

음성 인식/합성을 위한 국어의 음성-음운론적 특성 연구

A Study of Korean Phonetic and Phonological Properties
for Speech Recognition and Synthesis

정 국*, 구 회 산**, 이 찬 도***, 김 종 미****, 한 선 희*****
(Kook Chung, Hee San Koo, Chan-Do Lee, Jong-mi Kim, Sun-Hee Han)

◆ 이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음 ◆

요 약

본 논문은 국어 음성 인식 및 합성을 위한 음운·음성학적인 기초 연구 몇가지를 포괄적으로 소개하고자 한다. 그 구체적인 내용은 첫째, 분절음의 음운론적 특성연구로서, 분절음의 변이 목록 및 컴퓨터 입력 기호의 작성, 둘째, 분절음의 음성학적 특성 연구로서, 단어내 자음의 위치에 따라 음향 파라메타를 조정하는 시범안 제시, 셋째, 운율의 음운론적 특성 연구로서 운율 자질들의 음운론적 기능과 인식 단서의 제시, 넷째, 운율의 음성학적 특성 연구로서 표준 한국어의 악센트와 억양 패턴의 제시, 다섯째, 음성 인식 및 합성에의 국어 음성·음운 지식의 활용 방안 제시이다.

ABSTRACT

The paper introduces several studies of various aspects of Korean phonology and phonetics for speech recognition and synthesis. The phonological and phonetic studies presented in this paper are : i) For a study of segmental phonology, we made an annotated list of Korean allophones and their corresponding alphabetic symbols to type into computers. ii) For a study of segmental phonetics, we present some acoustic regulations in Korean consonants according to their phonological environment within a word. iii) For a study of prosodic phonology, we suggest the phonological functions of prosodic features and their acoustic cues. iv) For a study of prosodic phonetics, we present the characteristic patterns of accent and intonation in Korean. v) Finally, we suggest some ways of using this phonological and phonetic knowledge for possible improvement of speech recognition and synthesis.

I. 서 론

본 연구의 목적은 국어의 음성·음운론적 특성을 선

별적으로 연구하여 음성 인식/합성에 필요한 몇몇 자료를 제공하는데 있다. 그 첫째 목표는 미개발 단계인 전산 음운론 분야에 포괄적인 시범 연구를 제시하는데 있으며, 둘째 목표는 음성 언어처리에 유용한 국어 음성·음운론에 관한 지식을 제공하는데 있다.

그런데 이와 같은 연구는 최근까지 추구되어 오지 않았던 새로운 학문 분야라는 점에서 직접적인 선행

*한국 외국어대학교 영어과
**중앙대학교 영어교육학과
***대전대학교 정보공학과
****강원대학교 영어영문학과
*****대림전문대 실무영어과
접수일자: 1994년 6월 10일

연구는 많지 않다. 우선 음성 인식을 위한 국어 음성·음운론 연구는 김종미 외(1988)에서 국어의 음소와 변이음과 음절의 분포도와 상호 작용을 개괄하고 각 단위가 인식 시스템의 기본 단위로 쓰일 때의 장단점을 논하였다. 또, 이상억 외(1989)에서는 국어의 음운 규칙을 개괄함으로써 음성 인식시 참조가 되게 하였다. 그 후 김종미(J-m Kim 1990a)에서는 국어의 음운 규칙과 음운 제약 조건이 인식 시스템에서 인접음을 예측하는데 쓰여 인식의 정확도와 신속도를 높일 수 있음을 제시하였고, 김종미(1990b)에서는 국어의 음성·음운론이 다른 언어학적 지식과 함께 음성 인식에서 활용될 수 있는 모델을 설정하였다. 그리고, 김기호(1991, 1993ab)와 K-H Kim(1990, 1991)에서는 변별 자질과 유표성 이론, 운율 정보 등의 음운적 정보가 어떻게 효과적으로 문장 파상과 음성 인식에 도움이 되는지를 보여주고 있다. 정국(K. Chung 1992)에서는 음성 지각 및 인식에 대한 음운론적 모델을 제안하였다.

한편 음성 합성을 위한 국어의 음성·음운론 연구는 다음과 같다. 김한곤(1968)은 음향 음성학적인 방법에 의한 언어 합성을 소개하였으며, 이호영(1992)과 이호영 외(1993)에서는 음성 합성에 활용 가능한 변이음의 현상들에 관하여 상세히 연구하였다. 또한, 고도홍(1990)이 음성 합성시 운율(prosody)을 처리하는 방법을 억양을 중심으로 연구하였으며, 고도홍(1991)에서는 음성 변환을 위한 언어적 처리에 관한 연구를 하였다. 지민제 외(1990)에서는 음성합성을 위한 국어 리듬 패턴을 제시하였다.

이와 같은 선행 연구의 결실로 국어의 전산 음운론 분야가 태동하게 되는데, 전길남 외(1991)에서 진행되었던 자동 통역을 위한 국어 전반의 연구의 일부로서 음성·음운 분야 연구에서는 국어 전산 음운론 연구의 문헌 및 배경 지식을 정리하였고, 김종미(1992b)에서는 기본 방향, 주제, 방법론을 제시하였다. 이찬도(Gasser and Lee 1990, 1991; Lee and Gasser 1992; Lee 1992)는 인공 신경망을 이용하여 기저구조와 규칙이 없어 어떻게 음운 현상을 설명할 수 있는가에 대한 연구를 하였다.

이처럼 진행되어 온 연구의 맥락에서 볼 때 본 논문은 국어의 전산 음운론을 포괄적으로 연구하여 방법론을 제시하는 최초의 논문이 될 것으로 사료되며, 더 자세한 전문은 정국 외(1994)를 참조하기 바란다. 여기에 실은 것은 정국 외(1994)에서 중요한 내용을

발췌한 것이다.

국어의 음성·음운론적인 특성을 포괄적으로 조명하고자 하는 이유는, 현 단계의 음성 인식이나 합성에 우선적으로 필요한 것은 포괄적인 음성·음운 지식으로서 이 당면과제가 먼저 충족되어야 개개현상에 대한 연구의 범위와 방향이 확연해지고, 차츰 부분적 정밀화를 추구할 수 있을 것이라는 판단 때문이다.

따라서, 본 논문에서 다루고자 하는 음성·음운론적 특성 연구는 국어 음성·음운론의 전체적인 측면, 즉, i) 분절음의 음운론적 특성, ii) 분절음의 음성학적 특성, iii) 운율의 음운론적 특성, iv) 운율의 음성학적 특성, v) 인식/합성에의 응용을 다루고자 한다. 그리하여, 각 분야마다 서로 연관된 소 주제를 하나씩 선정하여, 인식 및 합성에 응용 가능한 하나의 유기적인 결과로서 제시하고자 한다.

그 구체적인 연구 내용은 다음과 같다. 첫째, 분절음의 음운론적 특성 연구로서, 분절음의 변이 목록과 이들 각 변이음에 대한 컴퓨터 입력 기호의 작성, 둘째, 분절음의 음성학적 특성 연구로서, 위 변이음중 일부인 단어내 위치에 따른 자음 변이의 음향음성학적 특성 연구, 셋째, 운율의 음운론적 특성 연구로서, 국어 운율을 결정하는 악센트, 리듬, 억양, 휴지의 기능 및 이를 통한 통사적 의미적 인식 단서의 제시, 넷째, 운율의 음성학적 특성 연구로서, 실험 음성학적 데이터를 통한 표준 한국어의 낱말 악센트 패턴과 문미 억양 패턴의 제시이다. 다섯째, 이상 네 연구 결과를 음성 인식 및 합성에 활용하는 방안을 제시한다. 그러면 이상 다섯가지의 소 연구를 차례로 살펴보기로 한다.

