

Simulated Indoor Pass-by 시스템에서의 최적 Microphone Array 형태와 검증

유 윤 선¹⁾ Yoshihiro Shirahashi²⁾ Daisuke Morie²⁾

The simulated indoor pass-by noise measurement system is the tool to measure and evaluate the pass-by noise at the test laboratory, without doing measurement at the field. This measurement system can realize the precision measurement under the specific condition and overcome the limitations of the field measurement, i.e. weather conditions, repeatability, .. This measurement system is done in time domain process using the array techniques, which synchronizes the time signals. The reliability of the obtained result depends on the array shapes, which can generate the moving source effect. In this paper, the validations are checked focusing the time domain synchronization of the signals with the optimum microphone array shape.

Key Words: **pass-by, array techniques, moving source effect**

1. 서론

통과소음측정은 자동차가 주행상태에 있을 때 자동차에서 발생하는 소음을 측정하는 행위로서, ISO(International Standard Organisation) 등에서 규제하고 있는 측정 항목이다. 통과소음측정은 측정조건 및 방법, 해석방법, 보고서작성 등이 ISO에 의해서 제안된 표준적인 방법으로 실행되어야 한다 또한, 통과소음측정은 자동차의 연구개발 과정에서 소음개선의 일환으로도 사용되고 있는 기법이기도 하다. 개발 초기단계에서 미리 자동차의 통과소음치를 예측하는 것과 배기소음, 타이어 소음 등을 평가하기 위한 중요한 수단이기도 하기 때문이다. 그렇기 때문에, 통과소음측정은 간단하게 실행이 가능해야 하며, 결과의 재현성이 뛰어나야 한다. 기본적으로 통과소음은 야외에서 이루어지기 때문에, 기상의 영향을 받게 된다. 이를 위해서 몇번의 시험결과를 평균적으로 산정하게 되는데, 이 또한 규정된 편차 내에서 결과가 얻어져야

가능하다.

통과소음측정은 자동차가 일반 도로 주행상태에서 사용되는 조건에서 최대 출력에 달한 경우의 소음레벨을 재현한 상태에서 측정되어야 한다. 이상적인 소음환경 아래에서 발생되며, 실제 발생될 가능성이 희박한 상황의 단발성 소음 레벨은 되도록 배제되어야 한다. 또, 측정된 소음 레벨은 반드시 측정조건이 명기되어 함께 보고되어야 한다. 일반적인 요구사항으로서, 통과소음측정은 자동차가 도로에서 주행하는 상황을 충실하게 재현한 상태에서 가장 높은 소음레벨을 발생시키는 조건에서 측정되어야 한다. 이를 위해서 자동차가 시험구간을 통과할 때 최대가속 조건에서 측정되어야 한다.

그러나, 경우에 따라서 통과소음을 도로 상 혹은 야외에서 할 수 없는 경우, 즉, 기후가 좋지 않거나 테스트코스의 문제, 주변 암소음 등의 문제가 있을 경우가 있을 수 있다. 이런 경우에는 Indoor 통과소음측정기법이 사용될 수 있다. 그러나, Indoor 통과소음측정은 공식적인 통과소음측정을 공식적으로 대체할 수는 없다. 그럼에도 불구하고 Indoor 통과소음측정은 여러가지 장점이 있다. 즉, 측정의 유연성, 재현성, 편리성 그리고 무엇보다도 정확한 측정조건에서 측정이 가능하다는 큰 장점을 가지고 있어서, 연구개발 과정에 통과소음측정의 전단계로서 실험실 내부에서 통과소음의 정도를

1) Bruel & Kjaer (Skodsborgvej 307 Naerum 2850 Denmark) E-mail: ysrju@bksv.com
2) NISSAN Motors Co. Japan

미리 파악할 수 있는 도구로서 널리 사용되고 있다. Indoor 통과소음측정은 반드시 큰 실험실에서만 사용되지 않아도 되며, 작은 실험실에서도 마이크론의 배치에 따라서 측정이 가능하므로 여러가지 유용한 측면이 있다. 본 논문에서는 이를 위한 최적의 마이크론 배치에 대해서 제안하고 검증하고자 한다.

