

## 독일어 감정음성에서 추출한 포먼트의 분석 및 감정인식 시스템과 음성인식 시스템에 대한 음향적 의미

### An Analysis of Formants Extracted from Emotional Speech and Acoustical Implications for the Emotion Recognition System and Speech Recognition System

이 서 배<sup>1)</sup>

Yi, So Pae

#### ABSTRACT

Formant structure of speech associated with five different emotions (anger, fear, happiness, neutral, sadness) was analysed. Acoustic separability of vowels (or emotions) associated with a specific emotion (or vowel) was estimated using F-ratio. According to the results, neutral showed the highest separability of vowels followed by anger, happiness, fear, and sadness in descending order. Vowel /A/ showed the highest separability of emotions followed by /U/, /O/, /I/ and /E/ in descending order. The acoustic results were interpreted and explained in the context of previous articulatory and perceptual studies. Suggestions for the performance improvement of an automatic emotion recognition system and automatic speech recognition system were made.

**Keywords: formant, emotion, speech, vowel**

#### 1. 서론

감정음성(emotional speech)의 음향적 특징에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 이러한 동향은 자동음성인식(Automatic Speech Recognition)과 자동감정인식(Automatic Emotion Recognition)이 실제 상황에서 발생하는 감정으로 인한 음성신호의 왜곡에 효과적으로 대처해야 할 필요성이 최근 대두되는 것과 관련이 있다고 말할 수 있다(Athanaselis, 2005; Noyes et al., 1995; Fragonanagos et al., 2005). 실험실에서 낭독체 발화(Read Speech)를 대상으로 원활히 작동하던 인식 시스템이 실제 현장에서는 원래의 성능을 발휘하지 못하는 경우가 많은데(Thomson, 1997) 이것은 환경, 채널 등의 각종 잡음과 화자의 심리적 상태에 따른 음성신호의 변화 등의 변수가 실제 현장에서 악영향을 미치기 때문이다.(Yingchun et al.

2009; Thomson, 1997)

특히, 인간의 감정에 따른 음성의 음향적 변화는 자동음성인식과 자동감정인식에 있어서 중요하게 고려해야 할 사항으로 나타나기 시작했다. 이런 맥락에서 본 연구는 음성인식과 감정인식의 성능 향상에 도움을 주기 위해 감정음성의 음향적 특징을 분석하였다.

#### 2. 기존 연구

음성에서 얻은 단서만으로 사람이 사람의 감정을 인지할 수 있다는 연구(Scherer, 1986)와 음성을 통해서 드러나는 감정이 특정 모음(후설 모음)에서 청자에게 더 잘 전달된다는 연구(Tsur, 1992; Anderson, 1998)는 사람의 감정이 음성에서 무시할 수 없는 비중을 차지하고 있다는 것을 보여준다. 그리고 조음기관들이 얼마나 자유롭게 발화에 동원될 수 있는가 하는 것이 감정표현의 정도에 영향을 준다는 연구(Goudbeek et al., 2008; Lee et al., 2005)도 시사하는 바가 크다.

그러므로 인지적 연구와 조음적 연구의 맥락에서 이루어지는 음향적 연구들(Goudbeek et al., 2009; Waaramaa et al.,

1) 창원대학교 영어영문학과, sopacyi@pusan.ac.kr

2008; Yildirim et al., 2004)의 감정음성 분석은 큰 의미를 가질 수 있다. 그러나 기존의 음향적 연구들은 단지 한 명의 화자가 발화한 감정음성을 연구 대상으로 하거나 문장에서 뽑은 모음이 아닌 전후 문맥 없이 단독으로(isolated) 발화한 모음을 연구대상으로 삼았다는 점에서 한계를 가지고 있다.

본 연구는 이러한 기존 연구의 문제점을 보완하고자 복수의 화자가 여러 가지 감정을 가지고 문장 수준으로 발화한 음성 자료를 연구 대상으로 삼았다. 이를 위해 10명의 화자가 7가지 감정을 가지고 발화한 감정 음성 자료인 독일어 감정음성 데이터베이스(A Database of German Emotional Speech)를 분석 대상으로 선정했다(Burkhardt, 2005).