II. 분절적 특성

음성 인식 및 합성에 활용될 수 있는 국어의 분절적 특성 연구로서, 우선 시급하다고 여겨지는 소 주제로서 본 논문에서 선택한 것은 분절음의 변이 목록 작성과 이중 일부 변이의 음향음성학적 특징 추출이다. 이중 전자는 분절음의 음운론적 특성에서, 후자는 분절음의 음성학적 특성에서 순서대로 기술하겠다.

2.1 분절음의 음운론적 특성

본 절에서 제시하고자 하는 변이음이란, 국어의 의미를 구분하는 소리단위인 음소가 서로 다른 음운 환경에서 다른 음성 형태로 나타나는 것을 일컫는다.

예컨대, /b/은 국어의 한 음소이지만, ‘바보’라는 단어의 첫번째 /b/의 환경에서는 무성음 [p]라는 변이음으로 소리나고 두번째 /b/의 환경에서는 유성음 [b]라는 또다른 변이음으로 소리난다. 따라서 변이음의 목록을 작성하는 일은 기계상으로 인식 및 합성을 해내야 하는 실제 소리 형태를 찾아내기 위한 지침이 된다.

그러면 국어에는 몇개의 음소가 있으며 이들 음소로부터 얼마나 더 많은 수효의 변이음을 설정할 것인지 살펴보자. 국어의 음소는 아래와 같다.

(1) 국어의 음소

자음 : 자음 19개 및 반모음 3개

모음 : 8 또는 10개(방언에 따라 모음의 차이가 있음.)

이중 모음 : 12개

이들 음소의 변이음들은 무수히 많다. 그러나 중요

한 것들만 든다면, 자음의 경우, 경구개음화, 연구개음화, 양순음화 등 동시조음에 의한 조음위치 변이, 그리고 유성음화, 비파화, 경음화, 격음화 등 조음방법 변이에 의한 변이음들이 있고, 모음에서도 무성음화, 비음화, 장음화 등 조음방법의 변이에 의한 변이음들을 들 수 있다.

아래 표에서는 음소는 한글자모로 표현하였으며, 변이음은 음성기호로 <>안에 표시하되 위의 다양한 변이음들 중 각 음소의 특성에 일치하는 몇가지 대표적인 것들만 보였다. 변이음만 있고 음소기호가 없는 것 (<?>)은 그 음이 음소의 지위를 가지지 못함을 나타내며, 음소 중 한글자모 대신 음성기호로 표시한 것(반모음 모두)은 그 음소에 해당하는 한글자모가 없기 때문이다.

변이음의 자세한 것은 위에서 말한 것처럼 대부분 규칙에 의해 자동적으로 파생되게 되므로, 뒤에서 규칙별로 자세히 체계적으로 보이게 되겠다.

(2) 국어의 변이음 목록

(가) 자음

	양순음	치경음	경구개음	연구개음	구개수음	성문음
평음	ㅂ <p/b/pˀ>	ㄷ <t/d/tˀ>	ㅈ <ʃ/ts/ʃ/dz>	ㄱ <k/g/kˀ>	/q/G>	<?>
	ㅃ <pʰ>	ㄸ <tʰ>	ㅉ <ʃʰ/tsʰ>	ㅋ <kʰ>	/qʰ>	
경음	ㅍ <pʷ>	ㅌ <tʷ>	ㅊ <ʃʷ/tsʷ>	ㅋ <kʷ>	/qʷ>	
마찰음		ㅅ <s>	/ʃ>			ㅎ <h/
		ㅆ <sʷ>	/ʃʷ>			ㅎ <hʷ>
유음		ㄹ <l/r>	/r>			
비음	ㅁ <m>	ㄴ <n>	/n>	ㅇ <ŋ>	/N>	
반모음	'와/위' 등의 첫 전이음		'야/여/요/유' 등의 '외'에서의 첫 전이음			
	w <w/v>		j <j>	ɰ <ɰ>		

(나) 모음

	전설	중설	후설
비원순	원순		
고	i (가 y)	ɨ	ɯ u
중간	e e (시 ø)	ɐ/a	o o
저	æ e	ɔ a	

이들 변이음들은 대부분 규칙에 의해 자동적으로 발생된다. 주요 변이음 규칙은 아래와 같다.

(3) 변이음 규칙

- [o, u, ø, y, w]와 동음절 내에 있는 ㅂ, ㄷ, ㄱ 등 모든 자음 → 각각 p^w, t^w, k^w 등으로 순음화
- 경구개화: [i, j] 앞의 ㅂ, ㄷ, ㄱ 등 모든 자음 → 각각 p^y, t^y, k^y 등으로 경구개화
- 경구개 및 원순화: [y, u] 앞의 ㅅ → ʃ
- 연구개화: [u, o] 앞의 ㄹ → ɻ
- 구개수음화: [w, u, o] 앞의 ㄱ, ㄴ, ㅇ [ŋ] → 각각 G, q', N
- 평음의 유성화(유성음 사이) ㅂ, ㄷ, ㄱ → b, d, g
ㅅ → d₃, z
ㅎ →
- 마찰음화 및 유성음화: 모음/반모음사이의 ㅂ, ㄱ, ㅅ → 각각 β, γ, z
- 유음변이: 음절말 및 n/l 뒤의 ㄹ → l; 그외의 ㄹ → r
- 어두의 ㅂ, ㄷ, ㄱ → 각각 p, t, k
- 비파화: 음절말의 ㅂ, ㄷ, ㄱ → 각각 p, t, k
- 무성화: 가음과 무성음 사이의 모든 모음 → 무성화
- 장음화: 휴지 앞의 모든 모음 → 장음화

음의 변동은 음소간에도 일어나는 바, 이들은 위(3)의 변이음 규칙들과 달리 아래의 규칙에 따른다. 지면의 한계상, 주요 음소적 변동 규칙만을 제시하겠다.

(4) 음소적 변동 규칙

- ㄷ화: 음절말의 ㅌ, ㅍ, ㅍ, ㅍ, ㅍ, ㅎ → 모두 ㄷ
- ㄴ의 ㄹ화: ㄹ음 앞 또는 뒤의 ㄴ → ㄹ
- 폐쇄/폐찰음의 비음화: 비음 앞의 ㅂ, ㅍ이 ㅁ으로, ㄷ, ㅌ, ㅍ, ㅍ이 ㄴ으로, ㄱ, ㅋ, ㆁ이 ㅇ(ŋ)으로
- 평음의 기음화: ㅎ 앞 또는 뒤의 ㄱ, ㄷ, ㅂ, ㅅ → 각각 ㅋ, ㅌ, ㅍ, ㅆ
- 평음의 경음화: 폐쇄/파찰/마찰음 뒤의 ㄱ, ㄷ, ㅂ, ㅅ → 각각 ㆁ, ㆁ, ㆁ, ㆁ. 단, 특수환경에서의 경음화(안방 → 안땡 등)는 규칙화가 불가능하므로 어휘화하여 사전에 표시하여야 한다.

