 앰프 설비

- 미국의 세계적인 전자회사인 CROWN사에서 생산하여 전세계 산업용 앰프로 공급되는 최고수준의 제품으로 성능, 음질이 우수하여 어떠한 환경에서도 뛰어난 성능을 발휘할 수 있어 세계적으로 널리 사용되고 있음.

- 설치 실적

- 〈국내〉 수원 울산 월드컵경기장, 예술의 전당, 과천정부종합청사
- 〈국외〉 발티모아 라벤스경기장, LA국제공항, 해밍웨이경기장, 이태리 페사로종합경기장 등

□ 스피커제원

- EAW(ASV7652, ASV7632) -

○ 제작사 : 미국EAW

(Eastern Acoustic Works)



○ 구성 :

스피커 종류	내 장 스피 커		비고
	ASV 7652	ASV 7632	
계	5개 (1,900W)	3개 (1,400W)	객석용
Woofer(LF)	15" × 2개	15" × 1개	
Corn형-저음	(500W × 2개)	(800W × 1개)	
Middle(MF)	10" × 2개	10" × 1개	
Horn형-중음	(350W × 2개)	(400W × 1개)	
Horn(HF)-고음	2" × 1개 (200W × 1개)	2" × 1개 (200W × 1개)	

○ 특 성

- 저음, 중음, 고음 스피커를 패키지 스피커로

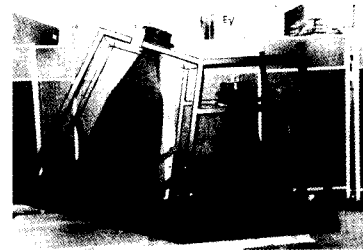
조합하여 광대역(廣帶域)으로 사용 가능

- 최대 음압레벨이 141~147dB
- 정지향성 : 수평60° 수직45°
- 주용도 : 대형 경기장, 스타디움, 대형 교회 등
- 설치사례
 - 국내 : 부산, 서귀포월드컵경기장, MBC공개홀, 여의도 순복음교회, 워커힐 호텔, 한양대 체육관 등
 - 국외 : 요코하마 월드컵, LA다저스, 홍콩경기장, 아테네 올림픽경기장, 영국 밀레니엄 경기장 등
- 미국내 시장 점유율 : 65%

- COMMUNITY(M4-40, M4-60) -

○ 제작사 : 미국 Community Professional Loudspeakers

○ 구 성 :



○ 특 성

스피커 종류	내 장 스피 커		비고
	M4-40(지향각40도)	M4-60(지향각60도)	
계	2개 (1,000W)	2개 (1,400W)	필드용
Horn형(MID)	4" × 1개 (500W × 1개)	4" × 1개 (500W × 1개)	
Horn형(HF)	2.8" × 1개 (400W × 1개)	2.8" × 1개 (400W × 1개)	

- 먼 거리까지 강한 음의 전달이 가능
- 음의 찌그러짐 현상이 적어 음량 손실이 적다.
- 지향각 : M4-40(수평 40° 수직 20°)
M4-60(수평 60° 수직 40°)
- 주용도 : 대규모 집회장, 스타디움, 대형 교회 등



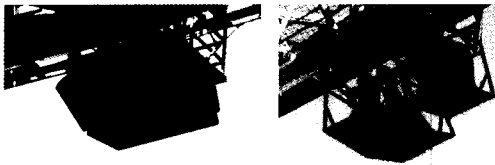
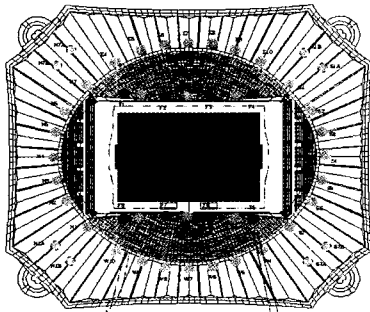
기획특집 - 서울월드컵경기장

○ 설치사례

- 국내 : 시청별관 강당, 춘천국립박물관
- 국외 : 스톡홀름 올림픽경기장, 히로시마경기장, 나가노 올림픽경기장, 애틀랜타 조지아 돔 경기장 등

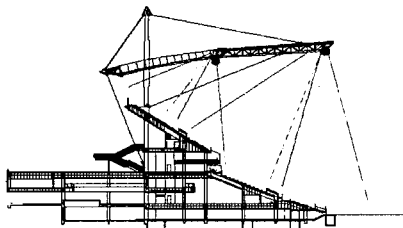
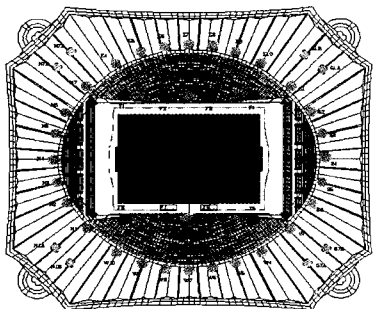
○ 주요장비 List

