

녹음 환경의 차이에 따른 화자의 음원 특성 비교:
발성유형지수 k 를 중심으로*

Comparison of Speaker's Source Characteristics in Different Recording
Environments by Using Phonation Type Index k

이 후 동** · 강 선 미** · 박 한 상*** · 장 문 수****
Hoodong Lee · Sunmee Kang · Hansang Park · Moonsoo Chang

ABSTRACT

Spoken sound includes not only speaker's source but the characteristics of vocal tract and speech radiation. This paper is based on the theory of Park[1], who proposes the Phonation Type Index k ; a variable that shows the characteristic of speaker's source excluding those of speaker's vocal tract and speech radiation. With Park's theory, we collect data by changing recording environments and expanding experimental data, and analyze the data collected to see whether or not the PTI k shows good discriminating power as a variable for speaker recognition. In the experiment, we repeatedly record 8 sentences ten times for each of 5 males in the environment of a recording room and an office, extract PTI k for each speaker, and measure the discriminating power for each speaker by using the value of PTI k . The result shows that PTI k has the excellent discriminating power of speakers. We also confirm that, even if the recording environment is changed, PTI k shows similar results.

Keyword: Speaker Recognition, Source Characteristics, Phonation Type Index k

1. 서 론

현재 화자인식에 사용되고 있는 매개변수들은 기존의 음성 인식 기술에서 사용되고 있는 MFCC 특징파라미터들이거나, 피치, 강세, 지속시간, 포먼트 정보 등의 음향적 매개변수들이다. 이러한 매개변수의 한계는 화자의 건강상태나 감정 혹은 의도된 발화모양에 따라서 많은 차이가 있다는 것이다[7][8]. 본 논문에서는 기존의 매개변수들과 달리 화자의 고유한 특성을 보여주는 화자인식 매개변수를 발성유형에서 찾고자 한다.

일반적으로 화자의 음원 특성이 발성 유형을 결정한다. 발성 유형은 성대 진동의 유무에 따라 크게 유성음과 무성음으로 나누며, 성문의 개방정도에 따라 숨소리(breathy voice) 및

* 본 논문은 한국과학재단 목적기초연구(R01-1999-000-00229-0) 지원으로 수행되었음.

** 서경대학교 컴퓨터과학과

*** 대구한의대학교 국제어문학부

**** 서경대학교 소프트웨어학과

짜내기 소리(creaky voice) 등으로 세분할 수도 있다. 발성유형의 특성을 나타내는 매개변수로는 개방지수(open quotient)와 스펙트럼의 기울기(spectral tilt) 등이 있다. 개방지수는 발성시 성대진동의 한 주기 중 열려있는 구간의 비율을 말하는 것으로서 공기 역학적으로 그 특성을 연구하는 것이 일반적이며 스펙트럼의 첫 두 배음의 진폭(H1과 H2)의 차이를 측정함으로써 개방지수의 음향적 상관성을 측정하기도 한다. 반면 스펙트럼의 기울기는 음향학적으로 그 특성을 측정할 수 있으며, 기본음의 진폭과 첫 번째 포먼트의 진폭의 차이, 즉 $H1^* - A1$ (Stevens and Hanson, 1995; Hanson, 1997)나, 기본음의 진폭과 세 번째 포먼트 진폭의 차이, $H1^* - A3^*$ (Stevens and Hanson, 1995; Hanson, 1997)로 측정하는 방법이 있다[3][4]. 스펙트럼의 기울기를 측정할 때는 각 배음의 진폭을 이용해야 하는데 배음의 진폭은 기본주파수(fundamental frequency)와 모음(vowel quality)의 영향을 받을 수밖에 없다. 그러나 스펙트럼 기울기를 재는 기존의 측정방식은 사람마다 다른 기본 주파수와 모음의 영향을 전부 혹은 일부 배제하지 못하였다. 본 논문에서는 기본주파수와 모음의 변화에 영향을 받지 않는 음원의 특성을 추출하고 추출된 결과가 화자 인식용 파라미터로 사용될 수 있는지를 확인하는데 그 목적이 있다. 실험은 녹음실 환경에서 얻어진 데이터와 일반 사무실 잡음이 첨가된 상태에서 얻은 데이터를 이용하여 실시하였다. 데이터는 동일화자를 통해 얻었으며, 각기 다른 환경에서 얻은 두 종류의 데이터로부터 PTI k 값을 추출하여 화자별 변별력 실험을 실시하였다. 실험결과 화자별 변별력을 확인할 수 있었으며 다른 환경에서 얻은 데이터를 통해 구한 PTI k 값이 서로 유사한 경향을 보인다는 것을 확인할 수 있었다. 2 장에서는 본 논문에서 사용한 PTI k 에 대한 이론적인 배경에 대한 소개와 PTI k 추출을 위한 특징매개변수추출을 소개한다. 3 장에서는 화자별 PTI k 값을 이용하여 화자별 변별력 실험에 대한 과정과 그 결과를 소개하며, 마지막으로 4 장에서 결론과 향후연구 계획에 대해서 기술하였다.