### 3. 실험

#### 3.1 감정음성 데이터베이스와 정규화

본 연구에서 분석한 독일어 감정음성 데이터베이스(A Database of German Emotional Speech)는 10문장을 5명의 여성과 5명의 남성 배우들이 7가지 감정(anger, fear, happiness, neutral, sadness, disgust, boredom)을 연기하면서 발화했고 청취자들의 평가를 거쳐 발화를 엄선했으므로 높은 신뢰도를 가진 발화 자료로 알려져 있다. 더 나아가 음소와 음절단위 뿐만 아니라 음절과 음성의 자질까지도 레이블링 되어 있어서 연구가치가 높은 자료이다.

본 연구에서는 7가지 감정 중 기존 연구에서 주로 다루어지고 있는 5가지 감정 즉, 화남(angry), 공포(fearful), 행복(happy), 중립(neutral), 슬픔(sad)의 음성을 분석대상으로 삼았다. 그리고 이들 감정으로 발화된 문장들에서 /A/, /E/, /I/, /U/, /O/(이후 본문의 음소 표기는 SAMPA phonetic alphabet(Wells, 1997)을 따른다)에 해당하는 음소들을 추출하였는데 포먼트 추정 정확도를 높이기 위해 길이가 30 ms 이상 발화된 파형만을 추려내서 모두 791개의 음성파일을 얻었다.

모음의 포먼트는 기존연구들에서 나타난 바와 같이 감정의 음향적 자질분석에 많이 사용되고 있고 주파수 영역의 음성스펙트럼정보와 밀접한 관련이 있다. 또한 포먼트는 자동음성인식과 자동감정인식에 주로 쓰이는 MFCC(Mel Frequency Cepstral Coefficients)와 상관관계가 크기 때문에 MFCC에서 포먼트를 추출하려는 시도도 최근에 이루어지고 있다(Darch, J. et al., 2005, 2006). 포먼트를 비교하려면 사람들마다 성도 길이가 달라서 생기는 개인 차이를 보상해야 한다. 이를 위해 VTLN(Vocal Tract Length Normalization)을 적용했다. 먼저 praat(Boersma, 2009)를 이용해 30 ms 분석구간(1 ms씩 움직이면서 값들을 얻어 평균을 구함)에서 얻은 포먼트 F1(제1포먼트 주파수), F2(제2포먼트 주파수), F4(제4포먼트 주파수)를 구하고 F4를 이용해 F1과 F2를 다음과 같이 정규화 했다(Wakita, 1977).

$$\overline{F}_i = l/l_R F_i \quad (1)$$

식 (1)에서  $\overline{F}_i$ 는 정규화된 포먼트 주파수,  $l$ 은 추정된 성도의 길이,  $l_R$ 은 기준 성도길이(기존연구와 같이 17 cm로 정했음),  $F_i$ 는 정규화되기 전의 포먼트 주파수 값이다. 이 때 추정된 성도의 길이  $l$ 은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$l = \frac{(2i-1)c}{4F_i} \quad (2)$$

여기서  $c$ 는 35°C에서 측정된 소리의 속도인 35300 cm/s에 해당한다(Fant, 1970). 그리고  $i$ 는 포먼트의 인덱스인데 기존 연구와 같이  $i$ 가 4인  $F_4$  즉, 4번째 포먼트의 주파수를 가지고 성도의 길이를 추정하였다. 이렇게 해서 전체 791개 음성파일에서 추출한 포먼트 성분을 정규화 하였다.

