

# 연속성 충격음의 음질평가를 위한 선행연구 Preliminary Study on Sound Quality Evaluation of Successive Impulse Noise

신 성 환†  
Sung-Hwan Shin

## 1. 서 론

최근 자동차 분야에서는 디젤차량의 수요가 증가하면서 디젤엔진에 대한 음질평가에 대한 필요성이 제기되고 있다. 디젤엔진에서 발생하는 소음은 연소 (combustion), 분사 (injection), 압축 (compression), 기계적 구동 과정에서 발생하는 연속적인 충격음 특성을 갖는다. 또한 프린터, 복사기 등의 가전제품에서도 비슷한 특성의 소음이 발생한다.

이러한 충격음을 평가하기 위한 기존의 방법은 Kurtosis, Crest factor 와 같이 신호의 시간 파형에 의존한 방법과 hearing modeling impulsiveness, Impulse by Hashimoto 처럼 주파수 마스킹과 같은 청각 특성의 일부가 적용된 것들이 있다.

본 연구에서는 연속 충격음의 음질관점에서의 정량화 알고리즘 개발을 위한 선행연구로써, 기존 충격음 분석 방법을 비교하여 각 분석 방법의 문제점을 파악하고, 충격음의 정량화에 필요한 주요인자들을 추출하고자 한다. 이를 위하여 충격음의 주요 주파수와 반복 주기를 변수로 다양한 신호를 제작하여 적용하였다.

## 2. 충격음의 영향인자

### 2.1 충격음 정량화 알고리즘 필요성

충격음은 짧은 시간 동안 압력이 변화할 때, 또는 두 물체가 갑작스럽게 충돌할 때 나타나는 과도음의 일종이다. 충격음의 경우, 소리의 크기에 비례하여 인지정도가 향상되는 것은 일반적으로 알려진 사실이다. 그러나 연속적인 충격음의 경우, 시간에 따라 변하는 과도음의 특징이 강하기 때문에 음의 크기를 나타내는 대표값만으로 그 특징을 표현하는

것은 쉽지 않다.

음의 특성에 따라 음질인자 (SQ Metrics) 중 러프니스나 변동강도를 적용할 경우, 두 음질인자가 강한 특성을 나타내는 변조주파수 70Hz 및 4Hz를 갖는 변조음과는 그 특성에서 차이가 있기 때문에 실제 적용 가능한 결과를 나타내지는 못한다. 이는 충격음의 경우, 넓은 주파수 범위에 에너지가 존재하고, 기본적으로 포락선을 이용하는 러프니스 코치 변동강도 추출도 용의하지 않기 때문이다.

### 2.2 영향인자 분석

연속성 충격음과 같은 소음을 인지할 때, 인간의 청각은 시간차폐 효과, 특히 post-masking과 라우드니스 시간적분 (temporal integration)과 같은 특성을 받는다. 실제 두개의 연속되는 충격음이 짧은 시간 간격으로 재생될 경우, 충격음 보다는 진폭변조음에 가까운 특성을 가질 수 있다. 이는 중심주파수 1kHz, 대역폭 160Hz의 가버펄스 (Gabor pulse)를 300msec 및 50msec의 시간 간격으로 반복되도록 제작한 신호에 post-masking 및 temporal integration을 적용한 과도음의 라우드니스 계산 결과를 나타내는 Fig. 1에서 볼 수 있다.

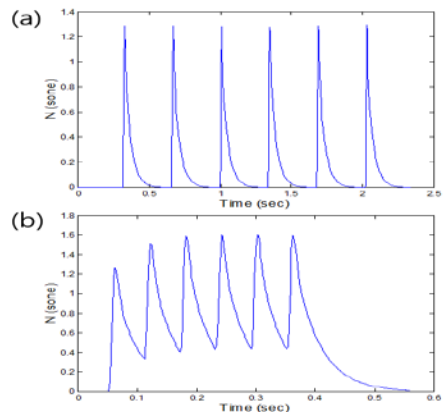


Fig. 1 Comparison of loudness analysis on successive impulsive noise with repetition time 300msec with one with 50msec

† 교신저자; 정회원, 국민대학교  
E-mail : soulshin@kookmin.ac.kr  
Tel : 02-910-5743, Fax : 02-910-4839

연속성 충격음에 대한 영향인자를 파악하기 위하여 특정 중심주파수의 가버펄스를 다양한 발생주기로 반복되도록 평가 신호를 제작하였다. 사용된 중심주파수는 450Hz, 1kHz, 2.5kHz, 8.5kHz이다. 충격음이 광대역 특성을 나타내에도 불구하고 중심주파수를 다르게 한 이유는 주파수 분포에 따른 영향을 파악하기 위함이다.

