

## 연령 및 성별에 따른 한국인 단모음 포먼트 비교에 관한 연구

-한방병원 내원환자를 중심으로-

### A Study on the Formant Comparison of Korean Monophthongs according to Age and Gender

-A Survey on Patients in Oriental Hospitals-

김 영 수<sup>1)</sup> · 김 근 호<sup>2)</sup> · 김 중 열<sup>3)</sup> · 장 준 수<sup>4)</sup>

Kim, Young-Su · Kim, Keun Ho · Kim, Jong Yeol · Jang, Jun-Su

#### ABSTRACT

Formant is one of the essential vocal features for research of voice production, recognition and synthesis. Numerous studies were established on foreign languages including English vowels. However, studies related to Korean were done with a limited number of voice data. In this study, we compare four formants according to age and gender using a large number of Korean monophthongs. A total of 2614 Korean speakers participated in our experiments. We summarize statistical results by mean and standard deviation for each formant of five monophthongs. The results show a notable difference in each age and gender group. A quantitative study based on a large dataset is suggested for future studies on Korean speech sounds.

**Keywords:** formant, monophthong, Korean vowel, age and gender

#### 1. 서론

성대와 비도에서 발생하는 공진주파수를 나타내는 음성 특징인 포먼트(formant)는 성도의 기하학적인 모양에 따라서 달라지는 값이다. Fant의 연구에 따르면, 포먼트는 음성 사운드 스펙트럼의 최고점이다[1]. 주파수 순서로 첫 번째 포먼트 (F1)는 주로 혀의 높낮이와 관련이 있고, 두 번째 포먼트 (F2)

는 혀의 앞뒤 위치에 관련되어 있다[2]. F1과 F2가 모음의 특성을 구분하는 요소로 많이 알려진데 반하여, 세 번째 (F3), 네 번째 (F4) 포먼트는 음색, 개인의 목소리 특성에 부합되는 특징들이다. F3은 F1, F2보다 성도의 길이에 밀접한 관련이 있으며[3], F3과 F4는 후두의 위치 변화[4], 후두실과 밀접한 관계가 있다[1]. 또한, 컴퓨터를 이용한 음성 응용기술들이 활발히 연구되고 있는데 포먼트 F1~F4는 음성인식, 음성합성, 감정인식 등 여러 가지 분야에 광범위하게 활용되고 있다[5]-[7].

영어의 경우에는 오래전부터 포먼트에 대한 체계적인 연구가 있었는데, 1952년 Peterson 과 Barney는 76명의 대상자의 20개 단어 발음들을 분석한 결과를 제시하였다[8]. 또한 미국의 남성 및 여성 그리고 아동의 영어 모음의 포먼트 궤적에 대한 연구도 진행되었다[9]-[11]. 독일어에 대한 연구로, [12]에서는 포먼트 분석을 통하여 감정인식과 음성인식 시스템에 대한 음향적 의미를 제시하였다.

한국어에서 포먼트 연구를 살펴보면, [13]에서는 한국 남성 20~30대 31명을 대상으로 단모음에 대한 포먼트를 분석하여,

1) 한국한의학연구원, ys001@kiom.re.kr

2) 한국한의학연구원, rkim70@kiom.re.kr

3) 한국한의학연구원, ssmmed@kiom.re.kr

4) 한국한의학연구원, junsu.jang@kiom.re.kr, 교신저자

이 논문은 지식경제부 및 한국 산업 기술 평가 관리원의 산업원천기술개발사업(10028438, 오감형 한방 진단/치료 콘텐츠 개발)과 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.20120009001 (2006-2005173)).

접수일자: 2012년 10월 16일

수정일자: 2012년 12월 18일

게재결정: 2013년 01월 15일

한국어 음성분석과 합성에 대한 기초자료를 마련하였다. 또 한국인 20~80대 195명을 대상으로 다양한 음성 특징 변수를 정리한 연구도 있었는데[14], 아쉽게도 음성 특징에서 포먼트는 빠져있었다.

외국어에 비해서 한국어 포먼트에 대한 연구는 부족해 보이는데, 특히 연령 및 성별에 대한 기초자료가 부족한 현실이다. 기존의 연구들이 주로 발음 전문가나 언어치료가 필요한 환자를 대상으로 수행되어져 왔고, 그 숫자 또한 한정적이었다.

