

# 한국어 음운 변동 처리 규칙의 설계 및 구현

이 계 영<sup>†</sup>

요 약

한국어는 음운 변동 현상이 매우 발달되어 있다는 특징을 갖고 있다. 따라서, 음성 인식율의 제고와 음성 합성음의 자연스러움을 향상시키기 위해서는 음운 변동 현상을 비롯한 한국어의 모든 특징에 대한 체계적인 연구가 있어야 한다. 본 논문은 한국어의 제 특징 중에서 음운 변동 현상을 효율적으로 처리할 수 있는 규칙을 설계하고 구현함으로써, 한국어 음성 인식과 합성에 효율적으로 이용될 수 있음을 보인다.

음운 변동 규칙의 설계를 위하여 사용된 규정은 한글 맞춤법 통일안의 표준 발음법(7장 30항)이며, 일차적으로 각 규정별로 설계된 규칙을 최종적으로 27개 그룹으로 정리된 중성별 규칙을 제시하였다. 본 연구에서 제안된 음운 변동 처리 시스템은 한번의 규칙 적용으로 음운 변동 현상이 신속히 처리되는 잇점이 있으며, 단어 및 용언의 어간에 접속되는 정보에 대한 처리 내용까지도 제안된 규칙내에 수용하였기 때문에 문장 단위의 음성 인식과 합성 시스템의 연구에 도움을 줄 수 있다.

## Design and Implementation of Vocal Sound Variation Rules for Korean Language

Gye-Young Lee<sup>†</sup>

ABSTRACT

Korean language is to be characterized by the rich vocal sound variation. In order to increase the probability of vocal sound recognition and to provide a natural vocal sound synthesis, a systematic and thorough research into the characteristics of Korean language including its vocal sound changing rules is required. This paper addresses an effective way of vocal sound recognition and synthesis by providing the design and implementation of the Korean vocal sound variation rule.

The regulation we followed for the design of the vocal sound variation rule is the Phonetic Standard(Section 30, Chapter 7) of the Korean Orthographic Standards. We have first factor out rules for each regulations, then grouped them into 27 groups for each final-consonant.

The Phonological Change Processing System suggested in the paper provides a fast processing ability for vocal sound variation by a single application of the rule. The contents of the process for information augmented to words or the stem of inflected words are included in the rules. We believe that the Phonological Change Processing System will facilitate the vocal sound recognition and synthesis by the sentence. Also, this system may be referred as an example for similar research areas.

<sup>†</sup> 정 회 원: 동국대학교 전산정보학부

논문접수: 1997년 7월 30일, 심사완료: 1998년 1월 12일

## 1. 서 론

인간이 사용하는 가장 보편적이고, 효율적인 의사 전달 방법은 인간의 말소리에 의해서 대표되는 음성 언어와 글에 의해서 대표되는 표기 언어이다. 이러한 인간의 의사 전달 언어를 컴퓨터에게 이해시키고자 하는 기술은 이상적인 맨-머신(man-machine) 인터페이스의 실현을 요구하고 있으며, 이를 위한 기술의 실현은 인간의 음성 언어나 표기 언어를 컴퓨터가 이해하여 인간이 사용하는 말이나 글로서 컴퓨터가 표현할 수 있다는 것을 의미한다.

말은 문자를 음성 언어화하는 기호 처리계이며, 글은 음성 언어를 표기 언어로 바꾸어 주는 인간에 의한 소프트웨어 시스템이기 때문에, 컴퓨터에 의한 음성 인식 기술을 통해 인식된 한국어 음가(음소, 음절, 단어 단위)를 그에 대응하는 표기 언어(한글)로 출력시켜 주거나, 입력된 한글 텍스트를 음성 정보로 변환시켜 음성 합성을 시도하는 경우에는 해결하여야 할 여러 가지 문제가 나타나게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 음성의 물리학적 특징 및 음운학과 언어학적 정보 사이의 관계를 규명하려는 연구[1~3]와 함께, 언어의 본질을 이해하려는 연구와 자연어 텍스트 처리 분야의 연구[4] 및 음성 처리 분야의 각종 연구[5~8] 등이 결합된 형태를 갖추어야 한다. 한글로 된 자연어 텍스트에 대한 형태소, 구문, 의미, 문맥 처리 등에 대해서는 각종 연구[9, 10]가 이루어지고 있고, 한국어 음성 처리의 경우에는 음성 부호화와 신호의 분석, 음성 인식과 합성에 대한 이론적, 실험적 연구[11~14]가 진행되고 있다.

그러나, 음성 인식에 대한 연구의 주 초점이 정확한 음가 정보의 추출에 맞추어져 있고, 음성 합성의 경우에도 단어나 어절 또는 문장 단위의 합성을 위주로 하고 있기 때문에 음성 인식 시스템에 의해 추출된 음가 정보를 정확한 단어 정보 및 의미 정보로 연결시켜 주거나, 음성 합성의 단위를 음절이나 음소 단위로 낮추어서 음성 처리의 효율을 높히는 데에는 한국어의 여러가지 특질로 인해 많은 어려움이 발생하게 된다.

