

공간평가를 위한 피스톨음원의 적정성에 관한 연구[#]

A Study of Enemy Aptitude of Pistol Sound Source for Space Estimation

김 정 중[†] · 손 장 렬^{*}

Jung Joong Kim and Jang Ryul Shon

(2004년 12월 13일 접수 : 2005년 2월 22일 심사완료)

Key Word : Pistol Sound Source(피스톨 음원), MLS(maximum length sequency) Signal, RT(잔향시간), EDT(초기감쇠시간), C_{80} (음악의 명료도), D_{50} (회화의 요해도)

ABSTRACT

Last target of architectural acoustics is that people wish to convey voice effectively from the space adaptively in use purpose in building. But, how exactly through space sound (sound source) that wish to deliver from indoor can be passed method to do quantification and evaluate quantity of sound by method to serve indoor architectural acoustics estimation summer period and methods to estimate definition propose. This Study searches special quality of sound source about MLS signal that is occurred short-answer sound source (pistol sound source) and nondirectional speaker among indoor sound estimation method, and measure and analyzed reverberation time (RT60), definition (C_{80} , D_{50}) by regulation of each ISO 3382 in age place (classroom, hall, gymnasium). Analysis result and sound factor among could know that d of two sound sources converges in measurement error extent about reverberation time (RT60) of analysis incidental and sound factors and value shows change irregularly about sound factor of D_{50} , C_{80} , pistol sound source judged there is problem. Also, could know that problem is happened in deflection except reverberation time is in deflection analysis with wave that measure each in fixed distance in branch. Finally, when differ size of sound source and measure about change of sound pressure level in case measure sound pressure level giving difference about 10 dB, sound factor could know that there is no different effect.

1. 서 론

건축음향의 최종목표는 건물 내의 사람들이 사용목적에 적합하게 그 공간에서 소리를 효과적으로 전달하고자 하는데 있다. 그러나 실내공간에서 전달하고자 하는 소리가 공간을 통하여 얼마나 정확하게 전달될 수 있는가를 정량화 하여 음성명료도와 잔향의 정

도를 평가하기 위하여 여러 가지 물리적인 파라미터를 제안하고 있다. 임펄스음원의 측정방법에는 M. Barron⁽²⁾이 피스톨음원의 측정방법을 제안하였고 Bradley, J. S.⁽³⁾ 단답응답에 의한 실내공간의 음향특성 측정방법을 몇 가지 타입을 건축공간에 적용하여 그 효용성을 입증한바 있다. 그리고 스피커시스템을 이용한 임펄스측정 방법으로 Lempel M-Sequence transform⁽⁴⁾ 개념을 정립하고 W.T Chu^(5,6)가 랜덤노이즈를 이용한 임펄스 응답에서 잔향감쇠 곡선의 측정 방법과 변환분석을 확립하였고 그리고 C. Dunnand M. O. Hawksford⁽⁷⁾가 MLS 응답의 측정시 발생될 수 있는 왜곡현상에 대하여 연구하였으며 P. Svensson⁽⁸⁾이 MLS 기술을 이용하여 실내공간에서의 음향특성을 측정하여 오늘날 음향측정음원으로 많이

[†] 책임저자 : 정희원, 한양대학교 건축공학부
E-mail : hwankyug@hwankyug.co.kr
Tel : (02) 508-3352 Fax : (02) 508-3353

^{*} 정희원, 한양대학교 건축공학부

[#] 이 논문은 2004 추계학술대회 우수발표논문으로 추천되었음.

활용되는 측정음원이다.

이 연구는 음향측정시 가장광범위하게 사용될 수 있는 경기용 피스톨과 부지향성 스피커에서 발생하는 MLS신호를 ISO 3382⁽⁹⁾ 기준에 의하여 실의 종류에 따라 측정분석하고 물리적인 음향인자(RT, EDT, D₅₀, C₈₀)에 대하여 상호 비교하여 피스톨음원이 단 음원으로서 갖추어야 할 조건들을 충족하는지를 MLS신호의 기준음원의 측정 분석값을 기준으로 평가하고 결과를 분석하여 피스톨의 음원이 단답음원으로 어디까지 활용될 수 있는지 평가하는데 연구에 목적이 있다.

2. 연구의 방법 및 개요

2.1 측정 대상실의 개요

공간의 형상에 따르는 실내의 음향특성은 대상실의 규모, 평면형태, 용적, 실내표면과 마감재료 등에 영향을 받는다. 이에 따라 측정대상 실을 교실과 강당과 체육관의 세 가지 형으로 구분하였고 대상실의

개요와 측정방법을 Table 1과 Fig.1에 나타내었다.