본 연구에서는 기존의 연구에서 부족했던 대상자 수를 대폭 늘려 연령 및 성별에 따른 한국인 단모음 포먼트 분포를 보이고자 한다. 음성 데이터는 동시조음이 없는 환경에서 고립된 모음에 대해서만 수집하였는데, 이는 성도의 모양[15], 후두의 위치[4] 및 건강상태 분석 등을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 다양한 분절음 환경에서 포먼트 변화 연구에 비교자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

음성 데이터는 2007년부터 2010년까지 10개 한방병원과 3개 한의원을 통해 수집하였다. 피험자들은 심각한 질환을 앓고 있지 않아서 정상적인 발성에는 문제가 되지 않다고 판단되며, 성대관련 질환을 앓고 있지는 않았다.

피험자의 나이는 20대부터 70대까지 분포되어 있으며 (48.44±14.29yr), 성별로는 남자 922명, 여자 1692명으로 총 2614명이다.

<표 1>은 수집된 데이터의 연령대별 평균 및 표준편차와 명수를 보여주고 있다.

표 1. 피험자 숫자와 나이 분포

Table 1. Number and age distribution of the participants

연령	남		여	
	M±SD	N	M±SD	N
20~29	25.4±2.6	91	25.3±2.6	191
30~39	34.9±3.0	161	34.9±2.9	334
40~49	44.8±3.0	211	44.7±3.0	396
50~59	53.9±2.9	223	54.1±2.9	369
60~69	64.5±2.8	157	64.7±2.9	270
70~79	73.4±2.7	79	73.7±2.6	132

M±SD: 평균±표준편차, N: 명수

2.2 연구절차

음성 데이터가 여러 병원에서 수집되었기 때문에 녹음 환

경을 최대한 일치시킬 수 있도록 자세한 SOP(standard operating procedure)를 마련하였고, 이를 음성 녹음을 진행하는 오퍼레이터가 충분히 숙지하도록 정기적으로 SOP 교육을 시행하였다. 피험자의 자연스러운 발성을 유도하기 위하여 피험자를 편하게 자리에 앉힌 후, 피험자는 가만히 있는 상태에서 스탠드를 이용하여 마이크와 피험자의 입까지 거리가 5cm의 적정 거리를 유지하도록 하였다. 마이크의 원통 축이 지면과 평행하도록 위치시키고 피험자의 입과는 수직이 되도록 고정하였다. 녹음 시작 전에 녹음 내용을 설명한 후 본 녹음 전에 목을 풀어주기 위해서 1회 연습을 시켰다. 본 녹음이 끝난 후에는 정상적으로 녹음이 되었는지 육안검사와 청취검사를 실시하였다. 정상적으로 녹음이 이루어지면 파일을 구별할 수 있도록 피험자 고유번호를 부여하여 저장을 하였다.

음원 파일의 내용은 단모음 5개를 한 번씩 녹음한 것과 문장 1개를 두 번 녹음한 것인데, 문장 부분은 본 연구에서 활용하지 않았다. 단모음은 ‘아’, ‘에’, ‘이’, ‘오’, ‘우’ 5개이며, 기존 연구와 유사하게 각 모음 당 약 2초간 발성을 하도록 하였다[4], [15]. 녹음을 시작하기 전과 끝나기 전에 1~2초간의 묵음 구간을 두었고 각 모음 사이에도 1~2초간의 묵음 구간을 두었다.

녹음 공간은 주변 환경 소음이 -70dB이하인 곳을 정하였다. 이것은 여러 장소에서 녹음을 하는 과정에서 환경 소음이 들어갈 수 있기 때문에, 매 녹음 전에 적합한 환경 소음인지를 먼저 검사하도록 하였다. 주변 환경 소음 측정과 녹음을 위해서 골드웨이브를 사용하였다.

컴퓨터 내부의 잡음을 고려하여 외장 사운드 카드를 채택하였고, 마이크는 Sennheiser e-835s를 사용하였다. 음성 파일은 44100Hz 16bit mono로 녹음하였다.

<그림 1>은 녹음이 완료된 음원 파일을 보여주고 있다. 신호는 크게 7가지 부분으로 나뉘어져 있는데, 앞부분 5개가 단모음에 해당된다.

