

사운드 스케이프 적용 음원의 음질 지수 분석

Analysis of Sound Quality Parameters of Sound Sources applied for Soundscape Design

○ 박현구*, 송민정**, 장길수***

Hyeon Ku Park, Min Jeong Song, Gil Soo Jang

Key Words : 사운드스케이프(Soundscape), 음질 지수(Sound Quality Parameter)

ABSTRACT

When we evaluate sound, there are various methods for noise such as A-weighted SPL(sound pressure level), NC(noise criteria), NR(noise rating) and SIL(speech interference level) etc. however, it is not sufficient for the sounds supplied to public places used in soundscape design. Consequently it is needed to develop the tool for evaluating the good acoustical environment and furthermore quantifying the effect of improvement by supplying sound sources.

In this study, it was tried to analyse the sound sources applied for soundscape design using sound quality parameters. The sound sources used were natural sound artificial sound. For the sound quality parameters, Loudness(L), Sharpness(S), Fluctuation strength(FL), Tonality(T), Roughness(R), Unbiased Annoyance(UA) were used and sound quality values were compared both natural and artificial sounds, depending on the convolution of sound sources with background noise, the duration, the frequency contents and the SPL. As a result, the values of L and UA have shown to be changed comparing to the other parameters, and it is necessary to analyse the correlation with subjects' responses.

1. 서론

생활속에서 듣는 소리는 바람직한 소리와 바람직하지 않은 소리로 구분할 수 있다. 측정 및 평가방법의 관점에서 본다면 후자는 소음에 해당되어 A 보정 음압레벨 혹은 NC(noise criteria), NR(noise rating), SIL(speech interference level) 등 다양한 방법으로 측정, 평가하게 된다. 그러나 전자에 대해서는 뚜렷한 평가방법이 없다고 할 수 있다. 특히 사운드 스케이프의 관점에서 음원을 제공하는 효과에 대한 평가방법이 존재하지 않기 때문에 음원을 제공함으로써 얻어지는 긍정적인 효과를 정량화할 필요가 있다.

본 연구는 사운드 스케이프를 통한 쾌적한 음풍경 조성

에 관한 기초 연구로써, 다양한 공간에 적용되어질 각각의 음원들이 어떠한 물리적인 특성을 가지고 있는가에 대하여 음질지수를 통해 분석함으로써 음질지수의 사운드 스케이프 적용 근거 자료를 제공하는데 목적이 있다.

본 연구에서는 각각의 음원들이 배경소음과 합성되어질 때, 음원의 레벨을 변화하였을 때, 음원의 길이가 변화되어질 경우, 주파수 특성을 변화할 경우 등에 대한 음질지수의 변화를 분석하였다.

2. 음질평가 지수

소음에 대한 측정방법은 다양화되어서 음세기 뿐만 아니라 소음에 의한 방해 정도를 정량화할 수 있게 되었다. 그러나 사람들의 주관적인 반응을 설명하기에는 아직도 검증되지 않은 많은 부분이 있다 하겠다. 따라서 음향심리학에서는 인간의 주관적인 인식과 판단에 대하여 설명하기 위해 많은 지수를 개발하고 그에 대한 다양한 정의를 내리고 있다. 본 연구에서 사용한 음질지수는 Loudness(L), Sharpness(S), Fluctuation strength(FL), Tonality(T), Roughness(R), Unbiased Annoyance(UA)이다.

* 전남대학교 공업기술연구소 선임연구원, 공학박사

E-mail : soundpark@cricmail.net

Tel : (062) 530-0789, Fax : (062) 530-0780

** 동신대학교 신진연구자, 공학박사

*** 동신대학교 건축공학부 교수, 공학박사

본 연구는 2004년도 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업의 지원으로 수행되었음

3. 사운드 스케이프에 적용할 음원의 선정

3.1 음원의 일반적 사항

본 연구에서 대상으로 한 음원은 공원, 가로 등 도시 공공 공간에 적용가능한 음원을 대상으로 추출한 다양한 음원 중에서 자연음과 인공음으로 구분하였으며, 인공음은 다시 음악적인 것과 비음악적인 것으로 구분하였다. table 1은 공공장소에 적용하기 위해 선정된 17개 음원의 주파수 특성을 나타낸 것이다.