이를 위해 몇가지의 가정을 둔다. 즉, 소음은 Point source 로 가정하고, 주파수에 관계없이 Acoustic center 에서 발생하며, 마이크론은 자유음장에 놓여있으며, 그렇기 때문에 거리감쇄의 법칙이 적용된다. 특별한 경우, Doppler 효과를 고려할 수도 있다.

2. 이론적 배경

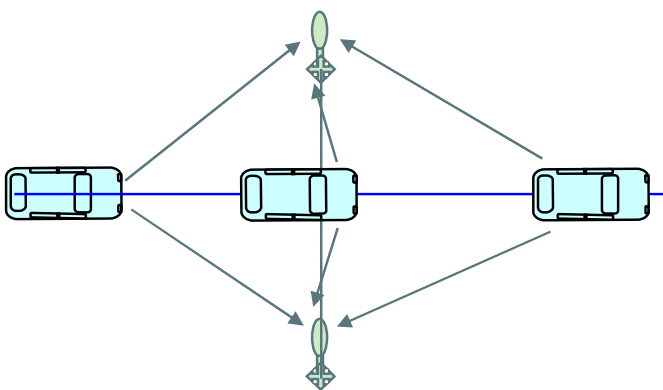


Fig. 1-1 Field Pass-by Noise Measurement

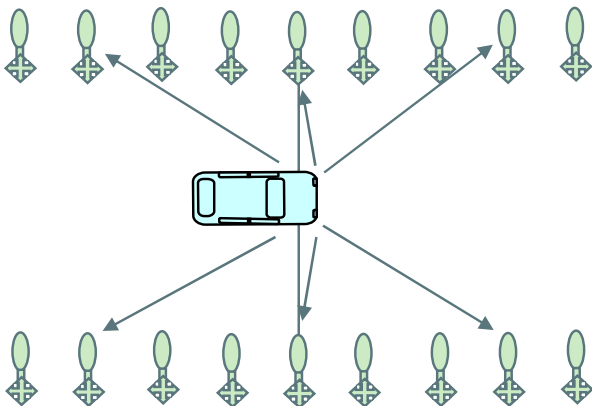


Fig. 1-2 Indoor Pass-by Noise Measurement

Fig. 1 Comparison of Pass-by Measurement system

Fig.1-1 에서 보인 바와 같이 통과소음측정에서, 차량 외부의 양측에 놓인 마이크론은 차량이 이 구간을 통과할 때 각 차량의 순간 위치에 따라 차량으로부터 방사되어 나오는 소음을 측정하는

구조로 되어있다. 그러나, Indoor 통과소음측정의 경우, 차량은 주행하지 않기 때문에 차량 외부 주변에 배치된 마이크론에 의해서 차량 통과시의 소음발생 효과를 측정해야 한다. 즉, Fig. 1-2 에서 보인 바와 같이 각 마이크론은 정지된 차량으로부터 발생되어 여러 방향으로 전파되는 소음을 측정하게 된다. 이때 외부에 배치된 각각의 마이크론은 정지된 차량으로부터 각 방향으로 발산되는 소음을 감지하며, 이 소음은 주행중 차량이 발산하는 소음과 상응한 효과로 분석될 것이다. 이는 곧 Fig.1-2 에서 정지된 차량의 우측에 배치된 마이크론은 주행 중 차량이 마이크론에 접근하는 방향의 소음에 상응하는 소음을 측정하게되고, 좌측에 배치된 마이크론은 주행 차량이 마이크론에서 멀어지는 방향의 소음을 측정하게 된다.

