

# 도심 교통음과 자연의 소리에 대한 음향심리 분석

## Analysis of Acoustic Psychology of City Traffic and Nature Sounds

견 두 현\*, 배 명 진\*  
(Doo-Heon Kyon\*, Myung-Jin Bae\*)

\*송실대학교 정보통신공학과  
(접수일자: 2009년 1월 13일; 수정일자: 2009년 3월 5일; 채택일자: 2009년 4월 8일)

현대 사회에서는 세계 인구의 대부분이 도시에 몰려 있기 때문에, 도시의 소리는 중요한 의미를 가진다. 그 중 교통음은 가장 대표적인 도심소리 중에 하나이다. 일반적으로 도심 교통음은 환경소음으로, 대표적인 자연의 소리인 숲, 폭포소리 등은 사람에게 긍정적인 효과를 주는 소리로 분류한다. 본 연구에서는 자연의 소리가 포함하는 백색잡음에 다양한 형태의 FFT보정 필터를 적용시켜, 사람이 가장 선호하는 형태의 백색잡음 주파수 특성을 발견하고 자연 소리와의 상관관계를 확인하였다. 그리고 여러 형태의 도심 교통음과 숲소리의 파형, 스펙트럼 비교를 통한 분석을 진행하였다. 분석 결과 도심 교통음이 숲소리에 비해 특정 주파수대역과 시점에 집중된 소리 에너지 특성이 있음을 발견하였으며, 이러한 특성이 사람에게 미칠 수 있는 부정적인 요소들을 확인하였다. 마지막으로 전극법 뇌파 실험을 통하여, 도심 교통음과 자연의 숲, 폭포소리를 직접 피실험자들에게 들려주어, 알파파와 베타파의 에너지 분포를 측정하였다. 측정결과 도심 교통음은 자연의 소리보다 현저하게 많은 양의 베타파를 발생 시켰으며, 반대로 자연의 소리는 많은 양의 알파파를 발생 시켰다. 이러한 결과를 통해 도심 교통음이 사람에게 미치는 부정적인 영향과 자연 소리의 긍정적인 영향을 직접적으로 확인하였다.

**핵심용어:** FFT필터, 교통음, 자연음, 뇌파

**투고분야:** 음악음향 및 음향심리 분야 (8.4)

In modern society, most people of the world are densely populated in cities so that the traffic sound has a very significant meaning. people tend to classify traffic sound as a noise pollution while they are likely to categorize most nature sound as positive. In this paper, we applied various forms of FFT filters into white noise belonged in nature sound to find frequency characteristics of white noise which preferred by people and confirm its correlation with nature sound. In addition, we conducted an analysis through the comparison of various traffic and nature sound waveforms and spectra. As a result of analysis, the traffic sound have characteristics which sound energy had concentrated on specific frequency bandwidth and point of time compared to nature sound. And we confirmed the fact that these characteristics had negative elements to which could affect to people. Lastly, by letting the subjects listen directly to both traffic and nature sound through brainwave experiment using electrode, the study measured the energy distribution of alpha waves and beta waves. As a result of experiments, it has been noted that urban sound created a noticeably larger amount of beta waves than nature sound; on the contrary, nature sound generated positive alpha waves. These results could directly confirm the negative effects of traffic sound and the positive effects of nature sound.

**Keywords:** FFT filters, Traffic sound, Nature sound, Brain wave

**ASK subject classification:** Musical Acoustics and Psychology (8.4)

### I. 서론

사회가 발전하면서, 건강과 관련된 직간접적인 요소

들이 많은 관심을 받고 있다. 도시사회에 있어, 90년대까지는 직접적으로 신체에 피해를 주는 공해가 주된 관심 대상이었으나, 최근에는 소음 등의 정신적인 부분에 대한 문제의식이 높아지고 있다.

도시 내에는 자동차, 기차, 비행기 등 교통수단에서 발생하는 소리, 상업용 건물들에서 발생하는 소리, 공조기 소

리, 보행자가 많은 도로에서 나는 대화소리 등 다양한 위치에서 공간의 특색에 따른 소리가 발생 된다 [1]. 특히 자동차의 증가와 도로의 확대 그리고 아파트, 병원, 학교 등이 도로와 인접해서 건설됨에 따라, 교통소음으로 인한 피해와 발생민원이 해마다 늘고 있다 [2].