한국어는 첨용과 활용이 자유롭기 때문에 어미의 활용이 심하다는 것과 불규칙 현상, 파생어 및 합성

어의 발생, 음운 변동 현상이 매우 발달되어 있다는 특징을 갖고 있다. 이러한 특징들 중에서 음소의 변이음을 발생시키는 음운 현상은 한 음절의 초성과 중성, 중성과 중성, 중성과 다음 음절의 초성이 닿았을 때에 음소 연결에 관한 제약성을 갖고 있으며, 음운(음소, 운소)이 있는 곳이면 어디서든(형태소의 안과 형태소의 경계 모두) 일어나게 된다. 그리고, 형태소의 음소가 놓이는 환경에 따라 다른 음소로 바뀌는 변동 현상의 경우는 형태소의 경계에서 발생한다[15, 16].

이와 같은 한국어의 '음운 변동 현상'은 변동 자체의 성질에 따라 귀착, 동화, 축약, 생략, 첨가, 이와 작용 등으로 나누고 있으며, 변동이 일어나는 원인으로서는 음소 결합의 제약성, 발음의 편의에 의한 자연성, 말의 청취 효과에 따른 명확성 등을 들고 있다. 따라서, 한국어를 위한 음성 인식을 제고와 음성 합성음의 자연스러움을 향상시키기 위해서는 음운 변동, 운율(액센트, 리듬, 휴지 패턴, 장단, 발성 속도 등), 동화 현상, 조음 결합, 음가 변화 등에 대한 한국어의 모든 특징과 구조에 대한 체계적인 연구가 있어야 하며, 특히 한국어의 음운 변동 현상에 대한 특징 규명은 한국어 음성 처리의 필수 요소라 할 수 있다.

본 논문에서는 한국어의 제 특징 중에서 음운 변동 현상을 효율적으로 처리할 수 있는 시스템을 설계 및 구현하게 되며, 이에 따라 음성 인식 시스템에 의해 추출된 한국어 음가를 한글 단어 정보로 변환시켜 주거나, 입력된 한글 단어나 문장을 한국어의 정확한 음가 정보로 변환시켜, 한국어 음성 인식과 합성 등에 이 시스템이 효율적으로 이용될 수 있음을 보인다. 한국어의 음운 변동 규칙의 설계는 한글 맞춤법 통일안[17, 18]의 표준 발음법(7장 30항)을 근거로 하였으며, 각 항별로 작성된 음운 변동 규칙은 한글의 27개 종성을 기준으로 하여, 최종적으로는 27개 그룹의 종성별 규칙으로 생성하게 된다.

이러한 방법은 한번의 규칙 적용으로 음운 변동 현상을 신속히 처리할 수 있는 잇점을 갖게 되며, 하나의 단어 단위 이외에 조사, 어미, 접미사 등이 접속되는 어절 단위의 처리가 가능토록 하기 위하여, 용언의 어간에 접속되는 정보들(조사, 의미, 접미사 등)에 대한 처리 내용을 음운 변동 규칙 내에 수용하여, 음운 변동 현상의 처리 속도를 높일 수 있도록 설계 및 구현한다.





3.1 중성별 음운 변동 규칙

제 2장에서 설계한 받침의 발음, 음의 동화 현상, 경음화 현상 및 음의 첨가 현상에 대한 표준 발음법의 각 규정에 대한 처리 규칙을 한글의 중성별로 설계한 27개 그룹의 음운 변동 규칙으로 생성한다. 예를 들어, 중성 ‘ㄱ’과 관련된 표준 발음 규정은 표준 발음법 12항의 불임1, 13항, 15항, 18항, 19항의 불임, 23항, 29항 동이며, 중성 ‘ㄴ’과 관련된 표준 발음 규정은 13항, 15항, 20항, 24항, 28항 등으로 각각의 중성이 모두 30항으로 구성된 표준 발음법의 어떤 항에 관련되어 발음이 변화되는지를 검색한다는 것은 매우 난해하며, 처리 시간이 매우 길어지는 단점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 한국어 음운 변동 현상을 적용하는 경우에 그 우선 순위에 관계없이 음운 변동의 결과가 정확하게 생성될 수 있도록 하기 위하여, 2장에서 설계한 각종 음운 변동 규칙을 27개 그룹의 중성별 음운 변동 규칙으로 일원화하였다. 이러한 방법은 각 음절의 중성을 중심으로 다음 음절의 초성 또는 중성/중성의 결합 형태에 따라서 처리가 행해지며, 규칙내에 들어 있는 조사, 어미, 접사, 실질 형태소, 한자어, 합성어 등의 참조 조건에 따라 각각의 해당 사전을 참조하게 된다.

그리고, 규칙 내에 예외 조건이 있는 경우에는 처리할 단어 또는 어절에 대한 음성 처리 지원 사전을 검색한 후에 예외 lag를 확인하고 예외 사전을 참조한다. 다음은 본 연구에서 설계된 중성에 의한 27개 그룹의 음운 변동 규칙중에서 중성 ‘ㄱ, ㅅ, ㅈ’에 대한 음운 변동 규칙을 보인 것이다.