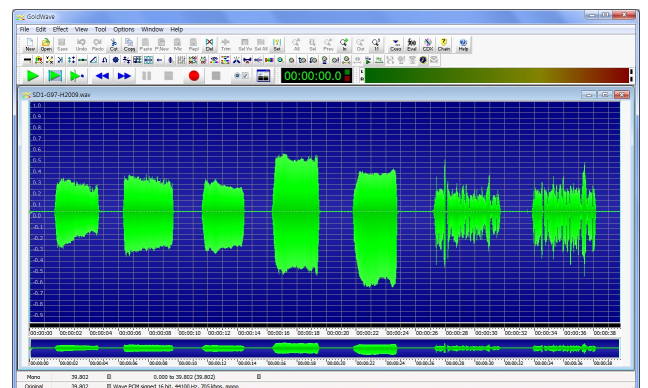


그림 1. 골드웨이브 녹음파일  
Figure 1. Goldwave recoding file

2.3 분석방법

포먼트 추출은 LPC(linear predictive coding) 분석 기법을 이용하였다. 음성 프레임의 길이는 46ms로 하였고, 이웃 프레임과 50%씩 겹치도록 프레임을 추출하였다. 전처리 과정으로 11025Hz로 다운샘플링을 하였고, pre-emphasis를 사용하여 고주파대역을 강조하였다.

LPC coefficient를 구하는 방법에는 covariance method, autocorrelation method, lattice fitter 등이 있는데, 이 논문에서는 Levinson-Durbin algorithm을 적용하여 LPC coefficient를 구하는 autocorrelation method를 사용하였다[16]. 이렇게 만들어진 LPC coefficient를 고유 값 분석방법을 통하여 포먼트 값으로 나타내었다.

포먼트 추출 프로그램은 Visual Studio 2008을 이용하여 개발되었고, Praat 등의 음성 특징 추출 툴과의 결과 비교를 통해서 추출 성능을 검증하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

발음이 시작되면 대부분 1, 2 프레임 후 발음이 안정화되어 포먼트의 변화가 크지 않았다. 따라서 발음 안정화 구간에 속하는 모든 음성 프레임에 대해서 포먼트를 추출하여 평균과 표준편차를 구하였다. <표 2>, <표 3>에 연령 구분 없이 남녀 모음별 포먼트 결과를 정리하였다. ‘아’, ‘에’, ‘이’의 경우에는 모든 포먼트 주파수에서 남자보다 여자가 높은 값을 보였으나, ‘오’, ‘우’는 그 차이가 크지 않았다. F2의 경우에는 오히려 남자가 더 높게 나타났다. 이는 원순모음에서 입술에 의해 만들어지는 공명강 증대 효과로 F2가 감소하는데[15], 여자의 경우 더 많이 감소된 것으로 보인다.

표 2. 남자 922명의 모음별 포먼트 평균과 표준편차  
Table 2. Means and standard deviations of vowel formant values by 922 men

(단위: Hz)

모음	F1 (M±SD)	F2 (M±SD)	F3 (M±SD)	F4 (M±SD)
아	668.7	1108.8	2770.2	3766.2
	±109.1	±147.5	±221.8	±254.1
에	497.5	1788.2	2667.2	3758.0
	±79.0	±163.3	±198.0	±252.3
이	303.0	2153.8	3024.6	3817.6
	±68.0	±154.2	±187.9	±252.3
오	452.5	916.0	2890.3	3857.6
	±82.5	±508.1	±254.6	±363.2
우	408.3	1060.5	2887.3	3967.3
	±83.4	±585.5	±285.6	±359.1

M±SD: 평균±표준편차

여성의 경우는 비교할만한 연구가 없었으나 남성의 경우는 [13]과 비교해 볼 수 있었다. 5개 모음의 F1 평균값의 경우 20Hz 미만의 차이가 보이는데, 이는 [17]에서 연구된 발화방식의 차이로 나타날 수 있는 편차수준으로 전반적으로 비슷한 결과라고 볼 수 있다. 감정에 따른 F1의 차이는 [12]에 보듯 100~300 Hz 수준인데 비해 20Hz 차이는 감정적으로도 평상(neutral) 수준에서 녹음된 것으로 볼 수 있다.

표 3. 여자 1692명의 모음별 F1, F2, F3, F4  
Table 3. Means and standard deviations of vowel formant values by 1692 women

(단위: Hz)

모음	F1 (M±SD)	F2 (M±SD)	F3 (M±SD)	F4 (M±SD)
아	823.5	1384.2	3025.6	4045.1
	±136.2	±147.7	±284.4	±298.0
에	592.7	2188.4	3003.2	4138.5
	±94.3	±249.3	±259.2	±352.6
이	351.1	2398.9	3161.4	4092.7
	±61.5	±325.9	±274.4	±303.9
오	473.5	861.6	2957.0	3884.1
	±89.9	±193.7	±205.6	±187.1
우	406.2	894.9	2897.2	3992.9
	±68.6	±245.2	±214.7	±187.1

M±SD: 평균±표준편차

<그림 2>에서는 F1, F2의 연령대별 평균을 구하여 남녀 모음별로 분포를 그렸다. 그림에서 각 연령대 표기는 지면관계상 생략하였으나 부록의 <표 4>와 <표 5>에서 해당 수치를