또한 주요 교통수단인 지하철 소음도 도시를 대표하는 소리로 자리 잡았다. 이러한 소리들은 대부분 듣기 싫은 소리, 즉 소음으로 분류한다. 반면에 자연의 대표적인 소리인 숲소리, 파도소리와 새소리 등은 사람의 명상이나 정신적인 치유에 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 선행 연구결과, 자연의 소리는 기분전환과 집중력을 길러주고, 긴장을 이완시켜주며, 정신 안정작용 등의 효과가 있다 [3].

자연 소리의 가장 큰 특징은 전 주파수 대역에 걸친 에너지이다. 비오는 소리나, 폭포 소리 등이 이러한 전대역 주파수 특성을 포함하고 있으며 집중력 강화, 주변소음 차폐 등, 백색잡음과 유사한 효과를 가지는 것으로 알려져 있다 [4].

본 논문에서는 도심 교통음과 자연소리 분석, 뇌파 측정을 통해 사람에게 영향을 줄 수 있는 다양한 음향적 요소를 연구하였다.

전체 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사람의 청각특성을 고려한 백색잡음 필터를 제안하고, 해당 필터를 적용한 백색잡음 음원과 자연 폭포 소리와의 연관성을 확인하였다. 3장에서는 도심 교통음과 자연 소리의 음원 비교를 통해 긍정, 부정적인 음향 효과를 분석하였다. 4장에서는 해당 음원들이 사람에게 미치는 영향을 뇌파측정을 통해 확인하고, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 백색잡음

좁은 의미의 백색잡음은 0 Hz에서부터 무한대의 주파수대역까지 균일하게 에너지가 분포되어 있는 소리이다. 하지만 이러한 음원을 만들 수 없기 때문에 일반적인 의미에서의 백색잡음은 사람의 가청주파수내의 제한된 대역의 주파수에서 에너지가 균일하게 분포되어 있는 음원을 말한다.

### 2.1. 대역폭에 따른 청감 특성

일반적으로 사용되는 백색잡음은 대역제한백색잡음이다. 그렇다면 최소한 어느 정도의 주파수 대역폭을 가

져야 전대역 백색잡음 신호와 청각적으로 동등한 효과를 가질 수 있는지 알아보았다. 실험 장소는 대학교 강의실이며, 50명의 대학생을 대상으로 0~24,000 Hz의 백색잡음 대역폭을 점점 줄여가면서 청감 결과를 조사하였다. 실제로 20,000 Hz 이상을 듣는 성인은 사실상 없지만 순음이 아닌 20,000 Hz이상의 광대역 백색잡음일 경우 어떠한 미세한 청각적 영향을 미칠지 모르므로, 충분히 넓은 대역의 음원을 원본으로 사용했다.

실험 장비는 Auzentech x-Fi Prelude 7.1 TE 사운드카드와 Swan D1080 스피커를 사용하였으며, 청취레벨은 80dBspl을 기준으로 하였다. 실험 방법은 처음 15초간 미리 알려준 원본 백색잡음을 들려주고 그 다음에 15초간 대역제한 백색잡음을 들려주었으며, 하나의 대역제한 백색잡음 음원 당 두 번씩 반복 청취를 하였다. 음원 하나의 테스트가 끝나면 원본과 차이점을 느끼는지 체크하고, 해당 느낌을 서술하도록 하였다.

표 1의 결과에 따르면, 18,000 Hz대역 이상을 삭제한 음원은 8%의 사람들이 원본과의 미세한 차이를 느꼈으며, 다른 사람들은 0~24,000 Hz대역의 백색잡음과 완전 동일하게 느꼈다. 14,000 Hz대역 이상을 삭제할 경우 78%이상의 사람들이 원본 백색잡음과의 차이점을 인지하였으며 시원, 또는 상쾌한 느낌이 다소 감소했다고 답하였다. 10,000 Hz대역 이상을 삭제한 백색잡음은 모든 피실험자가 원본에 비해 매우 답답하고 어두운 느낌을 받았다고 답하였다.

실험 결과 백색잡음의 대역폭을 가변 시키더라도 모든 사람들이 백색잡음으로 인식하는 데는 변화가 없지만, 대역폭에 따라서 사람의 청감심리는 확연하게 달랐다. 그러므로 대부분 사람들에게 전대역 백색잡음과 동등한 효과를 가지기 위해서는 최소 18,000 Hz 이상 대역폭을 가진 백색잡음이 사용되어야 하며, 그 이하 대역폭의 백색잡음 음원으로는 본래 백색잡음의 효과를 기대할 수 없으며, 반대로 부정적인 영향을 주게 된다.

표 1. 백색잡음 대역제한에 따른 인식률  
Table 1. Recognition rate of white noise according to Band-limit.