2.2 실험대상 음향파라미터

실험에 사용할 실내음향 파라미터는 잔향을 평가하는 RT, EDT와 명료도를 평가하는 D₅₀, C₈₀을 사용하

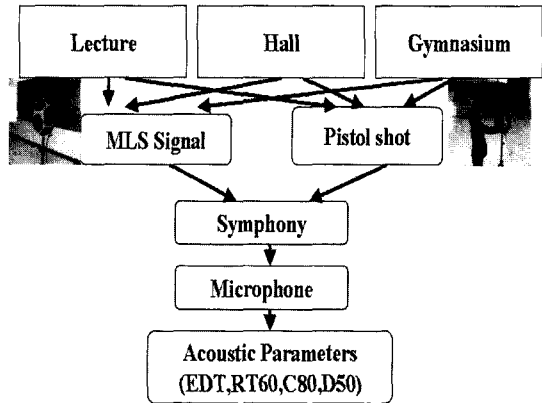


Fig. 1 Block diagram measurements techniques

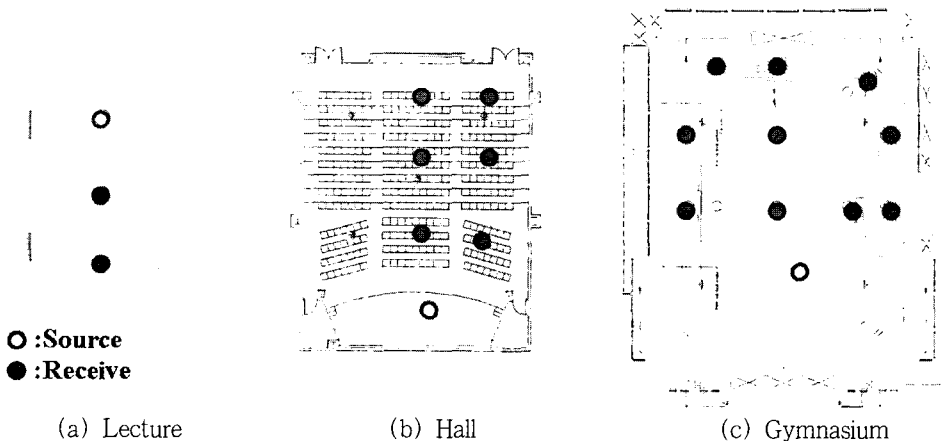

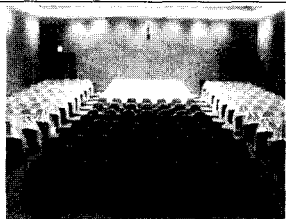

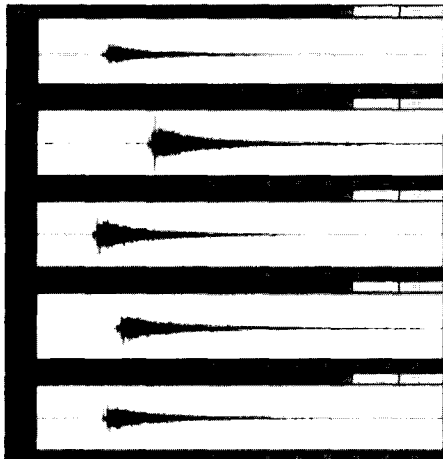


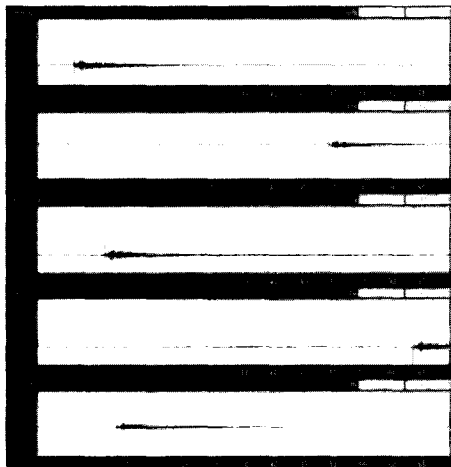
Fig. 2 Measurement point per room types

Table 1 Measurement target disappointment

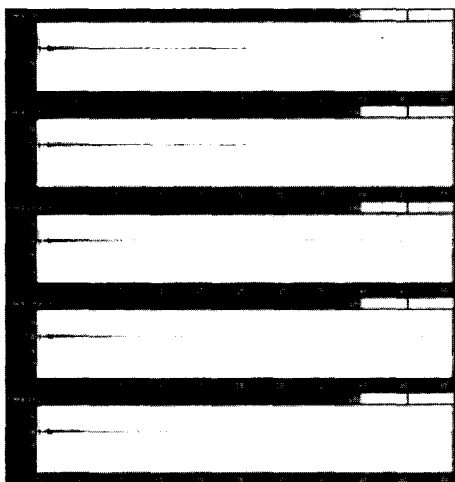
Division	Lecture	Hall	Gymnasium
Area(m ²)	900	2,300	9,442
Volume(m ³)	189	900	37,000
Size(m) (W×L×H)	9×7×3	10×15×6	50×65×12
Photo			



