

# 음악의 스펙트럼 분석과 $\frac{1}{f}$ 스펙트럼 특성을 이용한 대표부분 추출

종신회원 배진수\*

## Music Spectrum Analysis and a Content Summary Technique Based on the $\frac{1}{f}$ Characteristic

Jinsoo Bae\* *Lifelong Member*

요약

현재 유통되고 있는 디지털 음악 파일에서 일정 길이를 갖는 대표 부분을 주파수 신호 처리 기법을 통해 추출하는 방법을 제안한다. 인기곡의 저주파 스펙트럼이  $\frac{1}{f}$  특성을 갖는다는 가설을 바탕으로 대표 부분 추출 시스템을 구현하였다. 추출 시스템은 크게 음악의 검정 스펙트럼을 얻어 내는 전처리 과정과 유사도를 비교하여 점수화하는 과정으로 나눌 수 있다. 구현된 시스템으로 교향곡과 인기 가요를 분석하는 모의 실험을 통해 곡들의 듣기 좋다고 생각되는 일부분을 추출하였으며, 이 연구를 통해 음악 콘텐츠의 미리 듣기 자동 추출 제공을 제안한다.

**Key Words** : Discrete signal processing, Music spectrum,  $\frac{1}{f}$  spectrum, Contents summary

ABSTRACT

A digital formatted music can be summarized with a fixed length using spectrum signal processing in this paper. We experimentally tested the hypothesis that the power spectrum of a popular music has  $\frac{1}{f}$  shape. Based on this hypothesis, a music is summarized by a system proposed in the paper. The system consists of a pre-processing block obtaining a test spectrum and a decision block calculating similarities. It is noteworthy that a digital formatted music can be summarized automatically using a similar system based on various hypotheses.

### I. 서론

디지털 음악 유통 업체들은 고객이 음악 파일을 구매하기 전에 30초나 1분 동안 미리 들어보고 구입할 수 있도록 일정 길이의 음악 미리 듣기를 제공하고 있다. 하지만 국내 다수의 음악 유통 회사들이 미리 듣기로 (전주 부분이 대부분을 차지하는)

첫부분을 제공하고 있으며, 이러한 미리 듣기 서비스는 개선의 여지가 있다.

1975년에 버클리 소재 캘리포니아 대학교 물리학과 의 보스와 클라크는 네이처지를 통해 발표한 논문에서, 인기 있는 음악곡의 주파수 분석을 수행한 결과 이들의 저주파 스펙트럼은 ‘주파수를  $f$ 라 할 때,  $\frac{1}{f}$  꼴을 보인다’고 주장했다<sup>[1]</sup>. 또한 인기곡을 주

\* 세종대학교 정보통신공학과 (baej@sejong.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-10-456, 접수일자 : 2007년 10월 6일, 최종논문접수일자 : 2007년 11월 16일

로 방송하는 라디오 음악 프로그램과 길이가 긴 클래식 협주곡들의 저주파 스펙트럼을 확인한 결과  $\frac{1}{f}$  스펙트럼 특성을 갖는다는 것을 보이기도 하였다<sup>[2]</sup>. 이들은 인기 있는 음악들은 덜 인기 있는 음악들에 비해 저주파 스펙트럼의 모양이 보다  $\frac{1}{f}$ 의 꼴에 가까울 것으로 생각하였다.

이 논문에서는 보스와 클라크의 연구결과에 바탕을 두어 MP3 파일에서 일정 길이를 갖는 미리 듣기 부분을 스펙트럼 특성을 통해 추출 가능한지 살펴본다. 먼저 보스와 클라크의 기존 연구를 이론적으로 분석해보고 그 결과를 재현한다. 또한  $\frac{1}{f}$  꼴의 스펙트럼을 갖는 미리 듣기 부분을 추출하는 새로운 방법을 제안하고 모의 실험을 통해 추출 결과를 보인다.

$\frac{1}{\sqrt{f}}$  꼴과  $\frac{1}{f^2}$  꼴 스펙트럼을 갖는 부분도 1분 길이로 추출하였다. 이렇게 추출된 4부분은 (즉, 처음 1분,  $\frac{1}{f}$  꼴,  $\frac{1}{\sqrt{f}}$  꼴,  $\frac{1}{f^2}$  꼴 스펙트럼을 가진 부분들) 서로 다른 부분을 추출하고 있으며, 개인적 취향에 따라 선호하는 미리 듣기가 다를 수 있고 이를 이용하면 음악 파일 매출 증대에 이용할 수 있는 가능성이 있는 것으로 보인다.