RULE01은 한국어의 음운 변동 규칙중에서 중성 ‘ㄱ’에 관련된 표준 발음법의 모든 항(R121, R130, R150, R180, R191, R230)을 일원화한 것이며, RULE06은 중성 ‘ㅅ’과 관련된 모든 항(R120, R123, R125, R126, R151)을, RULE19는 중성 ‘ㅈ’과 관련된 모든 항(R090, R122, R130, R150, R180, R230, R290, R301, R302, R303)을 일원화한 것이다.

[RULE01] 중성 ‘ㄱ’의 음운 변동 규칙

- (1) JI(ㄱ) / CJ(ㄱ) : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㄱ)
- (2) JI(ㄱ) / CJ(ㄱ)<ATBL, BTBL, CTBL> : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㄱ)
- (3) JI(ㄱ) / CJ(ㄱ)/VJ( ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ )<OTBL> : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㄱ)
- (4) JI(ㄱ) / CJ(ㄴ, ㄷ) : JI() -> JI(ㅇ)
- (5) JI(ㄱ) / CJ(ㅁ) : JI() -> JI(ㅇ) : CJ() -> CJ(ㄴ)
- (6) JI(ㄱ) / CJ(ㄱ, ㄷ, ㅅ, ㅈ, ㅊ) : CJ() -> CJ(ㄱ, ㄷ, ㅅ, ㅈ, ㅊ)  
CJ() -> CJ(ㄱ, ㄷ, ㅅ, ㅈ, ㅊ)
- (7) FJn(ㄱ) / RCn(ㅇ)/RVn( ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ ) : FJn() -> FJn(ㅇ) : RCn() -> RCn(ㄴ)
- (8) 해당 없음 : 무 변환

[RULE06] 받침 ‘ㅅ’의 음운 변동 규칙

- (1) JI(ㅅ) / CJ(ㅅ, ㅈ, ㅊ) : JI() -> JI(ㄴ) : CJ() -> CJ(ㅅ, ㅈ, ㅊ)
- (2) JI(ㅅ) / CJ(ㅅ) : JI() -> JI(ㄴ) : CJ() -> CJ(ㅅ)
- (3) JI(ㅅ) / CJ(ㄴ) : JI() -> JI(ㄴ)
- (4) JI(ㅅ) / CJ(ㅇ)<OTBL, CTBL> : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㄴ)
- (5) JI(ㅅ) / CJ(ㅇ) / VJ( ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ )<OTBL> : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㄴ)
- (6) 해당 없음 : JI() -> JI(ㄴ) : RULE04

[RULE19] 중성 ‘ㅈ’의 음운 변동 규칙

- (1) Jn(ㅈ) : Jn() -> Jn(ㄷ)
- (2) JI(ㅈ) / CJ(ㅈ) : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㅈ)
- (3) JI(ㅈ) / CJ(ㅇ)<ATBL, BTBL, CTBL> : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㅅ)
- (4) JI(ㅈ) / CJ(ㅇ)/VJ( ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ )<OTBL> : JI() -> JI(): CJ() -> CJ(ㅅ)
- (5) JI(ㅈ) / CJ(ㄴ, ㄷ) : JI() -> JI(ㄴ)
- (6) JI(ㅈ) / CJ(ㄱ, ㄷ, ㅅ, ㅈ, ㅊ) : JI() -> JI(ㅈ) : CJ() -> CJ(ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅁ, ㅂ)
- (7) FJn(ㅈ) / RCn(ㅇ)/RVn( ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ ) : FJn() -> FJn(ㄴ) : RCn() -> RCn(ㄴ)
- (8) FJn(ㅈ) / RCn(ㄱ, ㄷ, ㅅ, ㅈ, ㅊ) : FJn() -> FJn(ㄴ) : FJn(ㅈ) :  
RCn() -> RCn(ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅁ, ㅂ)
- (9) FJn(ㅈ) / RCn(ㄴ, ㄷ) : FJn() -> FJn(ㄴ) : RCn() -> RCn(ㄴ, ㄷ)
- (10) FJn(ㅈ) / RCn(ㅇ) : FJn() -> FJn(ㄴ) : RCn() -> RCn(ㄴ)
- (11) 해당 없음 : JI() -> JI(ㄴ) : RULE07

3.2 음성 처리를 위한 지원 사전

본 연구에서 설계한 음성 처리 지원 사전은 크게 단어 사전과 음가 사전으로 구성되며, 음운 변동 조건을 정확하게 검사하기 위하여 조사, 어미, 접미사, 한자어, 예외 사전을 별도로 구성하였다. 단어 및 음가 사전은 각각 실질 형태소와 음가 정보가 검색의 대상이 되며, 검색 효율을 높이기 위하여 첫음절의 초성별로 데이터 블록을 구성하여 검색의 1차적 분별력을 갖게 한 후, 단어의 첫음절을 대상으로 한 색인 화일과 초성과 중/중성의 정보를 갖는 2단계 색인을 두었다.