(a) Background off trigger off



(b) Background on trigger off



(c) Background on trigger on
Fig. 3 Measurement Signal Impulse

Table 2 Room acoustic parameters

No	Terminology	Meaning
1	RT(sec)	Reverberation time
2	EDT(sec)	Early decay time
3	D ₅₀ (%)	Definition(speech)
4	C ₈₀ (dB)	Clarity factor(music)

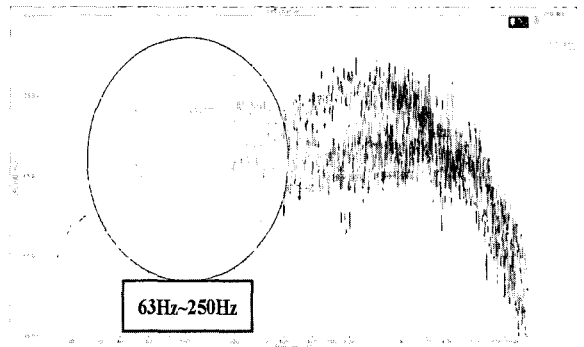


Fig. 4 Lecture room and sound source frequency analysis of gymnasium

였다. Table 2는 분석에 사용된 실내음향 파라미터의 의미이다.

2.3 측정위치와 측정분석방법

음원의 측정의 오차를 줄이기 위하여 한 장소에서 피스톨신호 10회 그리고 MLS신호 10회 이상 측정하여 오버로드를 제외한 데이터만을 분석하였으며 교실과 강당과 실내체육관의 각 실별 측정위치를 Fig. 2에 그리고 임펄스신호의 수음방법을 Fig. 3에 피스톨신호와 MLS신호의 주파수분석을 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 3(a)의 경우는 음향측정시 임펄스데이터 신호가 배경소음과 자동트리거 기능이 해제된 상태에서의 측정데이터이고 (b)는 배경소음만 필터링하고 자동트리거는 해제된 상태 그리고 (c)의 경우는 배경소음과 자동트리거가 설정된 상태로 데이터를 수음하여 음향 분석을 수행하였다.

Fig. 4는 교실과 체육관에서의 피스톨 신호와 MLS 신호의 주파수분석자료이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 피스톨신호와 MLS신호의 데이터를 비교해보면 피스톨신호가 63 Hz~250 Hz의 저음역에서의 음압레벨차가 15 dB에서 20 dB까지 차이를 보이고 있음을 주파수분석결과 알 수가 있었으며 저음역

에서 음향파라미터 분석시 오차가 발생될 것으로 판단되었다.

한 데이터를 그래프로 나타내었다.

3. 실험결과 및 분석

Fig. 2의 평면도에서 보는바와 같이 우선적으로 대강당과 실내체육관에 측정위치별로 측정하고 음향인자 즉 EDT, RT, D_{50} , C_{80} 순서로 Fig. 5에는 강당에서 분석한 결과를 그리고 Fig. 6에는 체육관에서 분석

3.1 강당에서 피스톨신호와 MLS신호를 사용한 경우

강당에서의 MLS신호와 피스톨신호의 음향적인 파라미터 값을 측정편차를 감안한 음향인자에 대하여 편차를 분석하여보면 EDT에서는 편차가 0.2초에서 2초까지 차이를 보이고 있으며 잔향시간(RT)의 경우에는 1000 Hz를 제외하고는 0.5초 정도로 비교적 양호한 특성을 보이고 있었다. 그리고 나머지 D_{50} 은 20