차단 주파수대역	인원 (50명)	비율 (100%)
18,000 Hz 이상	4	8%
14,000 Hz 이상	39	78%
10,000 Hz 이상	50	100%

### 2.2. 사람이 선호하는 백색잡음의 주파수 특성

전 대역에 균일한 에너지 분포를 가진 백색잡음에서 사람에게 적합한 형태의 백색잡음을 찾기 위해서 여러 형태의 필터를 적용시켜 실험을 하였다. FFT필터의 프레임 단위는 4096으로 설정, Windowing-Function은 Blackman-Harris를 적용시켰다.

1차 실험에서는 모든 주파수대역에 동일한 에너지를 가지는 백색잡음을, 3가지 경우에 따라 각각 6개의 주파수 특성을 가진 샘플을 만들었다. 그 후 경우1, 2, 3에 해당하는 샘플을 순서대로 들려준 후 가장 선호하는 샘플을 경우 당 하나씩 선택하게 하였다.

표 2의 경우1의 샘플은 주파수대역폭이 50 Hz단위로 줄어든다. 경우2는 기준주파수에서 저음대역을 삭제하고 고음대역으로 갈수록 에너지가 감소한다. 마지막 경우3은 기준 주파수에서 저음대역과 고음대역으로 갈수록 에너지가 감소하는 형태이다.

1차 실험 결과 그림 1에 해당하는 경우3의 샘플1의 FFT 필터 선호도가 가장 높았다. FFT필터A를 거친 백색잡음은 전대역 에너지를 가지지만, 주파수가 높아질수록 일정하게 에너지가 감소된다. 이러한 형태의 음원은 옥타브 대역 당 에너지를 인지하는 사람의 기본적인 청각특성을 반영한다.

2차 실험에서는 더 정확한 주파수 특성을 알아내기 위해 1차 실험에서 가장 선호한 그림 1의 FFT필터A를 변형한 3가지 FFT필터B, FFT필터C, FFT필터D를 추가 실험하였다.

그림 2의 FFT필터B는 처음부터 급격히 에너지가 줄어들다가 점점 기울기가 완화되는 형태이며, 그림 3의 FFT필터C는 FFT필터B와는 반대로 기울기가 완만하게 감소하다가 점점 그 기울기의 폭이 커지는 형태이다.

그림 4의 FFT필터D는 FFT필터B와 FFT필터C의 특성을 혼합한 것으로, 처음에는 완만하게 에너지가 줄어들

다가 사람이 민감하게 반응하는 주파수 대역 600 Hz~6,000 Hz에 가까워질수록 에너지 감소폭이 증가한다. 그리고 그 이후의 대역부터 다시 에너지 감소폭이 완화되는 형태이다. FFT필터D는 옥타브 대역에 따라 에너지크기

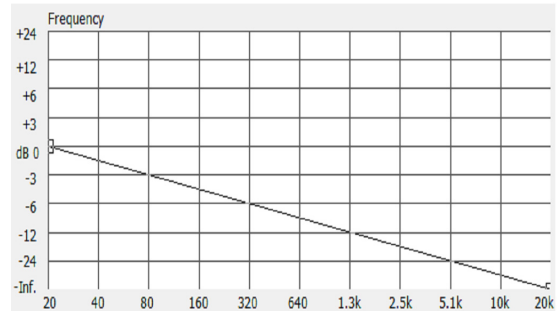


그림 1. FFT필터A  
Fig. 1. FFT filter A.

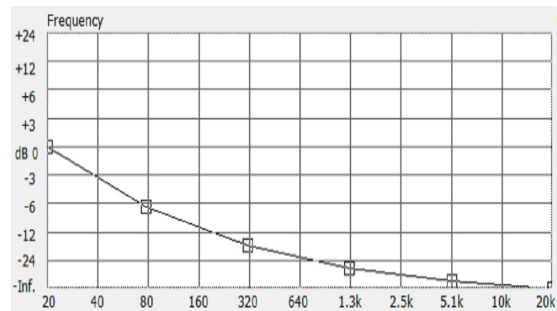


그림 2. FFT필터B  
Fig. 2. FFT filter B.

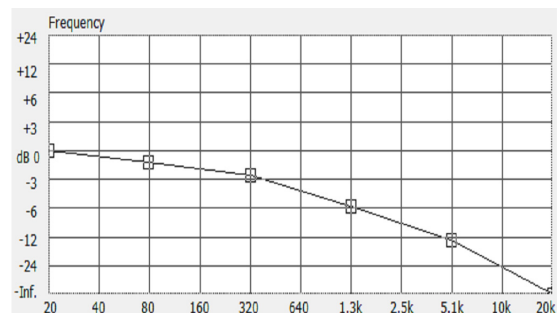


그림 3. FFT필터C  
Fig. 3. FFT filter C.

