

능동형 음장조성시스템의 현장적용 평가

Evaluation on the Field Application of Spontaneous Acoustic Field Reproduction System

전지현† · 신용규* · 강상우** · 민병철** · 국 찬***

Ji-Hyeon Jeon, Yong-Gyu Shin, Sang-Woo Kang, Byeong-Cheol Min and Chan Kook

Key Words : SAFRS(능동형 음장조성시스템), Field Application(현장 적용), Evaluation(평가)

ABSTRACT

A began of this study is to verify Spontaneous Acoustic Field Reproduction System (SAFRS), developed as an embodiment of creating agreeable sound environment, with evaluation on the field application.

SAFRS is a system to sense changes of surroundings and produce sounds, which can go well with environment elements sensed by the system in to the space. The sound which can go well with environment elements is sound which judged by individual evaluation to be so, the classification of the preferred sounds according to the mood of the space was suggested in the former study.

So, SAFRS was applied into the Square of D University to evaluate effectiveness of the system. The executed evaluations were 1) evaluation on sounds perception, frequency, volume and matchability with the space, 2) image evaluation on the square and sound environment and 3) evaluation on sound environment with existing sounds, fountains sound, sound produced by SAFRS, and both fountains sound and sound produced by SAFRS. Verifying SAFRS of field application was deduced from those evaluations.

The results of the study are following:

Though the system was applied into the space, the volume of the sounds shouldn't be too high. And with visual surroundings, the effectiveness of the system would be increased.

At the results of four evaluations, the result of day evaluation is; both fountains sound and sound produced by SAFRS > fountains sound > sound produced by SAFRS > existing sounds, the result of night evaluation is; sound produced by SAFRS > both fountains sound and sound produced by SAFRS > fountains sound > existing sounds and these results pointed out that sounds environment produced by the system was highly evaluated due to less background sounds.

1. 서 론

본 연구는 선행 연구¹⁾를 통해 쾌적한 소리환경을 조성하는 방법에 대한 구현 기술로서 개발한 능동형 음장조성시스템(Spontaneous Acoustic Field Reproduction System; SAFRS)을 현장에 적용한 후 그 효과를 평가하여 시스템의 현장 도입에 대해 검증하고자 하는 단계의 연구이다.

능동형 음장조성시스템²⁾³⁾은 주변 환경 변화를 감지하고

감지된 환경 인자에 어울리는 소리를 공간에 연출하는 시스템이다. 감지된 환경 인자에 어울리는 소리란 듣는 사람의 주관적인 평가에 의해 어울린다고 생각되는 소리를 뜻하며, 주변 환경의 상태 즉 환경의 분위기에 따라 사람들에게 선호되는 소리를 분류하는 방법은 선행 연구⁴⁾를 통해 제시한 바 있다.

이에 본 연구에서는 능동형 음장조성시스템의 현장적용 효과를 평가하고자 D대학 광장에 시스템을 도입하여 1) 피험자를 대상으로 조사된 광장 현황음(배경음)의 인지도, 빈도, 크기, 공간과의 어울림에 대한 평가 2) 광장의 장소와 소리환경에 대한 이미지 평가 3) 현황음, 분수 작동시, 시스템 작동시, 분수와 시스템 동시 작동시의 소리환경에 대한 평가를 실시하였으며, 평가 결과의 분석을 통해 시스템의 현장 도입에 대해 검증하였다.

† 전남대학교 공업기술연구소 선임연구원

E-mail : zzocji@cricmail.net

Tel : (061) 330-3347, Fax : (061) 330-3347

* 전남대학교 대학원 건축공학과 박사과정

** 동신대학교 대학원 환경조경학과 석사과정

*** 동신대학교 환경조경학과 교수

2. 실험 내용 및 방법

2.1 시스템의 현장적용)

능동형 음장조성시스템의 현장 검증을 위해 전남 나주시에 위치한 D대학에 그림 1과 같이 시스템을 설치하였다.