Table 1. Frequency characteristics of sound sources represented to public places

음원 번호	음원명	주파수 특성	음원 번호	음원명	주파수 특성
1	개울가 새소리		10	붉은 악마와 하는 국악	
2	환경음악		11	New age 음악	
3	가아금		12	개울가 물소리	
4	퓨전 주악		13	풍경소리	
5	오르골		14	참매미	
6	바닷가의 갈매기		15	계곡물 소리	
7	벚고동 소리		16	퓨전국악	
8	뽕꾸기		17	범종 소리	
9	다들이질 소리				

3.2 선정음원의 시간별 특성

Fig. 1은 음원의 시간별 특성을 나타낸 것으로, 음원은 각각 30초간 재생되도록 편집하였으며, 음원의 종류에 따라 음악과 같이 시간에 대한 레벨이 크게 변동하는 것이 있으며, 물소리 등과 같이 시간에 따라 일정한 상태로 유사한 소리가 반복되는 소리가 있음을 알 수 있다.

4. 음원의 음질평가 지수 분석

4.1 음원별 음질지수

(1) 음원의 종류별 음질지수

Table 2는 음원을 자연음과 인공음(음악), 인공음(비음악)으로 구분하였을 때, 각각의 음압레벨과 음질지수값을 나타낸 것이다.

Table 2. Sound quality values of sound sources

대상음원	음질지수	SPL ¹⁾	L	S	FL	T	R	UA
		dB	sones	acum	vacil	tu	asper	au
자연음	개울가 새소리	-16.14	29.5	1.61	2.55	-	9	221.81
	갈매기	-16.92	32.91	1.43	1.51	-	8.91	253.8
	뽕꾸기	-10.04	9.63	1.34	1.86	-	6.21	51.75
	개울가 물소리	-25.49	28.48	1.59	2.85	-	9.43	193.79
	참매미	-11.21	13.72	3.05	2.57	-	7.3	117.93
인공음 (음악)	계곡물 소리	-14.9	29.48	2.27	2.14	-	8.71	204.79
	환경음악	-30.99	25.68	1.58	3	0.77	2.17	217.93
	가아금	-29.15	28.22	1.43	1.56	0.6	2.89	189.43
	연주음악	-15.67	8.91	0.63	0.91	0.31	1.46	35.83
	오르골	-8.03	26.4	1.04	2.76	0.78	1.19	196.04
인공음 (비음악)	국악	-12.98	44.35	1.65	2.79	-	6.23	421.1
	New age 음악	-18.85	27.2	1.11	1.45	0.9	1.22	178.34
	퓨전국악	-28.17	42.35	1.66	2.71	0.08	5.42	413.66
	벚고동 소리	-27.41	8.86	1.46	1.36	0.7	4.2	64.13
	다들이질 소리	-21.91	23.93	1.15	2.25	0.02	7.08	199.94
인공음 (비음악)	풍경 소리	-10.42	10.92	1.79	2.11	1.04	0.97	68.33
	범종 소리	-14.71	14.6	0.61	1.43	0.61	7.05	70.1

1) SPL 값은 음질지수 산출시 음원의 상대음압레벨임.

Fig. 2는 음원별 음질지수의 분포를 그래프를 나타낸 것이다. 자연음의 경우 Roughness값이 높으며, 몇 개의 인공음(음악)은 Loudness값이 높게 나타나고 있다. 자연음의 Tonality값은 계산되지 않았으며, 음원이 자연음인가 인공음인가에 관계없이 다양한 음질지수의 범위를 나타내고 있음을 알 수 있다.