## II. 스펙트럼 특성

### 2.1 검정 스펙트럼 추출

한 곡의 음악에서 스펙트럼이 가장  $\frac{1}{f}$  꼴에 가까운 미리 듣기 부분을 추출하기 위해 디지털 음악 파일을 입력으로 받아, 정규화된 저주파 스펙트럼을 얻기 위해 전처리 과정을 (preprocessing) 거친다. 이 저주파 스펙트럼을 본 장에서는 검정 스펙트럼이라 (test spectrum) 한다. 전처리 과정의 기본 구조는 그림1과 같다. 먼저, 디코더를 통해 MP3파일의 음악 신호  $v(t)$ 를 얻어 이 신호에서 사람이 쉽게 음을 감지하는 가청 주파수 대역인 0.1kHz~10kHz 부분만을 추출하여  $v_b(t)$ 라고 하자.

제공기를 통해  $v_b(t)$ 의 순간 전력  $v_b^2(t)$ 를 얻으며, 저역 통과 여파기를 통과시켜  $v_l(t)$ 를 얻는다. 10Hz보다 높은 대역은  $\frac{1}{f}$  스펙트럼 특성을 확인하는데 불필요한 대역이다. 따라서 저역 통과 여파기

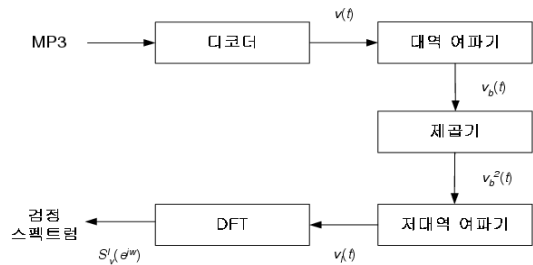


그림 1. 전처리 시스템 블럭도

를 통해 10Hz까지만 추출한다. 저역 통과 여파기를 통해 얻은  $v_l(t)$ 의 주파수 변환인  $S_v^l(f)$ 가 미리 듣기 추출을 위한 전처리된 검정 스펙트럼이다.  $S_v^l(f)$  스펙트럼을 얻기 위한 DFT의 (discrete fourier transform) 표본 크기는 16,384, 윈도우 함수는 블랙만-해리스 (Blackmann-Harris) 윈도우를 사용했다.

### 2.2 기존연구 검증

음악뿐만 아닌 다양한 물리적인 변화량은  $\frac{1}{f}$  패턴을 ( $0.5 \leq \gamma \leq 1.5$ ) 나타낸다는 많은 연구결과가 있다. 반도체 소자의 잡음 발생 변화, 태양의 흑점 변화, DNA분자열 데이터의 스펙트럼들이 그 예이다<sup>[1][3]</sup>. 보스와 클라크의 연구에서는 바하의 브라덴부르크 협주곡과 여러 장르의 라디오 음악 방송의 스펙트럼들이  $\frac{1}{f}$  패턴을 갖는다는 것을 보였다. 그림 2에 기존 연구에서 얻은 협주곡의 스펙트럼을 나타낸다. 또한 이 연구에서는 다양한 장르의 라디오 음악 방송의 스펙트럼 특성을 확인할 수 있으며, 이를 그림 3에 다시 나타내었다.

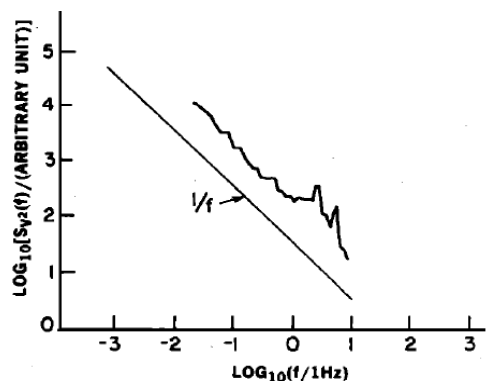


그림 2. 바하 교향곡의 스펙트럼, [2]의 Fig. 3

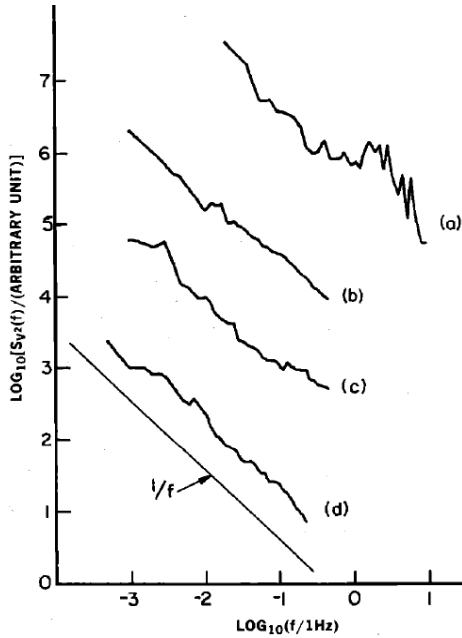


그림 3. 음악 방송의 스펙트럼 (a: 스코트 조플린의 피아노 연주곡, b: 클래식장르 라디오 방송, c: 락장르 라디오 방송, d: 뉴스 방송), [2]의 Fig. 4