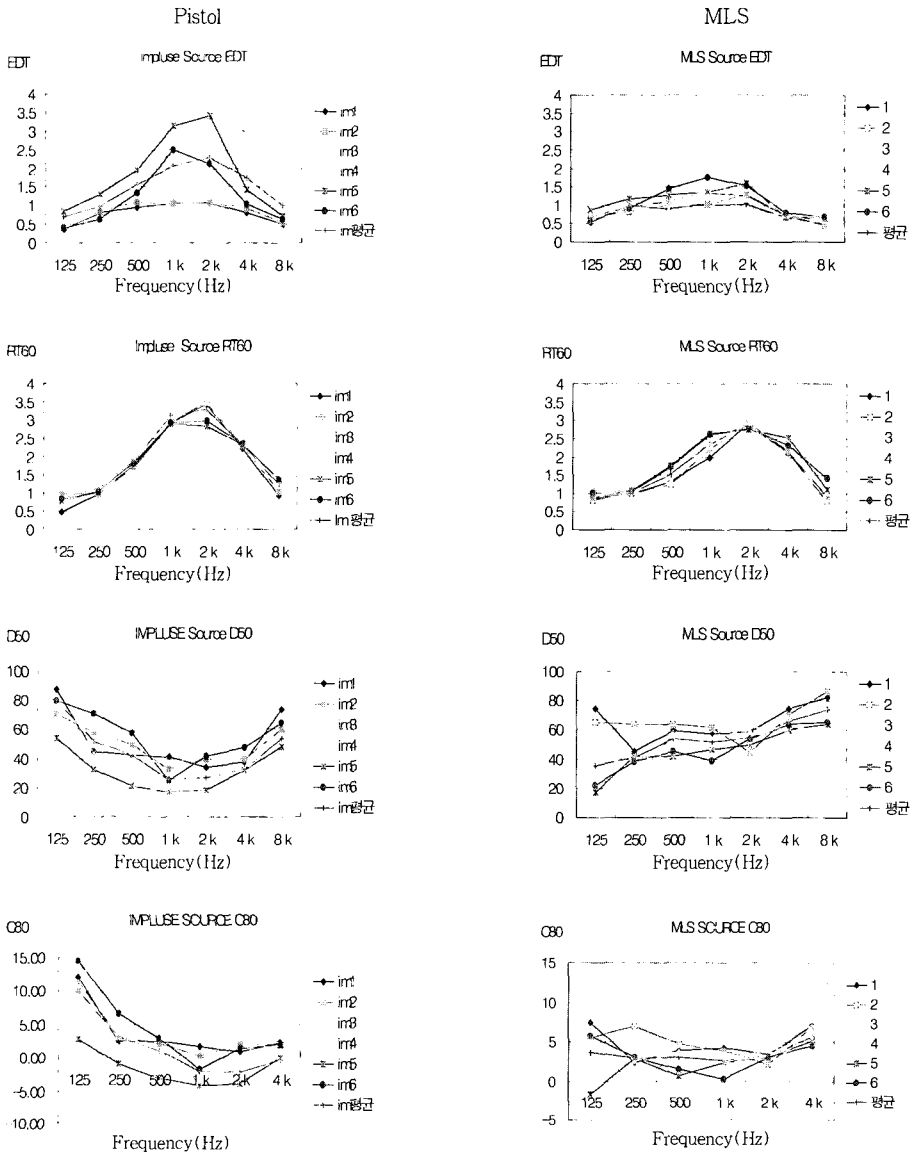


Fig. 5 When used pistol signal and MLS signal in hall, room sound parameter measurement value

% 정도의 차이를 나타내고 있어 개연성이 없었으며 C_{80} 역시 -4 dB에서 10 dB까지 차이를 보이고 있어 관련성을 찾아 볼 수 없었다.

3.2 실내체육관에서 피스톨신호와 MLS 신호를 사용한 경우

실내체육관에서의 MLS신호와 피스톨신호의 음향

적인 파라미터값을 분석한 측정편차를 감안하고 물리적인 음향인자에 대하여 편차를 보면 EDT에서는 편차가 -0.5에서 1초까지 차이를 보이고 있으며 잔향 시간(RT)의 경우에는 0.4초 정도로 비교적 양호한 특성을 보이고 있다. 그리고 나머지 D_{50} 은 30 % 정도의 차이를 나타내고 있어 개연성이 없었으며 C_{80} 역시 -4에서 4 dB까지 차이를 보이고 있어 관련성을 찾아