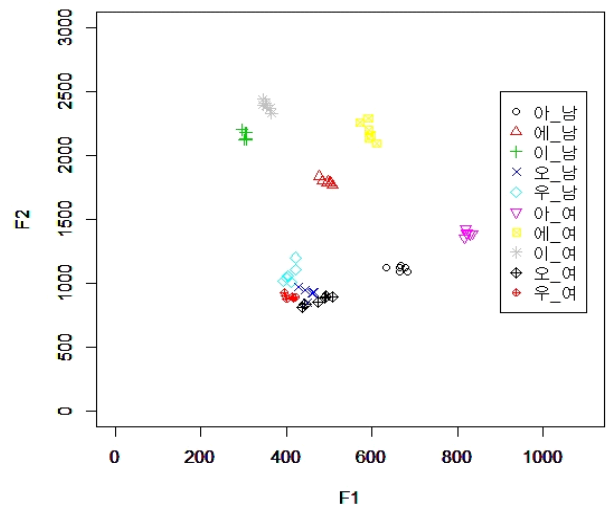


그림 2. F1, F2의 연령대 및 성별에 따른 평균 산점도  
Figure 2. An average scatter diagram of F1 and F2 according to age and gender

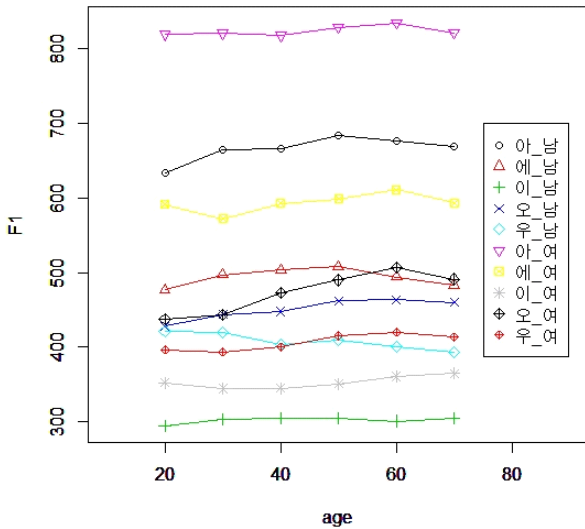


그림 3. F1값의 연령대 및 성별에 따른 비교  
Figure 3. Comparison of F1 according to age and gender

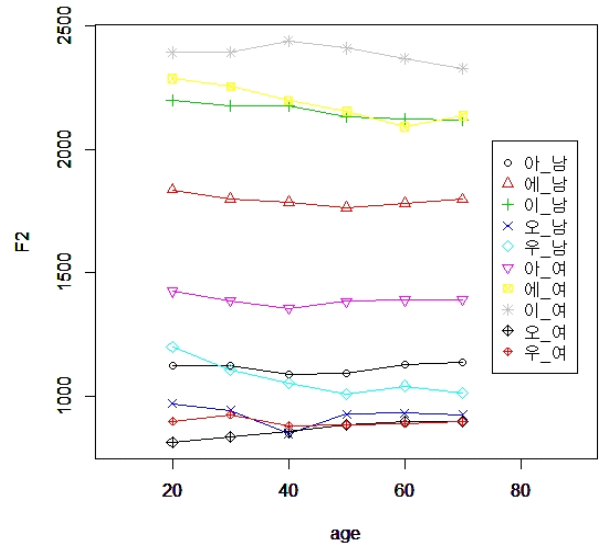


그림 4. F2값의 연령대 및 성별에 따른 비교  
Figure 4. Comparison of F2 according to age and gender

확인할 수 있다. 전체적으로 남녀의 차이는 확연하게 드러나는 것을 볼 수 있었다. ‘아’, ‘에’, ‘이’의 경우는 여자가 남자보다 모든 포먼트에서 높은 주파수를 보였고, 그림에서 보듯이 F1-F2 공간에서 쉽게 남녀의 차이를 구분할 수 있었다.

‘오’, ‘우’에서 F1, F2는 남자가 높았으나 그 차이는 크지 않고, 산점도 상에서도 남녀의 구분이 앞의 3개 모음에 비해서는 확연하지 않았다.

연령대에 따른 포먼트 변화를 관찰하기 위해서 <그림 3> ~ <그림 6>와 같이 연령대별로 5개 모음의 F1, F2, F3, F4의 변화를 정리하였다. <그림 3>와 <그림 4>에서 보면 20대에서 70대까지 F1, F2는 큰 변화가 없는 것을 볼 수 있는데, 모음 ‘오’ 여자의 경우 나이가 증가함에 따라서 F1값도 증가하는 경향을 보이면서 20, 30대에서는 남자의 F1과 비슷하지만 40

대부터는 더 큰 차이가 난다.