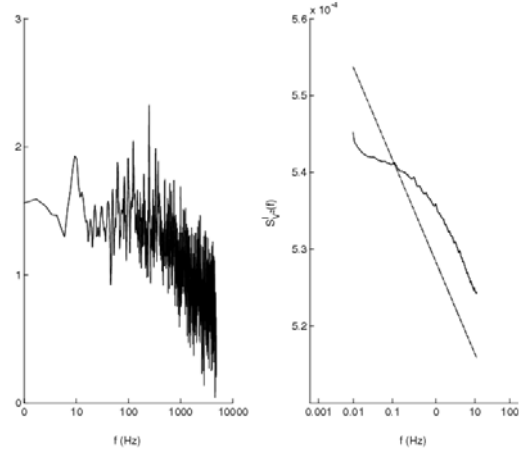


그림 5. 교향곡 2번의 전력 스펙트럼과 검정 스펙트럼

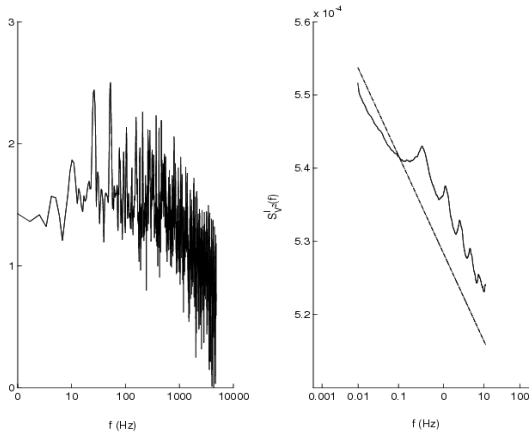


그림 4. 교향곡 1번의 전력 스펙트럼과 검정 스펙트럼

바하의 브라덴부르크 협주곡 (Johann Sebastian Bach, Brandenburg Concerto), 발라드, 댄스등의 장르의 인기 가요, 재즈 라디오 방송 1시간 분량을 녹음하여 검정 스펙트럼을 확인한 결과이다. 실제로 이러한 음악들의 검정 스펙트럼과 보스와 클라크가 주장한  $1/f$  스펙트럼이 유사함을 확인할 수 있으며, 이러한 결과는 인기곡들이  $1/f$  스펙트럼 특성을 갖는

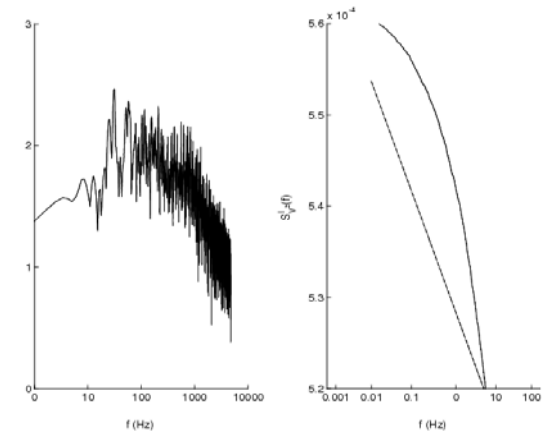


그림 6. 교향곡 3번의 전력 스펙트럼과 검정 스펙트럼

다는 보스와 클라크의 주장을 뒷받침한다.

6곡의 협주곡으로 이루어져 있는 브라덴부르크 협주곡 가운데 4곡의 전력 스펙트럼들과 검정 스펙트럼들을 살펴보았다. 협주곡 1에서 4번까지의 전력 스펙트럼인  $S_{v^2}(f)$ 와 각각의 검정 스펙트럼들을 그림4에서 7까지 나타낸다. 전력 스펙트럼으로부터 전처리 과정을 거쳐 검정 스펙트럼을 얻는다. 그림 4부터 그림 7까지를 보면 협주곡의 검정 스펙트럼이 대략  $1/f$  스펙트럼 특성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 그림 4에서 7까지의 전력 스펙트럼에서는  $1/f$  스펙트럼 특성을 쉽게 확인할 수 없으며, 이러한 특성을 확인하기 위해 검정 스펙트럼이 유용함을 알 수 있다.

