

# 차음성능 측정에 있어서의 암소음의 영향의 저감 (1)

## Reduction of the Influence of Background Noise in Sound Insulation Measurement

염성곤\*·다치바나 히데끼\*\*  
 Sung-gon, YUM, Hideki Tachibana

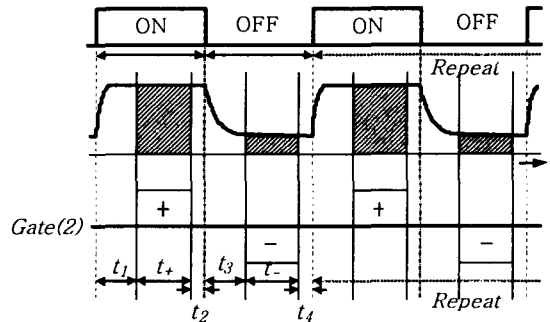
**Key Words :** 차음측정(Sound Insulation Measurement) 동기적분법(Synchronized Integration or Power Difference method)  
 M 계열변조상관법(Correlation method by MLS modulation) TSP 법(Time-Stretched Pulse method)

### ABSTRACT

In the sound insulation measurements, the influence of background (extraneous) noise is often serious problem and how to reduce its effect and to improve the signal-to-noise(S/N) ratio is an important theme. As the background noise, such extraneous noises as road traffic noise and machine noise often disturb the measurement. In laboratory measurements on specimens with high sound insulation performances, even the internal noise of the measurement system can become a problem. To improve the signal-to-noise ratio and to improve the measurement accuracy, various kinds of digital signal processing techniques can be applied. In this paper, four kinds of digital signal processing techniques are applied and their effectiveness is examined by a simple sound insulation measurement.

### 1. 서론

실험실 또는 현장에서의 차음측정에 있어서는 암소음의 영향에 의해 측정에 한계가 생기게 되며 이 문제를 개선하기 위한 방법으로서 각종 신호처리 기술을 차음측정에 응용할 수 있다. 본 논문에서는 정상응답에 착안한 동기적분법, M 계열변조상관법, 임펄스응답에 착안한 TSP 법 및 MLS 법에 대하여 그 원리를 정리하고 간단한 실험실에서의 신호처리 기술을 응용한 차음성능 측정결과를 소개한다.



[Fig. 1] 동기적분법의 원리

### 2. 측정법의 원리

#### 2.1 동기적분법

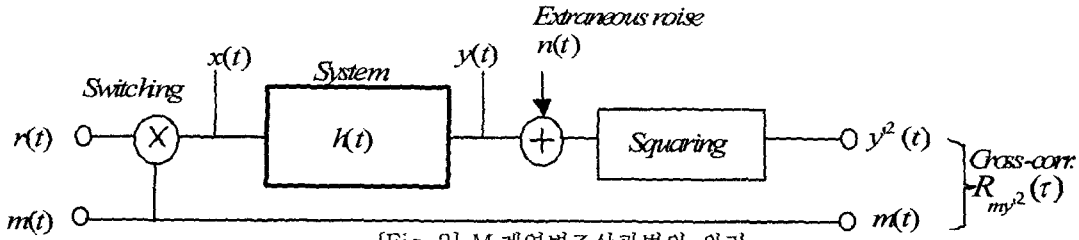
동기적분법은 대기중의 음향전파 측정 등을 목적으로 1972년 石井 등에 의해 제안된 방법으로 [Fig. 1]에 나타내고 있는 것과 같이 측정신호를 ON, OFF 하여 각 시간에서의 음압의 2 승적분값의 차로부터 암소음의 영향을 제거하는 방법이다. 그러나, 이 방법은 도로교통소음과 같이 시간변동이 큰 경우에는 측정오차가 발생할 가능성이 있다고 할 수 있다.