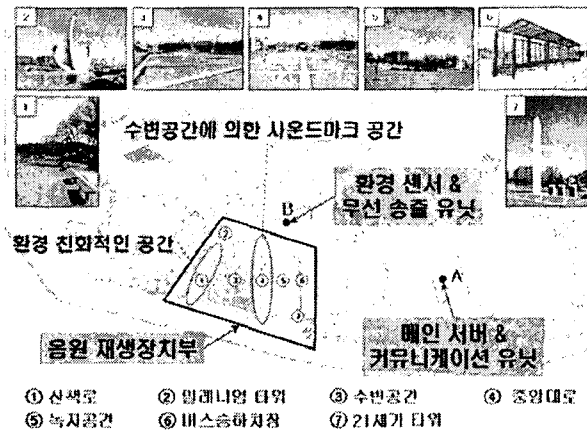


그림 1. D대학 광장의 공간 구성 및 시스템 설치도

본 시스템은 '환경 센서(Environmental Sensors) & 커뮤니케이션 유닛(Communication Unit)', '메인 서버(Main Server) & 송출 유닛(Transmission unit)', '음원 재생장치부(Receiving, Amplifying and Reproducing Unit)', '원격제어부(Remote Control Unit)' 등 크게 네 부분으로 구성되어 있다.

메인 서버와 커뮤니케이션 유닛은 상시 관찰을 위해 A 건물에 설치하여 관리하고, 현장 환경인자의 측정과 전송을 위한 환경 센서와 무선 송출 유닛은 B 건물에 설치하였으며, 메인 서버에서 분류한 연출음을 전송 받아 소리를 재생하는 음원 재생장치부는 광장의 산책로와 중앙대로 두 곳에 설치하였다.

광장에 설치된 음원 재생장치는 그림 2와 같다.

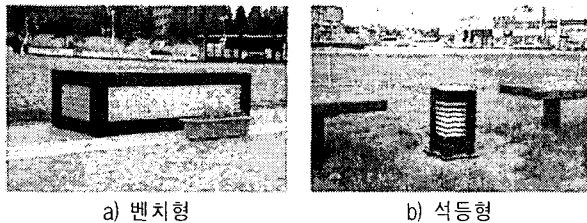


그림 2. 능동형 음장조성시스템의 음원 재생장치

중앙대로에는 벤치형 음원 재생장치를 설치하였고 산책로에는 기존에 설치된 벤치 사이에 석등형 음원 재생장치를 설치하였다.

음원 재생장치의 구체적인 설치 위치와 각 공간에 대한 사운드스케이프 디자인 의도는 그림 3과 같다.

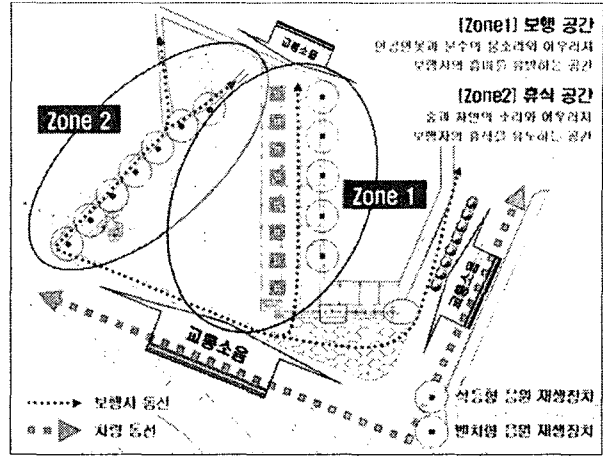


그림 3. D대학 광장의 사운드스케이프 디자인 영역

2.2 연출음의 선정

현장에서 측정된 환경인자는 표 1의 기준에 의해 메인 서버의 연출음 선정 경로로 이용된다.