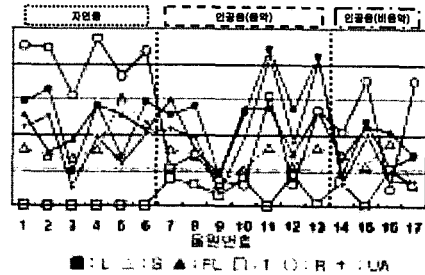


Fig. 2 Distribution of sound quality values of sound sources

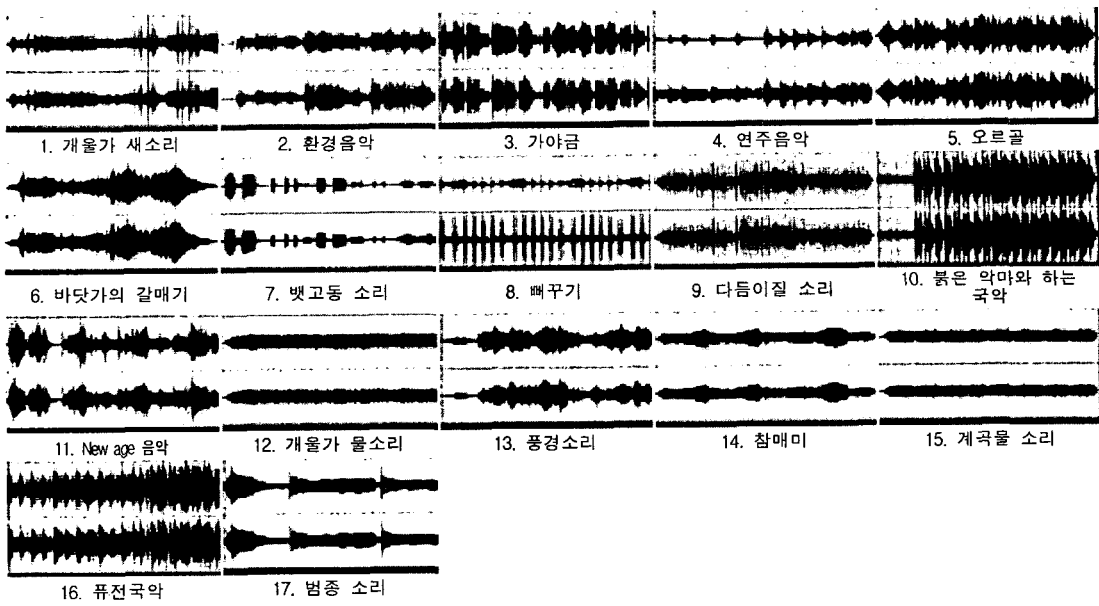


Fig. 1 Time history of sound sources

(2) 대상 장소에서의 배경소음에 대한 음질지수

Table 3은 대상 음원과 상대적인 비교를 위하여 계산한 공공장소 배경소음에 대한 음질지수 값이다. 공공장소는 해안공원(땅끝), 전통정원(소쇄원), 도시가로(예술의 거리) 및 버스터미널(센트럴시티)로 구분하여 각각의 배경소음의 특성이 다른 곳을 선정하였다. Loudness값은 터미널에서의 값이 상대적으로 매우 높게 계산되었으며, Unbiased Annoyance도 높게 나타났다.

Table 3. Sound quality indices of background noise

대상장소	음질지수	L	S	FL	T	R	UA
		sone	acum	vacil	tu	asper	au
땅끝	오르논길	6.92	1.98	1.51	-	7.99	27.75
	전망대	7.8	1.87	1.98	0.05	8.05	34.21
소쇄원	입구	5.52	1.85	1.19	-	7.19	16.89
	제월당	4.77	2.45	1.71	-	7.53	16.87
예술의 거리	개미장터	5.19	1.82	2.03	-	7.76	20.3
	갤러리	5.18	1.7	1.68	-	8.06	18.39
센트럴 시티	대합실	23.35	1.52	1.65	-	9.29	116.86
	매표소	39.44	1.54	1.41	-	9.58	230.36

4.2 배경소음과 합성한 음원의 음질지수

배경소음 합성에 따라 음질지수의 변화를 비교함으로써 배경소음에 의한 음질지수의 영향을 살펴보고자 하였다. Fig. 3은 대상음원과 배경소음을 합성한 음원의 시간특성을 나타낸 것이다. Fig. 4 ~ Fig. 7은 각 공공장소에서 녹음한 배경소음과 대상음원을 합성한 합성음의 음질지수를 원음의 음질지수와 비교한 것이다. 장소에 크게 관련이 없이 음 합성시 Loudness와 Unbiased Annoyance값이 높아져 많은 차이가 발생하고 있음을 알 수 있다.

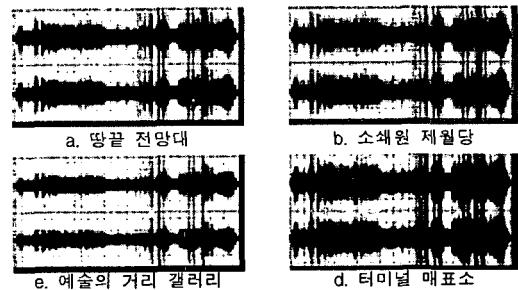


Fig. 3 Examples of convoluted sound sources with background noise(bird chirping with stream flowing)