특기할 사항은 (4)의 음소적 변동규칙과 (3)의 변이음 규칙을 음성인식/합성에 이용할 때에는 음소적 변동규칙을 반드시 먼저 적용하고, 변이음 규칙을 나중에 적용해야 한다는 것이다. 그 이유는 (4)는 국어 자

모로 표시되나 (3)은 음성기호로 변화되므로 순서를 뒤바꿔 음성기호 변화를 적용하면 더이상 국어 자모로의 변화는 불가능해지기 때문이다.

그러면 이들 변이음이 과연 음성학적(음향학적)으로 분명히 다르게 나타나는지를 검증하기 위해, 다음과 같은 일부 변이환경 목록을 만든후 2·2절에서 실험해 보도록 하겠다.

(5) 변이음의 음향 음성학적 검증자료

- ㄱ: 가사/나가/가락 ㄴ: 나가/하나/가난
- ㄷ: 다기/바다/씨앗 ㄹ: 라마/나라/개발
- ㅁ: 마사/가마/바람 ㅂ: 바다/사바/탄압
- ㅅ: 사비/가사/XX ㅇ: XX/상아/사랑
- ㅆ: 자기/가자/XX ㅅ: 차다/마차/XX
- ㅋ: 카드/모카/XX ㅌ: 타도/자타/XX
- ㅍ: 파도/타파/XX ㅎ: 하자/마하/XX
- ㆁ: 까다/까까/XX ㆁ: 따라/따따/XX
- ㆁ: 빠다/나빠/XX ㆁ: 싸리/비싸/XX
- ㆁ: 짜기/가짜/XX

위 목록은 국어의 모든 자음을 단어초, 모음간, 단어말의 환경에 위치시켜, 자음변이가 나타나는지를 보기 위한 것이다. 이중 XX로 표시된 낱은 국어의 음운제약상 해당 단어가 없는 경우이다.

마지막으로, 이 절에서 개발한 바와 같이 음소 및 변이음들은 다양하므로 특별한 기호들이 많이 필요하다. 따라서, 국제 음성학회에서는 특수문자를 사용하나, 특수문자는 자판에 없는 경우가 많아 번거로운 뿐 아니라 전산 처리가 어려우므로, 본 연구에서는 자판 상에 나타나는 문자 및 부호만으로 하는 한국어 음소 및 음성 표기 방법을 아래와 같은 원칙에 따라 작성하였다.

(6) 음소 및 음성 표기 원칙

- (가) 음소표기와 음성표기를 구별한다.
- (나) 음소의 표기는 1음소 1기호로 한다.
- (다) 음성의 표기는 1음성 2기호로 한다.
- (라) 음소/음성 등 음운의 표기는 컴퓨터 자판에 나와있는 문자/기호만으로 한다.

위의 원칙을 세운 이유를 순서대로 설명하자면 다음과 같다. 먼저, (6가)를 보자. 그간, 음소표기와 음성표기는 엄연히 다른데도 불구하고 음성인식/합성

에 있어서 음소의 개념이 음성과 구별되지 않아 표기의 혼란을 가져왔고, 이러한 표기의 혼란으로 인하여, 인식/합성에서 음운의 차원면에서의 구별이 되지 못했다. 이러한 차원의 구별은 인식/합성의 과정을 간결하게 정리해 준다. 음소표기는 /내에, 그리고 음성표기는 []내에 함으로서, 해당 표기가 음소적인 표기인지 음성적인 표기인지 구별되게 한다. 예: 바보 {papo} [pap⁺o]

(6 나)는 다음과 같은 이론적, 실용적 이유에서이다. 이론적 측면에서 볼 때, 지금까지 국어의 음운표기는 외국어 발음기호를 그대로 따름으로서 하나의 음소가 때로는 1기호로 때로는 2기호로 표기되어 우리말의 음소체계를 적절히 나타내지 못하고 있었다. 가령 β 은 /p/로, ϕ 은 /p^h/로 나타내는 것은 음성적인 표기로서는 좋으나 음소적으로는 기음성(aspiration)을 별도로 표시함으로서 마치 기음성이 영어에서처럼 우리말에서도 이차적 특성인 양 보이는 것은 옳지 않은 것이다. 이러한 것은 γ /ㅋ이나 ϵ /ㅌ의 경우에도 같다. 경음화의 경우에도 β , α , π 를 각각 /p', t', k'/식으로 /'/을 붙이는 것은 경음성이 마치 부차적인 특성인 것처럼 보여서 음소적 표기에는 적절치 못하다.

이러한 이유외에 컴퓨터를 위한 실용적인 부호로도 좋지 않다. 물론 위 원칙 (6라)에 따라 /^h/등 특수문자는 아래에 상술될 (컴퓨터 자판상의) 기호들로 바뀌게 되어 모든 기호가 1바이트를 차지할 터인데, 그렇게 되면, 1음소를 때로는 1기호로, 또 때로는 2기호로 표기하는 것은 컴퓨터가 인식의 단위를 때로는 하나의 기호로, 또 때로는 두 기호로 달리 해야하기 때문에 좋지 않다.(음성의 경우는 2기호로 하지만, 이것은 위 (6가)에서 말했듯이 음소와 음성이 구별되고, 음성의 경우에 동일이 되기 때문에 상관이 없다.)

이와 같은 이론적, 실용적 이유에서 우리의 가령 /p', t', k'/는 각각 /B, D, G/로, /p^h, t^h, k^h/는 각각 /P, T, K/로 하는 등, 1음소 1기호주의로 했다.

(6 다)의 이유는 다음과 같다. 음성의 경우는 종래에는 1음성이 1기호(예: [p]), 2기호(예: [p^h]) 또는 3기호(예: [p^{hw}]), 4기호(예: [p^{hw}])에 이르기까지 여러가지로 표기되어, 통일이 되어 있지 않았다. 이것은 음성학적으로는 그 음의 음성적 특성을 분석적으로 보여준다는 점에서 좋으나, 컴퓨터상의 처리에서 위 음소에서와 같은 종류의 분계가 생긴다. 모든 음성은 같은 수의 기호로 표기되어야 하는 것이다.

여기서는 음성은 2기호로 하되 그 구성은 1음성문자(letter) + 1부호(diacritic)로 한다. 예: p = (β의 비파변이음).

(6 라)에서 모든 음소/음성 표기를 컴퓨터 자판에 있는 문자/기호들로만 하는 이유는 이들만이 보편적으로 사용될 수 있으며, 이것이 가장 간단하고 편리하기 때문이다.

(6)의 원칙에 따른 국어 음소표기는 다음과 같다.

(7) 국어 음소 표기

(가) 자음

β p	ϰ t	ς c	γ k
βB	ϰD	ςJ	γG
ϰP	εT	ςC	γK
	ςs		ϰh
	ςS		
	εr		
ϰm	λn		οN

(나) 모음(장모음은 모음기호 뒤에 :를 붙여서 표시한다)

i	ɨU/wi	—I	ɳu
ɨe	ɳO/	ɳA	ɳo
ɨE		ɳa	

(다) 반모음 (아래 각 반모음의 음가는 아래 '(라) 이중모음' 참조)

y, w, W

(라) 이중모음

ɳ wi	ɳ we	ɳ wE	ɳ wa	ɳ wA
ɳ ye	ɳ ye	ɳ ya	ɳ yA	ɳ yo
ɳ yu	ɳ yu	ɳ yu	ɳ yu	ɳ yu
Wi(Ii)				

이에 따른 음성 표기는 앞서 (6)의 표기 원칙에 따라 2 기호(1문자 + 1부호)로 하되, 음소표기와 일관성이 유지되도록 만들어, 음소 및 음성표기 양쪽에 다 적용될 수 있게 하였다. 아래에서 각 부호를 재정의 한다.