#### 2.2 M 계열변조상관법

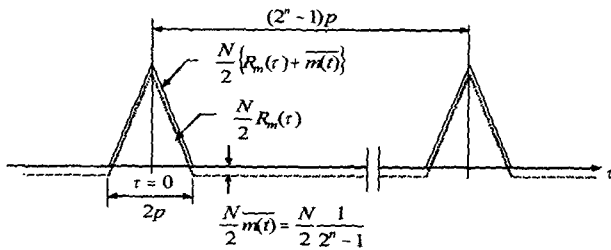
M 계열 변조상관법 또한 동기적분법과 같이 옥외에서의 음향전파 측정을 위하여 1968년 青島 등에 의해 제안된 방법으로, 측정주파수에 비해 충분히 낮은 Clock 주파수의 M 계열 신호로 시험신호를 변조(ON, OFF)하여 전파음 음압신호의 파형과 원 M 계열 신호와의 상호상관을 계산한다. 이에 따라 얻어진 결과는 등가적으로는 M 계열 신호의 자기상관함수의 형태를 갖는 에너지 펄스에 대한 시스템의 응답으로 볼 수 있으므로 평균응답의 효과에 의해 S/N 비의 개선도 기대할 수 있게 된다.

[Fig.2]에 있어서  $m(t)$  는  $\pm 1$  의 두 값을 갖는 M 계열 신호,  $r(t)$  는 광대역잡음, 시스템  $h(t)$  로의 입력신호  $x(t)$  는  $r(t)$  를  $(m(t)+1)/2$  로 변조한

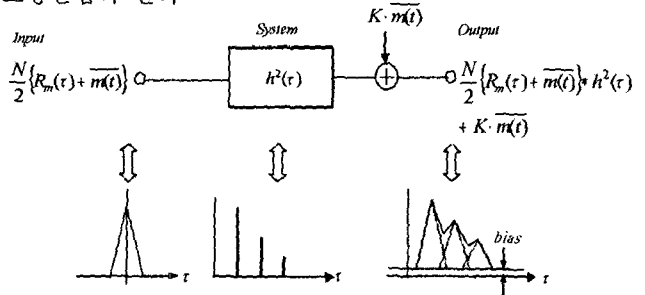
\* 삼성물산㈜건설부문  
 E-mail : sunggony@yahoo.co.kr  
 Tel : (02) 2145-7162, Fax : (02) 2145-7180  
 \*\* 동경대학 생산기술연구원



[Fig. 2] M 계열변조상관법의 원리



[Fig. 3] 자기상관함수



[Fig. 4] 등가시스템

신호, 즉  $x(t) = (m(t)+1) \cdot r(t)$  가 된다. 측정 중에 외부소음  $n(t)$  가 혼입되면, 관측된 음압신호  $y'(t)$  는  $x(t) * h(t) + n(t)$  가 된다. 여기에서,  $y'(t)$  의 2 승신호와  $m(t)$  와의 상호상관함수를 생각하게 되면,  $m(t)$  와  $r(t)$  의 통계적 독립성과  $r(t)$  의 백색성에 의해 (1)식과 같이 된다.

$$R_{my^2}(\tau) = \overline{m(t) \cdot y^2(t + \tau)}$$

$$= \frac{N}{2} h^2(\tau) * \{R_m(\tau) + \overline{m(t)}\} + K \cdot \overline{m(t)} \quad (1)$$

여기에서,  $N$  은  $r(t)$  의 파워 (2 승평균값),  $K$  는  $n(t)$  의 파워,  $R_m(\tau)$  는  $m(t)$  의 자기상관함수,  $\overline{m(t)}$  는  $M$  계열 신호의 평균임으로,  $n$  차의 신호에서는  $\overline{m(t)} = 1/(2^n - 1)$  가 된다.  $m(t)$  의 Clock 주기를  $p$  라고 하면,  $\{R_m(\tau) + \overline{m(t)}\}$  는 [Fig. 2]에 나타낸 것과 같이 되고, (1)식은 [Fig. 3]에 나타낸 것과 같이 높이  $(N/2) \cdot \{R_m(\tau) + \overline{m(t)}\}$ , 폭  $2p$  의 삼각형 에너지펄스를  $h^2(t)$  의 임펄스응답을 갖는 측정시스템에 입력하였을 때의 출력과 외부소음의 영향  $K \cdot \overline{m(t)}$  (Noise Bias)와의 합을 의미한다.  $n$  ( $M$  계열신호의 차수)을 충분히 크게 하면 펄스의 반복주기는 길게 되어 단발의 펄스형태로 본다면 또 동시에 삼각형의 피크값도 커지게