(1) 땅끝 오르는 길 합성음의 음질지수 변화

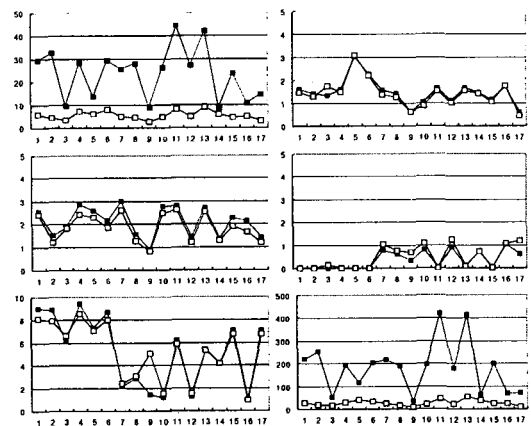


Fig. 4 Comparison of sound quality values at Ddangkuet (L-S-FL-T-R-UA)(□ 합성전, ■ 합성후)

(2) 소재원 입구 합성음의 음질지수 변화

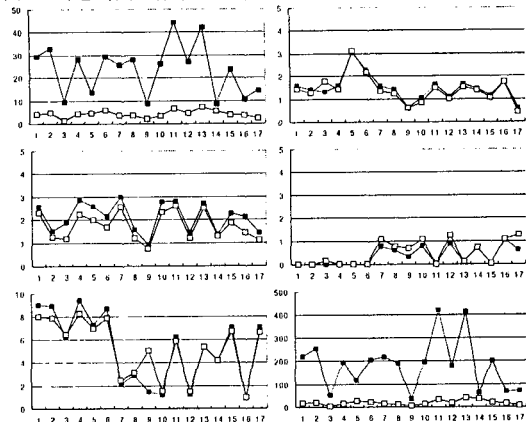


Fig. 5 Comparison of sound quality values at Sosaewon (L-S-FL-T-R-UA) (□ 합성전, ■ 합성후)

(3) 예술의 거리 개미장터 합성음의 음질지수 변화

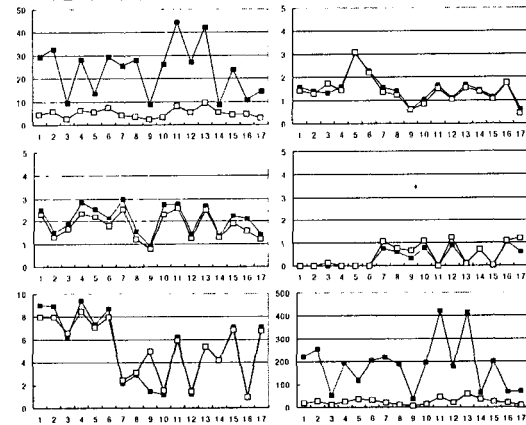


Fig. 6 Comparison of sound quality values at art street (L-S-FL-T-R-UA) (□ 합성전, ■ 합성후)

(4) 터미널 대합실 합성음의 음질지수 변화

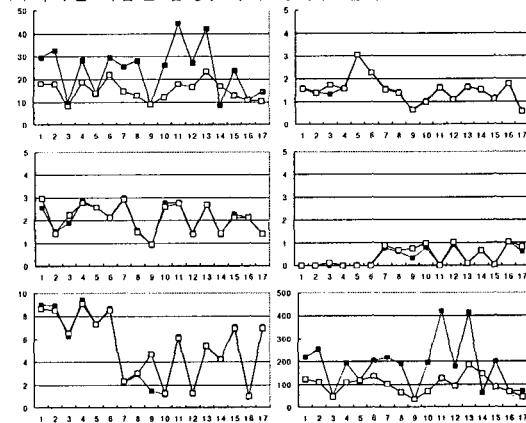


Fig. 7 Comparison of sound quality values at bus station (L-S-FL-T-R-UA) (□ 합성전, ■ 합성후)

4.3 음압레벨과 음질지수의 관계

table 4는 음압레벨과 음질지수의 상관관계를 분석한 것이다. 그 결과 음압레벨과 음질지수값과는 상관성이 낮게 나타났으며, Loudness와 Fluctuation strength 및 Unbiased Annoyance, Fluctuation strength와 Unbiased Annoyance, Tonality와 Roughness의 상관성이 높게 나타났다.