(1) 단어 사전

본 연구에서의 단어 사전은 음운 변동 처리에 필요한 항목만을 우선적으로 다루게 되며, 일정한 음성에 일정한 뜻이 결합된 최소의 유의적 단위인 실질 형태소의 적재를 원칙으로 한다. 그러나, 본 논문에서는 음가 사전을 생성하기 위하여 어절 단위로 사전을 구성하였으며, 음가 정보가 생성된 후에는 실질 형태소 단위로 단어 사전을 재구성할 수 있도록 하였다. 내부적인 표현은 KSC 5601-1982[20]에 규정된 조합형 한글 코드를 사용하며, 사전의 데이터부는 단어 적재 후에 초성별로 구분하여 초성별 사전을 구성하고, 사전 내에서는 한글 자모순으로 정렬되게 하였다. (그림 1)은 받침의 발음, 음의 동화, 경음화 현상 및 음의 첨가 현상 등을 처리할 수 있는 단어 사전의 레코드의 형식을 보인 것이다.

HL은 10음절까지의 단어 및 어절의 적재가 가능하

HL 20	SL 20	EL 2	2				PL 4	NL 4	FL 4	RL 4	CL 4	
단 어	어 간	음 절 수	변동 정보tag				공 백	음 가 포 인 터	기타 항목			
			어 간	한 자 어	합 성 어	음 운 변 동 규 칙			음 가 예 외	단 어 번 호	형 태 소 코 드	접 속 코 드

(그림 1) 단어 사전의 레코드 형식  
(Fig. 1) Record format of word dictionary

며, SL은 용언의 어간(stem)을 적재시키기 위한 길이 표시로서, 변동 정보의 어간 tag가 '1'로 되어 있을 때, 해당 단어의 어간이 적재된다. 활용을 위한 정보는 음성 처리시, 음운 변동 조건으로 많이 사용되기 때문에 용언인 단어에 대해서는 어간 tag를 붙여주며, 어간 유무를 레코드 항목으로 지정하였다. EL은 사전 검색시, 분별력을 부여하여 처리 시간을 단축시켜 주기 위한 음절수 정보이며, PL은 해당 단어의 음운 변동 처리 결과로 생성된 음가 정보에 대한 포인터의 길이이다. 그리고, NL은 해당 단어의 고유 번호이다.

FL은 어절내의 형태소 해석에 사용되는 형태소 정보 코드의 길이로서, 형태소 코드에는 단어의 품사 코드만을 적재시켰다. RL은 해당 단어가 용언일 때, 이와 접속할 수 있는 정보가 기록되며, CL은 해당 단어에 대한 개념 코드이다. 어간 tag는 음운 변동 처리시 자주 참조되는 정보로서 어간의 유무 조건을 판단하는데 사용된다. 변동 정보 중에서 어간 tag는 표준 발음법 제12항, 13항, 14항, 17항, 18항, 22항, 24항, 25항 등에서 사용되며, 한자어 tag(20항, 26항에서 적용)는 '10'으로 되어 있을 때, 한자어 사전을 참조한다.

표준 발음법 7장의 음의 첨가 현상을 해결하기 위하여, 합성어 tag를 사용한다. 즉, 합성어 tag가 '10'일 때에는 표준 발음법 29항에 규정된 'ㄹ'첨가 현상의 처리를 하여 주며, '11'일 때에는 사이시옷이 붙은 합성어의 음운 변동을 위한 30항의 규정을 처리한다.

음운 변동 tag는 음운 변동 처리 규칙을 적용하기 전에 확인하는 정보로서, 변동 tag가 '1'일 경우에만 변동 처리 작업을 실시한다. tag 정보가 '0'일 때에는 음운 변동이 없는 단어이므로, 음가 코드는 해당 단어와 동일하게 생성된다. 음운 변동 규칙의 예외 정보를 갖는 음가 예외 tag는 '1'일 때 음가 예외 사전을 직접 검색하여 음가 정보를 생성하며, 음가 예외 사

전은 별도의 사전으로 구성된다.

(2) 음가 사전

음가(vocal value) 사전은 앞서 제시한 중성에 의한 음운 변동 규칙에 의해서 생성된다. 어떤 단어나 어절에 대한 음가 정보는 단어 사전내의 한개 항목으로 구성할 수도 있으나, 본 연구에서는 음성 인식시의 1차 검색 대상으로 사용하거나, 음성 합성시 단어 사전을 검색한 후의 2차 검색 대상으로 사용하기 위해서 별도의 음가 사전을 구축한다. 본 연구에서 설계한 음가 사전은 단어 사전에 완전히 대응되는 음가 정보를 갖게 되며, 음성 인식시에 직접 음가 사전 검색기를 통하여 검색할 수 있도록 사전의 내용은 한글 자모 순으로 적재한다.

한국어 음가 입력(음성 인식에 의해 추출된 음가 정보)에 의하여 단어 정보를 찾아낼 때에는 음가 사전 검색기를 이용한 후, 포인터를 이용하여 단어 사전의 내용을 직접 출력하며, 한글 단어 및 어절 입력(음성 합성을 위한 입력 정보)에 의한 음가 정보 출력시에는, 단어 사전과 직접 연결된 포인터를 이용하여 해당 음가 정보를 추출한다. (그림 2)는 음가 사전을 구성하는 레코드의 형식을 보인 것이다.