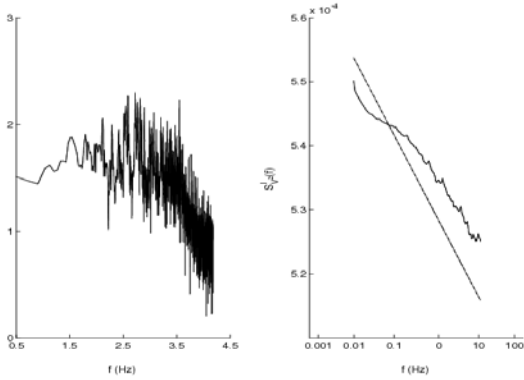


그림 7. 교향곡 4번의 전력 스펙트럼과 검정 스펙트럼

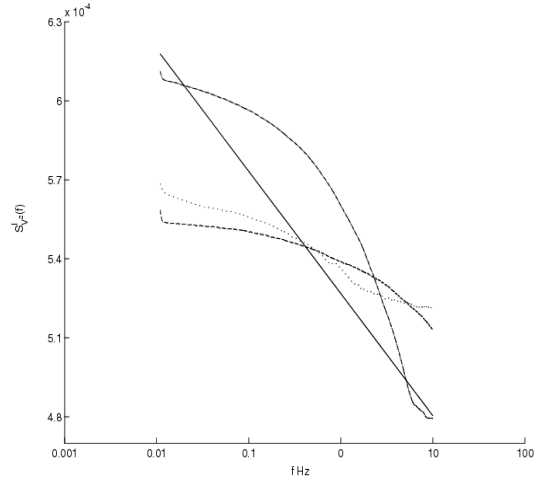


그림 9. 댄스 장르음악들의 정규화된 검정 스펙트럼. (일점쇄선: 클론, '쿵따리 사바라', 점선: NRG '별책부록', 파선: 동방신기 'rising Sun')

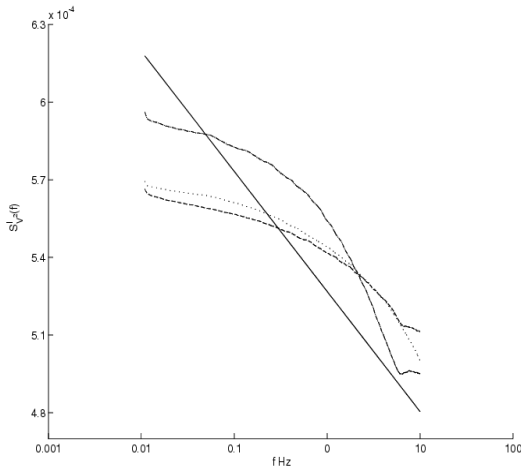


그림 8. 인기있는 발라드 장르 음악들의 정규화된 검정 스펙트럼. (일점쇄선: 테이, '그리움을 외친다', 점선: 견우 '내 눈물이 하는 말', 파선: 조성모 '춘천가는 기차')

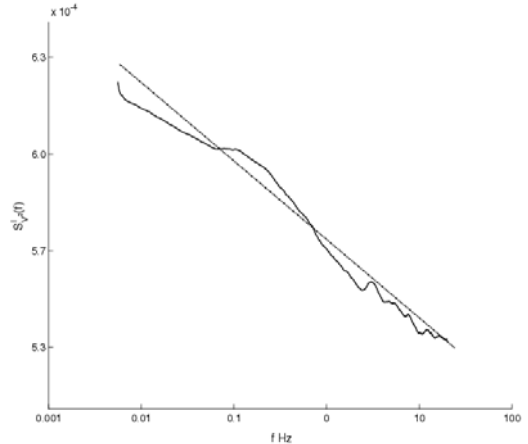


그림 10. 라디오 방송 음악의 정규화된 검정 스펙트럼

또한 발라드 장르의 인기가요 3곡의 검정 스펙트럼들을 그림 8에, 댄스곡의 인기가요 3곡의 검정 스펙트럼들을 그림 9에 나타낸다. 그림 8과 9에서도  $1/f$  스펙트럼 특성을 확인할 수 있다.