<그림 5>과 <그림 6>에서는 연령대별로 F3과 F4의 분포를 보였다. F1과 F2에 비해서는 상대적으로 연령대에 따른 변화가 심한 편이다. 눈여겨 볼만한 것은 70대에서 몇 가지 포먼트 값이 수렴하고 있다는 것이다. <그림 5>에서 ‘아’, ‘오’, ‘우’의 F3값들은 70대의 경우 성별과 상관없이 각 모음 별로 유사한 값으로 수렴하고 있다. 즉 남녀의 F3 차이가 나이가 많아질수록 줄어드는 경향이 있다. 또한 성별뿐만 아니라 서로 다른 모음 간에도 F3의 차이가 줄어드는 경향을 보였다. <그림 6>에서 F4의 경우에는 70대에서 수렴현상이 좀 더 심해진다. 여성 ‘에’, ‘이’를 제외하고는 모두 비슷한 값으로 수렴하는 것을 볼 수 있었다. 이는 70대에서 단모음 발음의 정확도와 관계있는 결과라고 생각된다. 70대에서 남녀의 ‘아’,

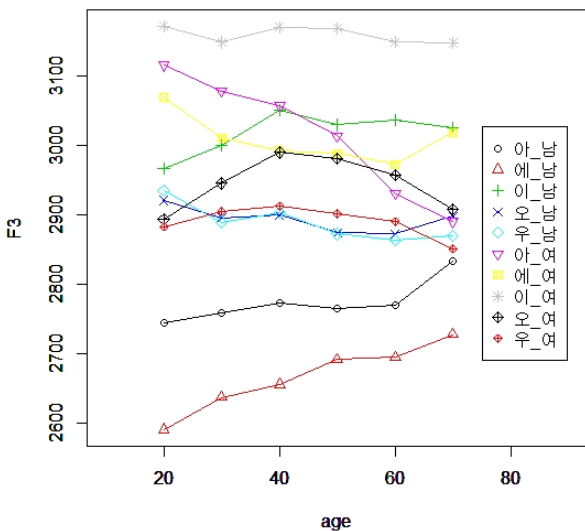


그림 5. F3값의 연령대 및 성별에 따른 비교  
Figure 5. Comparison of F3 according to age and gender

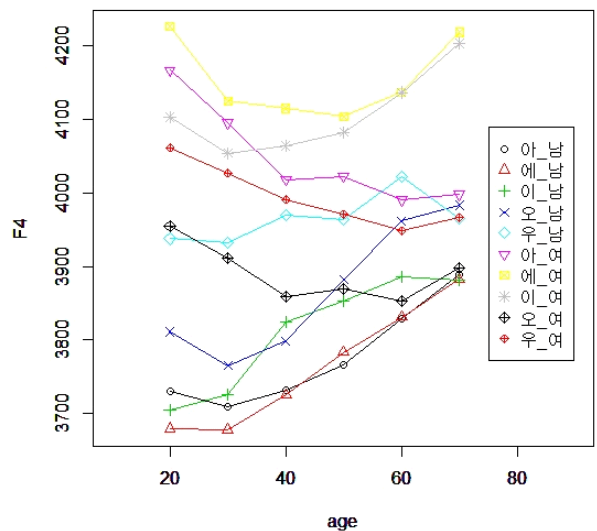


그림 6. F4값의 연령대 및 성별에 따른 비교  
Figure 6. Comparison of F4 according to age and gender

‘오’, ‘우’ 발음이 유사한 고주파 특성을 보이고 있는데 나이와 발성구조에 대한 추가적인 연구가 필요할 것 이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 한국어 단모음 포먼트 분포에 대한 정량적인 자료를 충분히 많은 수의 데이터를 분석하여 제시하고자 하였다. F1, F2, F3, F4의 평균과 표준편차 테이블을 연령대와 성별에 따라 제시하였고, F1-F2 공간에서의 산점도와 각 연령대별 포먼트 변화 곡선을 정리하였다.

성별로 나누었을 때 F1, F2, F3, F4에서 확연한 차이를 볼 수 있었다. 전체적으로 남녀의 차이는 확연하게 드러나는 것을 볼 수 있었다. ‘아’, ‘에’, ‘이’의 경우는 여자가 남자보다 높은 주파수를 보였고, ‘오’, ‘우’의 F2에서 남자가 근소하게 높았으나 F3, F4에서는 여자가 유사하거나 조금 높은 주파수를 보였다.