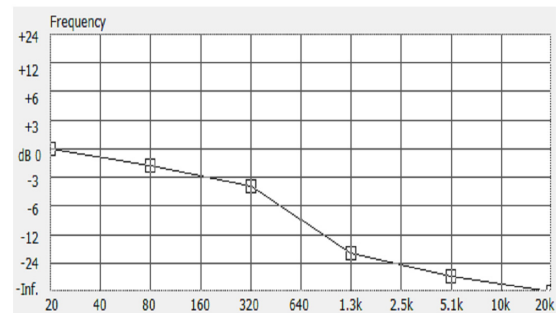


그림 4. FFT필터D  
Fig. 4. FFT filter D.

표 2. 샘플별 주파수 대역폭 및 기준 주파수  
Table 2. test band width and standard frequency for sample test.

샘플별 주파수 대역폭				
경우1	샘플1	0 Hz ~ 24,000 Hz	샘플2	50 Hz ~ 24,000 Hz
	샘플3	100 Hz ~ 24,000 Hz	샘플4	150 Hz ~ 24,000 Hz
	샘플5	200 Hz ~ 24,000 Hz	샘플6	250 Hz ~ 24,000 Hz
샘플별 기준 주파수				
경우2	샘플1	0 Hz	샘플2	50 Hz
경우3	샘플3	100 Hz	샘플4	150 Hz
	샘플5	200 Hz	샘플6	250 Hz

를 인지하는 사람의 청각특성을 반영하면서, 민감한 주파수대역에서 적당한 에너지감소를 고려한 특성을 가진다.

실험은 13명을 대상으로 4개의 FFT필터 중 가장 듣기 좋은 소리를 선택하게 한 후, 해당 음원을 들었을 경우 연상되는 소리에 대한 청음 결과를 조사하였다.

실험 환경은 앞서 2.1절 대역폭에 따른 청감 특성 실험과 동일하며, 음원 당 30초씩 순서대로 들려준 후, 동일한 순서를 3번 반복 청취하여 가장 듣기 좋은 음원을 선택하고 해당 음원이 연상시키는 소리에 대한 설명을 적도록 하였다.

표 3의 실험 결과 대부분 사람이 그림 5의 FFT필터D를 적용한 샘플을 가장 선호 하였으며 폭포소리가 연상된다고 답하였다.

그림 6의 주파수 에너지 분포를 보면 실제 폭포 음원과 FFT필터D의 주파수 특성은 매우 유사하다. 저주파대역의 강한 에너지와, 사람이 예민하게 반응하는 600 Hz~6,000 Hz대역 에너지의 급격한 감소, 그리고 한계 청각 주파수로 갈수록 감소하는 기울기가 매우 유사하였다. 실제 FFT필터D가 적용된 백색잡음을 폭포소리라 하고 들려줄 경우 대상자 모두 의심 없이 폭포소리로 받아들였다. 이러한 폭포소리는 명상하기 좋은 소리로 현재 많이 사용되고 있다 [5]. 즉 FFT필터D를 거친 백색잡음은 폭포소리의 전반적인 주파수 스펙트럼 성분과 랜덤한 파형 성질로 인해, 폭포소리와 유사한 효과가 예상된다.

사람이 선호하는 백색잡음 형태와 자연에서 선호도가

높은 소리로 꼽히는 폭포소리의 유사한 주파수 특성을 통하여, 사람이 어떠한 주파수 특성을 선호하는지에 대한 중요한 요소를 확인할 수 있다.

### III. 음원 분석

#### 3.1. 음원 선정 및 측정

도심의 소리 음원 두개와 자연의 소리 음원 하나를 녹음을 하였으며, NTI MiniSPL 무지향성 마이크와 M-AUDIO FireWire Solo 오디오카드를 사용하였다.

##### 3.1.1. 도심 소리

도심 소리 첫 번째 샘플은 도로교통음을 선정했다. 일반적인 도로 특성을 가지는 송실대입구역 근처의 왕복 8차선도로 옆의 인도에서 음을 한 시간 동안 녹음하였고, 측정 위치는 버스 정류장에서 10 m 떨어진 곳으로 잡았다. 50 m 떨어진 곳에 삼거리가 위치하고 있으며, 신호의 변화에 따른 도로교통음과, 사람들의 이동음 등이 모두 녹음 되었다. 두 번째 도심의 소리는 지하철음을 선정하였다. 송실대입구역에서 한 시간 동안 녹음을 진행하였고, 측정 위치는 지하철 대기석으로 잡았다. 지하철 안내음과 지하철 도착, 출발 소리, 자동문이 열리고 닫히는 소리, 승객들이 타고 내리는 소리 등이 녹음 되었다.