#### 3.2 분석 방법

감정별 모음들 간의 변별력과 모음별 감정들 간의 변별력을 측정하기 위해서 클래스 간 분산(between-class scatter)과 클래스 내 분산(within-class scatter)의 비에 해당하는 F-ratio를 구하였다. F-ratio는 분산분석(ANOVA)에서 두 개의 변동(variation)을 비교하기 위해 사용하는 통계기법으로 음성에서는 특정 자질이 얼마나 변별력을 가지는 지를 가늠하는 도구로 사용되고 있다(Wolf, 1972; Sambur, 1975; Rose, 1999). 본 연구에서는 어떤 모음에서(또는 어떤 감정에서) 감정들 간의(또는 모음들 간의) 구별이 더 확연히 드러나는지를 감정들(또는 모음들)을 클래스로 상정해서 구해진 F-ratio로 알아보았다.

예를 들어, /A/, /E/, /I/, /U/, /O/의 모음들 중 /A/ 모음일 때 (5가지 감정 데이터에서 추출된 /A/모음 음성 토큰들의 경우에 해당함) 감정들의 F-ratio가 가장 큰 값을 가진다면 /A/모음으로 발화할 때 감정의 변별력이 가장 크다는 것을 의미한다. 모음의 변별력 측면에서도 화남(angry), 공포(fearful), 행복(happy), 중립(neutral), 슬픔(sad)의 5가지 감정 중 중립에 해당하는 음성 토큰들의 모음별 F-ratio가 가장 큰 값을 가진다면 중립의 감정으로 발화할 때 모음의 변별력이 가장 크다는 것을 의미한다. 즉, F-ratio가 클수록 클래스 간(본 연구에서는 개별 모음들 간 또는 개별 감정들 간)의 구별이 더 잘 된다고 볼 수 있고 그 수식은 다음과 같다(Fisher, 1936; Belhumeur et al., 1997).

$$F\text{-ratio} = S_B/S_W \quad (3)$$

식 (3)에서  $S_B$ 는 클래스 간 분산을,  $S_W$ 는 클래스 내 분산

을 의미한다. 클래스 간 분산과 클래스 내 분산의 수식은 다음과 같다.

$$S_B = \sum_{j=1}^c N_j (\mu_j - \mu)(\mu_j - \mu)^T \quad (4)$$

$$S_W = \sum_{j=1}^c \sum_{x_k \in X_j} (x_k - \mu_j)(x_k - \mu_j)^T \quad (5)$$

식 (4)와 (5)에서  $\mu_j$ 는 j번째 클래스  $X_j$ 의 평균값을,  $N_j$ 는 j번째 클래스  $X_j$ 에 속하는 샘플 수(본 연구에서는 음성 토큰 수)를 의미한다. 예를 들어  $x_k$ 는 j번째 클래스인  $X_j$ 의 k번째 음성 토큰을 의미하며  $N_j$ 는 j번째 클래스인  $X_j$ 에 속하는  $x_k$ 의 전체 개수이다. 그리고  $\mu$ 는 실험에 사용된 모든 음성 토큰들의 전체평균이고  $c$ 는 클래스의 총 개수(본 연구에서는 5개의 클래스가 사용됨)이다.

### 4. 결과 및 분석

#### 4.1 감정별 모음들 간 변별력

감정별로 분류된 모음들의 평균값을 <표 1>과 <그림 1>에서 보면 F1, F2를 축으로 하는 포먼트 공간에서 감정이 변함에도 불구하고 모음들의 상대적 위치는 일정한 유형을 가지는 것을 발견할 수 있다. <그림 1>에서 보면, F2의 값에 따른 전설모음과 후설모음의 위치, F1의 값에 따른 고모음과 저모음의 위치가 일관성을 가지고 나타난다. 모든 감정에서 /A/를 시작으로 반시계방향으로 /A/, /E/, /I/, /U/, /O/의 순서를 가지면서 모음들의 자리가 정해지는 것을 알 수 있다.