재즈 라디오 방송 1시간 분량도 녹음하여 검정 스펙트럼을 살펴보았으며 이를 그림 10에 나타낸다. 재즈 라디오 채널의 검정 스펙트럼 역시 협주곡의 검정 스펙트럼, 인기 있는 음악들의 검정 스펙트럼과 같이  $1/f$  스펙트럼 특성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

### 2.3 이론적 고찰

자기 상관 함수 (autocorrelation function)  $R(t, \tau)$ 는 시간  $t$ 에서의 신호와 시간  $t + \tau$ 에서의

신호의 상관을 (correlation) 나타내는 함수이다<sup>[4]</sup>.  $R(t, \tau)$ 가 넓은 의미의 정상 과정일때 (wide-sense stationary process) 시간  $t$ 에 대해 독립이고, 오직 시간차인  $\tau$ 의 함수로써 정의되어  $R(\tau)$ 가 된다<sup>[5]</sup>. 이러한 넓은 의미의 정상 과정인 자기 상관 함수  $R(\tau)$ 는 연속, 이산 신호에 대해 각각 다음과 같다<sup>[6]</sup>.

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)v(t+\tau)dt \quad (1)$$

$$R[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} v[n]v[n+k] \quad (2)$$

한편, 자기 상관 함수  $R(\tau)$ 와 전력 스펙트럼  $S_v(e^{j\omega})$ 은 푸리에 변환쌍의 관계를 가지며, 관계식은

연속, 이산 신호일때 각각 다음과 같이 나타낸다 [7][8].

$$S_v(e^{j\omega}) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau)e^{-j\omega\tau}d\tau \quad (3)$$

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_v(e^{j\omega})e^{j\omega\tau}d\omega \quad (4)$$

$$S_v(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} R[n]e^{-j\omega n} \quad (5)$$

$$R[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} S_v(e^{j\omega})e^{j\omega n}d\omega \quad (6)$$

자기 상관함수  $R(\tau)$ 에서 상관이 급격히 줄어드는 시간차  $\tau$ 를 상관 시간 (correlation time)  $\tau_c$ 라 하자. 이러한 자기 상관 함수의 상관 시간  $\tau_c$ 는 전력 스펙트럼과 깊은 관계가 있다.  $v(t)$ 는  $|t| \ll \tau_c$ 일 때  $v(t+\tau)$ 와 상관이 크며  $|t| \gg \tau_c$ 일 때  $v(t+\tau)$ 와 상관이 작다.  $v(t)$ 의 전력 스펙트럼인  $S_v(f)$ 가 백색에 가까운 스펙트럼 특성을 갖는다면 시간신호  $v(t)$ 의 상관 시간  $\tau_c$ 가 0에 가깝다. 이러한  $\tau_c$ 가 0에 가까운 음악은 음의 변화가 크기 때문에 불규칙하게 (마치 메탈 장르의 음악과 같은) 들린다.

또한 전력 스펙트럼의 저주파 성분이 고주파 성분에 비해 크면 (이를테면  $\frac{1}{f^2}$ 의 형태)  $\tau_c$ 가 크다. 이러한  $\tau_c$ 가 큰 음악은 음의 변화가 적기 때문에 지루하게 (마치 자장가처럼) 들린다.  $\frac{1}{f}$  스펙트럼 특성을 갖는 시간 신호의 상관 시간은  $\frac{1}{f^2}$ 의 스펙트럼 특성을 갖는 시간 신호의 상관 시간보다는 작고, 백색 스펙트럼 특성을 갖는 시간 신호의 상관 시간 보다는 크다. 이러한  $\tau_c$ 가 적당한 음악을 들었을 때, 지루하지 않고 피곤하지도 않은 듣기 좋은 느낌을 가지게 한다.

### III. 미리 듣기 추출 알고리즘

노래 한 곡 전체에서  $\frac{1}{f}$  스펙트럼에 가장 가까운 모양을 갖는 정해진 길이의 일부분을 찾기 위한 시스템을 제안한다. 먼저 디코딩한 MP3 파일을 1초 씩 이동하면서 정해진 길이로 분할한다. 예를 들어, 전체 120초인 노래의 경우 1분 길이로 분할한다면, 서로 다른 60개의 블럭으로 나누게 된다. 분할된 각 블럭들의 검정 스펙트럼들을 II장에서 소개한 전

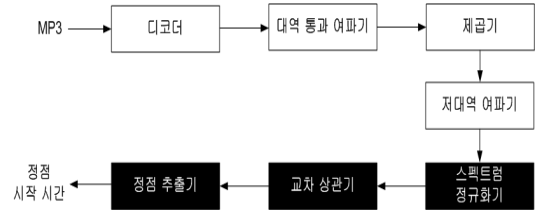


그림 11. 전체 시스템 블럭도

처리 시스템을 써서 구한다. 이렇게 얻은 검정 스펙트럼들 중  $\frac{1}{f}$  스펙트럼과 유사도가 가장 높은 스펙트럼을 가진 블럭을 가려내기 위해 유사도를 점수화 한다. 이 시스템의 구성은 스펙트럼 정규화기, 교차 상관기, 검정 추출기로 이루어 진다. 전체적인 시스템의 블럭도는 그림 11과 같다.