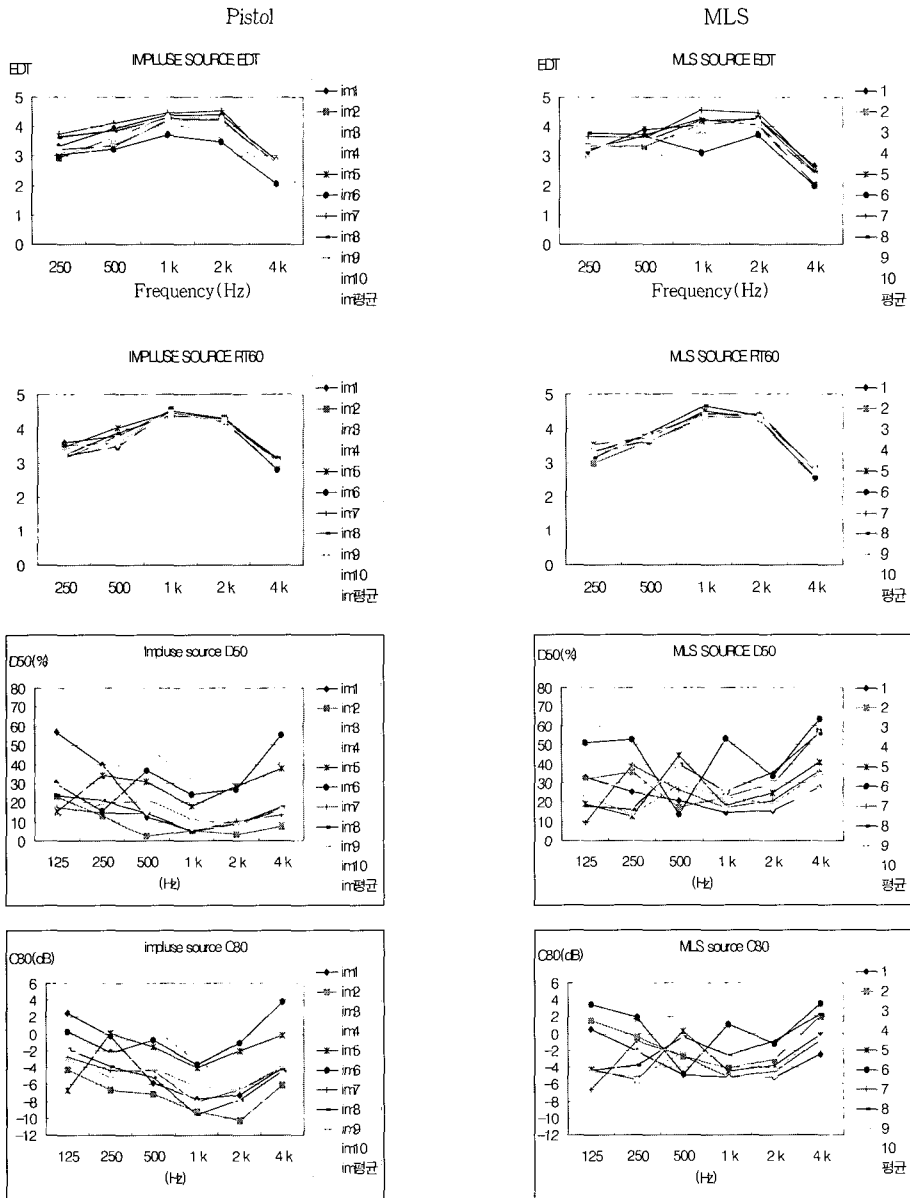


Fig. 6 When used pistol signal and MLS signal in gymnasium, room sound parameter measurement value

볼 수 없었다.

3.3 음원의 종류별 측정오차를 감안한 파라미터 편차비교

(1) 측정오차의 산정방법

우선 MLS신호와 피스톨신호에 대한 측정오차를 구하기 위하여 강당 및 체육관에 대하여 음원으로부터 10m 지점 그리고 교실은 5m 지점에 한점을 정하고 10회 이상 측정하여 500 Hz를 기준으로 편차를 구하였으며 RT값과 D_{50} 그리고 C_{80} 에 대하여 각각 오차를 계산하여 Table 3과 같이 나타내었다.

(2) 파라미터 결과 분석

Table 3에서와 같이 만들어진 표를 중심으로 하여 체육관 및 강당 그리고 교실에 대하여 잔향시간(RT) 명료도(C_{80} , D_{50}) 파라미터 분석결과는 다음과 같다.

가. RT(잔향시간) 비교 결과 분석

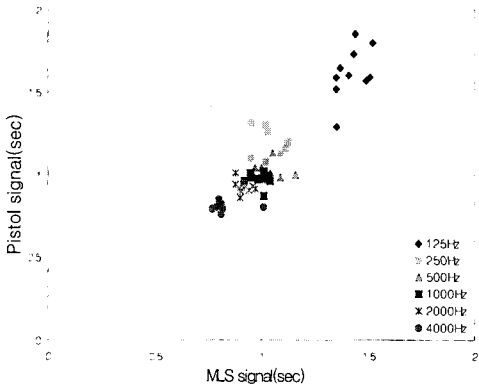
Fig. 7의 (a),(b),(c)에서의 잔향시간을 주파수대역별로 피스톨신호와 MLS신호를 비교분석한 결과 저음역에서(125 Hz ~ 250 Hz) 많은 오차가 발생하다가

중음역이후로는 점차로 측정오차가 감소되어 안정되게 분포됨을 발견할 수 있었다.

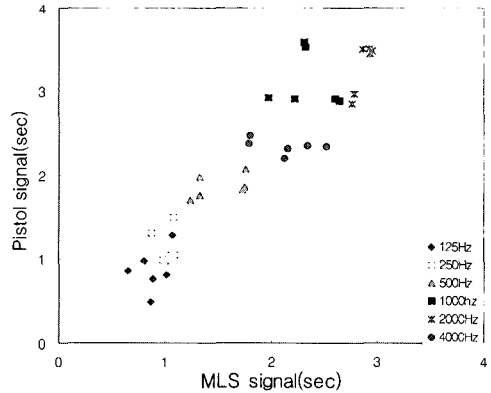
Fig. 7의 (d)에서 보는 바와 같이 잔향시간을 전주파수 대역에서 측정된 결과를 교실과 강당과 체육관

Table 3 Sound benevolent person error analysis at Impulse in gymnasium and measurement from MLS sound source (500 Hz standard)