표 1. 감정별로 나타난 모음들의 평균 포먼트 값(Hz)

Table 1. Average formant values of vowels associated with each emotion (Hz)

		A	E	I	U	O
Angry	F1	959.7	479.4	386.8	638.4	758.3
	F2	1499.7	2131.3	2172.1	1220.3	1183.9
Fearful	F1	628.8	355.7	390.5	467.4	523.3
	F2	1407.9	2048.0	2004.7	1185.7	1095.4
Happy	F1	816.2	401.9	378.9	585.5	728.0
	F2	1513.5	2033.6	2175.1	1296.3	1227.2
Neutral	F1	657.6	341.5	313.0	399.2	536.0
	F2	1347.7	2066.8	2099.0	1124.1	1173.6
Sad	F1	570.6	317.0	294.4	454.1	536.7
	F2	1400.7	2039.1	1916.7	1462.1	1406.5

그리고 중립이외의 감정음성들 중 화남, 행복에서 다른 감정음성에서보다 모음들이 더 잘 구별되는 것으로 나타났다. 이것은 화남, 행복과 같이 각성(arousal)정도가 높은 감정의 음성이 다른 감정음성에 비해 조음적 측면에서 영역이 더 넓다는 연구(Goudbeek et al., 2008)와도 관련지어 생각해 볼 만하다. <그림 1>에서 화남과 행복에 해당하는 모음들의 음향적 영역이 두려움과 슬픔의 음향적 영역보다 큰 것을 볼 수 있는데 조음기관들의 움직임이 활발할수록 모음들 간의 음향적 거리가 더 커지게 발음될 가능성이 높아지기 때문인 것으로 추정된다. 그러므로 화남, 행복에서 보고되는 조음영역의 확대는 본 연구에서 보여 주듯이 모음들 간의 차이를 더욱 뚜렷이 만드는 여건이 될 수 있을 것이다.

표 2. 감정별로 나타난 모음들 간의 F-ratio

Table 2. F-ratio between vowels associated with each emotion

	Angry	Fearful	Happy	Neutral	Sad
F-ratio	3.2251	2.2158	2.7519	5.1752	0.8236

음향적 관점의 기존 연구에서도 다른 감정에 비해 화남, 행

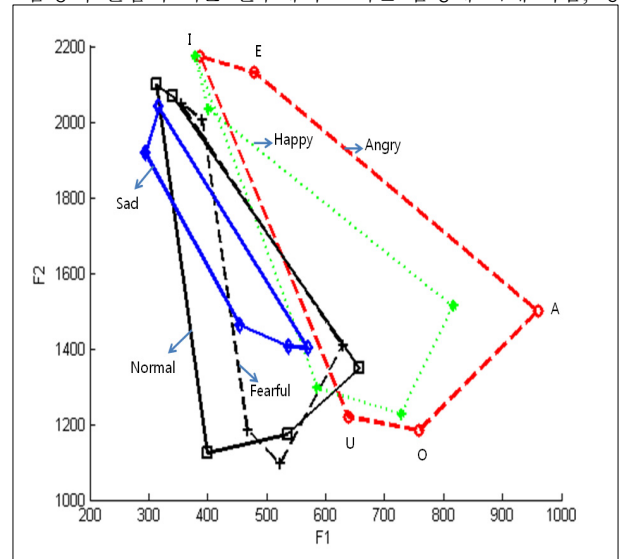


그림 1. 감정별로 본 모음들의 포먼트 평균 (Hz)

Figure 1. Average formant values of vowels associated with each emotion (Hz)

복과 같이 각성 정도가 높은 감정들이 더 높은 F1을 보이는 것으로 나타났다(Goudbeek et al., 2009). <그림 1>에서 화남과 행복의 영역이 다른 감정들보다 더 오른쪽에 위치하고 있는 것도 같은 맥락에서 설명되어질 수 있을 것이다.

#### 4.2 모음별 감정들 간 변별력

모음별로 분류된 감정들의 평균값들 역시 감정들이 위치하는 자리가 일정한 유형을 가지고 있음을 볼 수 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이 모든 모음에서 화남, 행복과 같이 각성

(arousal)정도가 높은 감정들이 더 높은 F1을 나타내고 있다 (Goudbeek et al., 2009). 주목할 만한 점은 A, U, O와 같은 후설모음이 I, E와 같은 전설 모음보다 감정들 간의 간격이 더 떨어져 있다는 것이다(<그림 2> 참조).