VL 20	EL 2	UL 18	DL 4	RL 20			
음 가 코 드	음 절 수	음 운 변 동 규 칙 코 드	단 어 사 전 포 인 터	음성 DB 포인터			
				P1	P2	...	P10

(그림 2) 음가 사전의 레코드 형식  
(Fig. 2) Record format of phonetic value dictionary

첫번째 항목의 음가 코드는 음운 변동 규칙의 처리 결과인 음가 정보가 등록되며, 10음절의 길이를 갖는다. 세번째 항목은 하나의 단어나 어절 내에서 여러개의 음운 변동 현상이 적용될 수 있으므로, 본 연구에서 설계한 중성에 의한 음운 변동 규칙 코드를 최대 6개까지 가질 수 있게 한 부가적인 정보 항목이다. 다음의 단어 사전 포인터는 해당 음가 정보에 대응하는, 단어 사전 내의 대응된 단어 위치 정보를 갖는다.

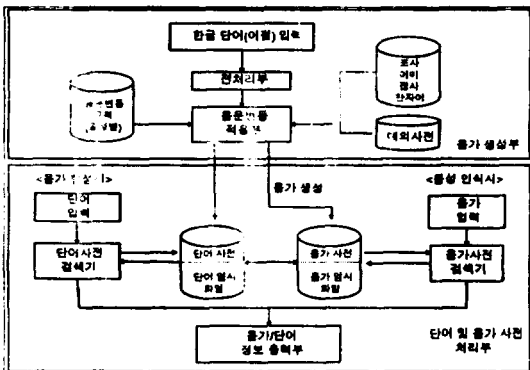
음성 DB 포인터 항목은 음가 코드에 적재된 각 음절별 음가 정보에 대한 음성 파일을 가리키며, 음성

화일의 적재 방식은 본 연구에서 논의로 하였다. 즉, 본 연구의 음가 사전은 한국어 음운 변동 현상만을 처리하기 위하여 설계되었기 때문에, 완전한 음성 합성을 위해서는 음절 연결 규칙과 음를 정보를 처리하는 과정이 고려되어야 한다. 또한, 음성 화일에 적재된 음성에 필요한 각종 제어 파라메타를 생성하는 과정도 필요하다.

**4. 한국어 음운 변동 처리 시스템의 구현 및 검토**

본 연구에서 제안된 한국어 음운 변동의 처리 규칙과 음성 처리를 지원할 수 있는 단어 및 음가 사전의 타당성을 검증하기 위하여, 한국어 음운 변동 처리 시스템을 구성하였다. 이 시스템은 크게 2부분으로 나뉘어지며, 그 구성의 개요는 (그림 3)과 같다. 음가 생성부는 단어 또는 어절 단위의 한글 텍스트 정보를 음가 정보로 변환시켜 주는 부분으로, 본 연구에서 제안한 중성별 음운 변동 규칙과 조사, 어미, 접사, 한자어, 예외 사전 등을 참조한다.

단어 및 음가 사전 처리부는 음성처리를 위한 단어와 음가 간의 문제를 해결해 주는 시스템으로서, 음성 인식에 활용될 때에는 음성 인식 시스템에 의해 추출된 음가 정보(음소, 음절, 단어 단위)를 입력하여 그에 대응하는 정확한 단어 정보로 출력하게 되며, 음성 합성을 위하여 입력한 단어 정보에 대해서는 그에 상응한 음가 정보를 생성시켜 주게 된다.



(그림 3) 음성 처리 지원 시스템

(Fig. 3) The system structure for the vocal sound processing.

**4.1 음가 생성부의 구현**

3장에서 제시한 중성별 음운 변동 규칙의 타당성을 검증하기 위하여 음가 생성부를 구현하였으며, 음운 변동 처리가 끝난 결과는 별도의 음가 사전으로 구성되게 하였다. 음성 처리의 경우, 휴지 또는 띄어쓰기의 유무는 대단히 중요한 요인이기 때문에 본 연구에서는 실질 형태소와 형식 형태소가 결합된 어절을 입력 단위로 하였다. 즉, 어절은 음성 인식시에는 반드시 휴지가 발생하며, 음성 합성시에는 띄어쓰기가 이루어지기 때문에, 음가 생성을 위하여 입력하는 자료의 단위로 어절을 사용한다.

전처리부에서는 입력된 자료를 2 바이트 조합형 코드로 변환하고, 음운 변동 규칙에 적용하기 위하여, 각 음절을 초성, 중성, 종성 단위로 분리하게 되며, 음절의 길이 만큼 음운 변동 처리부를 계속 수행한다. 음운 변동 규칙의 조건을 처리하기 위해서 조사·어미·접미사 사전 및 예외 적용 사전이 별도로 구성되었으며, 어간의 경우는 단어 사전의 항목으로 포함시켜 처리하였다.