한 곡 전체에서 얻은 1분 단위 블럭들의 검정 스펙트럼을 정규화 (normalization) 한다. 전력 스펙트럼을  $S_v(e^{j\omega k/N})$ 라 하면 정규화된 전력 스펙트럼은

$$S_v^N(e^{j\omega n/N}) = \frac{|S_v(e^{j\omega n/N})|}{\sum_{n=0}^{N-1} |S_v(e^{j\omega n/N})|}, n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (7)$$

이 된다. 여기서  $N$ 은 DFT의 사이즈를 나타낸다. 이렇게 정규화된 1분단위의 전력 스펙트럼들로부터 정합필터를 통해 점수들을 얻는다.

교차 상관기를 통해 정규화된 검정 스펙트럼들의 유사도를 점수화 한다. 교차 상관기란 두 신호 간의 유사한 정도를 의미하며 [9], 이러한 교차 상관을 이용한 교차 상관기를 통해 두 신호의 유사도 점수를 얻는다. 1분 길이의 블럭들로부터 얻은 정규화된 이산 스펙트럼인  $S[n]$ 과  $\frac{1}{f}$  이산 스펙트럼을 각각 다음과 같이 나타낸다.

$$S[n] = S_v^N(e^{j\omega n/N}), n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (8)$$

$$F[n] = \frac{N-n}{N}, n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (9)$$

(여기서  $N$ 은 DFT 사이즈) 교차 상관 함수  $R[k] = \sum_{n=0}^{N-1-k} x[n+k]y[n]$ 로부터  $S[n]$ 과  $F[n]$ 의 교차 상관 함수는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$R_{SF}[k] = \sum_{n=0}^{N-1-k} S[n+k]F[n], k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (10)$$

표 1. 춘천가는 기차의 각 점정 스펙트럼들과 유사도 점수

시작시간	끝시간	유사도 점수
00:00	01:00	74.937
00:01	01:01	74.67
00:02	01:02	75.894
00:03	01:03	74.985
00:04	01:04	74.332
⋮	⋮	⋮
03:33	04:33	77.782
⋮	⋮	⋮
03:36	04:36	76.539
03:37	04:37	76.848
03:38	04:38	77.766
03:39	04:39	76.341
03:40	04:40	77.095

표 2. 발라드 대표부분 시작점

제목	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f^2}$	$\frac{1}{\sqrt{f}}$
투러브	0:35	0:06	2:56
내 눈물이 하는 말	0:55	1:10	0:36
그리움을 외치다	1:41	2:37	1:41
벌써 일년	1:32	2:57	0:02
춘천가는 기차	3:33	2:01	1:28
Stay in me	0:44	1:06	1:48
사랑해요	3:29	0:02	2:36
애인있어요	2:34	0:12	2:28
Hold me	3:02	0:02	1:09
다 알아요	2:47	0:43	2:42

이 연구는 1분 길이의 블럭들 각각에 대한 교차 상관만 알면 된다. 즉 신호를 일정 길이로 이동하며

표 3. 댄스 대표부분 시작점

제목	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f^2}$	$\frac{1}{\sqrt{f}}$
별책부록	1:47	0:16	0:34
Rising Sun	2:25	2:19	2:47
지지않는 태양	1:38	2:12	1:55
Young Gunz	2:09	1:35	2:06
환희	2:02	1:02	1:13
쿵따리 샤바라	2:19	1:26	1:35
데이트 코치	0:09	0:11	1:45
단 한번의 키스	1:40	2:11	0:40
오직 너	0:32	1:56	2:10
Girls on Top	1:53	0:44	1:05

표 4. 랩/힙합 대표부분 시작점

제목	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f^2}$	$\frac{1}{\sqrt{f}}$
내가 웃는게 아니야	2:36	2:07	1:17
Fly	0:10	0:50	0:09
나의 옛날이야기	1:08	3:18	1:43
너희가 힙합을 아느냐	2:37	2:16	0:05
Gloomy Sunday	2:31	1:33	2:35
화가	2:45	3:13	1:59
파도	1:12	2:44	0:00
Memories	2:14	2:19	0:49
질경질경	2:32	1:59	0:56
전화번호	0:28	2:16	2:07

교차 상관을 구할 필요가 없으므로  $k=0$ 으로 한다.  $k=0$ 인 교차 상관 함수는 다음과 같다.

$$R_{SF}[0] = \sum_{n=0}^{N-1} S[n]F[n] \quad (11)$$

위와 같은 상관기를 통해 출력된 값들은 정규화

된 각 검정 스펙트럼들과  $\frac{1}{f}$  스펙트럼의 유사한 정도를 나타내며 이를 유사도 점수라 한다. 상관관계에서 출력된 유사도 점수 중 최고값을 갖는 블록이  $\frac{1}{f}$  스펙트럼과 가장 유사한 대표부분이 된다.