표 1. 능동형 음장조성시스템의 환경인자 구분 기준

환경인자의 구분			내용	
시간	월	M1	5월 1일~10월31일	
		M2	11월 1일~4월30일	
	시간대	T1	07:00~12:00	
		T2	12:00~17:00	
T3		17:00~22:00		
감각 온도 ¹⁾	불쾌 지수	온도(°C)	D1 70 이하	
		습도(%)	D2 71~82	
			D3 83 이상	
	체감 온도	온도(°C)	W1 -9°C 이상	
		풍속(m/s)	W2 -10~-24°C	
			W3 -25°C 이하	
광량	조도(lx)	I1	10,001lx 이상	
		I2	2,001~10,000lx	
		I3	2,000lx 이하	

주1) M1은 불쾌지수를 적용하는 달

M2는 체감온도를 적용하는 달

주2) 불쾌지수 = $9/5T_a - 0.55(1 - RH)(9/5T_a - 26) + 32$
 체감온도 = $13.12 + 0.6215T_a - 11.37v^{0.16} + 0.3965v^{0.16}T_a$

여기서, $T_a(°C)$: 공기온도

RH : 상대습도(%) × 0.01

v(m/s) : 풍속(지상 10m 위의 풍속, km/h)/3.6

1) 우리나라 기상청에서는 4월 1일부터 10월 31일까지는 불쾌지수를, 10월 1일부터 4월 30일까지는 체감온도를 예보에 제공하고 있으나, 능동형 음장조성시스템의 운영상 환경인자의 적용을 위한 기간의 구분은 불쾌지수는 5월 1일부터 10월 31일까지, 체감온도는 11월 1일부터 4월 30일까지로 설정하였다.

실험 당시의 환경인자와 메인 서버에서 환경인자 구분 기준에 의해 선정된 연출음은 표 2와 같다.

표 2. 광장의 환경인자와 선정된 연출음

구분	평가 일자	주관평가시 환경 인자	해당 환경	연출음
주간	2006. 9. 23.	평가시간 12:00~14:00	T2	14번 폴더
		온도 29.6℃, 습도 25%, DI 74.0	D2	
		중앙대로 중간지점 9,950lx 산책로 양지 8,350lx 산책로 음지 4,500lx	I2	
야간	2006. 9. 22.	평가시간 20:00~22:00	T3	21번 폴더
		온도 17.2℃, 습도 60%, DI 60.4	D1	
		중앙대로 중간지점 조도 7lx 중앙대로 벤치 옆 조도 1lx 산책로 가로등 아래 조도 101lx 산책로 석등 옆 벤치 조도 3lx	I3	

- 주1) 감각온도는 평가일이 9월이므로 불쾌지수(DI) 적용
- 주2) 온·습도는 Data Logger TH-101(Microtechno Co.)을, 조도는 Chroma Meter xy-1(MINOLTA Camera Co.)을 사용하여 측정하였음
- 주3) 음원폴더 14 : 오후 시간대, 절반 이상의 사람들이 불쾌감을 느낌, 밝은 상태에서 어울리는 음원
음원폴더 21 : 저녁 시간대, 일부 사람들이 불쾌감을 느낌, 어두운 상태에서 어울리는 음원

주간 실험에 재생된 14번 폴더(총 62곡)와 야간 실험에 재생된 21번 폴더(총 48곡)는 환경인자 구분 기준에 의해 분류된 54개 폴더(1~27번 폴더는 불쾌지수 적용, 28~54번 폴더는 체감온도 적용) 중에 주관평가시 광장에서 측정된 환경인자가 해당하는 폴더들이다.

각 폴더의 음원들은 선행연구(6)에서 선호되는 소리로 분류되었던 자연의 소리, 환경음악(Green Music), 클래식, 한국 전통음악 등 총 1,110곡의 음원을 대상으로 기후요소에 대응하는 선호음 평가표로 평가하여 높은 점수(9점 만점부터 최소 7점)를 획득한 음원들로 구성되어 있다.

따라서 주간과 야간의 소리환경 평가시 피험자들이 듣는 소리들은 매시간 변화하고 있음을 밝힌다.

3.3 주관평가

피험자를 대상으로 한 주관평가는 음원 재생장치부가 설치된 광장의 중앙대로와 산책로 두 장소에서 실시하였으며, 구체적인 평가 내용은 표 3과 같다.

