한국소음진동공학회 2003년도 추계학술대회논문집, pp.851~856.

ISO/WD 18233 - 건축음향에서의 새로운 측정방법의 적용

Report on the Research of ISO/WD 18233 - Application of new measurement methods in building acoustics

국 찬*, 김 선우**, J. H. Rindel***
Chan Kook, Sun-Woo Kim, J. H. Rindel

Key words: ISO, new measurement method, reverberation time, MLS, swept sinusoidal signal

ABSTRACT

The study on the new measurement method of room acoustics is now in process in the ISO TC43/SC2/WG24. New standard(WD 18233) is dealing with the MLS, swept sinusoidal signal and impulse. This working group is composed of more than 20 specialists in 10 countries and the convener is professor J.H.Rindel in technical university of Denmark.

The meeting of WG24 was held in the DIN, Berlin at 23rd. this september and the results was sent to the secretary of ISO TC43/SC2 for the circulation. Brief information of ISO/WD18233 and the result of this meeting is given here.

Ⅰ. 서론

현재 ISO(세계 표준화기구)의 TC43(음향) SC2(건축음향)의 WG(작업그룹)24 에서는 WD(Working Draft) 18233으로 MLS, Sine Sweep, 임펄스 등을 이용한 측정방법의 적용에 대하여 새로운 기준을 만들고자 연구가 진행중이다. 이 연구는 덴마크 공과대학의 J.H.Rindel 교수를 위원장으로 10여개국 20여명의 연구진이 속해 있으며 2003년 9월 23일 베를린 DIN에서 열린 회의에서는 8개국 10명이 참가하여 의견을 나누었다. 여기에서는 이번 회의에 확정하여 회람을 위해 ISO TC로 보내진 ISO/WD18233를 소개하고 지금까지의 진행상황과 앞으로의 동향 등에 대하여 간단히 보고하고자 한다.

*:정회원 동신대학교 환경조경학과 부교수
e-mail: kookchan@dsu.ac.kr, 061-330-3344
**:정회원, 전남대학교 건축공학부 교수
***:Denmark 공과대학 교수,

Ⅱ. ISO/WD 18233의 구성 및 주요사항

제목 : Acoustics - Application of new measurement methods in building acoustics

1장 Scope :

1장 에서는 본 ISO의 목적을 다음과 같이 소개한다. "국제 기준이 건물과 건물부재의 음향특성을 측정하는데 에 새로운 측정방법의 적용을 위한 요구사항과 가이드라인을 제공한다. 시험되어질 시스템의 linearity와 time-invariance와 함께 excitation signal, signal processing, environmental control의 선택에 대한 가이드라인과 요구사항이 주어질 것이다.

이 국제규격은 실간, 파사드간의 공기전송음의 측정, 실들의 잔향시간과 다른 음향적인 변수의 측정, 잔향실에서의 흡음의 측정 및 진동레벨차이와 전달계수의 측정방법을 찾는 데에 적용이 가능하다."

2장 Normative references :

본 규격과 관련하고 있는 규준들로서

· ISO140(전부) : Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and building elements.

· ISO3382 : Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.

· ISO/CD 3382-2 : Acoustics - Mea surement of reverberation time - Part2 : Ordinary rooms.

· IEC 61260 : Electroacoustics - Octave band and fractional-octaveband filters.

· IEC 61672-1: Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications

· ISO/DIS 10848-1: Acoustics - Laboratory measurements of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms - Part 1: Frame document

등을 열거하고 있다.

3장 Definitions

· Classical method : 기존의 잔향시간 측정방법인 소음이나 임펄스를 이용한 단일채널측정방법을 고전적인 측정방법.

· New method : 이론적이나 실제적이나 정상적인 상황에서 기존의 방법에서 얻어지는 결과에 상응하는 측정방법.

· Effective signal-to-noise ratio : 효과적인 신호대 잡음비로서 20log10(새로운 측정방법의 excitation에 의한 신호부분의 RMS값/ 동일 측정방법에 의한 원치 않는 부분의 RMS값)으로 정의한다.

· Fractional-octaveband : IEC 61260에서 정하는 1/1옥타브밴드의 주파수 범위를 따른다.