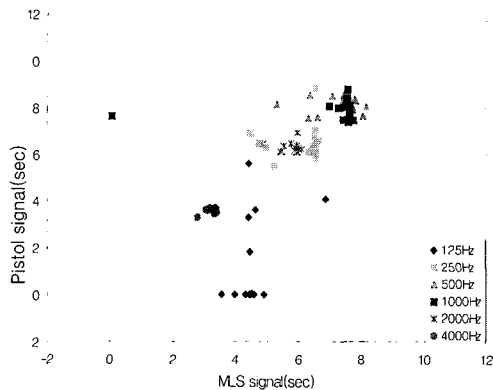
No	RT(sec)		C_{80} (dB)		D_{50} (%)	
	MLS	Pistol	MLS	Pistol	MLS	Pistol
1	0.00	-0.06	-0.20	0.70	-1.00	2.00
2	-0.01	-0.19	0.00	0.00	0.00	-0.20
3	-0.05	0.07	0.30	-0.80	0.70	-3.40
4	0.00	0.04	0.40	0.50	2.20	4.20
5	0.05	0.16	0.00	-0.30	0.30	-0.20
6	-0.01	-0.08	0.00	0.60	0.10	6.50
7	-0.01	-0.16	0.00	1.40	0.10	2.00
8	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.10	-2.00
9	-0.01	-0.06	0.00	1.70	-0.50	10.10
10	0.00	-0.02	-0.20	0.90	-1.20	5.40



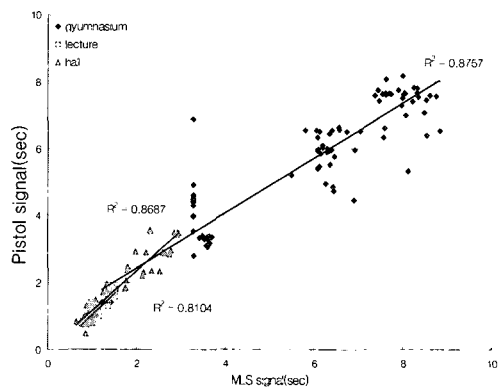
(a) Lecture comparison result



(b) Hall comparison result



(c) Gymnasium comparison result



(d) Tree types comparison result

Fig. 7 Sound source kind different RT_{60} relation -ship deflection comparison analysis result

에 대하여 상관계수 R은 약 0.81에서 0.87로 나타났으며 피스톨신호와 MLS신호는 잔향시간에 대하여 상관성이 있음을 알 수가 있다.

나. C₈₀(음악에 대한 명료도) 비교 결과 분석

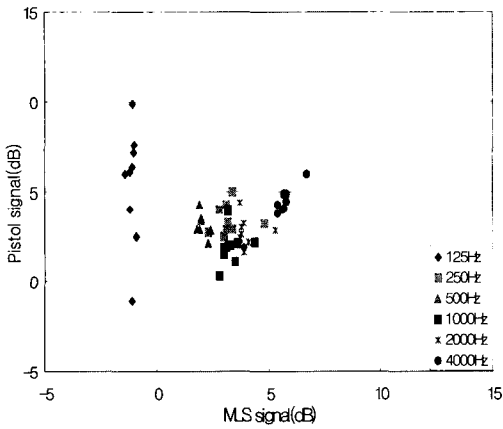
Fig. 8의 (a)의 일반 강의실의 경우에는 저음역(125 Hz~250 Hz)에서는 음의 명료도가 차이가 뚜렷하게 구분이 되어 오차가 많이 발생되다가 중음역(500 Hz)이상으로 갈수록 오차범위가 감소됨을 알 수가 있다. (b)의 강당은 측정데이터의 분포가 완전히 분산형을 이루며 음원의 종류별 연관성을 찾아 볼 수가 없었다. (c)의 체육관의 경우는 전주파수대역에서 피스톨음원이 차이를 보이고 있었으며 음향측정음원으로서 사용되는데 문제가 있음을 알 수가 있었다.

Fig. 8의 (d)에서 보는 바와 같이 음악에 대한 명료도지수를 전주파수 대역에서 측정한 결과를 교실과 강당과 체육관에 대하여 상관계수 R은 약 0.04에서

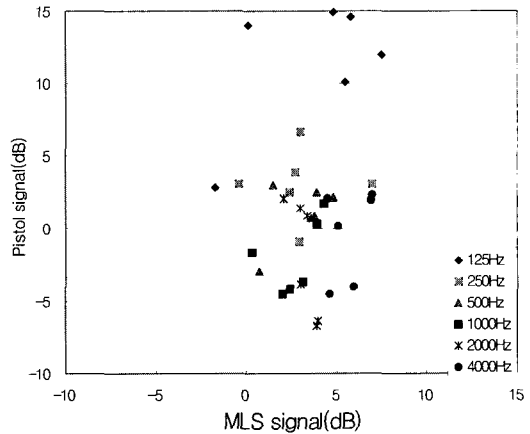
0.12로 나타났으며 피스톨신호와 MLS신호는 음악의 명료도지수에 대하여 상관성이 없음을 알 수가 있다.