평가는 7단계 리커트 척도(Likert Scales)를 이용한 SD법(Semantic Differential Method)에 의해 실시하였으며, 평가 어휘는 표 4와 같이 대조군을 이루는 25개의 형용사 어휘쌍을 사용하였다.

평가에 참여한 피험자는 표 5와 같이 구성되어 있으며, 주·야간 피험자 모두 동일인이 아닌 관계로 주간 평가 결과와 야간 평가 결과의 상호 비교 분석은 제외하였다.

표 3. 소리환경에 대한 조사 및 평가 내용

구분	세부 내용
소리환경 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 각 공간에서 인지되는 소리의 종류 • 각 소리의 빈도 • 각 소리의 크기 • 각 소리의 공간에 대한 어울림
이미지 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 장소의 이미지 평가 • 소리의 이미지 평가
소리환경 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 현황음(배경음) 평가 • 분수 작동시 소리환경 평가 • 시스템 작동시 소리환경 평가 • 분수와 시스템 동시 작동시 소리환경 평가

표 4. 평가 어휘

No.	형용사 어휘쌍	No.	형용사 어휘쌍
1	듣기 싫은-듣기 좋은	14	무의미한-의미 있는
2	공허한-충만한	15	활기 없는-활기찬
3	무미건조한-감동적인	16	무딘-섬세한
4	불규칙적인-규칙적인	17	투박한-세련된
5	구슬픈-즐거운	18	현실적인-신비로운
6	깊이 없는-깊이 있는	19	약한-강한
7	단조로운-다채로운	20	우울한-유쾌한
8	차가운-따뜻한	21	어울리지 않은-어울리는
9	평범한-독특한	22	요란한-잔잔한
10	모호한-뚜렷한	23	도시적인-전원적인
11	탁한-맑은	24	낮설은-친숙한
12	무거운-가벼운	25	불안한-편안한
13	딱딱한-부드러운	-	、-

표 5. 피험자의 성별 및 연령대

구분	성별		연령			비고
	남	여	20대	30대	40대	
주간	3	4	2	4	1	주·야간 평가자 중 3명만 동일인임
야간	8	2	9	1	-	

3. 결과 및 분석

3.1 소리환경 조사 결과

실험 당시 D대학 광장에 존재하는 소리는 총 20가지로 중앙대로와 산책로의 주·야간 시간대 각각에 존재하는 소리들은 표 6과 같다.

현황음 중 두 장소의 모든 시간대에 발생된 소리는 발자국소리, 말소리, 자동차 지나가는 소리, 자동차 경적소리 등으로 광장의 현황음 중 지배적인 소리는 인간에 의해 발생되는 소리와 자동차에 의해 발생하는 소리로 나타났다.

또한 인지도가 50% 이상인 소리는 새소리·개구리소리·매미소리·귀뚜라미소리(자연음), 발자국소리·말소리(인간음), 자동차 지나가는 소리·오토바이 지나가는 소리(기계음), 자동차 경적소리(지시음) 등으로 기계음과 지시음은