Table 4. Correlation coefficient between sound quality indices

	SPL	L	S	FL	T	R	UA
SPL	1	-0.26	0.07	-0.05	-0.09	0.03	-0.26
L	-0.26	1	0.13	0.51	-0.34	0.28	0.97
S	0.07	0.13	1	0.48	-0.33	0.34	0.20
FL	-0.05	0.51	0.48	1	-0.24	0.22	0.58
T	-0.09	-0.34	-0.33	-0.24	1	-0.83	-0.37
R	0.03	0.28	0.34	0.22	-0.83	1	0.25
UA	-0.26	0.97	0.20	0.58	-0.37	0.25	1

* SPSS 10.0 for windows 사용, Spearman 상관관계수값임.

4.4 음원의 시간 길이 변화에 따른 음질지수의 변화

공공장소에 적용되어지는 음원은 시간이 다양하게 적용될 수 있다. 그러나 음질지수와 같은 물리적인 값을 얻기위해서는 정해진 시간에 결정되어지는 것이므로 동일 종류의 음원의 제시 길이를 변화시킴으로써 음질지수의 변화를 살펴 보았다. table 5는 시간에 따른 레벨과 음 구성요소의 변화가 적은 가야금의 길이를 조절하였을 경우 음질지수의 변화와 시간에 따른 레벨변동이 큰 바닷가 갈매기 음원의 음질지수 변화를 비교한 것이다. 그 결과 음질지수값이 약간의 차이를 보였으며, 특히 Roughness 및 Unbiased Annoyance 값의 차이 상대적으로 많이 나타남을 알 수 있다.

Table 5. Change of Sound quality values by the time length

음질지수	단위	가야금	원음의 2/3	원음의 1/3	바닷가 갈매기	원음의 2/3	원음의 1/3
L	sone	28.22	28.94	30.19	32.91	33.92	30.75
S	acum	1.43	1.42	1.41	1.43	1.47	1.46
FL	vacil	1.56	1.61	1.61	1.51	1.51	1.62
T	tu	0.6	0.49	0.48	-	-	-
R	asper	2.89	2.89	2.38	8.91	7.88	6.64
UA	au	189.43	193.59	203.15	253.8	241.11	208.97

4.5 주파수 대역 변화에 따른 음질지수의 변화

음원의 주파수 성분은 사람의 주관반응을 결정짓는데 중요한 역할을 한다. 따라서, 음원의 주파수 성분을 filter를 사용하여 변화시켰으며 그에 따른 음질지수값의 변화를 살펴 보았다. 주파수 성분의 변화는 Cool edit pro v. 1.1을 사용하였으며, scientific filters를 적용하여 저주파수 성분을 제거하기 위하여 drop off below 250 Hz 옵션(option)을 사용하였으며, 고주파수 성분의 제거를 위해 hiss cut above

10 kHz를 적용하였다. Fig. 8은 프로그램 운용의 실례이다.

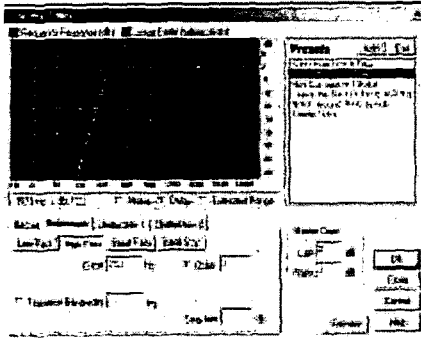


Fig. 8 Operating example of frequency modulation

Table 6은 음질지수값의 변화를 나타낸 것으로 저주파수 성분을 제거한 음의 Loudness, Sharpness, Roughness 및 Unbiased Annoyance 값이 높게 나타남을 알 수 있으며, 10 kHz 이상의 고주파수 성분을 제거한 음의 음질지수값은 원음과 크게 차이가 없음을 알 수 있다.

Table 6. Change of Sound quality values by the frequency contents

음질지수	단위	원음	drop off below 250Hz	hiss cut above 10kHz
L	sones	10.92	11.19	10.91
S	acum	1.79	1.9	1.78
FL	vacil	2.11	2.04	2.07
T	itu	1.04	1.08	1.04
R	asper	0.97	1.11	0.98
UA	au	68.33	71.39	67.65

4.6 레벨 변동에 따른 음질지수의 변화

공공장소에서 제공되어지는 음은 배경소음의 정도에 따라 그 레벨이 결정되어야 할 것이다. 여기에서는 제공되는 음원의 레벨이 변화될 때 그에 따른 음질지수값의 변화를 살펴보았다. Fig. 9는 풍경소리의 음레벨을 3dB 간격으로 변화시켰을 경우 음질지수 값의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그 결과 Loudness 및 Unbiased Annoyance 값이 상대적으로 많은 변화를 나타내었다.