2. 발성유형지수 추출

2.1. Phonation Type Index k

본 논문에서는 박한상[1]에서 소개한 Phonation Type Index k 를 이용하여, 화자 인식을 위한 변별력 실험을 실시하고 그 결과를 분석하였다. 본 절에서는 먼저 PTI k 에 대하여 간략하게 소개하고자 한다.

스펙트럼의 기울기를 측정하는 기존 방법들은 기본주파수와 모음의 영향을 일부 혹은 전부 고려하지 않았다. 기본주파수와 모음의 변화에 영향을 받지 않으면서도 음원 특성을 추출하는 방법이 필요한데 이 목적에 부합하는 추출 방법을 PTI k 로 제시하였다. PTI k 는 음원-필터 이론(Source Filter Theory)에 바탕을 두고 있으며 기본적인 이론은 다음과 같다.

음원-필터 이론에 의하면 음성의 주파수 반응은 음원(source)과 필터(filter), 즉 성도전달 함수(vocal tract transfer function), 그리고 음성 방출 (radiation) 특성으로 이루어져 있다. 이들의 관계는 식 1과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$|P(f)| = |U(f) \parallel R(f) \parallel H(f)| \quad (1)$$

$|P(f)|$ 는 소리의 주파수 반응을, $|U(f)|$ 는 음원의 특성을, $|R(f)|$ 는 음성방출의 특성을, 마지막으로 $|H(f)|$ 는 성도전달함수의 특성을 나타낸다. 음원과 음성방출 특성의 결합특성은 식 2과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$|U(f)||R(f)| = P_k \frac{(f/100)}{1+(f/100)^2} \tag{2}$$

모음과 같이 주기성을 갖는 음성 신호는 기본주파수를 가진 기본음과 그것의 배음들로 이루어져 있다. 배음들의 주파수는 기본주파수의 정수배이므로 식 2에서 f 는 식 3과 같이 nf_0 로 대체될 수 있다. 음원의 특성과 음성방출의 특성을 구하는데 주파수 대신 기본주파수의 함수로 변환함으로써 기본주파수의 함수로 설명할 수 있다.

$$|U(nf_0)||R(nf_0)| = P_k \frac{(nf_0/100)}{1+(nf_0/100)^2} \tag{3}$$

또한 음원과 음성방출의 결합특성은 옥타브당 6 dB 크기로 진폭이 줄어든다. 방출특성은 주파수가 증가할수록 옥타브당 6 dB 정수배로 진폭이 증가한다. 식 3은 식 4에 제시되어 있는 음원의 성분과 식 5에 제시되어 있는 음성방출의 성분으로 나눌 수 있다.

$$|U(nf_0)| = P_k \frac{(f_0/100)}{1+(nf_0/100)^2} \tag{4}$$

$$|R(nf_0)| = n \tag{5}$$

음원의 특성은 식 6에 제시되어 있는 기본음의 특성과 식 7에 제시되어 있는 “source ratio”로 나누어진다.

$$|U(f_0)| = P_k \frac{(f_0/100)}{1+(f_0/100)^2} \tag{6}$$

$$SourceRatio = \frac{1+(f_0/100)^2}{1+(nf_0/100)^2} \tag{7}$$

음원-필터 이론은 발생유형에 따라 변하는 스펙트럼의 기울기의 변화를 설명하지 못한다. 스펙트럼의 기울기의 변화를 설명하기 위해 식 8에 제시되어 있는 tilt controller를 추가하여 식 9와 같이 “source ratio”를 다시 쓸 수 있다.

$$\left(\frac{1}{n}\right)^k \tag{8}$$

$$SourceRatio = \frac{1 + (f_0/100)^2}{1 + (nf_0/100)^2} \left(\frac{1}{n}\right)^k \quad (9)$$

상기 과정에서 식 2는 식 10과 같이 확장될 수 있다.

$$|U(nf_0)||R(nf_0)| = P_k \frac{(f_0/100)}{1 + (f_0/100)^2} \frac{1 + (f_0/100)^2}{1 + (nf_0/100)^2} \left(\frac{1}{n}\right)^k n \quad (10)$$