표 6. D대학 광장의 소리환경 조사 결과

구분	소리의 종류	주간								야간								
		중앙대로				산책로				중앙대로				산책로				
		인지도	빈도	크기	어울림	인지도	빈도	크기	어울림	인지도	빈도	크기	어울림	인지도	빈도	크기	어울림	
자연음	S1	새소리	71	2.0	2.2	4.2	100	1.7	2.3	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	S2	개구리소리	-	-	-	-	-	-	-	-	90	1.9	2.9	4.1	63	1.4	2.4	4.0
	S3	개짓는 소리	-	-	-	-	-	-	-	-	10	1.0	2.0	3.0	-	-	-	-
	S4	매미소리	100	2.9	3.4	3.1	71	2.4	2.0	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	S5	귀뚜라미소리	-	-	-	-	43	2.7	2.3	4.0	100	2.9	2.3	4.3	100	2.8	2.5	4.0
	S6	파리소리	-	-	-	-	14	1.0	3.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	S7	바람에 나뭇잎 흔들리는 소리	-	-	-	-	29	3.0	2.0	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-
인간음	S8	발자국소리	43	1.0	1.7	3.0	71	1.0	2.8	2.8	40	1.5	2.0	3.3	38	1.0	3.0	1.0
	S9	말소리	43	1.3	1.7	3.0	43	1.0	2.5	3.3	90	1.2	2.7	2.9	75	1.7	3.5	2.3
	S10	기침소리	14	1.0	2.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S11	웃음소리	-	-	-	-	-	-	-	-	20	1.0	2.5	2.5	13	1.0	3.0	3.0
	S12	외치는 소리	-	-	-	-	-	-	-	-	10	1.0	4.0	2.0	-	-	-	-
사회음	S13	자동차 내부 음악소리	-	-	-	-	43	1.0	2.0	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	S14	자동차 지나가는 소리	100	3.0	4.0	1.4	100	2.7	4.1	1.4	100	3.0	4.6	1.4	100	3.0	4.1	1.5
기계음	S15	오토바이 지나가는 소리	-	-	-	-	-	-	-	-	60	1.2	3.7	1.5	38	1.0	4.0	1.7
	S16	자동차 문 여닫는 소리	29	1.0	4.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	13	1.0	2.0	1.0	
	S17	자동차 경적소리	43	1.3	3.0	1.7	29	1.0	4.0	1.0	50	1.0	4.0	1.0	13	1.0	4.0	1.0
지시음	S18	앰블런스 사이렌소리	-	-	-	-	-	-	-	-	20	1.5	4.0	1.0	-	-	-	-
	S19	확성기소리	14	2.0	2.7	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S20	휴대전화 벨소리	-	-	-	-	14	1.0	3.0	1.0	-	-	-	-	38	1.0	4.0	2.0

주1) 인지도[%] : 인지한 사람의 수/전체 피험자 수 × 100
 빈도[회수] : 가끔(1점), 보통(2점), 자주(3점)
 크기 : 매우 작다(1점), 작다(2점), 보통(3점), 크다(4점), 매우 크다(5점)
 어울림 : 전혀 어울리지 않음(1점), 별로 어울리지 않음(2점), 보통(3점), 어울림(4점), 매우 어울림(5점)
 주2) 각 소리의 인지도, 빈도, 크기, 어울림 등의 조사 시간은 5분임.

소리의 발생 빈도와 크기가 보통 이상으로 평가되고 자연음과 인간음은 보통 이하로 평가되어 소리에 대한 인지도가 발생 빈도와 크기에 비례하지는 않음을 확인하였다.

그러나 소리의 크기와 공간과의 어울림에 대해서는 반비례 관계를 나타내고 있음을 그림 4에서 확인할 수 있다.

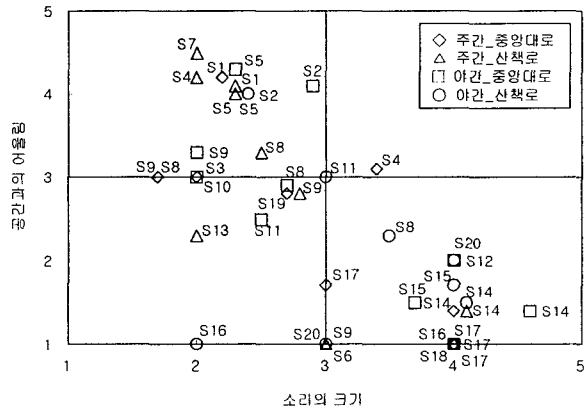
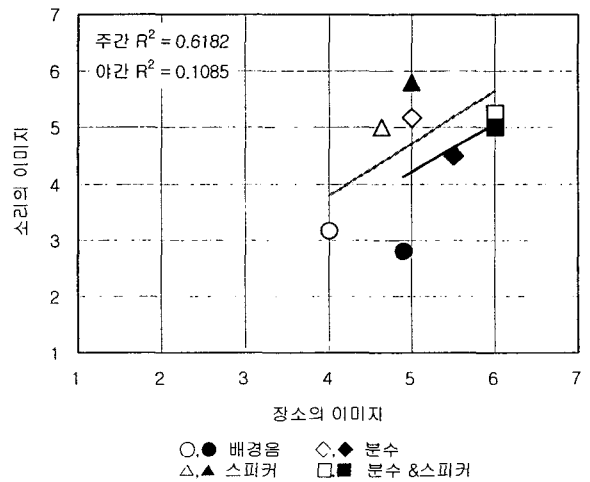