Simulated Indoor 통과소음측정 시스템은, 배치된 각각의 마이크론에서 측정된 소음을 차량의 통과 속도에 마이크론의 위치 관계에 맞추어서 하나의 시간 신호로 합성하고 편집한다. 그러면, 이 합성된 신호는 실제 주행 중 차량에서 발생하는 소음을 측정된 결과와 상응하게 된다.

3. 실험 및 평가

3.1. 마이크론의 배치

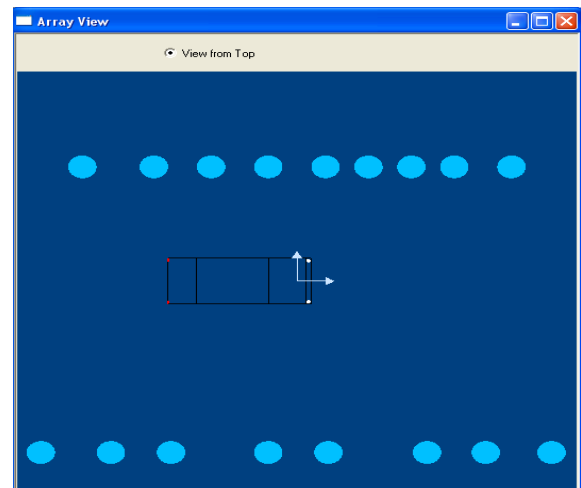


Fig. 2 Measurement Array Shape

Fig. 2 는 측정 구간 -10 미터 지점에서 +10 미터 지점을 차량이 정속으로 통과할 때의 통과소음측정을 위한 최적 마이크론 배치를 나타내며, 이때의 음향중심은 그림의 좌표계의 중심과 일치하는 것으로 하였다. 차량 외부의 우측편에 배치된 마이크론은 차량 중심으로부터 7.5 미터 떨어진 거리에 놓여졌고,

좌측편에 배치된 마이크로폰은 차량 중심으로부터 5 미터 떨어진 거리에 놓여졌다.

3.2. 실험 조건과 결과

통과소음측정은 차량의 정속주행 조건에서 이루어졌고, 그 결과는 Fig. 3, 4, 5 에 보여지듯 여러가지 형태, 즉 차량 위치에 따른 토탈소음레벨, 주파수 스펙트럼 및 3 차원 Contour 등으로 표시된다.

Fig. 3 은 차량 위치에 대한 토탈소음레벨을 표시한 것으로, 이는 차량이 정속으로 측정구간을 통과하는 조건에서 차량의 각 위치에 대응하는 소음레벨을 나타내고 있다. X 축은 차량의 위치정보를 나타내고, Y 축은 이에 대응되는 토탈소음레벨을 나타내고 있다.

Fig. 4 는 통과소음의 주파수 스펙트럼을 차량의 각 위치에 따라서 주파수 영역으로 나타내고 있다. X 축은 주파수를 나타내고, Y 축은 1/3 옥타브로 표시된 소음레벨을 보여주고 있다.

위치를 보여주고 있으며, 색깔로 그 크기를 구분하게 된다.