(8) 국어 변이음 표기 부호

ˆ: 순음화, 예: p', t', k' (= p^w, t^w, k^w)

˘: 경구개화, 예: p', t', k' (= p^y, t^y, k^y)

:s', h', l', n' (=f, ç, λ, n)

:: 경구개 원순화, 예 :s;(= [ʰ])

_ : 연구개화, 예 :|_(= t)

! : 구개수음화, 예 :k!, G!, N!(=q, q', N)

+ : 유성화, 예 :p⁺, t⁺, k⁺(=b, d, g); h⁺(=h)

: 무성화, 예 :a#, e#, A#(=a, e, ə)

& : 마찰음화(및 유성화), 예 :p&, k&, c&(=β, γ, z)

= : 비파화, 예 :p=, t=, k=(=p, t, k)

'=' 부호는 유음변이를 나타내는 데도 쓰인다.

즉, r = [l]음을 나타낸다. [r]음은 물론 r로 나타낸다.

~ : 비음화, 예 :ã, ê, Ë(=ã, ê, ε)

:: 장음화, 예 :a:, e:, E:(=a:, e:, ε:)

@ : 활음화, 예 :b@(=w)

? : 경음화, 예 :p?, t?, k?(=p', t', k')

* : 기음화, 예 :p*, t*, k*(=p^h, t^h, k^h)

이상으로 국어 분절음의 음운론적 특성으로서 변이음 목록을 제시하였다. 다음 절에서는 여기 제시된 (5)의 자료에 근거하여 이중 일부 변이음이 음향음성학적으로 과연 분명히 다른 것인지를 검증하겠다.

2.2 분절음의 음성학적 특성

앞장 2.1절에서 살펴 본바, 국어 자음의 단어초, 모음간, 단어말과 같은 서로 다른 음운 환경에 올때는 평음의 유성화 현상, 음절말 비파음화 현상, /r/음소의 [r]과 [l] 교체 현상 등이 청각적으로 관별된다. 이와 같은 국어 음운론계의 오랜 주장이 과연 음향기계상의 수치로도 입증되는지를 앞서 (5)에 제시된 일부 변이 현상 검증자료를 사용하여 실험한 결과, 실제로 그 음가변이를 관찰할 수 있었다. 상세한 실험의 과정과 결과는 김종미(1994)에 보고하였으며, 아래 그 요지만 밝히기로 한다.

실험을 통해 발견한 바는, i) 장애음의 기음·마찰음 구간의 길이는 모음간보다 단어초가 길다는 것과, ii) 공명음의 길이는 단어초와 모음간보다 단어말이 길다는 것, 그리고 iii) /r/음소의 F₂와 F₃는 모음간이 낮고 단어말은 높다는 것이다.

이러한 음가변화는 음운론적인 견지에서 볼 때, i) 은 평음의 유성화 현상이 모음간의 기음 및 마찰음 구간의 축소로, ii) 음절말 비파음화 현상이 음절말 공명음의 장음화로, iii) /r/음소의 [r]과 [l]교체 현상이 formants 위치의 높낮이로 나타나는 것으로 해석된다.

이같은 음향 음성학적 데이터는 음성 인식/합성을 위하여 자음의 음운 환경별 표준값을 제시한다는 점에서 인식의 정확도를 높이고 자연성을 구현할 수 있다. 즉, 앞에 제시한 데이터를 화자의 음의 고저, 발화 속도, 소리의 크기 등에 맞춰 적용(Normalize)시키면 인식의 정확도와 합성의 자연성을 향상시킬 수 있을 것이다. 그러면, 다음절에서는 지금까지 다룬 본절적 특성과 상보적 관계에 있는 운율적 특성을 연구하기로 한다.

III. 운율적 특성

이 절에서는 음성인식과 합성의 자연성을 향상시키기 위한 노력의 일환으로 국어의 운율적 특성을 음운론 및 음성학적으로 밝히고자 한다. 이 중 i) 운율의 음운론적 특성으로서는, 국어 운율의 자질로서 악센트, 리듬, 억양, 휴지(Pause)의 기능을 설명하고, ii) 운율의 음성학적 특성으로서는, 악센트와 억양에 국한하여 국어운율의 표준 패턴을 실험을 통해 제시하고자 한다.

3.1 운율의 음운론적 특성

여기서는 국어의 운율형태를 결정하는 주요자질이 악센트, 리듬, 억양, 휴지임을 보이고, 각 자질이 발현되는 장단, 피치등의 음향적 단서들을 정리하여, 음성 인식상의 통사적, 의미적 정보를 부여하고, 음성 합성상의 자연성을 제공하고자 한다.

3.1.1 국어의 운율자질과 가능

각 언어는 그 언어 고유의 분절음 자질뿐 아니라 고유의 운율자질을 갖는다. 여기서는 국어 고유의 운율을 특징짓는 자질이 악센트, 리듬, 억양, 휴지임을 보이고자 한다.

이들간의 상관관계는 다음과 같다. 악센트는 낱말 내의 상대적인 흔들림을 말하고, 리듬은 낱말이 함하여 문장을 이룰 때, 그 문장내에서 일정한 운율형태를 반복하는 것을 가리키는데, 국어의 리듬은 일반적으로 무법적인 어절을 단위로 형성되는 경향이 있다. 억양은 연속 음성중 각 문장 전체의 피치곡선을 일컫는데, 국어의 경우는 대체로 문장끝의 억양이 문장 전체의 문법적, 의미적 정보를 나타낸다. 그런데, 문장 내부 소단위의 문법적, 의미적 정보는 휴지의 위치에 따라 영향을 받는다. 그러면, 아래 이들 내 운율

자질을 순서대로 기술하고자 한다.

가. 악센트

국어의 악센트에 관하여는 i) 강약 악센트설(이승녕 1960), ii) 고저 악센트설(정인섭 1965), iii) 복합 악센트설(이현복 1973)의 대표적인 세 입장이 있다. 이 중 i) 강약 악센트설이란 국어도 영어의 강세처럼 의미 변별의 기능을 하는 강약이 있다는 것이고, ii) 고저 악센트설이란 음의 고저와 장단이 운율자질이 된다는 것이며, iii) 복합 악센트설이란, 국어의 운율자질은 장단, 고저 및 강약 등의 복합적 요인으로 결정된다는 것이다. 본고에서는 이 중, iii) 복합 악센트설을 따르되, 특히 국어 악센트의 변별적 기능과 음운론적 기능을 논하고자 한다.