그림 4. 소리의 크기와 공간과의 어울림 상관관계

3.2 이미지 평가 결과

그림 5는 광장의 중앙대로 및 산책로의 장소와 소리에 대한 이미지 평가 결과이다.



○, ● 배경음 ◇, ◆ 분수
 △, ▲ 스피커 □, ■ 분수 & 스피커

a) 중앙대로

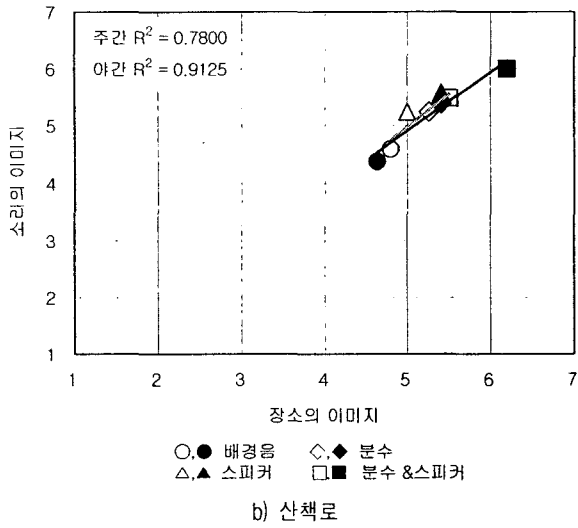


그림 6. 중앙대로와 산책로의 이미지 평가 결과
 (비워진 기호는 주간, 채워진 기호는 야간임)

장소와 소리의 상관도는 중앙대로의 야간 평가에서만 상관관계수가 낮게($R^2=0.11$) 나타났고 나머지 평가에서는 $R^2 > 6$ 으로 장소와 소리의 이미지가 정비례 관계에 있는 것으로 나타났다.

3.3 소리환경 평가 결과

광장에서 현황음(배경음)만 있을 때, 분수를 작동시켰을 때, 시스템(스피커)을 작동 시켰을 때, 분수와 시스템을 동시에 작동 시켰을 때 등 네 가지 소리환경에 대해 주간과 야간 두 차례에 걸쳐 주관평가를 실시한 결과 그림 6, 7과 같이 나타났다.

주관평가를 주간과 야간 두 차례 실시한 이유는 분수와 시스템에 조명시설이 설치되어 있어 두 요소 모두 야간에 작동하였을 때는 조명등이 켜지므로 조명등이 피험자의 평가에 영향을 끼칠 것을 고려한 것이다.

(1) 주간 평가

그림 6에서 중앙대로와 산책로의 주간 평가 결과를 살펴 보면 전체 어휘에 대한 평점이 중앙대로보다 산책로의 평가에서 더 높게 나타났으며, 네 가지 소리환경에 대한 평가값들은 분수와 스피커 동시 작동시 > 분수 작동시 > 스피커 작동시 > 배경음 순으로 높게 나타났다.

배경음에 대한 평가시 중앙대로에서는 2점부터 4점까지 다양하게 평가(평균 2.9점)된 반면 산책로에서는 대부분 4점에 가깝게 평가(평균 3.7점)되었다.

스피커 작동시 소리환경에 대한 평가에서 중앙대로에서는 대부분 4점에 가깝게 평가(평균 3.8점)된 반면 산책로에서는 4점에서 5점까지 소폭의 변화를 보이고 있었다(평균 4.4점).