##### 3.1.2. 자연 소리

일반적인 자연음을 녹음하기 위해 위치를 송실대학교 근처의 달마산으로 선정하였다. 측정위치는 달마산 중심부와, 근처 사찰인 달마사에서 각각 한 시간씩 녹음하였다. 바람소리와 나뭇잎 스치는 소리, 낙엽 밟는 소리와 새소리 등이 녹음 되었다.

#### 3.2. 에너지 분포 특성

녹음된 음원은 총 1시간이지만 약 2분간의 에너지 분포 특성이 주기적으로 반복된다. 또한 2분 이상 구간의 평균 주파수 특성은 1시간 전체의 주파수 성분과 차이가 없다. 때문에 각 음원의 2분간을 추출하여 에너지 분포를 확인하였다.

그림 6, 그림 7, 그림 8은 2만 샘플단위의 윈도우를 절반씩 겹치게 쉼서 에너지를 구한 후 전체 평균으로 나누어 에너지를 정규화한 그래프로, 왼쪽 축의 숫자는 전체 에너지 평균과의 비율을 나타낸다.

표 3. 실험에 따른 선호도 결과  
Table 3. Experimental preference result.

사용된 필터	총 13명	연상되는 소리
FFT필터A	2명	비 소리
FFT필터B	2명	비 소리
FFT필터C	1명	폭우 소리
FFT필터D	8명	폭포 소리

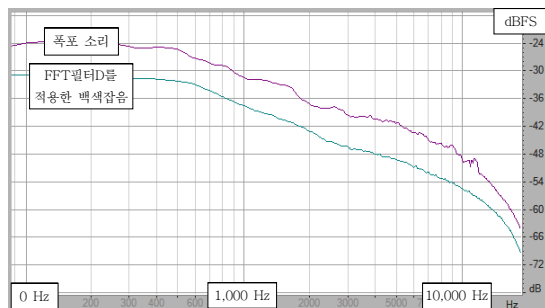


그림 5. 폭포소리와 FFT필터D를 적용한 백색잡음의 스펙트럼  
Fig. 5. The spectrum of waterfall sounds and the white noise which applies FFT filter D.

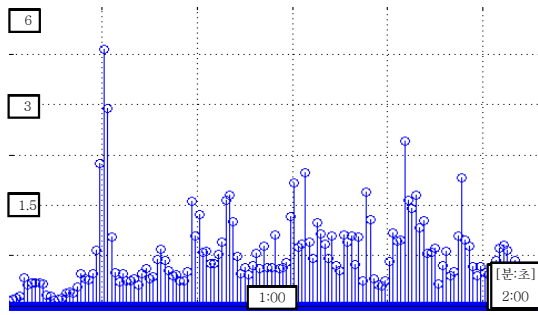


그림 6. 도로교통음 에너지 분포  
Fig. 6. Energy distribution chart of traffic sound.

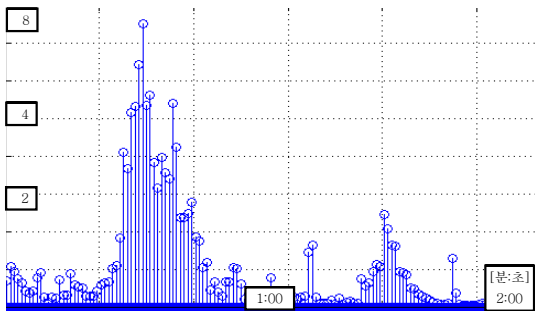


그림 7. 지하철음 에너지 분포  
Fig. 7. Energy distribution chart of subway sound.

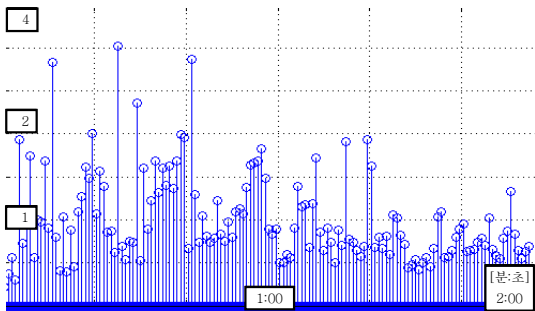


그림 8. 숲소리 에너지 분포  
Fig. 8. Energy distribution chart of forest sound.