성도전달함수의 특성은 식 11과 같이 계산할 수 있다. 식 11에서 F_n 은 n 번째 포먼트 주파수를 나타내며, B_n 은 대역폭을 나타낸다.

$$|H(f)| = kr_4(f)|H_1(f)||H_2(f)||H_3(f)||H_4(f)$$

$$H_n(f) = \frac{F_n^2 + (B_n/2)^2}{\sqrt{(f - F_n)^2 + (B_n/2)^2} \sqrt{(f + F_n)^2 + (B_n/2)^2}} \quad (11)$$

$$kr_4(nf_0) = 10^{0.54x^2 + 0.00143x^4}$$

$$x = nf_0/f_1$$

$$f_1 = c/4l_{tot}$$

c : speed of sound (34,000 cm/sec)

l_{tot} : length of vocal tract (17 cm)

요약하면, 각 배음의 크기는 음원 특성, 음성방출 특성, 성도전달함수의 특성으로 구성되어 있으며 음원 특성은 다시 기본음 특성, source ratio, tilt controller 등으로 나눌 수 있다. 이것을 종합하여 n 번째 배음의 진폭은 식 12과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_n = 20 \log_{10} P_k \frac{(f_0/100)}{1 + (f_0/100)^2} \frac{1 + (f_0/100)^2}{1 + (nf_0/100)^2} \left(\frac{1}{n}\right)^k n |H(nf_0)| \quad (12)$$

배음의 진폭에서 성도전달함수와 음성방출의 특성을 제거하면 음원의 특성을 구할 수 있다. 그러나 식 12에서 현재 기본음의 특성과 tilt controller의 특성은 미지수로 남아 있으며, 식 12에서 성도전달함수와 음성방출의 특성, source ratio의 기여분을 좌변으로 옮기면, 다시 식 13으로 나타낼 수 있다.

$$H_n - FILTER - RADIATION - SR = FC + k20 \log_{10} \left(\frac{1}{n}\right) \quad (13)$$

식 13에서 FILTER 는 성도전달함수, RADIATION은 음성방출 특성, SR은 source ratio, FC는 기본음의 진폭을 나타낸다. 식 13은 선형방정식의 형태를 취하고 있는데, 이 선형방정식을 이용하여 배음의 진폭에서 성도전달함수의 특성, 음성방출 특성, source ratio 특성을 제거한 결과에

대하여 선형회귀분석방법을 이용하여 추이선을 그릴 수 있다. 그 추이선의 기울기가 본 실험에서 사용하는 매개변수인 PTI k 가 된다.

2.2. 기존 음성 특징 매개변수

PTI k 값을 추출하기 위해 필요한 음성 특징 매개변수는 기본주파수(fundamental frequency: F0)와 20 개의 배음(harmonic)의 주파수(frequency)와 진폭(amplitude), 그리고 제1 포먼트(F1)에서 제4 포먼트(F4)까지의 주파수와 대역폭(bandwidth)이다. 위의 특징 매개변수 추출을 위해 모음 구간의 시간 정보를 이용하여 해당 모음 시작 시간을 첫 번째 단구간의 중앙으로 잡고, 20 ms의 단구간을 사용하여 10 ms씩 이동하면서 특징을 추출한다.

2.2.1. 기본 주파수 추출

자기상관 함수법에 의해 기본 주파수를 추출한다[5]. 식 14는 k 만큼 떨어져 있는 신호끼리의 유사도를 나타낸다.

$$R(k) = \sum_{n=1}^{N-k} x(n)x(n+k) \quad (14)$$

$x(n)$ 은 음성신호를 나타내며 $R(k)$ 는 자기상관계수를 나타낸다. k 가 증가함에 따라 $x(n)$ 과 $x(n+k)$ 은 서로 다른 값을 갖게 되므로 $R(k)$ 은 변하고, k 가 기본 주기값에 근접하면 $x(n)$ 과 $x(n+k)$ 의 값이 가까워진다. 자기상관계수가 처음에 일단 감소하였다가 그 다음 가장 큰 극대 값을 가지는 지점에서의 k 가 음성신호의 주기가 된다.

2.2.2. 배음 추출

20 개의 하모닉의 주파수와 진폭은 FFT 포인트를 1,024로 하고 20 ms 해밍(Hamming)윈도우를 사용하여 10ms씩 이동하면서 구한 FFT 결과에 대해 스펙트럼 포락선을 이용하여 경로탐색방법으로 추출한다.