된다.  $n \rightarrow \infty$  의 경우,  $\overline{m(t)} \rightarrow 0$  이 되어, Noise Bias 는 무한히 작게 되지만, 실제 측정에서는  $n$  은 유한하므로 반드시 Noise Bias 가 남게 되며, 또 이 값은 변동하게 된다.  $M$  계열신호의 차수를 늘리거나 다수의 주기에서 평균을 함으로써 이 Noise Bias 를 저감시키는 효과는 없으나 변동을 안정시키는 효과는 있다고 할 수 있다. 따라서, 응답이 충분히 수렴했다고 생각되는 부분으로부터  $K \cdot \overline{m(t)}$  를 계산하여 전체로부터 그 에너지값을 빼게 되면, 외부잡음의 영향을 저감시킨 형태의 에너지 임펄스 응답을 얻을 수 있다.

### 2.3 TSP(Time-Stretched-Pulse)법

임펄스 응답을 펄스신호를 이용하여 측정하려고 하면, 스피커로의 입력조건 제약이 있으므로, 큰 에너지를 갖는 임펄스를 방사시키는 것이 어렵게 된다. 따라서, 순음의 주파수를 연속적으로 이동시킨 신호를 사용하여 그 측정결과에 원 신호의 역 필터를 Convolution 함으로써 임펄스 응답을 구하는 방법이 제안되어 있다. 그 중에서도 DFT 를 사용하여 단위 샘플의 위상을 원형상태로 움직이도록 함으로써 임펄스 응답을 구하는 방법이 많이 사용되고 있다. 이 방법은 펄스의 응답을 귀로 확인하면서 측정이 가능하고, 또 현장에서 불의에 발생하는 소음의 영향을 피하는데 있어서도 편리하여 홀의 임펄스 응답의 측정에 오랫동안 사용되어 오고 있다.

$$H^{-1}(k) = \begin{cases} \exp(j4m\pi k^2/N^2), & 0 \leq k \leq N/2 \\ H^{-1}(N-k), & N/2 < k < N \end{cases}$$

$$H(k) = \begin{cases} \exp(-j4m\pi k^2/N^2), & 0 \leq k \leq N/2 \\ H(N-k), & N/2 < k < N \end{cases}$$

$$m = N/4, \quad N = 2^n, \quad n = 20 \sim 26 \quad (2)$$

### 2.4 MLS 법

MLS(Maximum-Length-Sequence signal and Fast Hamadard Transformation)법은 선형 시불변 시스템의 임펄스 응답을 S/N 비가 높은 상태에서 측정하는 방법으로서 M 계열, L 계열 등의 랜덤신호를 입력신호를 사용하여 출력신호와 상호상관함수를 계산하여 구하는 방법이다.

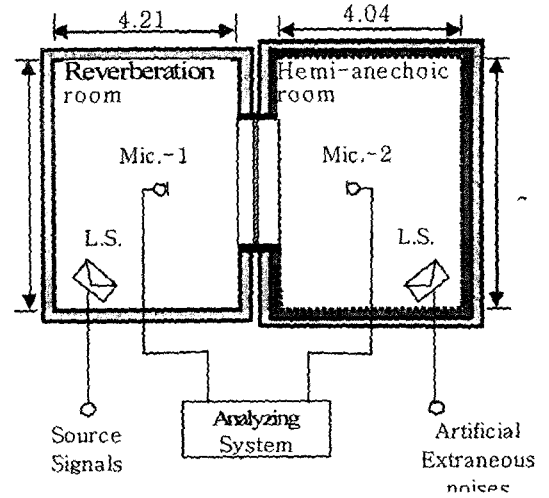
Alrutz, Schroder 는 음원에 M 계열신호를 사용한 경우에 상호상관함수를 고속으로 계산할 수 있는 방법을 제안하고 있다. MLS 법에서는 상호상관함수를 계산하는 경우에 연산이 정수연산이 되므로 오차의 발생이 적고 고속연산이 가능해지는 등의 이점이 있으나, 옥외 측정에 있어서의 바람의 영향 등 시변성의 영향을 받기 쉽다는 단점이 있다.