4장 General theory

4.1 Introduction : <그림 1>과 같이 잔향시간의 전형적인 그래프를 소개한다.

4.2 Sound in a room : 실에서의 잔향시간 모형의 차이를 <그림 2>에서 비교하여 보여주고 있다.

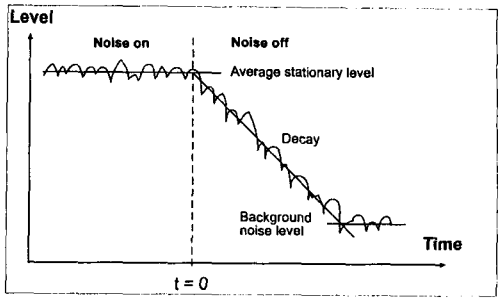

그림 1 전형적인 레벨-시간 잔향시간그래프

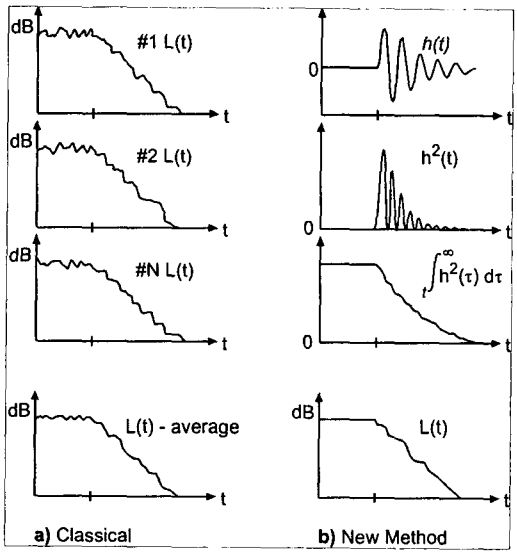

그림 2 고전적인 방법과 새로운 방법의 잔향형태의 차이

4.3 Sound transmission between two rooms : 실간의 소리전달에 대하여 정의하고 음원실과 수음실 사이의 음압차이 D는 식 1과 같이 정의한다.

$$D = L_S - L_R = 10 \cdot \lg \left[\frac{\int_0^\infty h_S^2(\tau) d\tau}{\int_0^\infty h_R^2(\tau) d\tau} \right] \quad \cdots\cdots \text{식 1}$$

4.4 Using the transfer function: 전달함수의 이용을 parseval의 이론을 적용하여 전개하고 transfer function을 적용한 실간 음압레벨 D를

식 2와 같이 정의한다.

$$D = L_S - L_R = 10 \cdot \lg \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} |H_S(\omega)|^2 d\omega}{\int_{-\infty}^{\infty} |H_R(\omega)|^2 d\omega} \right] \quad \cdots\cdots \text{식 2}$$

5장 Measurement of the impulse response

5.1 General : impulse response는 매우 짧은 음향 펄스의 반응으로 측정되므로 필요한 정도의 가진 신호를 얻기 위해서는 디지털신호처리에 의해 얻어진 가장 실질적인 것이어야 한다.

5.2 Excitation signal

5.2.1 Introduction : 고전적인 방법에서는 측정채널보다 최소한 같거나 더 넓은 음역을 가진 random noise나 impulse가 필요하며 반복성에서 문제가 발생했던 반면 새로운 측정방법에서는 deterministic excitation signal을 사용하기 때문에 측정의 반복성을 증가한다.

5.2.2 Spectral requirements : 가진신호의 효과적인 범위는 측정될 모든 실제적인 옥타브 밴드를 커버해야 하며 신호대 잡음비의 문제로 인하여 낮은 주파수 대역에서 더 강한 신호이어야 한다고 언급하고 여러 경우에 pink-noise가 충분한 신호대 잡음비를 얻기에 적절하다고 하고 있다. 반면에 실간 차음의 경우는 음의 전달이 높은 주파수에서 감소하므로 가진 신호가 이 범위 안에 들어오도록 충분히 증폭할 것을 권한다.

5.2.2.1 Repetitive excitation : 반복주기는 실의 잔향시간보다 최소한 같거나 클 것을 요구한다.

5.2.2.2 Non-repetitive excitation : decaying response가 적절히 녹음될 때 까지 충분한 시간을 필요로 하며 부속서B의 sweep excitation의 경우는 높은 주파수의 잔향시간에 의해 결정된다.

5.2.3 Level and linearity : 원하는 신호대 잡음비를 얻기 위하여는 충분히 큰 레벨을 확보해야 하고 새로은 측정방법은 고전적인 방법에 비하여 훨씬 효과적이나 왜곡이 발생할 경우 시스템을 비선형화 시키게 됨에 유의해야 한다.