2.2.3. 포먼트 추출

F1에서 F4까지의 주파수와 대역폭을 추출하기 위해 먼저 LPC를 이용하여 스펙트럼을 구하였다. 이 때 고역강조(Preemphasize)된 신호를 20ms의 해밍 윈도우를 10 ms씩 이동하면서 25 차의 LPC 차수를 사용하였다. LPC 스펙트럼을 이용하여 F1에서 F4까지의 후보를 선정한 뒤 경로탐색방법을 이용하여 각 구간의 정점인 부분의 좌표를 얻어낸다.

3. 실험 및 결과 분석

3.1. 음성데이터 수집

실험에 사용된 데이터는 서울에 거주하는 20 대 중반 남성화자 5 명을 대상으로 수집하였

다. 실험에 참가한 화자는 표 1과 같으며, 실험을 위해 사용한 녹음문장은 표 2와 같다.

표 1. 실험에 참가한 화자정보

화자	거주지	나이
DMP	서울	26
HDL	서울	27
KCJ	서울	24
KHL	서울	24
YJO	서울	26

표 2. 실험에 사용한 문장들

문장번호	녹음문장
1	“따다가 아니라 다따다.”
2	“싸다가 아니라 다싸다.”
3	“차다가 아니라 다차다.”
4	“다다가 아니라 다다다.”
5	“짜다가 아니라 다짜다.”
6	“자다가 아니라 다자다.”
7	“타다가 아니라 다타다.”
8	“사다가 아니라 다사다.”

실험을 위해 각각의 녹음문장에서 한국어 장애음 8 개(ㄷ, ㅌ, ㅌ, ㅈ, ㅉ, ㅊ, ㅍ, ㅍ)에 이어 나오는 모음 /ㅏ/ 구간을 사용하였다. 표 2에서 볼 수 있듯이 한 문장에 대해서 문장의 첫머리와 문미에서 두 번째 음절에서 2 개의 /ㅏ/ 모음구간을 얻을 수 있다.

실험을 위해 고려대학교 민족문화연구원 음성언어정보연구실 방음설비가 갖추어진 녹음실에서 화자당 8 개의 문장에 대해서 각각 10 회씩 녹음을 실시하였다. C414 B-ULS 마이크를 통해 TASCAM DA-20MKII DAT를 사용하여 화자들의 음성을 녹음하였다. 또한 같은 화자에 대해서 일반 사무실 잡음이 첨가된 상태에서 동일문장에 대해 5 회씩 발음하여 Intel Pentium IV PC에서 SHURE사의 SM58S 마이크를 통해 얻었다. 이는 동일 실험시 실험결과를 비교할 목적으로 사용된다. 녹음된 자료는 22,050 Hz 샘플링률과 16 bit로 양자화하였다.

3.2. 화자별 변별력실험

화자별로 구해진 PTI k 값을 이용하여 먼저 화자별 변별력에 대해 실험한다. 실험은 녹음실에서 녹음한 데이터와 일반 사무실 환경에서 녹음한 데이터를 두 그룹으로 구분하여 화자별로 PTI k 값을 구하였다. 그림 1은 녹음실 환경에서 녹음한 데이터를 이용하여 화자별로 구해진 PTI k 값의 히스토그램이다. 화자별 PTI k 의 히스토그램을 통해 화자별로 추출된 PTI k 의 분포를 볼 수 있다. X축은 PTI k 값, Y축은 빈도수를 나타낸다.