스피커 배치도



객석용 스피커

필드용 스피커



□ 설계특징

장비명	규격/사양	수량	제작사	비고
객석용 스피커	ASV-7652	20	EAW(미국)	
	ASV-7632	56		
	AOS-130	8		
필드용 스피커	60M4	8	COMMUNITY(미국)	
	40M4	8		
	R6	8		
보조스피커	Control24CT	212	JBL(미국)	발코니
모니터 스피커	MSP5	2	YAMAHA(일)	
	XLT41E	6	COMMUNITY(미국)	
파워 AMP	MA-3600	58	CROWN(미국)	
	MA-2400	10		
	CT-1610	5		
콘솔믹스	02RV	1	YAMAHA(일본)	
Media Matrix	MM980NT	1	PEAVEY(미국)	

구분

특징

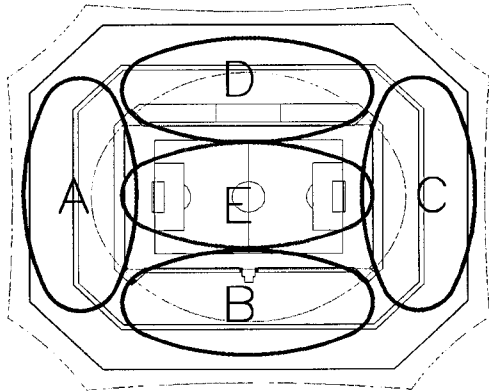
- 스피커의 분산배치**
 - 경기장 서측에 주조정실(앰프실)을 두고, 동, 남, 북측 3개소에 지구 앰프실을 설치, 그룹(Zone)별 운영으로 음압 등 손실의 최소화
 - 328개의 스피커를 객석 및 필드용으로 분산 배치하여 고른 음압 분포 유지
 - 관중의 합성과 주변 소음에 따라 출력 음압 레벨을 자동적으로 조정하여 명료도 향상
- 디지털 전송 방식 채택**
 - 광케이블에 의한 데이터 전송으로 전송손실 및 시스템 에러 최소화
 - ※ 국내 경기장 최초 채택
- 컴퓨터제어 방식 채택**
 - 컴퓨터를 이용하여 앰프 전원의 원격제어와 상 대표시, 감시 및 신호의 모니터링 수행으로 운영효율 극대화
- 원격 유지 보수 기능**
 - 인터넷에 의한 장비의 원격 진단과 조치
 - ※ 미국 SPL사에서 서울월드컵경기장 장비의 상태 감시가능

□ 스피커 운영방안

- 행사의 성격에 따라 전체 스피커를 탄력적으로 운영하기 위하여 객석은 A,B,C,D 4개 그룹으



로 구역화하고 필드를 1개 그룹으로 배치(E)



□ 시뮬레이션 결과 검토

- 설계된 디자인, 모델링, 데이터 및 타 경기장의 음향설계 경험에 의하면 서울월드컵경기장의 음향시스템은 우수한 명료도를 가지며, 홍콩경기장 자료와 비슷하나 홍콩경기장은 지붕이 경기장 측면 보다 조금 밖으로 나와있고 지붕의 각이 관중석 열의 경사도와 비교하여 약간 다르기 때문에 건축음향적 환경은 조금 다르다.
- 현재 설계된 시스템에 부가하여 지붕아래 구역(스탠드 모서리)에 음향장비를 보완 설치하면 보다 좋은 명료도를 향상시킬 수 있다.
⇒ 경기장 4개소에 500W×2개(총8개)를 추가로 설치함.
- 현재 고안된 디자인에 따라 경기장 음향시스템을 설치한다면 기존의 여러 월드컵경기장이나 올림픽 스타디움보다 한결 나은 음질을 제공할 수 있음.

6. 전기음향 실시설계 검증

- 한국음향학회에서 서울월드컵경기장의 음향 환경 파악을 위하여 실시한 『건축음향시뮬레

이션』결과에 의하면

- 반 개방형 구조인 서울월드컵경기장은 실내 음장과 달리 스피커 시스템의 음원으로부터 23m~53m떨어진 거리에 관객석이 위치함으로 관객석 음압 레벨은 스피커 시스템의 음원으로부터 직접 들을 수 있는 직접음 성분과 천장면과 벽체, 관객석 등에서 수 차례 반사되어 관객석에 도달하는 반사음 성분으로 구분되나 그의 합성 음압 레벨 값은 컴퓨터 시뮬레이션 결과 데이터에서 90~100dB로 균등하게 분포되는 것으로 판독됨으로 설계된 전기음향 설계는 서울시 설계조건을 충족하는 것으로 평가됨.

7. 결론

- 음향설비의 목표 및 경기장 음향 접근 방식
- 음향설비는 다수의 청취자에게 확성기를 통하여 나오는 재생음을 원음에 가까운 음으로 제공하는 것이 최대의 목표이며 과제임.
- 경기장 음향설비의 기본적인 접근 방식은
 - 자연스러운 청취감을 느낄 수 있는 음향공간 제공
 - 명료도가 우수하고 스탠드와 필드에 균일한 음압분포 제공
 - 고출력시에도 왜곡되지 않으며 질 높은 확성의 제공
 - 잔향시간이 길지 않고, 유해한 에코의 발생 방지
 - 외부로부터 영향을 받지 않으며 소음의 구애가 없어야하며
 - 풍부한 음압레벨을 확보하여야 한다.

(원고 접수일 2001. 9. 24)