5.2.4 Directivity : 음원의 방향성은 고전적인 방법과 동일하게 한다.

5.2.5 Number of source positions : 음원위치의 숫자 또한 고전적인 방법에 준한다.

5.3 Measurement of the response

5.3.1 Transducers for measurement : 이 또한 고전적인 방법에 준한다.

5.3.2 Frequency weighting : 부속서 A 와 B의 방법은 광대역 측정을 기술하고 있으며 이 경우 또한 옥타브밴드필터는 IEC61260에 준하도록 하고 Sampling 주파수도 결정되어야 한다. 또한 반복적인 가진시 각 주파수 대역별로 30dB이상 감소한 시간을 확보해야 하며 비 반복 가진에 의한 잔향시간의 측정시에는 고전적인 기준을 만족해야 한다.

5.3.3 Level linearity and dynamic range : IEC61671-1에 준한다.

5.3.4 Crosstalk : 전기적 혼신등에 유의해야 하며 스피커로 가는 케이블과 같은 가진신호를 갖는 선들은 마이크 케이블과 멀리 배치하고 차폐하도록 권하고 있다. 또한 일반적인 음 신호는 음원과 수음점의 거리에 따라 정상정으로 지연되지만 전기적인 혼신은 일반적으로 지연되지 않는다.

5.3.5 Limits for the time integration

5.3.5.1 Measurement of level : 앞에서레벨은 무한대의 긴 시간을 정의하는데 실질적으로 그럴 수도 없고 원하지도 않는다. 따라서 t_1 까지의 시간의 레벨은 다음과 같이 정의되며 여기서 ε_0는 배경소음이다.

$$L = 10 \cdot \lg \left\{ N_0 \int_0^{t_1} h^2(\tau) d\tau + \int_0^{t_1} \varepsilon^2(\tau) d\tau \right\} \quad \text{및}$$

$$t_1 \geq T/3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{식 3}$$

또한 그림3은 a)에서는 임펄스 반응 신호, 잡음

및 혼합신호를 보여주고 b)에서는 위의 함수에 적용된 t_1까지의 적분에 의한 계산된 레벨이다.

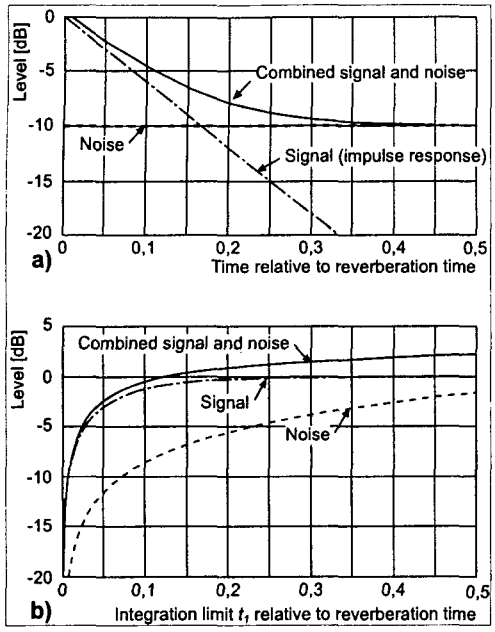

그림 3 임펄스반응의 적분에 의해 계산된 레벨의 비교

5.3.5.2 Measurement of reverberation time : 앞절과 마찬가지로 t에서 t_2의 적분식을 적용하며 t_2는 임펄스 반응이 지수감소 할 때 외부 배경소음에 의해 결정되는 측정된 반응의 끝과 같아지는 시간을 권장한다.

5.3.6 Response averaging : 가급적 많은 값들을 평균하도록 권장한다.

5.3.7 Number of measurement points and spatial averaging : 고전적인 방법에 따른다.

5.3.8 Stability and time-invariance : 모든 부분은 시간에 불변해야 하며 특히 MLS방법에서는 더욱 중요하다. 일반적으로 전기부품에서는 별 문제되지 않으나 스피커의 경우 voice-coil의 가열로 인하여 감도가 달라진다. 음원이나 마이크는 절대로 움직여서는 안 되며 높은 주파수가 낮은 주파수보다 더 영향이 큰 경향이 있다.

5.3.9 Environmental conditions : 환경조건은 고전적인 방법에 준한다.

6장. Measurement of the transfer function

transfer function은 퓨리에 변환에 의한 임펄스반응이나 sinusoidal excitation에 의해 얻어지며 측정채널에는 협대역필터가 측정시스템의 비선형에 의해 발생하는 harmonic component를 제거한다.