다. D₅₀(회화에 대한 명료도) 비교 결과 분석

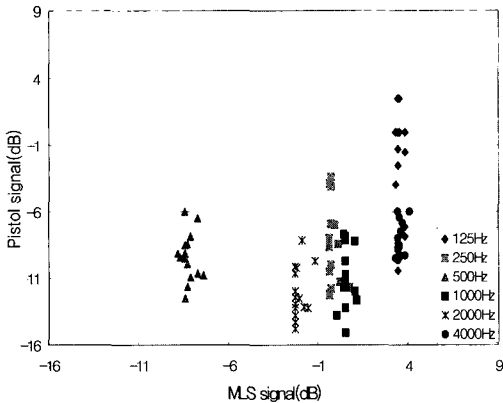
Fig. 9(a)의 교실의 경우에는 저음역(125 Hz~250 Hz)에서는 회화의 명료도가 차이가 나나 500 Hz 이상의 중음역으로 갈수록 오차범위가 감소됨을 알 수가 있다. (b)의 경우는 한 공간에서의 측정값으로 문제점을 많이 나타내고 있었다. (c)의 체육관의 경우는 전주파수대역에서 20%~50% 이상 피스톨음원이 차이를 보이고 있었으며 측정음원으로서 문제가 있음을 알 수가 있었다. Fig. 9의 (d)에서 보는 바와 같이 회화에 대한 명료도지수를 전주파수 대역에서 측정한 결과를 교실과 강당과 체육관에 대하여 상관계수 R은 약 0.08에서 0.16으로 나타났으며 피스톨신호와 MLS신호는 회화의 명료도지수에 대하여 상관성이 없음을 알 수가 있다.



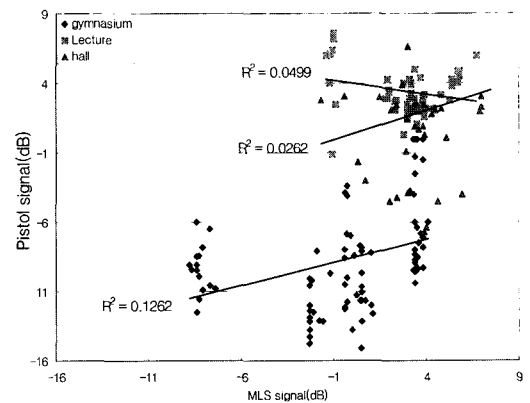
(a) Lecture comparison result



(b) Hall comparison result

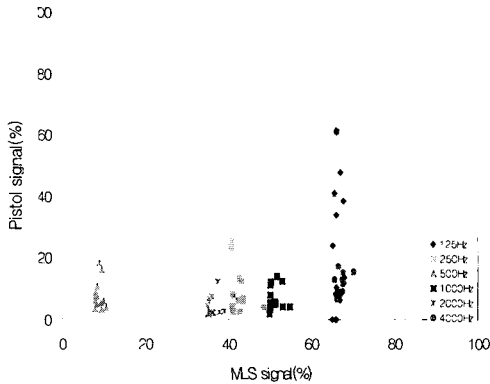


(c) Gymnasium comparison result

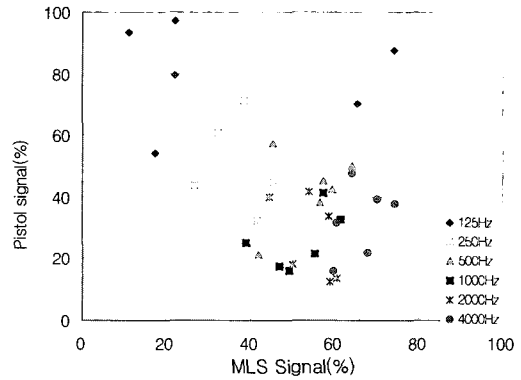


(d) Tree types comparison result

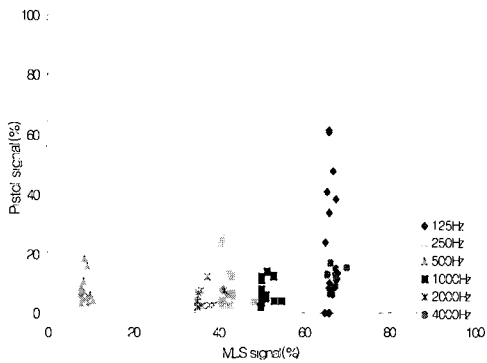
Fig. 8 Sound source kind different C₈₀ relationship deflection comparison analysis result