Fig. 4는 제작된 신호의 시간파형과 과도음의 라우드니스에 대하여 kurtosis를 계산한 결과를 비교한다. 시간파형에 대한 kurtosis는 반복 시간간격이 길수록 중심주파수가 높을수록 값이 증가하는 경향을 나타낸다. 특히, 8.5kHz의 중심주파수를 갖는 가버펄스로 만들어진 연속성 충격음 kurtosis가 다른 충격음과 비교할 때 매우 큰 값을 갖는다. 라우드니스 계산 결과에 대한 kurtosis도 반복주기 및 중심주파수의 변화에 따른 경향은 같지만, 같은 반복주기에서 중심주파수에 따른 kurtosis 값의 상대적 차이는 크지 않다.

배경소음이 존재할 경우, 충격음을 분석하기 위하여 연속성 충격음에 백색잡음을 합성하였다. 합성시 백색잡음의 실효값 (RMS)에 대한 가버펄스 충격음의 비는 5로 일정하게 하였다. Fig. 5는 합성된 연속성 충격음에 대한 kurtosis 계산 값을 중심주파수 및 반복주기에 따라 비교한다.

Fig. 5(a)와 Fig. 4(a)를 비교하면, 배경소음이 합성되면서 같은 중심주파수를 갖는 충격음의 반복주기에 따른 kurtosis의 변화에 큰 차이가 나타난다. 배경소음이 존재할 경우, 동일한 중심주파수와 반복주기를 갖는 소리라도 kurtosis의 값이 감소하고,

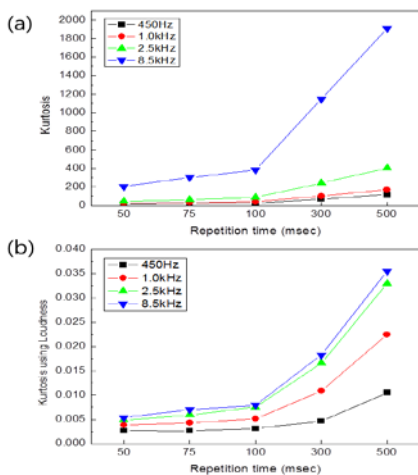


Fig. 2 Kurtosis of successive impulsive noises made of Gabor's pulses as a function of repetition time. For (a) waveform and (b) loudness

반복주기에 따라 변화추이가 달라진다. 특히 중심주파수 8.5kHz를 충격음의 경우 차이가 큼을 알 수 있다. Fig. 5(b)와 Fig. 4(b)를 비교하면, kurtosis의 값 및 반복주기의 변화에 따른 경향 차이가 크지 않다. 단, 중심주파수 8.5kHz의 충격음에서 차이가 나타나는 이유는 배경소음에 의하여 충격음이 시간적으로 동시마스킹되기 때문이고, 레벨뿐만 아니라 주파수범위에서의 마스킹도 존재하기 때문이다. 결과적으로 과도음의 라우드니스를 이용하여 kurtosis를 구할 경우, 배경소음의 영향이 적음을 나타낸다.

### 3. 결 론

본 연구는 연속성 충격음의 정량화를 위한 선행연구로써, 연속성 충격음의 인지에 영향을 주는 인자를 파악하고, 인간의 청각 특성 중 시간차폐 및 라우드니스 시간적분을 적용하여 기존 계산 방법의 향상 가능성을 파악하였다. 연속성 충격음의 경우, 일반적으로 알려진 것처럼 단일 충격음의 크기와 함께 발생주기가 중요한 영향인자라고 할 수 있다. 또한 시간에 따른 분석을 수행할 경우, 분석에 사용되는 신호길이 (segment length)가 결과에 영향을 주고 있음이 확인된다.

### 후 기

본 연구는 교육부 BK21플러스 특화전문인재 양성사업 및 국민대학교 교내연구비 지원으로 수행되었다.

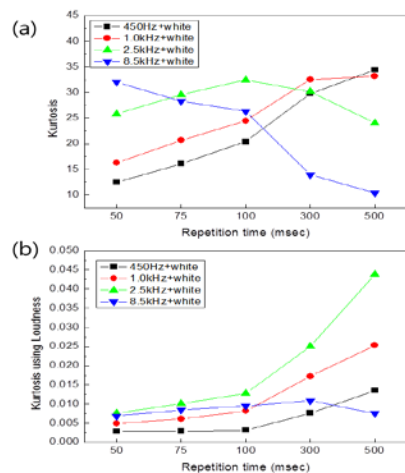


Fig. 3 Kurtosis of successive impulsive noises made of Gabor's pulses and white noise as a function of repetition time. For (a) waveform and (b) loudness