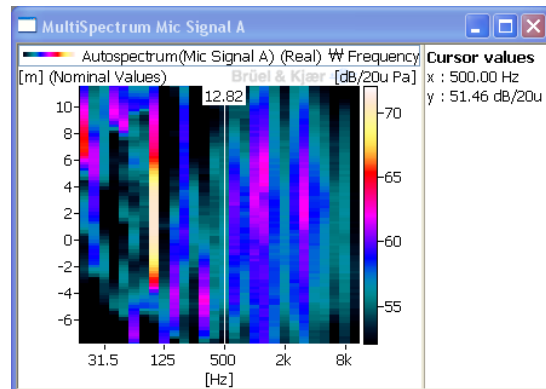


Fig. 5 Contour Plot vs. Distance

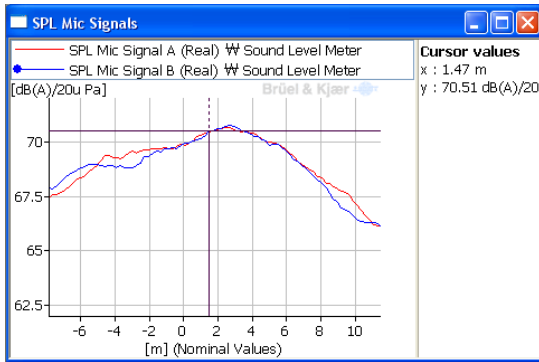


Fig. 3 Overall Sound Pressure vs. Distance

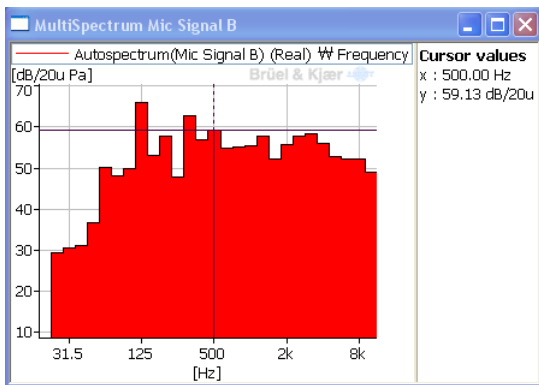


Fig. 4 Frequency Spectrum

Fig. 5 는 차량 위치에 대한 스펙트럼을 Contour 로 보여주고 있다. 이를 통해서 차량의 위치에 따른 주파수 변동을 살펴 볼 수 있게된다. X 축은 1/3 옥타브의 중심주파수를 나타내고, Y 축은 차량의

4. 실험의 검증

4.1. 신호의 선택

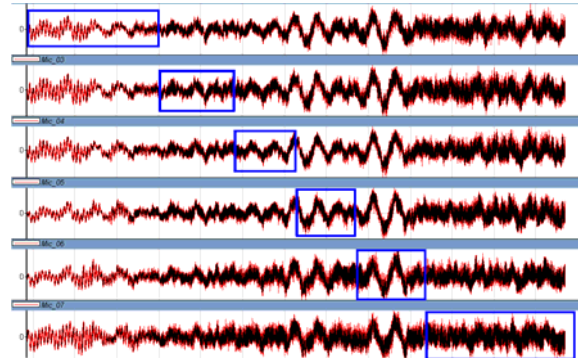


Fig. 6 Signal Processing

Fig.6 은 차량 양면으로 배치된 마이크로폰에서 측정된 시간 신호를 보여주고 있다. 이렇게 측정된 각각의 신호에서 마이크로폰의 위치와 차량의 주행속도 정보를 감안하여 각각 마이크로폰이 기여하고 있는 기여분을 정하고, 이를 동일한 시간축에서 합성하는 작업을 거치게 된다. 이때, 차량의 주행속도는 각각 마이크로폰이 기여하고 있는 부분에 대한 시간신호 길이에 대응하게 되며, 각 마이크로폰의 시간신호는 차량의 주행 효과를 반영하게 된다. 가속시험의 경우는 차량의 전면에서 있는 신호는 갈수록 그 기여분이 짧아지게 되는데, 이는 가속의 효과이기 때문이다. 차량주행속도는 통상 Dynamometer 의 Roller 속도에서 도출되며, 이는 여러가지 다른 방법으로도 측정이 가능하다.

가속주행의 경우에는 차량이 시험 구간에 진입할 때의 속도와 탈출할 때의 속도가 다르므로, 신호를 취득하는 기여분의 길이가 달라지게 된다.

각각의 기여분에 해당하는 길이의 시간신호를 하나의 시간 축에서 합성을 하여, 이를 분석하게 되는데, 이 때 합성된 신호는 실제 차량이 주행할 때 야외에서 측정된 신호에 상응한다고 볼 수 있다.

이동음원의 효과를 고려하기 위해서 Doppler 효과를 수정해 놓으면, 실제 야외에서 측정된 시험 결과와 비교가 가능해 진다.