7장. Measurement precision

부속서A, B에서 정하는 요구조건을 적절하게 만족시키면 기존의 방법보다 최소한 같거나 좋은 결과를 얻을 것이다.

8장, Report

Annex A (informative) Application of Maximum Length Sequences

A.1 Introduction : MLS는 binary sequence여서 가진에 사용된 경우 클럭주파수 f_c의 고정된 속도로 제공된다. MLS는 전체숫자에 의해 주어진 order N에 의해 특성화되고 sequence의 길이는 $l_1=2^N-1$ 이므로 반복주파수 f_{REP}는 식 A1과 같이 정의된다.

$$f_{REP} = \frac{1}{T_{REP}} = \frac{f_c}{2^N - 1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{식 A1}$$

또한 MLS의 sequence는 그림4와 같다.

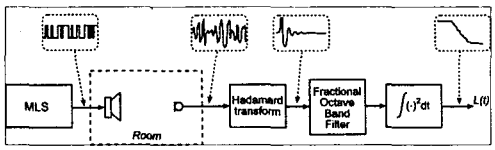

그림 4 MLS의 process

A.2 Sequence length : 예상 잔향시간보다 같거나 길어야 하며 다음 식으로 정의한다.

$$T_{REP} = \frac{2^N - 1}{f_c} \geq T \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{식 A2}$$

A.3 Signal-to-noise ratio

A.3.1 General

A.3.2 Level measurements : 고전적인 방법에 비하여 다음과 같은 향상이 얻어진다.

$$\Delta = 10\lg\left\{\frac{n \cdot T_{REP}}{t_1}\right\} \text{dB} \quad \cdots\cdots\cdots \text{식 A3}$$

A.3.3 Measurement of reverberation time : 고전적인 방법에 비하여 다음과 같은 향상이 얻어진다.

$$\Delta = 10\lg\left\{\frac{13{,}8 \cdot n \cdot T_{REP}}{T}\right\} \text{dB} \quad \cdots\cdots \text{식 A4}$$

A.4 Time invariance

A.4.1 General

A.4.2 Movement : 실험중 이동은 절대 하여서는 안된다.

A.4.3 Environmental conditions : 레벨차의 실험중 가능한 온도변화는 식 A5와 같고

$$\Delta\vartheta \le \frac{200^{\circ}\text{C}}{f \cdot T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{식 A5}$$

잔향시간의 경우는 식 A6와 같다.

$$\Delta\vartheta \le \frac{1300^{\circ}\text{C}}{f \cdot T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{식 A6}$$

또한 옥외 측정시 최대 풍속은 평균 4㎧이하이며 강풍시에도 10㎧를 넘어서는 안된다. 스피커에 인접하여 풍속을 재서 기록하고 풍속계는 2초간의 측정동안 최소한 10%이하의 정확도를 가져야 한다.

A.4.4 Distortion : 왜곡은 일반적으로 noise floor의 상승을 초래하므로 반응이 선형인 부분에서만 측정하여야 한다.

Annex B (informative) Application of swept sinusoidal signals

B.1 Introduction : 부속서 A의 방법에 비하여 가진신호로 sweep을 사용하면 harmonic distortion 으로부터 효과적인 신호대 잡음비의 저하를 줄이고 환경안정성에 대항 감도를 감소시키는 등의 유리한 점들이 있다.

B.2 Sweep duration : MLS에 비하여 특별히 더 요구조건은 없으나 sweep response를 기록하기 위한 aquisition time은 sweep 자체보다 길어야 한다.

B.3 Sweep Generation : sweep은 측정하고자 하는 최하 주파수 이하에서 시작하여 최고주파수 이상까지 한다.

B.3.1 Sweeps with white and pink spectrum : linear sweep에는 white noise 가 적합하고 exponential sweep에는 pink noise 가 적절하다.

B.3.2 Synthesis of sweeps with arbitrary amplitude spectrum : sweep rate의 변화에 의한 spectral 요구조건에 맞추어 가진 신호의 스펙트럼은 변화될 것이다. 만약 특정한 주파수의 sweep rate가 늦어지면 에너지가 한 곳으로 집중될 것이므로 적절히 sweep rate를 조절할 필요가 있다.

B.4 Recording the response

적어도 30dB를 커버해야 하며 신호와 반응의 관계는 다음과 같다.

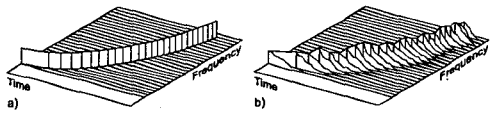

그림 5. exponential sweep시 가진과 반응의 주파수-시간 그래프

B.5 Deconvolution

swept sinusoidal signal 방법을 이용하는 측정의 개념도는 <그림 6>과 같이 두개의 FFT를 이용한 방식을 사용하고 있다.