그림 6의 도로교통음은 특정 시간대에 강한 에너지가 모여 있음을 확인할 수 있다. 도로의 상황에 따라, 차량이 옆을 지나가거나 경적을 울릴 때, 특정한 시간대에 집중된 소리 에너지를 가지기 때문에 사람에게 신경 쓰이는 소음으로 인식하게 된다.

자연에서도 상황에 따라 특정한 시간대에 집중된 소리 에너지를 가지는 경우가 있지만, 도심 교통음에 비해 확률적으로 매우 낮으며, 지속성이나 반복성 역시 매우 짧기 때문에 전체적인 특성으로 볼 수 없다. 도심 교통음 역시, 교통 상황에 따라서 집중되는 에너지의 반복빈도나 지속시간에 변화가 있을 뿐 전체적인 에너지 분포 성향은 유사하다.

그림 7의 지하철음은 에너지가 밀집된 부분을 통해 이벤트가 발생했음을 알 수 있다. 30초와 1분30초는 지하철

의 도착과 출발 시점이다. 지하철의 에너지 분포는 그림 6과 마찬가지로 이벤트가 발생 시점에 에너지가 심하게 편중된 모습을 보여준다.

반면에 숲소리 에너지 분포는 앞의 도심음과는 다른 형태를 가진다. 그림 8의 매우 짧은 시간동안의 에너지가 크게 나타나는 지점은 새가 지저귀는 부분이다. 새가 지저귀는 소리는 특정 시간에 집중되어 발생하지 않으며, 진폭의 시간이 매우 짧고 랜덤하게 나타난다.

숲소리의 에너지 분포는 도심의 소리와는 달리 가장 높은 에너지를 가진 구간의 크기가 전체 평균에너지에 비해 큰 차이를 보이지 않으며, 전체적으로 에너지가 시간에 관계없이 고르게 분포되어 있다 [6].

에너지 분포 분석에 따라, 도심의 소리는 특정한 시간에 에너지가 집중되어서 사람이 지각할 수 있는, 즉 신경 쓰이게 하는 소리로 인식되는 반면에, 자연의 소리는 특별히 에너지가 밀집되는 부분이 없기 때문에 사람이 특별히 인식 없이 자연스럽게 받아들여지게 된다.

### 3.3. 스펙트럼 분석

그림 9의 ②도로교통음 평균 주파수 분포는 저음 대역에 집중되어 있으며 고음으로 올라갈수록 dB가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이러한 감소폭은 옥타브 당 6 dB씩 감소하는 브라운노이즈의 거의 두 배에 해당하는 옥타브 당 11 dB 감소폭이다. ①지하철음 역시 도로교통음과 마찬가지로 고음으로 갈수록 dB가 급격히 줄어들고 있다.

지하철음의 저음 집중특성은 지하철역 내부의 건축 설계 특성 과도 관계가 있다. 지하철역 내부는 반 밀폐 공간이며 흡음설계가 안되었기 때문에 반사율이 매우 심하다. 특히 저음은 고음보다 반사율이 높기 때문에 위와 같이 저음대역에 집중된 주파수 분포를 보여준다. 반면에 ③숲소리는 교통음과 비교했을 때 저음대역에 에너지가 적고 고음 대역의 에너지가 많아, 상대적으로 평탄한 에너지 분포를 보여주고 있다. 이러한 넓은 대역의 주파수 분포는 사람의 청각세포에도 긍정적인 영향을 준다. 특정 대역에 집중된 주파수 에너지는 사람 청각세포의 일부 분만 집중적으로 자극하여 답답함을 느끼게 하는 반면, 전 주파수 대역에 고르게 분포된 소리는 청각세포를 광범위하게 자극하게 되기 때문에, 시원함과 상쾌함을 느낄 수 있다 [6].

특정 주파수 밑에 집중된 에너지를 비교하기 위해 5000 Hz 이하, 이상 대역의 에너지 차이를 계산해 보았다. 표 3에서 도로교통음과 지하철음은 5000 Hz 이상 대

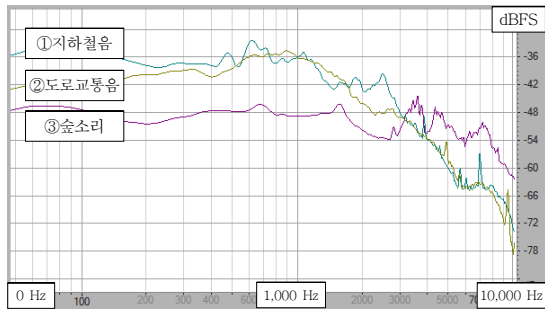


그림 9. 분류별 평균 주파수 분포  
Fig. 9. Classification by average frequency distribution

표 4. 5000 Hz 이하, 이상 대역별 에너지 차이  
Table 4. Energy differences of over 5000 Hz and below 5000 Hz Frequency band.