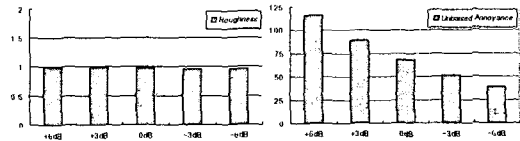
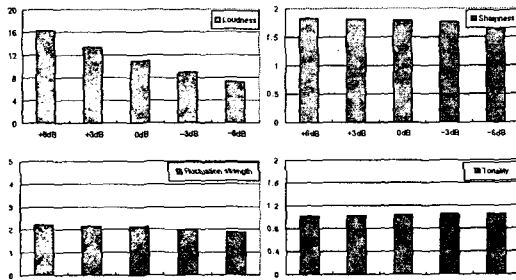


Fig. 9 Comparison of sound quality values by SPL(L-S-FL-T-R-UA)

5. 결론

본 연구는 사운드 스케이프 조성을 위해 공공장소에 적용할 음원의 음질지수 분석을 통하여 자연음, 인공음(음악), 인공음(비음악)의 차이를 분석하고자 하였으며, 다양한 공간에 적용되어질 각각의 음원들이 어떠한 물리적인 특성을 가지고 있는가를 분석함으로써 음질지수의 사운드 스케이프 적용 방안을 모색하고자 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 실시한 조건변화에 따른 음질지수의 변화를 살펴본 결과 자연음과 인공음의 차이가 나타나지 않았다.

둘째, 음원과 배경소음의 합성시 Loudness와 Unbiased Annoyance 값의 차이가 상대적으로 크게 나타났다.

셋째, 음압레벨과 음질지수의 상관관계 분석결과 상관성이 낮게 나타나며, Loudness와 Fluctuation strength 및 Unbiased Annoyance, Fluctuation strength와 Unbiased Annoyance, Tonality와 Roughness의 상관성이 높게 나타났다.

넷째, 음원의 길이를 조절하였을 경우 음질지수의 변화를 살펴본 결과 음질지수값이 약간의 차이를 보였으며, 특히 Roughness 및 Unbiased Annoyance 값의 차이 상대적으로 많이 나타남을 알 수 있다.

다섯째, 음원의 주파수 성분을 변화시킴으로써 음질지수의 변화를 살펴본 결과 저주파수 성분을 제거한 음의 Loudness, Sharpness, Roughness 및 Unbiased Annoyance 값이 높게 나타남을 알 수 있으며, 10 kHz 이상의 고주파수 성분을 제거한 음의 음질지수값은 원음과 크게 차이가 없음을 알 수 있었다.

여섯째, 음원 레벨의 변화에 따른 음질지수값을 살펴본 결과 Loudness 및 Unbiased Annoyance 값이 상대적으로 많은 변화를 나타내었다.

이상과 같이 음원과 음질지수의 변화를 살펴본 결과, 사운드 스케이프를 위한 음원의 적용시 배경소음에 따라 Loudness 및 Unbiased Annoyance의 값이 다르게 나타나므로 추후 주관반응의 차이와의 상관관계를 분석하여 구체적으로 정량화시킬 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한, 음원 자체의 길이, 주파수 성분, 레벨 등을 변화시켜도 몇몇 음질지수는 큰 변화를 보여주지 않았다. 따라서, 이들의 변

화와 주관반응사이의 관계를 분석함으로써 사운드 스키프를 위한 음원 적용시 고려해야 할 음질 요소를 찾아낼 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) 한명호, 정광용, 김재수, 국찬, 김선우, "음환경의 쾌적성에 관한 의미구조의 분석-음의 유형과 그 의미", 대한건축학회논문집 계획계, 14권 4호, 1998.04, pp.235~246.
- (2) 한명호, "도시공간의 쾌적 음환경 창조를 위한 사운드 스키프 디자인 연구", 대한건축학회 논문집(계획계), v.18 n.6(2002-06)
- (3) 김원식 외, "자연음과 소음에 대한 감성과 심리음향인자와의 상관성", 한국소음진동공학회 2000년도 추계 학술대회논문집
- (4) 김윤석 외, "고속 연안 여객선의 음질 평가", 한국소음진동공학회 1999년도 추계 학술대회논문집
- (5) 이해승 외, "음질 지수를 이용한 자동차 실내 소음의 분석", 한국소음진동공학회 2001년도 추계 학술대회논문집