표 3. 모음별로 나타난 감정들 간의 F-ratio

Table 3. F-ratio between emotions associated with each vowel

	A	E	I	U	O
F-ratio	0.4482	0.1091	0.1495	0.2540	0.2390

<표 3>에서 알 수 있는 바와 같이, 모음별 감정들 간 변별력도 역시 F-ratio값이 큰 순서대로 /A/(0.4482), /U/(0.2540), /O/(0.2390), /I/(0.1495), /E/(0.1091)로 나타났다. 후설모음(/A/, /U/, /O/)이 전설모음(/I/, /E/)보다 감정들 간의 변별력이 높다는 본 연구의 결과는 음향적 측면에서 살펴본 감정음성의 특성이다. 그런데 이러한 음향적 특성은, 인간이 감정음성을 어떻게 인지하는가 하는 인지(perception)적 측면의 기존 연구에서 전설 모음보다 후설 모음이 감정을 더 잘 느끼게 한다는 보고(Anderson, 1998; Tsur, 1992)와 맥락을 같이한다.

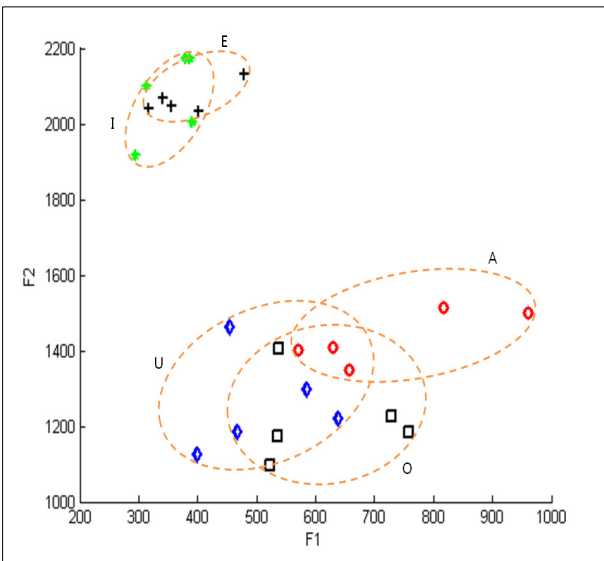


그림 2. 모음별로 본 감정들의 포먼트 평균 (Hz)

Figure 2. Average formant values of emotions associated with each vowel (Hz)

조음적 측면에서 중설모음과 후설모음이 전설모음보다 조음기관들이 더 활발히 활동하므로 감정을 더 잘 분류한다는 연구(Lee et al., 2005)도 흥미롭다. 턱, 혀, 입과 같은 조음기관에 기계장치를 부착해 조음기관의 움직임을 측정할 실험에서 후설모음에 비해 전설모음은 공간이 협소해서 조음기관들이 감정을 제대로 표현하는데 제약이 따르기 때문에 /I/와 같은 전설모음은 감정이 변화해도 가장 적은 조음적 변동을 동반하

는 것으로 보고되고 있다(Lee et al., 2005).

음향적 측면에서, 감정이 /A/모음의 포먼트에 더 잘 반영된다는 기존 연구는 본 연구와 일치하는 결과를 보여준다. 그러나 한 명의 화자가 발화한 음성 데이터를 분석했기 때문에 일반화에 무리가 있다는 아쉬움이 남는다(Yildirim et al., 2004). 또한 인지적 실험과 음향적 분석을 동시에 수행한 연구에서도 /A/가 /I/보다 감정을 더 잘 구별하는 것으로 나타났으나 문장에서 뽑은 모음이 아닌 전후 문맥이 없는 단모음 단독 발화를 대상으로 연구했을 뿐이다(Waaramaa, 2008).