분류	0~5,000 Hz와 5,000 Hz~10,000 Hz의 에너지 [dB] 변화
도로교통음	-22 dB
지하철음	-24 dB
숲소리	-8 dB
Pink noise	-10 dB

역에서 20 dB가 넘는 에너지 감소가 이루어진 반면에, 숲소리는 8 dB의 에너지 감소를 보인다.

1/f의 주파수 특성을 가지는 핑크잡음은 백색잡음으로부터 각 옥타브 당 3 dB씩 에너지를 줄여서 필터링 한 것으로 볼 수 있으며, 사람의 청각특성 관점에서 보면 전 대역에 거의 평탄한 청감 에너지 특성을 가진다. 숲소리는 이러한 핑크잡음과 에너지 감소폭이 비슷하며, 특정 주파수 이하에 대부분의 에너지가 몰려있는 교통음과 확연히 다른 결과를 보인다.

## IV. 뇌파 실험 및 결과

지금까지 분석한 음원들의 실제 효과를 알아보기 위해, 뇌파 측정을 하였으며 전반적인 알파파와 베타파 성분의 변화를 확인하였다.

### 4.1. 뇌파의 종류

뇌파는 무수히 많은 뉴런들의 복잡한 연결망으로 이루어진 대뇌 신경질의 전기적 활동을 반영하는 대략 0~30 Hz의 주파수 성분들의 무작위적인 조합으로 보이는 진동 신호이다. 특정한 주파수 범위의 진동 성분을 표 5와 같이 델타파 (0.2~4 Hz), 알파파 (8~13 Hz), 베타파 (13~30 Hz)로 구분한다 [7].

표 5. 뇌파의 종류 및 특징  
Table 5. Type and feature of brain wave.

종류	이름 (Hz)	특징
서파 (slow wave)	델타파 (0.2~4)	깊은 수면에 빠질 때 지배적인 뇌파이다. 두뇌는 막대한 치료 성장호르몬 생성.
	세타파 (4~8)	수면과 깨어 있는 상태 중간의 어명상태 (twilight)라 불린다.
속파 (fast wave)	알파파 (8~13)	눈을 감고 편안한 상태, 수동적, 집중하고 있지 않은 상태일 때 분출.
	베타파 (13~30)	눈을 뜨고 집중하는 상태, 구체적이고 특별한 문제를 다루고 있을 때 강력하게 활동.
	감마파 (30~)	정신적으로 초조한 상태나 추리, 판단 등의 고도의 인지정보처리와 관련.

### 4.2. 측정 및 결과

실험에서 사용된 뇌파 측정 방식은 전극법으로 세브란스병원의 개인 입원실에서 이루어졌으며, 피실험자에게 환자복을 입힌 후 의자에 편안하게 앉힌 채 실시하였다. 그리고 시각적인 영향으로 인한 뇌파 간섭을 배제하기 위해 안대를 착용시켰다.

실험에 참여한 인원은 총 5명으로, 피실험자에게 소리에 대한 아무런 설명을 하지 않은 채 지하철음, 도로교통음, 폭포소리, 숲소리를 약 5분간 두 번씩 번갈아가며 들려주면서 뇌파 측정을 실시하였다. 측정에 사용한 음원은 앞서 음원분석에 사용된 음원 3가지에 폭포소리를 추가로 사용하였다.

그림 10은 음원에 따른 뇌파의 위치별 에너지 스펙트럼을 나타낸 것으로 0에 해당하는 색일 때 가장 에너지가 적으며, 3이나 -3에 해당하는 색으로 갈수록 강한 에너지가 분포함을 나타낸다.

실험 결과 모든 피실험자가 자연의 폭포소리나 숲소리보다 도시의 지하철음이나 도로교통음에서 상대적으로 많은 양의 베타파가 검출되었다.

표 6은 전반적인 결과로서 도시의 소리는 베타파가 증가, 알파파가 감소하는 경향을 보이는 반면에 자연의 소리는 알파파가 증가, 베타파가 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 즉 도시의 소리와는 달리 자연의 소리는 긴장이 풀린 편안한 상태의 뇌파로 분석되었다.