성별뿐만 아니라 연령대별로 4가지 포먼트 주파수 비교를 수행하였다. F1과 F2에서는 연령대별로 큰 변화가 없었으나, 여자 ‘오’ 발음의 경우 나이가 증가함에 따라서 F1값도 증가하는 경향을 보이면서 20, 30대보다 40대 이후부터 남자의 F1과 차이가 큰 경향을 보였다. F3과 F4에서는 F1과 F2에 비해서 연령별 변화가 심하였는데, 특히 70대에서 남녀의 ‘아’, ‘오’, ‘우’ 발음이 유사한 F3, F4값을 가지는 쪽으로 변화함을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 포먼트 값 분포의 현상을 설명하는 것에만 집중하였지만 추후에는 연령 및 성별에 따른 성도의 기하학적 모양과의 관계에 대한 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한 10대 이하와 80대 이상의 연령대도 데이터 수집이 이루어져 한국어인 포먼트에 대한 폭넓은 기반 자료가 만들어져야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Fant, G. (1970). *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton.
- [2] Ladefoged, P. & Johnson, K. (2011). *A course in phonetics*. Boston, MA: Wadsworth.
- [3] Pickett, J. M. (1980). *The sounds of speech communication: a primer of acoustic phonetics and speech perception*. Baltimore: University Park Press.
- [4] Nam, D. H., Choi, S.-H., Choi, J. N., Chun, S. P. & Choi, H.-S. (2004). Analysis of singer's formant & close quotient during change of the larynx position, *The Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatrics*, Vol. 15, No. 2, 98-111.
- (남도현, 최성희, 최재남, 전석필, 최홍식 (2004). 후두위치의 변화에 따른 singer's formant와 성대접촉률의 변화 연구. 대한후두음성언어의학회지, 제15권 제2호, 98-111.)
- [5] Garner, P. N. & Holmes, W. J. (1998). On the robust incorporation of formant features into hidden Markov models for automatic speech recognition. *Proceedings of the IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing*. Vol. 1, 1-4.
- [6] Kim, J. Y. & Eom, K. W. (1997). A study on voice color control rules for speech synthesis system. *Phonetics and speech sciences*, Vol. 2, 25-44.  
(김진영, 엄기완. (1997). 음성합성시스템을 위한 음색제어 규칙 연구, 말소리와 음성과학, 제2권, 25-44.)
- [7] Ververidis, D., Kotropoulos, C., & Pitas, I. (2004). Automatic emotional speech classification. *Proceedings of the IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing*. Vol. 1, 593-596.
- [8] Peterson, G. E. & Bamey, H. L. (1954). Control methods used in a study of the identification of vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 24, No. 2, 175-184.
- [9] Yang, B. G. (2011). Formant trajectories of english vowels produced by american children. *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 3, No. 1, 23-34.  
(양병곤 (2011). 미국인 아동이 발음한 영어모음의 포먼트 궤적. 말소리와 음성과학, 제3권 제1호, 23-34.)
- [10] Yang, B. G. (2009). Formant trajectories of english vowels produced by american females. *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 1, No. 4, 3-9.  
(양병곤 (2009). 미국인 여성이 발음한 영어모음의 포먼트 궤적. 말소리와 음성과학, 제1권 제4호, 3-9.)
- [11] Yang, B. G. (2009). Formant trajectories of english vowels produced by american males. *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 1, No. 3, 65-72.  
(양병곤 (2009). 미국인 남성이 발음한 영어모음의 포먼트 궤적. 말소리와 음성과학, 제1권 제3호, 65-72.)
- [12] Yi, S. P. (2011). An analysis of formants extracted from emotional speech and acoustical implications for the emotion recognition system and speech recognition system. *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 3, No. 1, 45-50.  
(이서배 (2011). 독일어 감정음성에서 추출한 포먼트의 분석 및 감정인식 시스템과 음성인식 시스템에 대한 음향적 의미. 말소리와 음성과학, 제3권 제1호, 45-50.)
- [13] Choi, Y. L. (2010). Fundamental acoustic investigation of Korean male 5 monophthongs. *The Korea Contents Association Review*. Vol. 10, No. 6, 373-377.

(최예린 (2010). 한국 남성의 단모음 [아, 에, 이, 오, 우]에 대한 음향음성학적 기반연구. 한국콘텐츠학회논문지, 제10권 제6호, 373-377.)

[14] Kim, H. J., Yoon, H. S. & Lee, J. Y. (2009). Experimental analysis of age and gender voice feature. *Korea Computer Congress*. Vol. 36, No. 1(b), 183-187.