먼저 국어 악센트의 의미 변별의 기능을 살펴보기로 한다. 국어 악센트중 의미 변별의 기능을 수행하는 성분은 i) 장단, ii) 고저, iii) 강약이다. 이 중, 이 세 가지가 합한 형태의 악센트를 '돋들림'이라 정의하고, 국어의 '돋들림'이 일부 화자에게 의미적 변별 기능을 함을 다음과 같이 예시할 수 있다.(여기서 고저와 강약으로 돋들려지는 음절은 밑줄로, 장단으로 돋들려지는 음절은 장음표시인 콜론(:)으로 표시하였다. 여기에서는 장단으로만 변별적이 되는 서울말의 예들과 장단뿐 아니라 고저도 중요한 변별력을 지니는 경상도 방언의 예들이 함께 제시되었다.)

(9) 낱말 악센트의 의미 변별 기능

눈(eye) - 눈 : (snow)
 발(foot) - 발 : (bamboo blind)
 밤(night) - 밤 : (chestnut)
 굴(oyster) - 굴 : (cave)
 돌(stone) - 돌 : (one-year birthday)
 해(cough) - 해(sun) - 해 : (damage)
 옷(lacquer) - 옷(clothes)
 가래(shovel) - 가래(sputum)
 고름(breast tie) - 고름(pus)
 굽다(bend) - 굽 : 다(bake)
 묻다(bury) - 묻 : 다(ask)
 말(horse) - 말(unit) - 말 : (speech)
 상(table) - 상 : (prize)
 배(pear) - 배(abdomen) - 배 : (double)
 병(bottle) - 병 : (disease)
 피(skin) - 피(blood)

걸음(stride) - 거름(manure)

어름(ice) - 어름(consoling)

걸다(tuck) - 걸 : 다(walk)

위 예들은 국어 단어의 의미가 돋들림, 곧, 고저, 강약이나, 장단에 의해 구별되는 것들이다. 따라서 국어의 악센트는 의미 변별의 기능이 있다 하겠다.

이번에는 낱말 악센트의 음운론적 기능을 살펴본다. 낱말 악센트의 음운론적 기능은 한 음운 단위당 한군데의 돋들림을 표시하는 것이다. 여기서 음운 단어나 함은 휴지로 분화되지 않는 소리의 연속체를 말하는데, 소리의 단위라는 점에서 의미 단위인 문법적 단어와 구분된다. 예컨대, 국어의 "학교에서도"라는 어절은, 하나의 음운단어인 것이다.

음운단어는 악센트 변동규칙의 적용단위가 되는데, 그 한 예로서 경상방언의 대표적인 악센트 변동 현상을 아래와 같이 제시한다.

(10) 악센트 변동 현상

/말(horse) + 똥(dung)/ → 말똥

/잡(catch) + 는(활용어미)/ → 잡는

/잡(catch) + 히(피동어미) + 다(서술어미)/ → 잡히다

/콩 + 뉘/ → 콩뉘아

이 현상은 두개의 악센트가 한 음운단어 내에 인접해 있을때, 가장 돋들리는 부분을 하나로만 표시하려는 범 언어적 현상의 일환이다.

이상 국어 낱말 악센트의 변별적 기능과 음운론적 기능을 개괄하였다. 다음은 이들 낱말 악센트가 전체 문장에서 나타날 때 이들간의 간격을 설정해 주는 리듬에 관하여 논하겠다.

나. 리듬

리듬이란 일반적으로 일정한 운율 형태가 비슷한 시간 간격을 두고 반복되는 현상을 일컫는다. 국어 연속 음성에서는 앞뒤 낱말들 사이에 피치의 높낮이가 두드러지게 변화하는 주기가 있고, 이를 단위로 반복적인 리듬이 생긴다. 이때의 피치는 음운론적으로는 고저로 인한 상대적인 돋들림이므로[+prominence]로 표시하기로 한다. 여기서, 리듬이 반복되는 단위는 리듬구라 하는데, 각 리듬구는 머리어(head)를 포함하여 직접구성성분을 이루는 음운 단어들의 연결체로서 그 경계에는 약간의 휴지가 있다. 다만, 화자

를 결정하는데 중요한 역할을 할 것이다. 아래에 지금까지 다룬 운율자질의 음향적 단서(acoustic cues)를 정리한다. 단, 아래에 보이는 단서들은 운율 자질의 유형이 전형적으로 나타난 단순한 예문들을 대상으로 한 것이므로, 실제로 음성 인식 및 합성에 활용할 때는 화자의 의도, 초절, 화자의 감정 등의 언어 수행적 요소들을 고려한 적절한 조절이 필요할 것이다.

(13) 운율자질의 음향적 단서

운율자질의 역할	단서
1. 낱말의 악센트 패턴	장단 및 높이
2. 리듬구의 첫 요소	[+prominence]
3. 리듬구와 억양구의 끝	휴지(pause), 구말장음화 및 높이상승
4. 반화구 중 평서문의 끝	억양의 하강(falling intonation)
5. (가부) 의문반화구의 끝	억양의 상승(rising intonation)
6. (연계, 어디서 등의) 의문반화구의 끝	억양의 하강(falling intonation)
7. (알고물론) 의문반화구의 끝	억양의 하강(falling intonation)
8. 청자 반응 평서반화구의 끝	평탄 억양(level intonation)
9. 단어의 중요도	중요한 단어에 [+prominence] 부여

위와 같은 운율적 음운정보들은 형태소 정보만으로는 부족한 통사적, 의미적 정보까지 수용해 주므로 이들을 이용하면 음운론적 파싱(parsing)은 매우 용이해질 것이다.

여기에서는 음성인식 및 합성에 도움이 될 한국어의 음운적 특성으로서 한국어의 악센트와 억양 등의 운율자질들을 집중 논의하였다. 요약하면, 표준 국어의 낱말 악센트의 성분은 장단, 고저, 강약인데, 이들은 의미변별적, 음운론적 기능을 갖는다. 낱말은 연속음성에서 리듬구별로 모여며, 각 리듬구는 한글대의 핵을 갖는다. 각 리듬구는 악센트 변동 규칙 및 단모음화 등의 운율조절 규칙의 적용단위가 된다. 리듬구가 모여 문장이 되었을 때, 문장전체의 통사적 의미적 정보는 억양이 결정하며, 억양은 음성학적으로는 피치로 나타난다. 그리고, 휴지의 위치는 음운규칙의 적용여부에 변수로 작용한다. 마지막으로 이상의 운율자질들을 바탕으로 실제의 음성인식에 직접적으로 활용될 자료로서 음향적 단서들이 제시되었다.

3.2 운율의 음성학적 특성

현재 음성인식 및 합성에서 분절음처리 기술은 어느 정도의 수준에 도달하고 있으나 운율처리는 음향학적 분석 자료의 부족으로 미흡한 상태다. 따라서 여기서는 한국어 운율자질 중 악센트와 억양을 분석하고, 한국어 음성합성에 운율의 음향 정보를 제공하

기로 한다.