도시 교통음과 자연소리의 음원분석과 뇌파 측정 결과에 따르면, 도시 교통음은 집중력 방해와 스트레스 유발 요소가 많으며, 자연의 소리는 긴장을 완화시켜주고 명상에 도움을 준다는 사실을 증명한다.

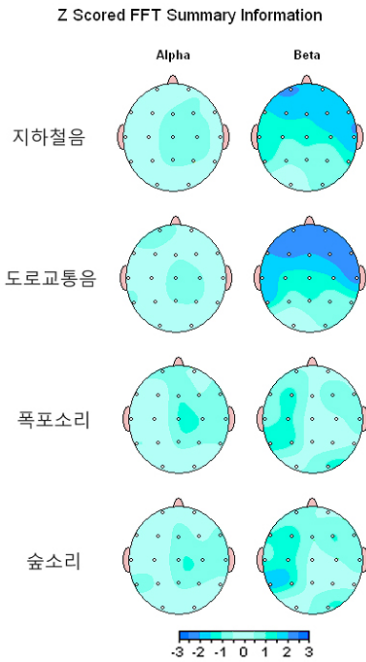


그림 10. 음원별 뇌파 에너지 스펙트럼  
Fig. 10. Sound source by energy spectrum of brain wave.

표 6. 음원별 뇌파 변화  
Table 6. Sound source by brain wave change.

음원		알파파	베타파
도심소리	지하철음	▽	△
	도로교통음	▽	⤴
자연소리	폭포소리	⤴	▽
	숲소리	△	▽

### V. 결론

본 연구에서는 사람이 선호하는 백색잡음 주파수 특성을 알아내고 자연음과의 관계를 확인하였다. 그리고 음원 분석과 뇌파 측정을 통해 도심 교통음과 자연 소리가 사람에게 미치는 영향을 분석하였다.

실험 결과 자연의 폭포 소리를 들었을 경우 베타파에 비해 알파파가 많이 측정되었으며, 반면에 도심 교통음을 들려줄 경우, 상대적으로 많은 양의 베타파가 감지되었다. 이러한 결과를 통해 기존에 알려진 자연의 소리에 따른 효과를 보다 객관적으로 확인할 수 있다.

본 연구의 목적은 사람에게 유익하고, 해로운 소리의 이유를 규명하고, 상황에 따른 최적화 음원을 개발하는데 있으며, 이러한 최적화 음원은 사람의 능률을 올려주고 스트레스를 효과적으로 감소시킬 수 있다.

차후 사람의 연령과 개인별 청각특성을 고려한 주파

수, 진폭 특성 가변 연구와, 주변 상황 변화에 따라 최적화된 백색잡음과 자연의 소리를 연구할 계획이다.

### 참고 문헌

1. 박현구, 신용구, 김향 외, "도시 환경음의 음질 평가," *한국 소음 공학 진동학회 2005년 춘계 학술대회 논문집*, 529-534쪽, 2005.
2. 이병찬, "도로교통소음 개선에 관한 연구," 연구보고서, 환경부, 2004.
3. 박정희, "자연의 소리 명상음악이 초등학생의 상태불안에 미치는 영향," 석사학위논문, 창원대학교, 2005.
4. 견두헌, 배명진, "사람이 선호하는 백색잡음 주파수 특성," *한국 음향학회 제24회 음성 통신 및 신호처리 학술대회 논문집*, KSCSP-2007, 24권, 1호, 251-252쪽, 2007.
5. C. J. Jung and M. J. Bae, "A study on improvement of concentration using natural sound and classic music," *GESTS International Transactions on Computer Science and Engineering*, vol. 48, no. 1, pp. 163-149, 2008.
6. 견두헌, 배명진, "도심과 자연의 소리 특성에 관한 연구," *한국음향학회 2008년 춘계학술발표대회 논문집*, 27권, 제1(5)호, 147-150쪽, 2008.
7. 박선민, "시청각 자극에 의한 뇌파조절이 주의집중력 향상에 미치는 효과," 석사학위논문, 숙명여자대학교, 2002.

### 저자 약력

• 견 두 헌 (Doo-Heon Kyon)



2007년 : 배재대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
2007년 ~ 현재 : 송실대학교 정보통신공학과 석사과정

• 배 명 진 (Myung-Jin Bae)



현재 : 송실대학교 정보통신전자공학부교수  
한국음향학회지 제21권 제3호 참조