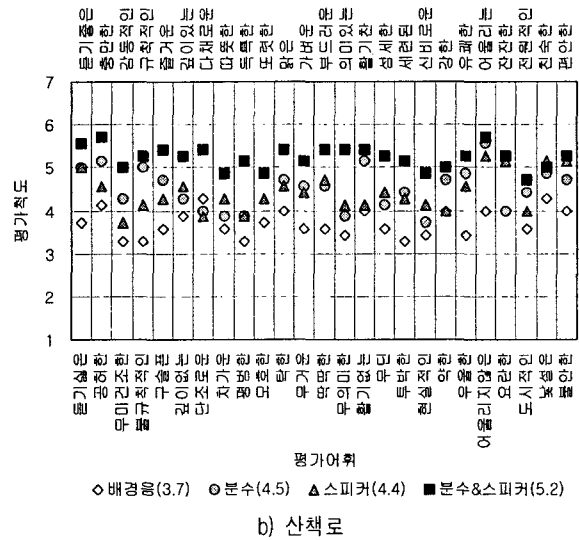
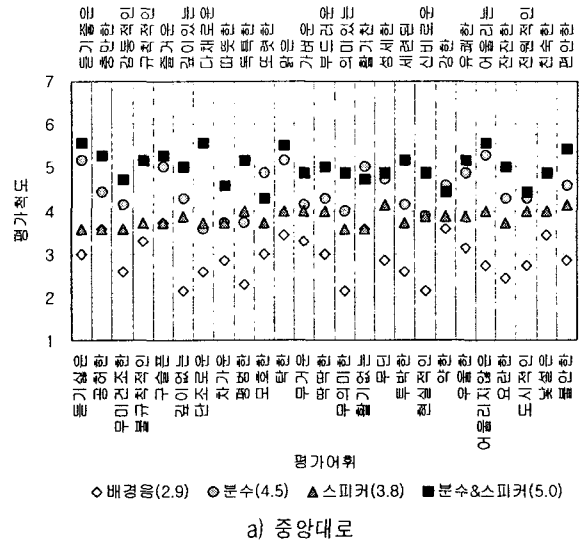
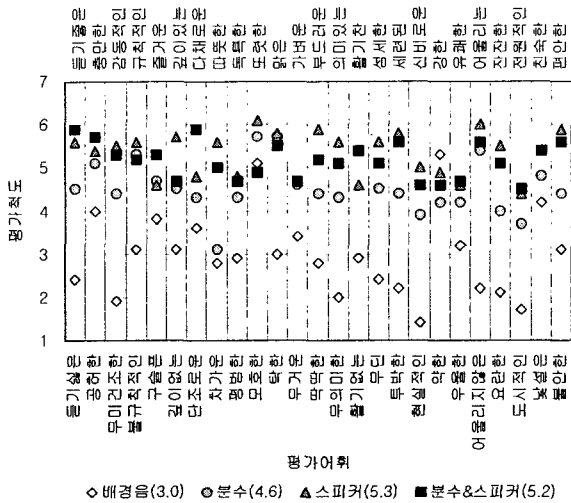


그림 6. 광장의 주간 소리환경 평가 결과
 (괄호 안의 값은 전체 평점)

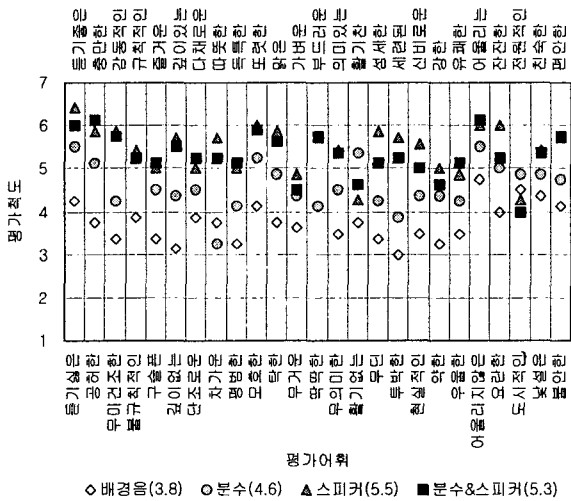
(2) 야간 평가

그림 7에서 중앙대로와 산책로의 야간 평가 결과를 살펴 보면 전체 어휘에 대한 평점은 주간의 경우와 동일하게 중앙대로보다 산책로의 평가에서 더 높게 나타났으나, 네 가지 소리환경에 대한 평가값들은 스피커 작동시 > 분수와 스피커 동시 작동시 > 분수 작동시 > 배경음 순으로 스피커 작동시의 소리환경 평가값이 가장 높게 나타났다.