## 3. 실험실에서의 모의실험

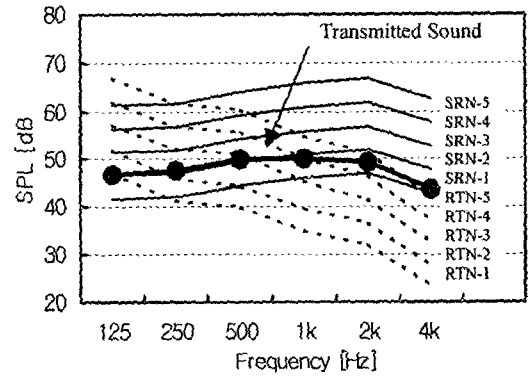
### 3.1 차음성능 실험의 개요

차음성능 측정에 있어서 암소음의 영향을 저감하는 방법을 검토하기 위하여 [Fig. 5]에 나타내고 있는 것과 같은 잔향실(음원실)-반무향실(수음실)에 시료가 설치되어 있는 상태에서 음원실내 1 점과 수음실내 1 점에서의 특정장소간음압레벨차를 측정하였다. 인공적으로 암소음을 발생시키기 위하여 수음실내에는 스피커를 설치하여 [Fig. 6]과 같이 정상소음(SRN : Stationary Noise)과 녹음된 도로교통소음(RTN : Road Traffic Noise)을 각각 방사시켜 측정하였다. 2 종류의 암소음레벨은 5dB 간격으로 각각 5 단계(1~5)로 변화시켜 측정하였다.

동기적분법에 의한 경우, ON, OFF 시간을 각각 8s 로 하여, 정상상태에 도달하는 시간과 측정대상공간의 잔향시간 등을 고려하여  $t_+ = t_- = 4s$  에 대하여 계산하였다. M 계열변조상관법에 의한 경우는, 차수 7, Clock 주기 200ms 의 M 계열신호로



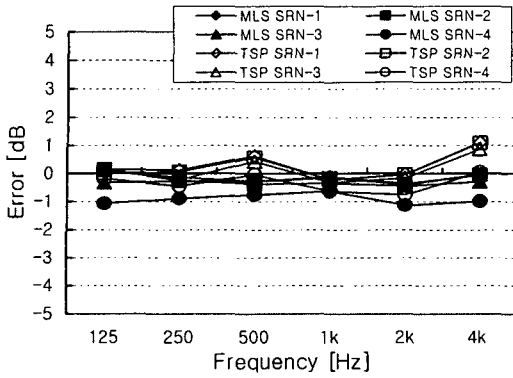
[Fig. 5] 차음성능의 측정시스템



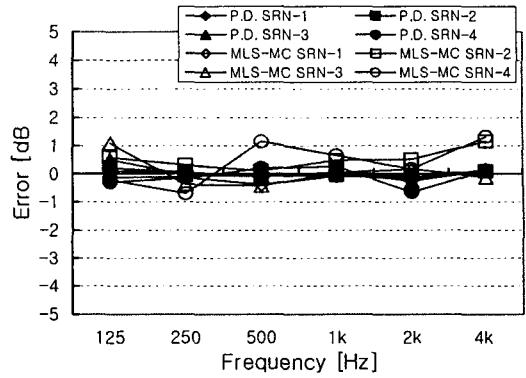
[Fig. 6] 수음실에서의 투과음과 암소음 조건

광대역잡음(White Noise, 125~4kHz)을 변조(ON, OFF)하였다. 2 가지 측정법에 대하여 동일한 비교를 위하여 측정시간은 10 분으로 동일하게 설정하였다.

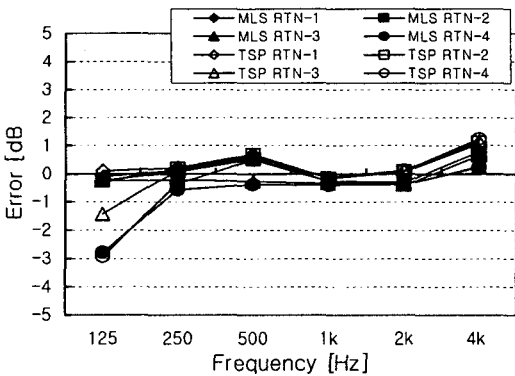
MLS 법의 경우, 음원신호로서는 차수 19, 주기 10.9 초의 M 계열신호를 사용하였으며, TSP 법은 차수 20, 계속시간 10.9 초의 TSP 신호를 사용하였다. 실험조건으로서 이 2 종류의 신호 및 동기적분법 등의 방법과 비교하기 위하여 음원실내 측정점에서 1kHz 대역 (Oct.Band)의 음압실효치가 동일하게 되도록 조절하였다. 그러나, 정상상태가 아닌 TSP 신호에 대하여서는 계속시간 10.9 초동안 적분하여, 계속시간 10.9 초로 나눈 값(실효치에 상당)이 동일하게 되도록 조절하였다.