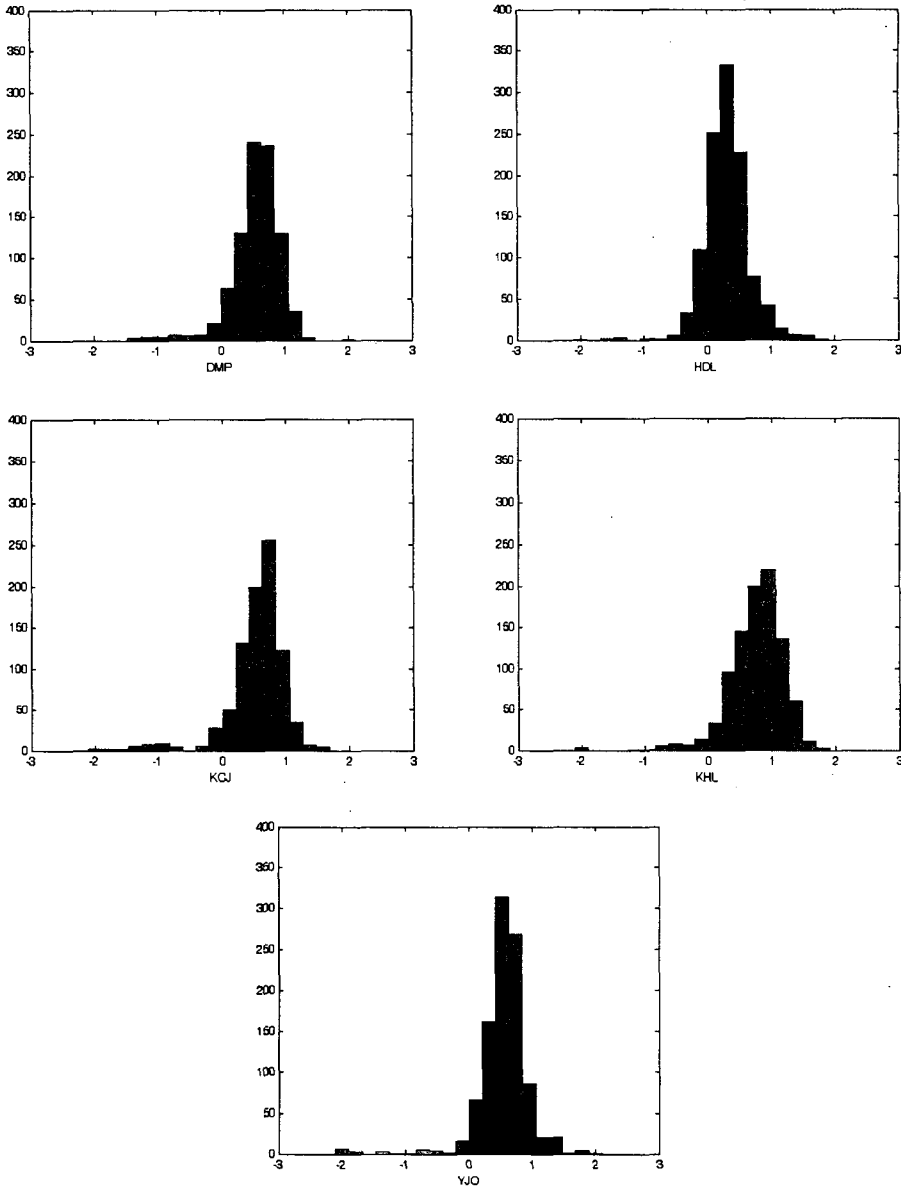


그림 1. 화자별 PTI k 값의 히스토그램: 녹음실에서 녹음한 데이터

그림 1에 알 수 있듯이 화자별로 정규분포를 형성하면서 화자간에는 PTI k 의 분포에 대한 기술통계값이 다를 수 있다. 좀 더 많은 데이터를 사용하여 화자별 PTI k 값의 히스토그램을 그리게 된다면 더욱 명확한 정규분포를 볼 수 있을 것이라 판단된다. 표 3은 각 화자별로 구해진 PTI k 값에 대한 기술통계 값이다.

표 3. 화자별 PTI k 분포 결과

	DMP	HDL	KCJ	KHL	YJO
평균	0.5904	0.3647	0.6050	0.8149	0.6158
중앙값	0.6257	0.3158	0.6525	0.8175	0.5942
분산	0.1157	0.1398	0.1763	0.1909	0.2076
표준편차	0.3402	0.3739	0.4199	0.4369	0.4556
최대값	1.7308	2.4666	1.7846	2.0847	2.1593
최소값	-1.2892	-1.6074	-2.1797	-2.2172	-1.9169
범위(최대-최소)	3.0200	4.0740	3.9644	4.3020	4.0761
첨도	9.6267	8.1523	10.7590	7.0453	9.3532
왜도	-1.8012	0.8623	-1.8326	-0.6815	-0.8255

화자별로 평균과 중앙값은 가장 흔히 나타나는 발성유형과 관련이 있다. 음성 녹음시 동시에 라링고그래프를 통해 얻어진 성문과형신호 데이터를 이용하여 본 논문에서 주장하는 발성 유형에 대해 확인해 볼 필요가 있다고 판단되며, 이에 대한 연구도 현재 진행 중이다. 왜도는 분포의 형태가 대칭을 벗어나 어느 한쪽으로 기울어진 정도를 나타내는 측도이다. 표 3의 결과에서 보듯이 왜도의 측정치를 보아 화자별로 어느 정도의 정규분포를 보임을 알 수 있다. 첨도는 집단의 데이터들이 가운데에 얼마나 집중되어 있는가를 나타내는 측도이다. 이는 그림 1의 히스토그램과 표 3에서의 첨도를 보면 알 수 있듯이 화자별 중심위치에서 구해진 PTI k 값들이 집중되어 있음을 알 수 있다. 위의 표 3의 결과로 미루어 화자별로 구해진 PTI k 의 중앙값이 화자별로 중심위치를 형성하면서 형성된다고 판단된다. 그림 2는 X축에 화자별 PTI k 의 평균을 놓고, Y축에 화자별 PTI k 의 표준편차를 두어 좌표에 나타낸 결과이다.