배경음에 대한 평가시 중앙대로에서는 1점부터 5점까지 매우 다양하게 평가(평균 3.0점)된 반면 산책로에서는 3점부터 5점까지 소폭의 변화를 나타내며 4점에 가깝게 평가(평균 3.8점)되었고, 스피커 작동시 소리환경에 대한 평가에서는 중앙대로(평균 5.3점)와 산책로(평균 5.5점) 모두 5점에 가깝게 평가되었다.



a) 중앙대로



b) 산책로

그림 7. 광장의 야간 소리환경 평가 결과
(괄호 안의 값은 전체 평점)

4. 결론

능동형 음장조성시스템의 현장적용 검증의 단계로 D대학 광장에 시스템을 도입하여 그 효과를 평가한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 소리환경 조사 결과, 소리에 대한 인지도가 발생 빈도와 크기에 비례하지는 않으나, 소리의 크기와 공간과의 어울림에 있어서는 서로 반비례 관계를 나타내고 있어서 공간에 어울리는 소리라 할지라도 크게 느끼지 않게 제공하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

2) 이미지 평가 결과, 중앙대로의 야간 평가를 제외하면 장소와 소리의 이미지에 대한 평가가 정비례 관계에 있는 것으로 나타나 시스템의 현장적용시 단순히 연출음만 제공

하기 보다는 소리와 조화를 이루는 시각적인 환경도 같이 제공하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

3) 소리환경 평가 결과, 주간과 야간 모두 중앙대로보다 산책로에서의 평가값이 더 높게 나타났으나, 네 가지 소리 환경에 대한 평가에서는 주간 평가에서 분수와 스피커 동시 작동시 > 분수 작동시 > 스피커 작동시 > 배경음 순으로 높게 나타났고, 야간 평가에서 스피커 작동시 > 분수와 스피커 동시 작동시 > 분수 작동시 > 배경음 순으로 나타나 스피커 작동시의 소리환경이 주간보다 야간에 더 높은 점수로 평가됨을 알 수 있었다.

이러한 결과는 숲 옆에 있는 산책로가 중앙대로에 비해 소음에 덜 노출되며, 주간보다는 야간의 광장 배경음 레벨이 더 낮은 점에 기인한 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2004년도 환경부 차세대핵심환경기술개발사업 및 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업(바이오하우징 연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) Ministry of Environment, 2004, A Development for Soundscape Design Method of Sound Amenity in Urban Public Places
- (2) Chan Kook, Gil-Soo Jang, Gyung-Sung Jang, Sun-Woo Kim, 2005, "Design of Spontaneous Acoustic Field Reproducing System", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp.611~614.
- (3) Chan Kook, Gil-Soo Jang, Ji-Hyeon Jeon, Yong-Gyu Shin, Byeong-Cheol Min, 2006, "Design of Spontaneous Acoustic Field Reproducing System(II)", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference(CD-ROM)
- (4) Ji-Hyeon Jeon, Sa-Keun Park, Tae-Gang Lee, Chan Kook, Gil-Soo Jang, 2006, "Classification of Climatic Conditions to Select Preferred Sounds", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference(CD-ROM)
- (5) Sa-Keun Park, Gil-Soo Jang, Chan Kook, Min-Jeong Song, Ji-Hyun Chon, Hoon Shin, "Practical Application of Virtual Acoustic Field Simulation System(VAFSS)", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference (CD-ROM)
- (6) Gil-Soo Jang, Chan Kook, Sun-Woo Kim, 2003, The Preference and Amenity Factors of the Environmental Sounds Suitable for Urban Public Spaces, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.13 No.11