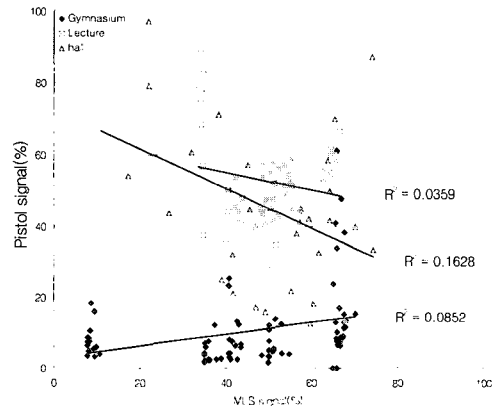
(a) Lecture comparison result



(b) Hall comparison result



(c) Gymnasium comparison result



(d) Tree types comparison result

Fig. 9 Sound source kind different D_{50} relationship deflection comparison analysis result

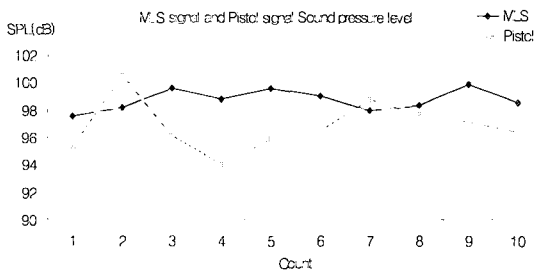


Fig. 10 Impulse sound source and sound pressure level distribution chart of MLS sound source in gymnasium

3.4 측정오차에 대한 MLS음원과 피스틀

임펄스 음원의 음압레벨 평가

측정시 음원의 음압레벨분포의 편차에 따르는 음향 파라미터의 변화가 있는지를 분석하여 보고자 피스틀 음원과 MLS음원에 대하여 측정시 장약량을 조절하면서 Fig. 10에서와 같이 측정횟수별 음압레벨분포를

유지하면서 측정하였다.

측정횟수에서 음압레벨을 최소 94 dB에서부터 최대 101 dB까지 음압레벨의 변화를 주면서 MLS음원과 피스틀음원에 대하여 측정하여 음향파라미터를 분석하여 본 결과 음압레벨의 차이에 따르는 음향파라미터에 대하여 별다른 오차를 나타내지 않았으며 확산음장의 공간에서는 음압레벨의 변화의 값이 10 dB 이내인 경우에는 음향추정데이터 값에는 별 영향을 미치지 않았다.

4. 결 론

이 논문에서 음향성능 평가용으로 잘 알려진 피스틀음원에 대하여 MLS음원을 기준으로 하여 세 장소에서 측정하여 분석하여본 결과는 다음과 같다.

첫째로 음원별로 측정결과 음향인자 중 잔향시간 (RT_{60})에 대해서만 피스틀음원과 MLS음원의 상관관

계가 있음을 알 수 있었다.

둘째로 명료도(C_{80} , D_{50})의 측정값에서는 대하여서는 값의 편차범위를 초과하고 불규칙하게 값이 변화를 보이고 있어 피스톨음원은 MLS음원과 상관관계가 없음을 알 수가 있었다.

셋째로 한 지점에서의 두 음원을 10회 이상 측정하여 주파수 대역별 음향인자를 분석하여본 결과 저음역(125 Hz에서 250 Hz)에서는 피스톨음원이 체육관, 강당, 강의실 순으로 많은 차이를 보이고 있었으며 점차로 500 Hz 이상 중음역에서 차차 감소되어 안정분포를 이루었다. 그러나 잔향시간을 제외하고는 문제가 발생되고 있음을 알 수 있었다.

마지막으로 음향측정시 음압레벨을 92 dB에서 101 dB까지 변화를 주면서 측정하여 분석한 결과 음향테이타 값에는 별영향이 미치지 않음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) Beranek, Leo. 1996, Concert and Opera Halls, How They Sound, ASA, Woodbury NY.
- (2) Barron, M., 1984, "Impulse Testing Techniques for Auditoria" Applied Acoustics 17, pp 165~181.
- (3) Bradly, J. S., 1986, "Auditorium Acoustics Measurement from Pistol Shots", J. Acoust. Soc. pp.199~205.
- (4) Cohn, M. and Lempel, A., 1997, "On Fast M-Sequence Transform" IEEE trans. Inf. theory, pp. 135~137.
- (5) Chu, W. T., 1990, "Impulse-Response and Reveration-decay Measurements Made by Using a Periodic Pseudorandom Sequence" Applied Acoustic 29, pp. 193~205.
- (6) Rife, D. D. and Vanderkooy, J., 1989, "Transfer_Function Measurement with Maximum-length Sequences", J. Audio Eng. Soc Vol. 41, No. 5, pp. 419~443.
- (7) Dunn, C. and Hawksford, M. O., 1993, "Distortion Immunity of MLS-Derived Impulse Response Measurements" J. Audio Eng. Soc Vol. 41, No. 5, pp. 314~335.
- (8) Svensson, P., Kleiner, M. and Kihlman, T., "Application of MLS Technique to Reverberation Time Measurement", Department of Applied Acoustics.
- (9) ISO 3382: Measurement of Reverberation Time in Auditoria.