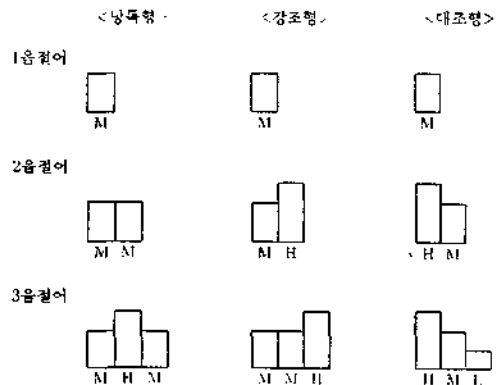
3.2.1 운율자질들의 음향성분 분석

가. 악센트

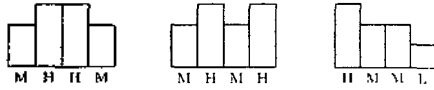
앞서 3.1절에서 밝힌대로 악센트의 음향성분을 고저, 강도, 지속시간으로 분류하여 측정하지만, 본 실험에서는 고저와 강도 측정에만 제한하였다. 실험날

말 종류는 1음절어에서부터 5음절어까지로 구분하여 각 음절별로 5개씩 선정하였으며 녹음에는 서울지역에서 태어나고 성장한 30대 전후의 남자화자 3명과 여자화자 3명이 참가하였다. 낱말 악센트의 성분은 발화형태에 따라 다르기 때문에 임의로 낭독형, 강조형, 대조형과 같이 세가지로 나누어 "이 낱말은 ___입니다."라고 문장틀에 넣어 발음하였다. 여섯명의 화자가 각 자료를 발화형태별로 세번씩 발음하고 녹음하였다. 고저는 고(H), 중(M), 저(L)와 같이 3단계로 나누어 상대적 높낮이를 도표로 그렸으며, 강도도 상대적으로 가장 강한 음절만을 확인하여 고저 부호에 진하게 표기하였다.

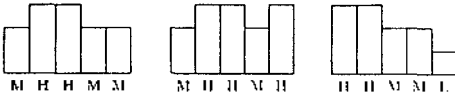
(14) 낱말단위 악센트의 표준 패턴



4음절어



5음절어(2음절어+3음절어)



5음절어(3음절어+2음절어)



위 (14)에 나타난바, 발화 형태에 따른 가장 두드러지는 특징은 첫음절의 강세와 높이이다. 즉, 낭독형은 중간높이(M)의 약한 음절로, 강조형은 중간높이의 강한 음절로, 대조형은 높고 강한 음절로 시작하는 것이다.

그리고, 강약과 고저에 따른 분포도는 다음과 같다. 강음절은 강조형과 대조형의 첫음절에 나타날 뿐, 나머지는 모두 약음절이다. 또한 고음절은 낭독형의 중간부분, 강조형의 끝부분, 대조형의 첫부분에 나타난다.

각 음절수에 따른 악센트 패턴을 상술하자면 다음과 같다.

1음절어는 고저성분이 세 가지 발화 형태 모두 중(M)이며, 강도는 강조형과 대조형에서 강하다. 즉 1음절어는 강조를 해도 고저는 변하지 않고 강약만 차이가 있다.

2음절어에서는 낭독형은 두 음절 다 중(M M)이며 강약은 같고, 강조형은 뒷음절이 높으나 앞음절이 강하며, 그리고 대조형에서는 앞 음절이 높으면서 강하다.

3음절어는 강조형에서 중간음절이 높고, 강조형에서는 마지막 음절이 높으나 첫 음절이 강하다. 대조형에서는 첫 음절이 높으면서 강하다.

4음절어에서 낭독형은 둘째와 셋째 음절이 높고, 강조형에서는 둘째와 마지막 음절이 높으나 첫째 음절이 강하다. 그리고 대조형에서는 첫째 음절이 높으면서 강하다.

5음절어는 대개 두 낱말이 합쳐진 복합어인데, 2음절어와 3음절어가 결합된 것과 3음절어와 2음절어가 결합된 것이 있다. 전자의 경우 낭독형에서 둘째와 셋째 음절이 높고, 강조형에서는 둘째, 셋째와 마지

만 음절이 높으나 첫째 음절이 강하다. 그리고 대조형에서는 첫째와 둘째 음절이 높은 동시에 첫째 음절이 강하다.

후자의 경우 낭독형에서 셋째, 넷째가 높고, 강조형에서 셋째와 마지막 음절이 높고 첫음이 강하다. 대조형에서는 전자와 마찬가지로 첫째와 둘째 음절이 높으며 역시 첫음절이 강하다.

이상으로 낱말 악센트의 표준 패턴을 음절별로 개괄하였다. 다음에는 국어 억양의 특징적인 패턴을 실험 음성학적으로 접근하기로 한다.

나. 억 양

일반적으로 억양을 연구할 때는 성문 아래 부분에서 공기의 압축 때문에 생성된다고 알려져 있는 기본주파수를 사용하며, Pierrehumbert(1980)도 기본주파수 곡선이 억양의 양적인 기술에 가장 적합한 것이라 주장하였다. Bolinger(1958)에 의하면 억양이란 문장 단위의 말에서, 고저가 움직이는 방향과 악센트 받는 음절 간의 상대적인 음높이와 같은 고저의 특징이라고 하였다. 그렇다면 한국어도 비록 낱말 단위에 악센트의 단서는 약하지만 구절 마지막에 고저음의 우세가 나타나므로 억양언어임이 분명하다. 그러면 국어의 억양을 구성하는 요인이 무엇인지 알아보기로 한다.

먼저 기본음조에 대해서 생각해 본다. 음조란 음이 올라가고 내려감에 따라 생기는 곡선의 일정한 패턴을 일컬으며 반드시 나름대로의 의미를 내포하여야 한다. 음조는 억양의 기본적인 요소이므로 여러 음조가 결합되어 전체적인 억양 패턴을 형성한다고 볼 수 있다. 같은 말이라도 의미에 따라 다양한 음조가 생성된다. 예를 들어 '네'라는 말은 음조곡선이 올라갔다 내려오면(↗↘) '긍정'을 나타내고, 높이 올라가면(↗) '놀람'이나 '의문'을, 급히 내려가면(↘) '확신'을, 수평을 유지하면(→) '내키지 않는 일의 수락'을 나타내며, 올라갔다 약간 내려와서 다시 올라가면(↗↘↗) '의구심'을 뜻한다. 이상과 같은 다섯가지 기본 음조는 스펙트로그램으로 확인한 것으로 질적인 음조의 유형이라 할 수 있다.

다음은 문미억양 패턴에 관해 기술하기로 한다. 아래 제시된 문미억양 패턴은 지금까지 억양에 관한 실험연구(Koo 1986; 구희산 1990)와 본 실험 결과(정국외 1994)를 종합하여 분석한 것이다. 실험에 사용된 대상방언은 서울말이었으며 참가하였던 12명의 피

실험자들은 30대 전후의 서울출신이었다. 사용된 문장은 평서문, 정보의문문, 가부의문문, 부가의문문, 감탄문, 명령문 등과 같이 다양한 억양패턴이 예상되는 문장 종류이었으며, 억양곡선을 분석한 후, 의미와 억양 형태가 뚜렷히 구분되는 다섯가지 내용 영역으로 나누어 아래와 같이 도표로 제시하였다.

(15) 문미억양의 표준 패턴

평 서 문	의 문 문	감 탄 문	제의, 명령문	의구심, 놀람
↑ ↓	↑ ↑	↓ ↓	↓ ↓	↑ ↓ ↑
↓	↓ ↑	↑	↓ ↑	↑ ↑
↑ ↓ ↓	↓ ↑ ↑	→ →	↑ ↓ ↓	↓ ↑ ↑

평서문의 문미 억양 형태는 “오름-내림조,” “내림조”, 그리고 “오르-낮내림조”이다. 의문문은 “높오름조”, “내리-오름조”, 그리고 “내리-높오름조”이다. 감탄문은 “낮내림조”, “오름조”, 그리고 “평탄조”이다. 제의 및 명령문은 “낮내림조”, “내리-오름조”, 그리고 “오르-낮내림조”이다. 그리고 의구심이나 놀람을 나타내는 문장은 “오르-내리-오름조”, “높오름조” 그리고 “내리-높오름조”이다.