단어 사전은 입력된 단어 또는 어절의 음운 변동 처리시에 필요한 각종 정보를 포함한다. 즉, 음운 변동 규칙에 나타나는 앞 음절(J; 포함)이 해당 규칙의 조건에 맞는가를 확인해 주며, 뒤음절(C; 포함)이 실질 형태소인가를 확인해 준다. 그리고, 한자어에 대한 유무와 음운 변동의 예외 유무에 대한 정보를 가지며, 음운 변동 규칙에서 수시로 참고되는 ATBL, BTBL, CTBL은 조사, 어미, 접미사 사전을 이용한다. 예외 사전은 단어 사전의 검색시, 예외 tag가 있을 때 등록된 음가 정보를 추출하는데 사용된다.

음운 변동 적용부는 전처리 과정에서 분리된 C, V, J 형태로 된 코드열을 중성별 음운 변동 규칙에 적용시켜, 음가 코드를 생성하는 작업이 행해진다. 규칙의 적용은 인접한 두개의 음절씩 차례로 실시하며, 규칙 처리시 조사, 어미, 접미사 조건이 발생할 때에는 C<sub>i</sub> 이후의 음절에 대해서 해당 사전을 참조한다. 실질 형태소 조건과 한자어 조건인 경우에는 단어 사전과 한자어 사전을 참조한다.

그리고, 예외 처리(표준 발음법의 '다만', '특별히'와 같은 규정)는 단어 사전의 음가 예외 tag로 확인하여, 음운 변동 규칙의 적용없이 예외 사전을 검색하여 음가를 생성해 내며, 마지막 음절(C<sub>n</sub>V<sub>n</sub>J<sub>n</sub>)의 경우

에는 대표 음가 처리를 행한다. 이러한 과정을 통하여 생성된 음가열은 단어 사전과 연결되어 있는 음가 사전에 등록된다.

#### 4.2 단어 및 음가 사전 처리부의 구현

단어 및 음가 사전 처리부는 단어 및 음가 사전과 각각의 관리부, 단어 및 음가 사전 검색부로 구현하였다. 단어 사전과 음가 사전은 한글 초성순으로 구성되며, 이 초성별 화일은 자모순으로 정렬된다. 단어 사전은 변경이 가능하며, 단어 사전에 대한 수정 작업과 삭제 작업이 행해질 때에는 포인터에 의해 연결된 음가 사전도 동시에 변경이 되도록 처리하였다.

등록된 사전의 내용을 삭제할 때에는 삭제된 레코드 개수를 '사전상태 정보 화일'에 별도로 기록하며, 추가시에는 단어 임시 화일과 음가 임시 화일에 저장되게 하였다. 그리고, 일정 개수의 단어 정보가 임시 화일에 추가되거나 삭제되면 사전을 재구성하여 화일의 검색 및 저장 효율을 높힐 수 있도록 하였다. 임시 화일도 수정 및 삭제 처리가 가능하며, 단어 및 음가 임시 화일 역시 서로 연결되어 있기 때문에 동시에 관리된다.

음성 합성 처리를 위해서, 단어 및 어절 레벨의 한글 텍스트 정보가 입력될 때에는, 단어 사전에 의해서 생성시킨 단어 사전 검색기를 통하여 단어 사전을 검색한 후, 그에 상응하는 음가 정보를 추출해 내게 된다. 음가 사전 검색기의 생성은 단어 사전 검색기의 생성 과정과 동일하며, 음성 인식을 통하여 추출된 음가를 입력할 때에는 음가 사전 검색기를 통하여 음가 사전을 검색하여 이와 연결된 단어 정보를 추출한다.

#### 4.3 검 토

본 연구에서는 음성 인식 시스템에 의해 인식된 한국어 음가를 완성된 한글 단어로 표기하여 주고, 입력된 한글 단어를 음가 정보로 변환시켜 음성 합성의 자료로 생성하기 위하여, 한국어 음운 변동 현상을 '중성별 음운 변동 규칙'으로 설계하였다. 그리고, 이러한 변동 규칙을 지원하기 위하여 각종 사전을 설계하고, 음성 처리를 지원하는 시스템을 구현하였다.

설계 및 구현된 사전은 단어 정보를 저장한 단어 사전과 음가 정보를 적재한 음가 사전으로 나누어 구

성하였으며, 사전 내의 항목으로는 음성 언어와 표기 언어간에 발생하는 제 문제를 지원해 주는 요소를 포함시켰다. 이상의 문제 해결을 위한 실험 내용은 2부분으로 나누어 검토한 후, 중성별 음운 변동 규칙의 적용 예를 보이기로 한다.

##### (1) 음가 생성부

첨용과 활용이 자유롭고, 불규칙 현상, 파생어 및 합성어의 발생 등, 음운 현상이 매우 발달된 특징을 갖고 있는 한국어를 기계에 의하여 인식할 때에는 음가 정보만 추출되기 때문에 문자 정보인 한글로의 표기에 많은 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제의 해결은 음가 정보를 한글 단어 정보로 직접 변환시켜주는 중의성(ambiguity) 문제의 해결을 하면 되지만, 이보다 선행되어야 할 과정은 문자 정보(한글)를 음가 정보(한국어)로 만들어 주는 규칙의 제정이다.