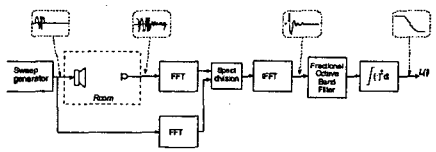

Figure B2

그림 6 Swept sinusoidal sinal 방법의 process

B.6 Signal-to-noise ratio : 이 또한 더 많은

임펄스 반응의 평균으로 신호대 잡음비가 개선될 수 있다.

B.7 Time invariance : 부속서 A와 동일
B.7.1 General
B.7.2 Movement
B.7.3 Environmental conditions
B.7.4 Distortion

B.8 Periodic and repeated sweeps : 반복간격은 잔향시간보다 더 길어야 한다.

Ⅲ ISO TC43/SC2/WG24 회의 진행사항

본 WG24는 다음과 같은 순서로 연구회의 가 진행되었으며 그 내용을 간단히 요약하면 다음과 같다.

- Discussion of information and experiance with new measuring methods로서 여러 나라에서 각자 자기의 경험에 관한 발표가 있었다.
- MLS와 sine-sweep method의 초안검토

이 회의에서는 초안의 문구상의 문제점들과 표현방법 등에 대하여 많은 얘기가 나누어졌으며 특히 sine-sweep, 또는 swept sinusoidal 등의 용어은 더 많은 나라의 사용용어를 조사하여 따르도록 하였다.

Ⅳ 맺는말

본 ISO 회의에서는 "mesaurement uncertainty"에 관한 많은 발표가 있었는데 지금까지의 진행상황에 의하면 측정결과에 대한 95%의 신뢰구간을 표시하는 의견이 지배적이어서 향후 이러한 신뢰구간의 표기를 의무화하게 된다면 실험실별 또는 기기 메이커별로 정확도의 우열이 명백히 나타나게 되어 많은 논란이 예상된다.

또한 앞으로 새로이 시작하는 연구과제는 연구기간을 3년을 정하여 그 3년 이내에 ISO 기준을 개정하는 모든 과정을 완성시키도록 하는 조항을 신설하여 연구에 더 많은 박차를 가하게 되었다.

이번 ISO 회의에서는 ISO140 분야을 전면 재조정 하는 것을 결의하여 ISO10140- 1,2,3, 의 코드로 향후 몇 년간에 걸쳐 전면적인 개정작업이 이루어질 것으로 생각된다. 현재 ISO에서 추진중인 measurement uncertainty가 반영될 전망이다.

V References

1. Schroeder, M.R., "New method of measuring reverberation time". J. Acoust. Soc. Am., vol. 37 (1965) pp. 409 412.
2. Schroeder, M.R., "Integrated- impulse method measuring sound decay without using impulses".J. Acoust. Soc. Am., vol. 66 (1979) pp. 497- 500.
3. Borish, J. and Angell, J.B., "An efficient algorithm for measuring the impulse response using pseudorandom noise". J. Audio Eng. Soc., vol. 31 (1983) pp. 478 488.
4. Lundeby, A., T., Vigran, E., Bietz, H.and Vorlnder, M.: "Uncertainty of measurements in room acoustics", Acoustica, vol. 81 (1995), pp 344 355.
5. Vorlnder, M. and Kob, M.: "Practical aspects of MLS measurements in building acoustics". Applied Acoustics, vol. 52 (1997) pp. 239-258.
6. Horvei, B., Olsen, H. and Ustad, A.: "Nordtest project on MLS based on method for sound insulation measurements". SINTEF Report STF40 A98008, Trondheim 1998.
7. Bradley, J.S.: "Optimizing the decay range in toom acoustics measurements using Maximum-Length- Sequence techniques". J. Audio Engine- ering Soc., vol. 44 (1996) pp. 266- 273.
8. Müller,S. and Massarini,P.:Transfer-Function Measurement with Sweeps . J. Audio Eng. Soc., vol. 49 (2001) pp. 443-471.
9. Farina, A.: Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique . AES 108th Convention, Paris, 2000 February 19-22, Preprint 5093.
10. Vorländer, M.: Categorization of modern measurement techniques in building acoustics . Inter-Noise 2001, The Hague, Proceedings pp. 2145-2154 (2001).