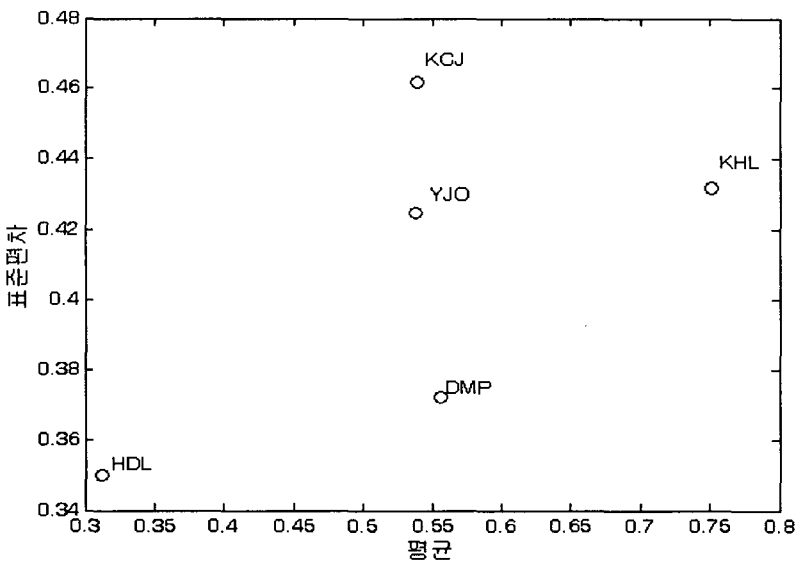
그림 2. 화자별 PTI k 의 분포: 평균 대 표준편차

그림 2에서 화자 KCJ, YJO, DMP가 서로 비슷한 평균을 갖으며 형성되고 있으나, 표준편차에서 차이를 보이며 HDL, KHL의 평균이 다른 화자와 다름을 알 수 있다.

그림 3은 X축에 화자별 PTI k 의 첨도를 놓고, Y축에 화자별 PTI k 의 범위를 두어 좌표에 나타낸 결과이다. 그림 3에서는 화자 KCJ와 HDL이 서로 인접해 있지만, 그림 2에서 나타난 결과와는 다르게 화자별로 변별력이 있음을 볼 수 있다.

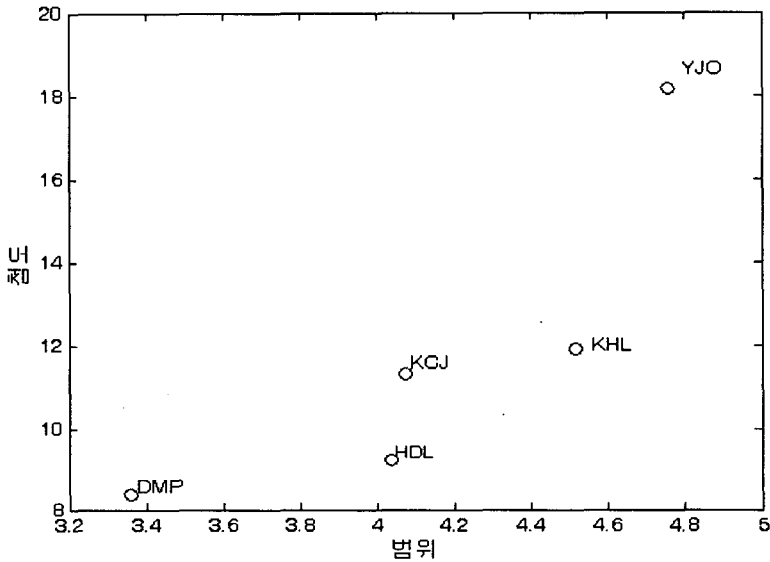


그림 3. 화자별 PTI k 의 분포: 범위 대 첨도

그림 4는 표 2에서 제시한 문장에 대해서 동일한 화자가 5 회씩 발음한 데이터를 이용하여 PTI k 값을 구한 히스토그램이다. 실험을 위한 데이터는 녹음환경만 달리 하고 녹음문장과 실험방법은 위의 실험과 동일한 과정을 거쳐 PTI k 를 추출하였다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 그림 1과 같이 뚜렷한 정규분포를 보이지는 않지만 그림 1과 유사한 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 데이터의 양을 늘인다면 그림 1에서와 같이 화자별로 뚜렷한 정규분포를 볼 수 있을 것이라 판단된다. 표 4는 사무실 환경에서 얻어진 결과와 방음실 환경에서 얻어진 결과를 비교한 것이다.