즉, 한국어는 음절 사이의 음운 변동 현상이 여러번 적용되는 특징을 갖고 있고, 따라서 음운 변동 처리가 변동 규칙별로 여러회 처리되어야 하므로, 어떠한 단어에 어떤 변동 규칙을 적용할 것인지, 어떠한 우선 순위를 적용할 것인지를 결정하는데 많은 어려움이 발생하게 된다. 그리고, 음운 변동 현상을 처리하는데 필요한 제한 조건인 조사, 어미, 접미사, 실질 형태소 유무의 조건에 대한 검사의 불명확, 겹받침에 대한 대표 음가 처리에 혼동 문제, 음운 변동 현상의 적용 회수가 확정되지 않는다는 등의 문제점이 있다.

본 연구에서 제시한 음운 변동 규칙은 음절의 중성 낱자를 기준으로 하여, 앞음절의 중성과 다음 음절의 초성간의 변동 현상을 27개 그룹의 중성별 규칙으로 설계하였기 때문에, 음절 사이의 음운 변동 현상은 1회의 규칙 적용으로 해당되는 음운 변동을 처리하는 잇점을 갖게 된다.

음운 변동 현상을 정확히 해결하기 위한 조사, 어미, 접미사, 실질 형태소 유무의 조건에 대한 검사의 불명확성 문제는 용언의 어간에 접속될 수 있는 각각의 정보들을 해당 사전(조사, 어미, 접미사 사전 등)에 등록하였으며, 이들 사전은 중성별 규칙의 참조 조건에 따라 대응하게 된다. 또한, 제시된 규칙의 적용시, 어간에 대한 조건 참조가 많이 일어나기 때문에 용언인 단어에 대해서는 어간 코드를 단어 사전 내에 생성해 놓는 것이 처리 속도를 높이는데 효율적임을 실



험을 통하여 확인하였다.

음의 추가를 위한 합성어 및 실질 형태소 조건은 뒷단어 이후에 대한 조건이므로, 합성어의 경우에는 의미가 있는 합성 가능 단어를 단어 사전에 등록하고 합성어 tag를 단어 사전 내에 등록할 필요가 있음을 확인하였으며, 그 타당성도 역시 실험을 통하여 확인(R290, R291, R301, R302, R303)하였다.

한자어 조건 역시 변동 규칙에 나타나므로, 순수 우리말과 한자어를 구분하여 단어를 등록할 필요성이 있었으며, 단어 사전내의 한자어 tag와 한자어 사전이 이 조건의 확인에 사용되게 된다. 실험 과정을 통해서 RULE05(ㄴ), 13(ㄹ), 20(ㄷ) 등에서 사용된 규칙 R100(어말음), RULE05의 규칙 R140과 RULE05, RULE06 등의 규칙 R151, RULE24의 규정 R180에서의 뒤음절 초성이 'ㄴ'인 조건 등은 그 예를 찾기 어렵기 때문에 생략이 가능하여 규칙을 더욱 간략화할 수 있음을 확인하였다.

(2) 단어 및 음가 사전 처리부

음운 변동 처리를 지원하기 위한 사전 구성과 사전의 사용을 위하여 단어 및 음가 사전 처리부가 구현되었다. 단어 사전은 한글 단어와 음가 정보 사이의 음운 변동 현상을 지원할 수 있는 항목을 포함시켜, 본 논문에서 제시한 '중성별 음운변동 규칙'의 정확한 적용 여부는 물론, 처리 시간을 단축시킬 수 있는 효과가 있음을 보였다.

즉, 어간/한자어/합성어/음운변동/예의 유무에 관한 정보 tag는 음운 변동 규칙의 처리에 있어서 전반적인 처리 시간을 단축시킬 수 있는 필수 항목이며, 입력되는 단어의 음절수 정보 역시 사전 검색기를 통해 초성별 단어 사전의 해당 레코드를 검색할 때, 같은 길이의 레코드만을 처리한다는 고분별력 개념의 효과를 가질 수 있음을 확인하였다.

단어 추가시에는 이미 생성된 단어 사전과 단어 사전 검색기를 파괴하지 않도록 임시 단어 사전에 추가토록 하고, 레코드의 삭제시에는 삭제되는 레코드에 삭제 표시만 한 후, 임시 사전이 넘치거나 삭제된 레코드가 일정 개수가 될 때, 검색 속도의 증가와 화일 공간의 효율을 위하여 재구성되게 처리하였다. 그리고, 단어 및 음가 사전은 서로 관련 있는 레코드를 포인터로 연결시켜 놓았기 때문에, 단어 입력에 대한 음가 정보와 음가 입력에 의한 단어 정보를 쉽게 찾아낼 수 있음을 확인하였다.

(3) 중성별 음운 변동 규칙의 적용

본 논문에서 제시한 중성별 음운 변동 규칙의 타당성과 각종 지원 사전의 적용 효과를 검토하기 위하여 중성 'ㅅ'을 처리하는 규칙에 대해서 살펴보기로 한다. <표 2>는 3장에서 보인 RULE19의 11개 적용 규칙 중에서 (2), (3), (4), (9)에 대한 규칙과 적용 예를 보인 것이다.