3.2.2. 음성인식/합성과 운율정보

지금까지 악센트와 억양의 특성을 분석하였다. 이러한 분석자료는 음성인식과 합성에 직접 적용하기에 아직 미흡하다. 운율에 대한 음향특성 파라미터를 설정하기 위해서는 해당 자료를 정확한 수치로 측정하고 통계처리를 하여야 한다. 운율처리에 유용한 자료를 얻기 위해서 우선 선행되어야 할 것은 운율의 특성을 충분히 이해하고 타당한 분석 방법을 도입하는 일이다.

앞으로 운율 분석에서 해결하여야 할 사항들은 다음과 같다. 첫째는 음절 수에 따라 조정되는 현상과 발화속도에 따른 정확한 길이 조절 규칙 등을 찾는 일이다. 두번째로는 운율성분들간의 상관관계를 고려한 충분한 자료가 수집되어야 한다는 것이다. 세번째로는 억양곡선의 방향을 정하는 문제이다. 억양곡선의 형태는 개인에 따라 다양하게 나타나므로 억양 모델을 만드는 데 어려움이 있다. 더우기 발화 속도에 큰 영향을 받기 때문에 느린 속도, 보통 속도, 빠

른 속도 등으로 구분하여 각기 속도에 따른 억양모델을 설정하여야 한다. 이러한 자료를 적절하게 사용할 때 자연스런 연속 음성합성이 가능해진다. 마지막으로 억양구에 주어지는 휴지를 고려해야 한다는 점이다. 억양구는 통사구조와 의미구조 뿐만 아니라 화자의 호흡구조 즉, 호흡습관과도 밀접한 관련이 있어서

휴지와와의 관계 자료를 충분히 구하여야 한다. 휴지 길이도 문장의 위치에 따라 다른데, 구나 절 끝에서보다 문장 끝에서 더 길고, 또한 구보다 절 끝에서 더 길다. 그리고 구절악센트 뒤에서보다 보통 강조악센트 다음에서 더 길다. 이러한 요인도 화자의 호흡구조나 발화습관에 따라 다양해진다. 휴지 앞에 기본주파수가 많이 높아질수록 뒤따르는 휴지기간이 더 길어지는 현상이 있는데 이러한 것도 정확한 수치로 측정되어 통계 처리가 필요하다.

요약하면, 표준 한국어의 악센트는 고저, 강약 및 지속시간이 복합적으로 어우러진 형태이며, 음절별로 특징적인 악센트 패턴을 가지고 있다. 즉, i) 상대적으로 가장 강한 음절은 강조형과 대조형의 첫음절이고, ii) 상대적으로 가장 높은 음절은, 낭독형에서는 중간음절, 강조형에서는 끝음절, 대조형에서는 첫음절이다.

또한 표준 한국어의 억양 패턴은 억양구를 단위로 하여 음조 곡선으로 실현되며, 문장종류에 따른 특징적인 문미 억양이 있다. 즉, i) 평서문은 (오르)-(낮)-내림조이고 ii) 의문문은 (내리)-(높)-오름조이며, iii) 감탄문은 오르거나 내리거나 평탄하거나 하는 한 가지 방향만의 음조를 가지고 있고, iv) 제의, 명령문은 (오르)-(낮)-내리-(오름)조를, v) 의구심, 놀람은 (오르)-(내리)-(높)-오름조를 갖고 있다.

마지막으로 음성 합성과 인식에 궁극적으로 활용될 유용하고 타당성 있는 보다 정확한 자료를 얻기 위해서, 현재의 운율분석 연구에서 해결하여야 할 문

제점들을 제시하였다.

IV. 음성 인식/합성에의 적용

지금까지 제시한 국어의 분절적, 운율적 특성 연구가 음성 인식과 합성에 활용될 가능성은 다음과 같다.

4.1. 음성 인식에의 적용

첫째, 본 연구의 변이음 목록을 이용하여 입력 음성을 대응시키는 reference template을 만들 수 있다. 그리고 어떤 특정한 환경하에서 가능한 음소의 범위를 제한함으로써 탐색공간 및 시간을 단축시킬 수 있으며, 인식의 정확성 향상을 기할 수 있다. 또한 작성 완료된 자판에 있는 문자 및 부호만으로 하는 한국어 음소 및 변이음 표기 방법은 인식된 음소와 변이음을 일관성 있고 용이하게 표기할 수 있게 한다.

둘째, 단어내 위치에 따른 자음 변이의 값은 그 데이터 자체로 변이음의 파형상 특징을 제시하므로 변이음과 음소 인식의 정확도를 높여준다. 또한 해당 변이음의 특성이 단어초인지 모음간인지 단어말인지를 시사해 주므로, 인접음의 종류와 단어 경계에 대한 인식 정보가 된다.

세째, 운율 자질들의 인식 단서로 제시된 길이, 휴지(pause), 억양 정보는 평서문, 의문문, 강조 단어 등의 문법적, 의미적 단위를 인식하게 하는 지표가 된다.

네째, 표준 한국어의 악센트 패턴은 낭독, 강조, 대조등의 문맥 파악을 위한 지표가 되고, 표준 한국어의 문미 억양 패턴은 평서문, 의문문, 감탄문, 제의문, 놀람등의 문장종류를 파악하도록 도와 준다.

4.2. 음성 합성에의 적용

첫째, 본 연구의 변이음 목록을 이용하여 각 음운 환경에 해당하는 변이음을 합성함으로써 합성의 자연성을 높일 수 있다. 또한 본 연구에서 작성 제시한 자판에 있는 음소 및 변이음 표기 방법은 합성시 고려해야할 여러가지 변이음을 일관성있고 용이하게 표기할 수 있게 한다.

둘째, 본 연구의 단어내 위치에 따른 자음 변이의 값을 합성에 직접 적용하여 각 환경별로 길이, 진폭, 포먼트를 조정함으로써, 합성음의 자연성을 향상시킬 수 있다.

세째, 운율 자질과 음성 파형과의 관계에 대한 연

구는 i) 강조 정보의 모음은 길게 한다, ii) 억양구의 끝모음을 길게 한다, iii) 억양구 끝의 피치를 높인다, iv) 알고 묻는 의문문의 끝의 피치를 낮춘다는 등의 합성 규칙을 제시하여 주므로 합성의 자연성을 높일 수 있다.

네째, 표준 한국어의 악센트 패턴은 음절수에 따른 자연스러운 악센트의 합성을 도와주고, 표준 한국어의 문미 억양 패턴은 종결어미에 따른 문장 유형별로 억양을 자연스럽게 합성할 수 있는 패턴을 제공해 준다.