(김혜진, 윤호섭, 이재연 (2009). 음성 기반 연령 및 성별 특징의 실험 분석. 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 제36권 제1호(b), 183-187.)

[15] Shin, H. J. & Yeun, S. W. (1987). A study on the formant analysis of Korean monophthongs and their resonance effect in vocal tract. *The journal of the acoustical society of Korea*, Vol. 6, No. 2, 30-37.

(신현재, 윤석왕 (1987). 한글 단모음의 포먼트 분석과 성도내의 공명효과에 관한 연구. 한국음향학회지, 제6권 제2호, 30-37.)

[16] Wikipedia. (2012). Levinson recursion. [http://en.wikipedia.org/wiki/Levinson\\_recursion](http://en.wikipedia.org/wiki/Levinson_recursion).

[17] Yang, B. G. (2012). Pitch and formant trajectories of english vowels by american males with different speaking styles. *Phonetics and speech sciences*, Vol. 4, No. 1, 21-28.

(양병곤 (2012). 발화방식에 따른 미국인 남성 영어모음의 피치와 포먼트 궤적. 말소리와 음성과학, 제4권 제1호, 21-28.)

• **김영수 (Kim, Young-Su)**

한국한의학연구원  
대전광역시 유성구 전민동 461-24번지  
Tel: 042-868-9283 Fax: 042-868-9480  
Email: ys001@kiom.re.kr  
관심분야: 음성학, 한의공학

• **김근호 (Kim, Keun Ho)**

한국한의학연구원  
대전광역시 유성구 전민동 461-24번지  
Tel: 042-868-9365 Fax: 042-868-9480  
Email: rkim70@kiom.re.kr  
관심분야: 음성진단, 설진단, 한의공학

• **김종열 (Kim, Jong Yeol)**

한국한의학연구원  
대전광역시 유성구 전민동 461-24번지  
Tel: 042-868-9489 Fax: 042-868-9480  
Email: ssmmed@kiom.re.kr  
관심분야: 음성진단, 한의공학, 체질의학

• **장준수 (Jang, Jun-Su)** 교신저자

한국한의학연구원  
대전광역시 유성구 전민동 461-24번지  
Tel: 042-868-9320 Fax: 042-868-9480  
Email: junsu.jang@kiom.re.kr  
관심분야: 음성인식, 패턴인식, 한의공학

부록

표 4. 남자 922명의 연령대에 따른 포먼트 평균과 표준편차  
 Table 4. Means and standard deviations of vowel formant values of 922 men by age groups

(단위 : Hz)

성별	모음	연령	대상수	평균				표준편차			
				F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
남	아	20대	91	633.1	1122.2	2744.5	3730.8	114.5	105.8	184.1	195.0
		30대	161	664.7	1122.1	2758.3	3709.5	99.6	134.2	188.2	221.9
		40대	211	665.9	1086.6	2773.1	3732.2	106.3	101.3	218.7	258.0
		50대	223	683.5	1092.6	2765.1	3766.4	95.6	115.4	226.1	244.2
		60대	157	676.4	1126.1	2769.1	3828.5	123.7	213.3	258.7	268.5
		70대	79	668.2	1136.3	2833.0	3889.4	125.4	215.9	236.1	299.8
	에	20대	91	477.1	1836.1	2590.2	3679.6	67.7	147.6	124.3	198.6
		30대	161	497.1	1798.7	2636.8	3677.9	70.3	143.3	188.2	231.8
		40대	211	503.4	1786.2	2655.3	3725.4	71.2	145.5	191.2	238.4
		50대	223	508.0	1764.2	2691.3	3783.1	82.1	160.4	179.4	247.8
		60대	157	494.0	1781.2	2694.8	3830.9	88.6	179.5	248.7	259.3
		70대	79	483.2	1798.5	2727.4	3882.4	92.7	219.5	206.9	286.5
	이	20대	91	294.6	2200.0	2967.5	3705.0	33.7	142.9	154.6	168.3
		30대	161	303.0	2175.3	3000.8	3725.9	41.7	133.8	172.7	250.2
		40대	211	304.9	2175.9	3051.4	3824.2	108.1	151.0	189.3	255.3
		50대	223	304.9	2133.3	3030.0	3853.0	67.2	160.2	185.6	236.7
		60대	157	301.1	2121.5	3037.7	3885.6	41.6	160.1	212.2	255.8
		70대	79	305.4	2119.6	3026.1	3881.8	43.1	159.6	189.9	274.8
	오	20대	91	428.4	969.6	2921.1	3811.1	82.4	608.0	267.6	404.6
		30대	161	443.7	942.8	2896.1	3764.9	85.2	584.6	254.6	367.2
		40대	211	447.8	848.2	2899.7	3798.8	77.0	421.9	223.3	316.6
		50대	223	462.4	925.7	2874.4	3881.5	83.0	511.2	251.7	353.0
		60대	157	463.9	931.1	2872.5	3961.5	84.6	488.2	281.5	338.9
		70대	79	460.0	923.7	2898.5	3983.1	79.2	449.7	271.7	411.0
우	20대	91	421.1	1199.6	2935.1	3937.6	115.8	663.3	297.9	380.6	
	30대	161	420.2	1107.4	2889.9	3932.4	100.6	627.4	319.3	405.1	
	40대	211	403.3	1053.9	2903.7	3969.9	75.5	625.3	297.1	376.8	
	50대	223	410.1	1006.4	2872.5	3964.2	73.1	534.5	263.5	330.0	
	60대	157	400.3	1041.0	2864.3	4022.1	66.3	553.8	263.6	331.1	
	70대	79	393.1	1013.3	2870.7	3965.4	75.4	463.2	267.7	312.6	