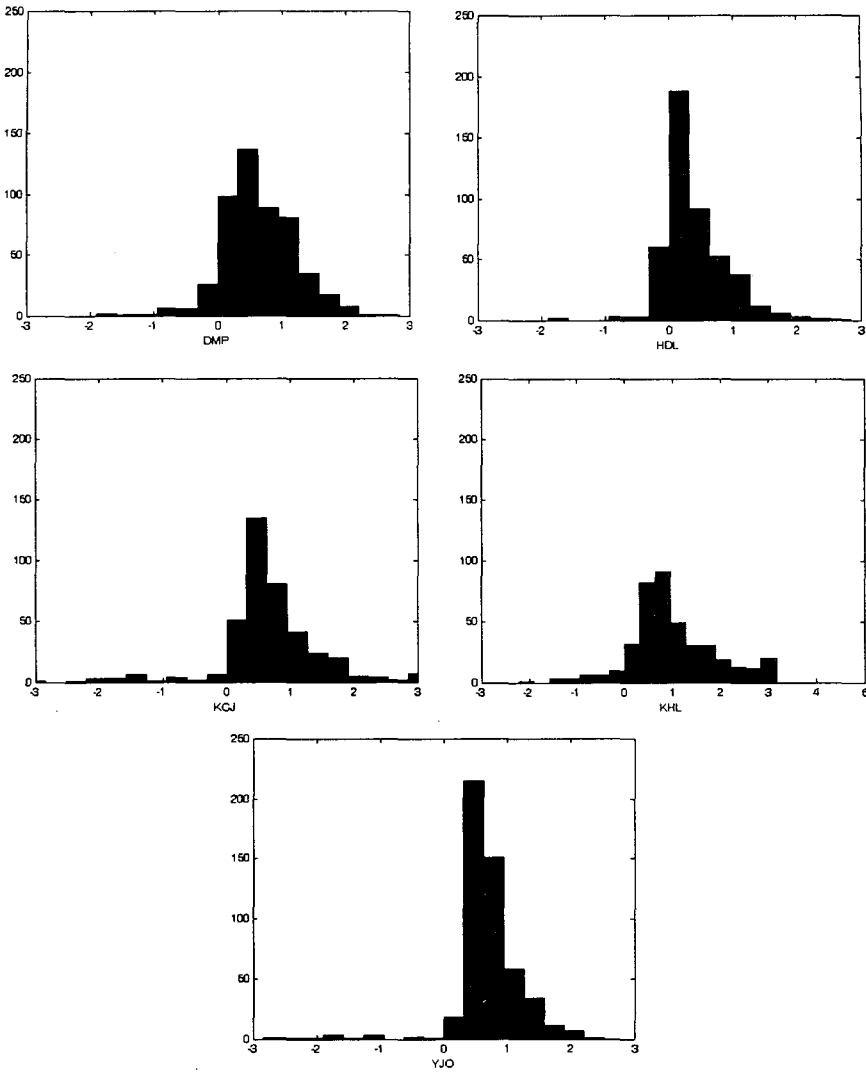


그림 4 : 화자별 PTI k값의 히스토그램: 사무실 환경 데이터

표 4. 화자별 PTI k값 결과: 녹음실 데이터, 일반 사무실 데이터

	평균			중양값		
	녹음실	사무실	차이	녹음실	사무실	차이
DMP	0.5904	0.6341	0.07	0.6257	0.5837	0.06
HDL	0.3647	0.3852	0.05	0.3158	0.2792	0.11
KCJ	0.6050	0.6804	0.12	0.6525	0.5902	0.09
KHL	0.8149	1.0232	0.25	0.8175	0.8420	0.02
YJO	0.6158	0.7016	0.13	0.5942	0.6472	0.08

표 4에서 알 수 있듯이 녹음실 환경과 사무실 환경에서 얻어진 결과가 평균과 중앙값에서 미세한 차이가 있다. 평균과 중앙값 사이의 차이는 녹음실 환경의 결과와 사무실 환경 결과의 차이를 녹음실 환경의 결과로 나눈 값이며, 이러한 미세한 차이는 녹음실과 사무실에서 얻은 결과가 유사하다는 것을 의미한다.