참 고 문 헌

- 고도홍 (1990). 음성합성시 Prosody의 처리 : Intonation을 중심으로. 음성처리 및 신호처리 Workshop (한국음향학회).
- 고도홍 (1991). 음성변환을 위한 언어적 처리에 관한 연구. 한림대학교 아시아문화연구소 (한국전자통신연구소).
- 구희산 (1989). 영어와 한국어 억양 대조분석. 영어교육 (한국영어교육학회) 제 38 호.
- 구희산 (1990). 표준 한국어 운율 특징에 관한 고찰. 응용 언어학 (한국응용언어학회) 제 3 호.
- 김기호 (1991). 영어자질이론의 발전과 음성인식과의 관계. 영어영문학 (한국영어영문학회), 37권.
- 김기호 (1993a). 한국어 연속 음성을 위한 음성인식의 기본 단위. HCI '93 학술대회 (한국정보과학회).
- 김기호 (1993b). 음성 인식에 있어서의 음운론의 역할을 재고함. 음운론 학회 10주년 기념 논문집.
- 김종미 (1990b). 언어학을 활용한 국어음성인식. 한국음향학회지, 제9권 5호, 14-19.
- 김종미 (1992a). 국어의 형태소 결합순서. 한국음향학회지, 제 11 권 5호, 26-33.
- 김종미 (1992b). AIP 연차별 연구계획. HCI'92 학술대회 (한국정보과학회), 83-88.
- 김종미 (1994). 자음의 단어내 음운환경별로 본 음가 변화. 한국음향학회지, 13권 5호.
- 이상억, 안상철 (1988). 음소와 변이음과 음절의 상호관계. 한국어 음성 인식시스템 개발 연구 (한국전기통신공사), 한국 과학기술원 통신 연구실, CRL-P-8801, 160-167.
- 김종미, 구자업, 장태엽, 윤원희, 이혁준 (1994). 국어 중복공명 자음의 길이. HCI '94 학술대회 (한국정보과학회) 11-18.
- 김한곤 (1968). 음합음성학적 방법에 의한 언어합성. 어학연구 4.
- 김한곤 (1980). 제주방언 모음체계의 음향분석. 연안현명고박사 회갑기념 논문.

16. 이상억, 안상철, 김종미 (1989). 국어의 음운 규칙. 한국어 음성 인식 시스템 개발연구(한국전기통신공사). 한국 과학 기술원 통신연구실, CRL-P-8901. 202-46.

17. 이승녕 (1960). 현대 서울말의 악센트 고찰. 국어학논고. 동양출판사. 179-227.

18. 이현복 (1973). 현대 한국어의 악센트. 서울대학교 문리대학보. 19권 합병호. 113-128.

19. 이호영 (1992). 한국어의 변이음 규칙과 변이음의 결정요인들. 말소리. 제 21-24호. 144-175.

20. 이호영, 지민제, 김영송 (1993). 동시조음에 의한 변이음들의 음향적 특성. 한글 220, 5-27.

21. 전길남 외 (1991). 한국어 특질 및 대화체 기계번역에 관한 연구(한국 전기 통신공사). 한국과학기술원.

22. 정국, 구희산, 이찬도, 김종미, 한선희 (1994). 음성 인식/합성을 위한 국어의 음성 음운론적 특성 연구. 교육부 1992년도 자유 공모 과제 최종 보고서.

23. 정인섭 (1965). 우리말 악센트는 고저 악센트다. 중앙대학교 논문집. 제10호. 중앙대학교. 9-50.

24. 지민제 외 (1990). 한국어 규칙 합성을 위한 음향 음성학적 연구: 한국어 리듬 패턴 실험적 분석. 통신 처리를 위한 음성 정보 변환기술 개발. 한국 전자통신 연구소.

25. Bolinger, D (1958). A theory of pitch accent in English. Word 14. 104-149.

26. Chung, Kook (1992). The phonology of speech recognition. Presented at SICOL '92.

27. Gasser, M. & Lee, C-D. (1990). Networks that learn about phonological feature persistence. Connection Science 2, 265-278.

28. Gasser, M. & Lee, C-D. (1991). A short-term memory architecture for the learning of morpho-phonemic rules. Advances in Neural Information Processing Systems 3, eds. by Lippman et. al. 605-611.

29. Kim, Jong-mi (1990a). Speech recognition in Korean. ICKL7: Papers from Seventh International Conference on Korean Linguistics, ed. by Eung-Jin Baek. International Circle of Korean Linguistics. 179-185.

30. Kim, Kee-Ho (1990). Revisiting distinctive feature approach in speech recognition. SICONLP '90. Research Institute, Seoul National University. 375-383.

31. Kim, Kee-Ho (1991). The role of phonology in speech understanding. Harvard WOKL, Vol.4. Harvard University.

32. Koo, Hee San (1986). An Experimental Acoustic Study of the Phonetics of Intonation in Standard

Korean. Diss. University of Texas at Austin. [Hanshin Publishing Co.]

33. Lee, Chan-Do (1992). Rationale for "Performance Phonology." Proceedings of International Conference on Spoken Language Processing. 1359-1362.

34. Lee, Chan-Do & Gasser, M (1992). Where do underlying representations come from?: A Connectionist approach to the acquisition of phonological rules. The Symbolic and Connectionist Paradigms: Closing the Gap, ed. by John Dinsmore. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. 179-208.

35. Pierrehumbert, J. (1980). The Phonology and Phonetics of English Intonation. Diss. MIT.

▲鄭 國 (Kook Chung) 1943년 1월 20일생
 1965년 2월 : 문학사, 경북대학교
 영어교육과
 1970년 2월 : 문학석사, 경북대학교
 교 영문과
 1980년 8월 : Ph. D., Dept. of
 Linguistics, Univ.
 of Texas at Austin
 1974년 5월 ~ 1981년 2월 : 전북대
 학교 영어교육과 조
 교수
 1981년 3월 ~ 1984년 2월 : 영남대학교 영어교육과 부
 교수
 1984년 3월 ~ 현재 : 한국 외국어대학교 영어과 교수



▲具 熙 山 (Hee San Koo) 1950년 1월 19일생
 1972년 2월 : 문학사, 중앙대학교
 영어교육과
 1983년 12월 : M. A., Dept. of
 Linguistics,
 Indiana Univ.
 1986년 12월 : Ph. D., Dept. of
 Linguistics, Univ.
 of Texas at Austin
 1981년 3월 ~ 1982년 9월 : 상지대학교 영어교육과 전
 임강사
 1987년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 영어교육부 부교수



▲李 燦 道(Chan-Do Lee) 1953년 3월 18일생



1975년 2월 : 문학사, 서울대학교 독어과

1984년 12월 : M. A., Dept. of Foreign Languages, Arizona State Univ.

1987년 12월 : M. S., Dept. of Computer Science, Indiana Univ.

1991년 10월 : Ph. D., Dept. of Computer Science, Indiana Univ.

1991년 9월 ~ 1992년 2월 : 한국과학기술원 인공지능연구센터 선임연구원

1992년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 정보공학과 조교수

▲韓 仙 姬(Sun-Hee Han) 1955년 11월 20일생



1978년 2월 : 문학사, 경북대학교 영어교육과

1980년 2월 : 문학석사, 경북대학교 영어교육과

1990년 2월 : 문학박사, 경희대학교 영어과

1990년 3월 ~ 현재 : 대림전문대 실무영어과 조교수

▲金 鍾 美(Jong-Mi Kim) 1959년 9월 14일생



1981년 2월 : 문학사, 전북대학교 영어교육과

1983년 12월 : M. A., Dept. of Linguistics, Univ. of So. California.

1986년 8월 : Ph. D., Dept. of Linguistics, Univ. of So. California.

1987년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 영문과 부교수