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 후설 모음 /A/, /U/, /O/가 전설 모음 /I/, /E/보다 감정들을 더 잘 변별한다고 볼 수 있다. 여기서 주목할 만한 점은 후설 개방 모음인 /A/로 발화할 때 감정들이 더 두드러지게 구별된다는 것이다. 이것은 포먼트가 균일하게 분포하고 에너지가 높은 /A/모음의 특성이 감정표현을 더 용이하게 한다는 기존 연구와 관련이 있는 것 같다(Waaramaa, 2008). 이상의 결과에서 본 연구는, 모음 단독 발화 이거나 한 명의 발화 데이터를 분석 대상으로 하지 않고 문장을 발화한 10명의 화자로부터 얻은 감정음성을 분석해서 나온 결과라는 점에서 기존 연구들의 부족함을 어느 정도 보완한다고 할 수 있겠다.

### 5. 결론

본 연구는 문장을 발화한 10명의 감정음성 데이터로부터 감정별 모음의 변별력과 모음별 감정의 변별력을 알아보았다. 음향적으로 모음을 변별하는데 중립음성이 가장 유리했는데 감정이 섞일 때 보다 감정이 섞이지 않을 때 모음간의 차이가 더 잘 나타난다는 것을 알 수 있었다. 중립 다음으로 화남, 행복이 순위를 이었고 두려움, 슬픔은 순서에서 하위를 차지해 모음의 변별력에 불리한 감정임을 보여주었다. 감정음성들 중에서는 조음기관의 움직임이 활발한 화남, 행복이 그렇지 않은 두려움 슬픔보다 모음들을 더 잘 구별하였다.

이상의 결과는 사람의 음성을 기계적으로 인식할 때 음성 에 감정이 개입할수록 성능저하를 야기시킨다는 연구결과(Athanaselis, 2005; Noyes, 1995)를 음향적 관점에서 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다. 주목할 만한 점은 감정음성들 간에도 음향적 측면의 모음 변별력에 있어서 차이를 보인다는 것이다. 본 연구에서 보여 주듯이 모음의 변별력이 상대적으로 높은 화남, 행복과 상대적으로 낮은 두려움, 슬픔은 음향적으로 차이가 난다. 이것을 근거로 화남, 행복보다는 두려움, 슬픔이 음성인식에 더 악영향을 끼친다고 볼 수 있다. 그러므로 감정음성을 음성인식 모델에 반영해서 악조건에 강인한 음성인식 시스템을 만들려는 최근의 시도(Athanaselis, 2005)에서 본 연구의 결과를 고려해 모델링을 위한 감정들 간의 가중치(weight)가 차이가 나도록 계산해 볼 만 하다고 생각된다.