스펙트럼들의 점수 중 가장 높은 점수를 갖는 블록이  $\frac{1}{f}$  스펙트럼과 가장 유사한 스펙트럼을 갖는 대표부분이 된다. 표 1은 그 과정을 보여 주는데, 여러 인기 가요의 1분 단위 스펙트럼들과 유사도 점수의 예를 보였다. 표 1로부터 최고 유사도 점수 0.77782인 3분 33초부터 4분 33초부분이 대표부분이 된다. 또한 표 2, 3, 4에는 각 음악 장르들의  $\frac{1}{f}$ ,  $\frac{1}{f^2}$ ,  $\frac{1}{\sqrt{f}}$  스펙트럼과 가장 유사한 대표부분들을 보였다.

미리 듣기 추출 시스템으로부터 음악의 가장 인기있을 부분을 추출하였다. 그림 12에 대표 부분의 검정 스펙트럼과 처음 전주 부분의 검정 스펙트럼, 그리고 기준 특성인  $\frac{1}{f}$  스펙트럼을 나타내었다.

그림 12로부터 전주 부분을 포함하는 블록보다 추출한 대표 부분의 검정 스펙트럼의 유사도 점수가 더 높음을 확인 할 수 있다. 이는 보스와 클라크가 주장한 듣기 좋은 음악의 스펙트럼 특성인  $\frac{1}{f}$  스펙트럼에 전주 부분보다는 추출 시스템으로 추출한 대표 부분이 더 가깝다는 의미를 가진다. 또한 그림 13에 각 유사도 점수별 검정 스펙트럼과  $\frac{1}{f}$  스펙트럼을 비교한 결과를 나타내었다.

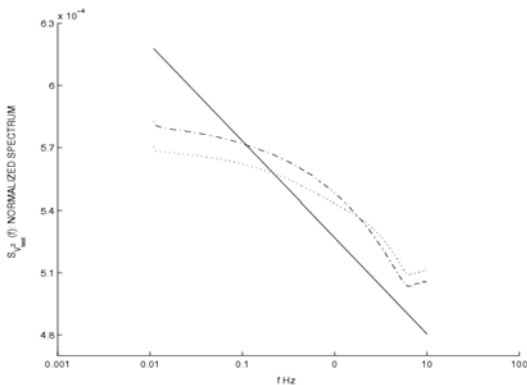


그림 12. ‘다 알아요’의 정규화된 검정 스펙트럼. (실선:  $\frac{1}{f}$  스펙트럼, 유사도 점수 100점; 점선: 전주 부분, 유사도 점수 74.94점; 일점체선: 대표부분, 유사도 점수 77.94점)

그림 12로부터 전주 부분을 포함하는 블록보다 추출한 대표 부분의 검정 스펙트럼의 유사도 점수가 더 높음을 확인 할 수 있다. 이는 보스와 클라크가 주장한 듣기 좋은 음악의 스펙트럼 특성인  $\frac{1}{f}$  스펙트럼에 전주 부분보다는 추출 시스템으로 추출한 대표 부분이 더 가깝다는 의미를 가진다. 또한 그림 13에 각 유사도 점수별 검정 스펙트럼과  $\frac{1}{f}$  스펙트럼을 비교한 결과를 나타내었다.

$\frac{1}{f^2}$  스펙트럼은  $\frac{1}{f}$  스펙트럼에 비해 저주파 성분이 (고주파 성분에 비해) 더 크다. 이러한  $\frac{1}{f^2}$  스펙트럼 특성을 갖는 음악의 일정 부분은 음의 변화가 작기 때문에 듣는 사람으로 하여금 지루함을 느끼게 한다. 반면 고주파 성분이 (저주파 성분에 비해) 더 큰  $\frac{1}{\sqrt{f}}$  스펙트럼 특성은 음의 변화가 크기 때문에 듣는 사람으로 하여금 잡음처럼 들리게 한다.  $\frac{1}{f^2}$  특성을 갖는 음악은 자장가를 듣는 것과 같고  $\frac{1}{\sqrt{f}}$  특성을 갖는 음악은 메탈 장르의 음악을 듣는 것과 같다. 이 두 스펙트럼 특성의 중간적인  $\frac{1}{f}$  특성은 적절한 음의 변화를 갖고 있으며, 이러한 스펙트럼 특성을 갖는 대표 부분은 적당한 음의 변화를 가진 듣기 좋은 대표 부분이 된다.