표 5. 여자 1692명의 연령대에 따른 F1, F2, F3, F4 평균과 표준편차  
 Table 5. Means and standard deviations of vowel formant values of 1692 women by age groups

(단위 : Hz)

성별	모음	연령	대상수	평균				표준편차			
				F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
여	아	20대	191	819.1	1425.1	3116.5	4166.7	149.4	180.0	260.2	286.1
		30대	334	820.4	1387.3	3078.6	4095.2	136.1	147.3	274.9	300.3
		40대	396	817.3	1356.3	3057.4	4018.0	137.6	140.4	242.9	282.9
		50대	369	828.2	1383.7	3014.2	4022.7	125.2	144.0	268.7	286.7
		60대	270	834.1	1389.4	2930.9	3990.3	136.3	130.7	336.5	312.2
		70대	132	821.3	1391.5	2890.6	3997.9	142.2	147.5	284.2	293.7
	에	20대	191	591.1	2287.7	3069.5	4225.8	90.2	280.8	255.4	339.9
		30대	334	571.8	2255.3	3011.1	4124.9	91.4	256.4	242.4	348.2
		40대	396	592.7	2198.3	2993.1	4114.8	94.8	226.4	240.0	357.4
		50대	369	598.7	2154.3	2988.8	4103.9	88.0	228.5	262.9	345.1
		60대	270	611.0	2092.5	2973.3	4136.7	96.0	228.0	296.6	370.1
		70대	132	593.3	2137.0	3019.3	4218.2	110.3	249.4	254.8	324.4
	이	20대	191	352.2	2392.7	3172.5	4102.8	57.8	399.8	255.1	318.6
		30대	334	344.5	2393.6	3149.2	4053.7	68.5	361.6	271.7	293.9
		40대	396	345.0	2439.8	3171.0	4063.9	62.4	311.3	266.4	301.2
		50대	369	351.0	2410.6	3169.3	4082.4	60.4	284.0	266.5	293.8
		60대	270	361.0	2368.6	3149.8	4136.4	52.8	274.8	295.4	308.4
		70대	132	364.8	2328.5	3148.4	4203.0	60.7	346.8	308.9	301.9
	오	20대	191	437.4	812.5	2893.8	3954.3	62.2	154.7	215.9	204.4
		30대	334	443.3	833.6	2945.6	3910.7	83.0	210.8	213.0	183.5
		40대	396	472.6	854.6	2990.3	3858.6	89.4	188.8	202.7	178.6
		50대	369	489.9	882.6	2981.1	3869.1	86.1	206.5	196.5	177.4
		60대	270	506.4	895.6	2957.7	3852.8	97.2	180.4	195.1	193.6
		70대	132	491.2	896.4	2908.6	3898.1	97.0	179.9	197.1	174.5
우	20대	191	396.9	898.9	2883.3	4061.6	59.9	126.2	201.3	179.2	
	30대	334	394.0	925.6	2905.5	4026.9	71.0	262.1	220.3	175.9	
	40대	396	400.4	880.2	2912.6	3991.1	69.3	260.1	208.2	173.3	
	50대	369	415.3	885.1	2901.8	3970.9	71.6	269.5	221.0	195.5	
	60대	270	420.4	888.9	2890.0	3948.1	65.4	240.9	221.6	198.3	
	70대	132	413.7	895.2	2851.5	3966.4	61.6	218.9	201.8	178.8	