감정을 변별하는 데 유리한 모음은 변별력 크기 순서대로 /A/, /U/, /O/, /I/, /E/로 나타났다. 후설모음인 /A/, /U/, /O/로 표현된 감정들이 전설모음인 /I/, /E/로 표현된 감정들보다 음향적 공간에서 더 잘 구별되는 것으로 나타났는데 개방 후설 모음 /A/에서의 변별이 가장 두드러졌다. 이것을 근거로 사람의 감정을 자동으로 인식하는 시스템에서 전설모음보다는 감정의 변별력이 높은 후설모음에 가중치를 더 높게 반영하는 인식모델을 생각해 볼 수 있다. 그리고 후설모음 중에서도 개방 후설모음 /A/의 비중을 더 높임으로 감정음성인식 성능의 향상을 꾀할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- Anderson, E. (1998). *A Grammar of Iconism*. Madison, NJ: Fairleigh Dickinson University Press.
- Athanaselis, T., Bakamidis, S., Dologlou, I., Cowie, R., Douglas-Cowie, E. and Cox, C. (2005). "ASR for emotional speech: clarifying the issues and enhancing performance", *Neural Networks*, vol. 18, no. 4, pp. 437-444.
- Belhumeur, P., Hespanha, J. and Kriegman, D. (1997). "Eigenfaces vs. fisherfaces: recognition using class specific linear projection", *IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(7), pp. 711-720.
- Boersma, P. and Weenink, D. (2009). *Praat: doing phonetics by computer (Version 5.1.05)*. <http://www.praat.org/>
- Burkhardt, F., Paeschke, A., Rolfes, M., Sendlmeier, W. and Weiss, B. (2005). "A database of German emotional speech", *Proc. Interspeech 2005*, pp. 1517-1520.
- Darch, J., Milner, B., Shao, X., Vaseghi, S. and Yan, Q. (2005). "Predicting formant frequencies from MFCC vectors", *ICASSP*, pp. 941-944.
- Darch, J., Milner, B. and Vaseghi, S. (2006). "MAP prediction of formant frequencies and voicing class from MFCC vectors in noise", *Speech Communication In Robustness Issues for Conversational Interaction*, Vol. 48, No. 11, pp. 1556-1572.
- Fant, G. (1970). *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague: de Gruyter Mouton, 1960 (second printing, 1970).
- Fisher, R. A. (1936). "The use of multiple measurements in taxonomic problems", *Annals of Eugenics*, 7, pp. 179-188.
- Fragopanagos, N., and Taylor, J. (2005). "Emotion recognition in human-computer interaction", *Neural Networks* 18(4), pp. 389-405.
- Goudbeek, M., Goldman, J. and Scherer, K. (2008). "Emotions and articulatory precision", *Proceedings of Interspeech 2008*, 317.
- Goudbeek, M., Goldman, J. and Scherer, K. (2009). "Emotion dimensions and formant position", *Proceedings of Interspeech 2009*, pp. 1575-1578.
- Lee, S., Yildirim, S., Kazemzadeh, A. and Narayanan, S. (2005). "An articulatory study of emotional speech production", *Proceedings of Interspeech 2005*, pp. 497-500.
- Noyes, J. and Baber, C. (1995). "Speech recognition in adverse environments: The role of human mediation", *ESCA/NATO Workshop on Speech Under Stress*, pp. 17-20.
- Rose, P. (1999). "Differences and distinguishability in the acoustic characteristics of hello in voices of similar sounding speakers: a forensic phonetic investigation", *Australian Review of Applied Linguistics*, Vol. 22(1), pp. 1-42.
- Sambur, M. (1975). "Selection of acoustic features for speaker identification", *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. 23(2), pp. 176-182.
- Scherer, K. (1986). "Vocal affect expression: A review and a model for future research", *Psychological Bulletin*, 99(2), pp. 143-165.
- Thomson, D. (1997). "Ten case studies of the effect of field conditions on speech recognition errors", *Proceedings of the IEEE ASRU Workshop*, Santa Barbara, pp. 511-518.
- Tsur, R. (1992). *What Makes Sound Patterns Expressive: The Poetic Mode of Speech-Perception*, Durham & London: Duke University Press.
- Waaramaa T., Laukkanen, A., Alku P. and Väyrynen E. (2008). "Monopitched expression of emotions in different vowels", *Folia Phoniatr Logop*, Vol. 60, pp. 249-255.
- Wakita, H. (1977). "Normalization of vowels by vocal tract length and its application to vowel identification", *IEEE Trans. ASSP*, Vol. 25, pp. 183-192.
- Wells, J. C. (1997). "SAMPA computer readable phonetic alphabet", Department of Phonetics and Linguistics, University College London, <http://www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/>.
- Wolf, J. (1972). "Efficient acoustic parameters for speaker recognition", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 51 (No. 6, part 2), pp. 2044-2056.
- Yingchun Y., Zhenyu S. and Zhaohui W. (2009). "Frequency shifting for emotional speaker recognition", *Pattern Recognition*, Peng-Yeng Yin (ed.), pp. 305-318.
- Yildirim, S., Bulut, M., Lee, C., Kazemzadeh, A., Busso, C., Deng, Z., Lee, S. and Narayanan, S. (2004). "An acoustic study of emotions expressed in speech", *ICSLP*, Vol. 1, pp. 2193-2196.

**• 이서배 (Yi, So Pae)**

창원대학교 영어영문학과

경남 창원시 사림동 9번지 소나무5길 65

Tel: 055-540-5466 Fax: 055-540-5465

Cel: 010-5555-6305

Email: [sopaeyi@pusan.ac.kr](mailto:sopaeyi@pusan.ac.kr)

관심분야: 음성학, 영어교육