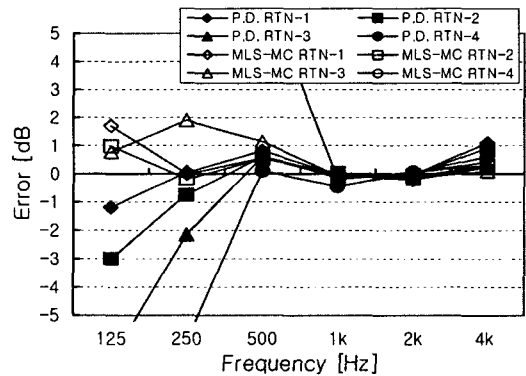
(a) MLS · TSP 법, 정상소음 (SRN)



(b) M 계열변조 · 동기적분법, 정상소음 (SRN)



(c) MLS · TSP 법, 도로소음 (RTN)



(d) M 계열변조 · 동기적분법, 도로소음 (RTN)

[Fig. 7] 암소음을 부가한 경우의 측정오차 (실험실에서의 모의실험 결과)

#### 4. 측정결과

[Fig. 7]에 암소음으로서 정상소음레벨을 변화시켜 (SRN 1~4) 차음성능을 측정한 결과와 암소음이 없는 상태에서 측정한 결과와의 차이를 비교하여 나타낸 것이다. 동기적분법, M 계열상관법 모두 수음점의 SN 비가  $-10\text{dB}$ 의 조건(암소음이 투과되어 오는 소음에 비해  $10\text{dB}$  높은 조건)에서도 측정오차  $1\text{dB}$  이내로 측정되었다. MLS 법, TSP 법은 각각 8 회 동기가산하였으며, 구해진 임펄스 응답의 2 승적분치(음압폭로레벨)로부터 2 점간의 음압레벨차를 구하였다. 다만, 외부소음의 영향을 최소화시키기 위하여, 적분시간은 각 대상공간의 잔향시간의  $1/2$  로 하여 분석하였다. MLS, TSP 법도 동기적분법 등과 같이  $-10\text{dB}$ 의 조건에서도  $1\text{dB}$  이내에서 측정 가능한 것을 확인하였다. 암소음이 도로소음인 경우과, 정상소음의 경우에 비하여 측정오차가 크게 나타나고 있으며, 이는 암소음의 시간변동에 의한 것으로 생각된다. 특히, 동기적분법의 경우, 다른 측정법에 비하여 상대적으로 오차가 크게 나타나고 있으며, 임펄스 응답을 이용하는 경우, 외부소음의 영향을 상대적으로 적게 받고 있다.

#### 5. 결론

차음성능 측정에 있어서 암소음의 영향을 저감시키기 위한 방법으로서 동기적분법, M 계열변조 상관법, TSP 법 및 MLS 법을 적용하여 모의실험 결과, 일반적인 측정법으로는 측정 불가능한 조건인 암소음이 높은 조건에서도 정도 높은 측정이 가능하다는 것을 확인하였다.

#### 참고 문헌

- (1) 石井他, 同期積分の手法による騒音伝搬測定, 日本音響学会誌 35 卷 5 号, 1979
- (2) 青島他, M 系列の相関を用いた音響測定, 日本音響学会誌 24 卷 5 号, 1968
- (3) H.Alrutz, M.R.Schröder, "A Fast Hadamard Transform Method for the Evaluation of Measurements using Pseudorandom Test Signals", 11<sup>th</sup> ICA, 1983
- (4) H.Tachibana, H.Yanoo, F.Satoh, "Sound insulation measurement by various kinds of digital signal processing techniques", Proc. inter-noise 2001, vol.3, 1137-1142 (2001)
- (5) 康他, 遮音測定における暗騒音の影響の除去, その 1. 同期積分法, M 系列変調相関法の利用, 日本音響学会講演論文集, p905-906, 2001.10