4.2. 신호 합성

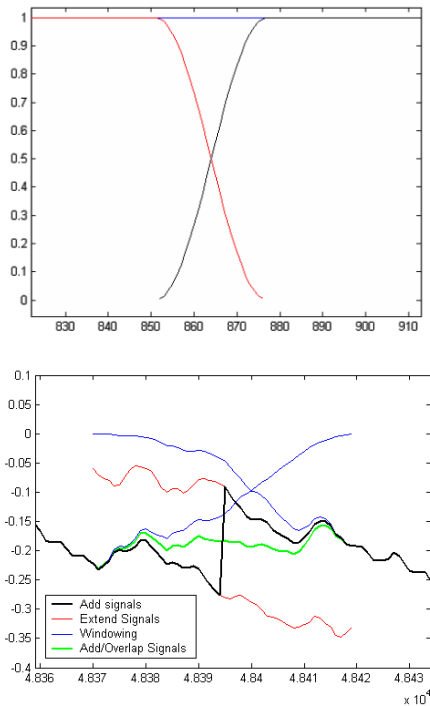


Fig. 7 Overlap & Add Transition

Fig. 7은 시간신호의 합성을 위한 과정을 보여주고 있는데, 합성을 위해서 일정 길이의 신호가 서로 겹쳐지는 부분이 생기게 된다. 합성하는 과정에서 이 겹쳐지는 부분을 최적화하고, 또 자연스러운 합성을 위해서 Time Window가 이용되기도 한다. 이 부분에서의 오류를 최소화하는 것이 대단히 중요하다고 말할 수 있겠다. 특히, 그림에서 붉은선은 합성 이전을 나타낸 것이고, 녹색선은 합성 이후를 나타내고 있다. 최종적으로 합성된 신호는 다시 소리신호로 재생되어 청각으로 인지가 될 수 있다.

이러한 과정은 모두 시간영역에서 이루어지기 때문에, 이동음원에 대한 효과를 충분히 고려할 수

있고, 또 야외 주행시험결과와도 비교할 수 있는 의미있는 결과를 도출할 수 있다. 특히, 시간영역해석은 실제 측정된 결과와 동일한 차원에서 청각에 의한 검증으로의 확장도 가능하므로, 그 활용 범위는 더 넓다고 할 수 있다.

5. 결론

통과소음측정은 생산되는 차량의 인증과 성능평가를 위해서는 반드시 거쳐야 하는 시험항목이다. 이를 위해서 모든 시험항목은 ISO 362 또는 SAE1740 등에서 규정해 놓고 있다. 최근 ISO362는 개정되어 새로운 시험방법을 규정하고, 이를 만족하기 위한 시험방법이 개발되고 있다. Simulated Indoor 통과소음측정은 새로운 측정법 뿐만 아니라 R&D에도 적극 활용될 것으로 기대된다.

최적의 마이크로폰 배치를 위해서는 시험실의 모양도 고려해야하며, 마이크로폰의 수, 간격 등에도 세심한 주의가 필요하다. 이러한 요인은 결국 얻어지는 결과에 영향을 미치게 된다.

향후, Simulated Indoor 통과소음측정이 Beamforming 혹은 음질개선 작업과 연계된다면, 더더욱 폭넓은 활용이 기대된다.

REFERENCES

- (1) Philip M. Moris and K. Uno Ingard : THEORETICAL ACOUSTICS, Princeton, p.717-737 (2004)
- (2) F. Altin Everest : Master Handbook of ACOUSTICS, Fourth Edition, McGraw-Hill, p.453-460 (2002)
- (3) ISO 362, SAE 1470
- (4) Yunseon Ryu, Soren Lange, Wataru Narama, "The Optimum Array Design for the Indoor Simulated Pass-by Noise Measurement System(II)", JSAE, 2006
- (5) Ole Roth, Internal Technical Report of Bruel & Kjaer, 2000