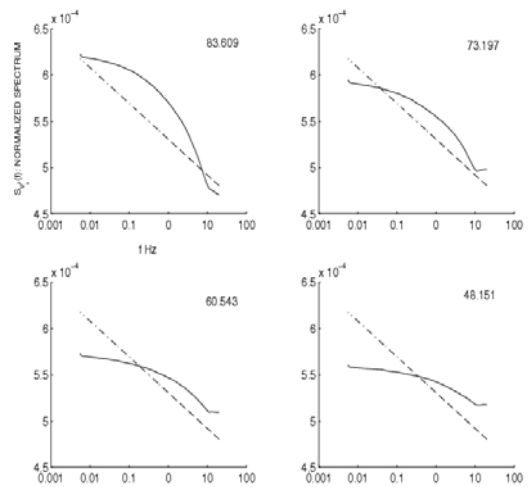


그림 13. 유사도 점수별 검정 스펙트럼과  $\frac{1}{f}$  스펙트럼 비교 (좌상: 유사도 점수 83.6점, 우상: 73.2점, 좌하: 60.5점, 우하: 48.2점인 예)

#### IV. 결 론

현재 유통되고 있는 디지털 음악 파일에서 일정 길이를 갖는 듣기 좋은 일부분을 보스와 클라크의 가설에 근거하여 추출해 보았다. 먼저 기존 연구를 검증하고, 이론적으로 분석해 보았다. 실제 인기 음악들의 검정스펙트럼을 확인해 보았으며, 노래 한 곡 전체에서 주파수를  $f$ 라 할때,  $\frac{1}{f}$  스펙트럼에 가장 가까운 모양을 갖는 일부분을 추출하기 위한 시스템을 제안하였다. 또한 모의 실험을 통해 3가지 장르, 30곡들의 미리 듣기 부분을 추출하였다.

음악 콘텐츠의 판매를 위해 들려주는 미리 듣기 부분의 중요성이 커질 것이다. 좋은 미리 듣기의 한 예는 곡의 저작권자나 실제 부르는 가수들이 제공하는 미리 듣기이며, 향후 저작권자로부터 음악과 함께 미리 듣기 부분에 대한 정보도 받는다면 좋은 미리 듣기를 제공할 수 있을 것이다. 개선된 미리 듣기는 음악 콘텐츠를 구매하는 고객들의 구매 욕구를 높여 줄 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R.F. Voss and J. Clarke, " $\frac{1}{f}$  Noise in music and speech." *Nature.*, Vol. 258, pp. 317-318, 1975.
- [2] R.F. Voss and J. Clarke, "' $\frac{1}{f}$  noise' in music: Music from  $\frac{1}{f}$  noise." *Journal of Acoustical Society of America.*, Vol. 63, No 1, 1978.
- [3] P.P. Vaidyanathan and B.J. Yoon, "*The role of signal-processing concepts in genomics and proteomics*", *Journal of the Franklin Institute.*, Vol. 341, pp. 111-135, 2004.
- [4] R.E. Ziemer and W.H. Tranter, *Principles of Communications*, Wiley, 2002.
- [5] 송익호, *확률과정*, 생능출판사, 2002.
- [6] B. Porat, *A Course in Digital Signal Processing*, Wiley, 1997.
- [7] F. Reif, *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics*, McGraw-Hill, 1965.
- [8] B. Sklar, *Digital Communications*, Prentice Hall, 2001.
- [9] J.M. Wozencraft and I.M. Jacobs, *Principles of Communication Engineering*, Waveland, 1990.

배진수 (Jinsoo Bae)

중신회원

1990년 2월 경기과학고등학교 조기졸업 (우등)  
 1993년 2월 한국과학기술원 전기전산학과 공학사  
 1995년 2월 한국과학기술원 전기전산학과 공학석사  
 1998년 2월 한국과학기술원 전기전산학과 공학박사  
 1997년 1월~1997년 12월 동경대학 객원연구원  
 1998년 1월~1998년 10월 앤더슨컨설팅 컨설턴트  
 1998년 11월~1999년 12월 일본모토로라 연구원  
 1999년 9월~2000년 2월 LG텔레콤 과장  
 2000년 3월~현재 세종대학교 정보통신공학과 전임강사, 조교수, 부교수  
 <관심분야> 신호검파론