4. 결론 및 향후계획

발화된 음성에서 다른 요소에 영향을 받지 않는 음원특성을 추출하는 방법을 사용하여 실험함으로써 PTI k 가 화자인식용 파라미터로 사용될 수 있는지에 대해서 살펴보았다. 현재 5명의 남성 화자에 대해 녹음실 환경에서 8 문장을 10 회 반복한 데이터와 동일화자에 의해 일반 사무실 환경에서 8 문장을 5 회 반복한 데이터에 대해 화자별 변별력 실험을 하였다. 실험결과 PTI k 값이 화자별로 변별력을 가짐을 확인할 수 있었다. 또한 다른 녹음환경에서 얻은 결과가 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 한국어 모음 중에서 /ㅏ/모음에 국한하여 다른 녹음환경에서 얻은 데이터를 통해 실험을 실시하였다. 모음에 따른 공명도나 모음의 내재적 길이 등 모음간의 서로 상이한 특징들이[6] 본 실험에 어떠한 영향을 주는지에 대한 확인을 위해 /ㅏ/모음 이외의 다른 모음에 대한 데이터를 이미 수집한 상태이며, 실험을 진행할 계획이다. 다른 모음에 대해 실험데이터를 확장함으로써 모음별로 나오는 PTI k 를 통해 서로 다른 모음간의 특징에 대해서도 알아 볼 수 있을 것이라 판단된다. 본 실험에 사용된 음성 녹음시 라리로그그래프를 통해 성문파형신호 데이터도 동시에 수집하였다. 이는 본 논문에서 주장하는 발성 유형에 대한 실험 결과를 확인하려는 목적에 사용될 것이며, 이에 대한 연구도 현재 진행 중이다. 또한 특징파라미터 추출시의 불안정한 추출 문제 해결을 위해 지속적인 실험을 통해 정확한 파라미터 추출을 위한 보완 및 정교한 프로그래밍이 필요할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- [1] Park, Hansang. 2002. *Temporal and Spectral Characteristics of Korean Phonation Types*. Ph. D. Dissertation The University of Texas at Austin.
- [2] Fant, G. 1960. *Acoustic Theory of Speech Production*. The Hague: Mout.
- [3] Stevens, K. N. & H. M. Hanson. 1995. *Vocal Fold Physiology: Voice Quality Control*. Singular Publishing Group Inc.
- [4] Hanson, H. M. 1997. "Glottal characteristics of female speakers: Acoustic correlate." *Journal of the Acoustical Society of America*.
- [5] Huang, Xuedong, Alex Acero & Hsiao-wuen Hon. 2001 *Spoken Language Processing*. Prentice Hall PTR.
- [6] 신지영. 2000. *말소리의 이해 -음성학, 음운론 연구의 기초를 위하여*. 서울: 한국문화사.
- [7] 강선미 외. 2001. "화자인식을 위한 화자 고유의 음성특징추출과 적응모델에 관한 연구 2 차년도." 과학재단 특정기초과제 연구보고서.

- [8] 강선미 외. 2002. "화자인식을 위한 화자 고유의 음성특징추출과 적용모델에 관한 연구 3차년도." 과학재단 특정기초과제 연구보고서.

접수일자: 2003. 7. 29.

게재일자: 2003. 9. 5.

▲ 이후동

서울특별시 성북구 정릉 4동 (우: 136-704)

서경대학교 컴퓨터과학과

Tel: +82-2-940-7291 Fax: +82-2-919-5075

E-mail: hdlee77@empal.com

▲ 강선미

서울특별시 성북구 정릉 4동 (우: 136-704)

서경대학교 컴퓨터과학과

Tel: +82-2-940-7291 Fax: +82-2-919-5075

E-mail: smkang@skuniv.ac.kr

▲ 박한상

경북 경산시 유곡동 290번지 (우: 719-715)

대구한의대학교 국제어문학부

Tel: +82-53-819-1364 Fax: +82-53-819-1286

E-mail: phans@dhu.ac.kr

▲ 장문수

서울특별시 성북구 정릉 4동 (우: 136-704)

서경대학교 소프트웨어학과

Tel: +82-2-940-7509 Fax: +82-2-919-5075

E-mail: cosmos@skuniv.ac.kr