본 연구에서 제시한 <표 2>의 규칙 (2)는 중성 'ㅅ'

<표 2> 중성 'ㅅ'의 적용 예  
 <Table 2> Application example of end-consonant 'ㅅ'

중성 'ㅅ'의 음운 변동 규칙	표준 발음법	적용 예
(2) Ji(ㅅ)/Cj(ㅅ): Ji( )--> Ji( ); Cj( )--> Cj(ㅅ)	제4장 받침의 발음 제12항 붙임2	옻한벌/옻탄벌
(3) Ji(ㅅ)/j(ㅇ) < ATBL, BTBL, CTBL > : Ji( )--> Ji( ); Cj( )--> Cj(ㅅ)	제4장 받침의 발음 제13항	웃이/오시
(4) Ji(ㅅ)/Cj(ㅇ)/Vj{ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ} < DTBL > : Ji( )--> Ji( ); Cj( )--> Cj(ㅅ)	제4장 받침의 발음 제15항	햇웃음/허두슴
(9) FJ <sub>n</sub> (ㅅ)/RC <sub>m</sub> {ㄴ, ㄹ} : FJ <sub>n</sub> ( )--> FJ <sub>n</sub> (ㄴ); RC <sub>m</sub> { }--> RC <sub>m</sub> {ㄴ, ㄹ}	제9장 음의 첨가 제30항 2	콧날/콘날

이 다음 초성 'ㅎ'과 만날 때의 음운 변동 규칙으로, 그 적용 결과는 종성 'ㅅ'의 탈락과 함께 다음 초성이 'ㅌ'으로 일시에 바뀌게 됨을 보여준다. 그러나, 한국어의 음운 변동 규칙을 차례대로 적용할 때에는 '옷한벌'이라는 단어를 '옴한벌'로 변환(표준 발음법 제9항 적용)한 후, 다시 '오탄벌'로 변화(제12항 붙임1 적용)되는 과정을 거쳐야 하는 문제가 발생한다.

〈표 2〉의 규칙 (3)은 종성 'ㅅ'이 모음으로 시작되는 조사, 어미, 접미사와 결합할때, 제 음가대로 뒤 음절의 초성으로 옮겨 발음되는 규칙(옷이/오시)을 보인 것이다. 이 경우에는 종성 'ㅅ'을 갖는 음절의 뒤음절이 모음으로 시작되는 조사/어미/접미사 인지를 확인하여야 한다. 따라서, 본 연구에서 제시한 규칙의 경우에는 이미 구성된 조사/어미/접미사 사전이 규칙 (3)의 변동 조건에 따라 참조되므로 즉시 정확한 변화가 일어나지만, (3)과 같은 음운 변동 규칙을 만들지 않거나 조사/어미/접미사 사전 등이 구성되어 있지 않은 경우에는 '옷이'라는 음절이 '옴이'로 바뀐 후(제9항 적용), 구개 음화에 의하여 다시 '오지'(제17항 적용)로 잘못 변화되는 문제가 일어나게 된다.

규칙 (4)의 경우는 음절 '헛'의 종성 'ㅅ' 뒤에 모음 'ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ'로 시작되는 실질 형태소(음운)가 연결될 때의 발음 규칙으로, 이 경우에는 해당 어절이 실질 형태소임을 확인할 수 있는 정보가 단어 사전 내에 들어 있어야 정확한 결과(허두슴)를 얻을 수 있음을 의미한다. 규칙 (9)는 합성어(콧날)의 앞 단어(콧) 종성이 사이시옷(ㅅ)이고 뒤 단어(날)의 초성이 'ㄴ, ㄹ'인 경우, 앞단어 종성과 뒷단어 초성이 'ㄴㄴ' 음으로 바뀌는 현상에 대한 규칙으로, 이 경우에는 합성어에 대한 확인과 함께 본 연구에서 제시한 것과 같은, 뒤 단어의 첫음절 조건에 대한 검사를 할 수 있는 규칙이 생성되지 않을 때에는 정확한 음운 변동 결과를 얻을 수 없게 된다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 한글 맞춤법의 표준 발음법을 근거로 하여 음운 변동 현상에 대한 규명 및 음가 정보의 발생에 관한 연구를 하였다. 그리고, 음운 변동 처리에 필요한 정보의 추출과 음운 변동의 각종 처리 조건을 변동 규칙 내에 수용하는 문제를 해결하기 위하

여, 음운 변동 처리 규정에 대한 연구와 함께 음성 처리 지원 사전에 관한 연구를 하였다. 본 연구의 결과로 한국어 음성 처리에 사용될 수 있는 한글 단어와 한국어 음가 정보 사이의 문제를 해결하는 방안을 보였으며, 이를 위하여 표준 발음법의 각 항별로 음운 변동 규칙을 설계한 후, 이를 27개 그룹의 종성별 음운 변동 규칙으로 간략화를 시도하였다.

본 논문에서 제시한 종성별 음운 변동 규칙은 음가 생성부의 구현과 실험 과정(실험 자료수는 초등 및 중학교 교과서의 단어 및 어절 단위로 3600여개를 사용)을 통하여, 음가 생성부의 검토 과정에서 밝힌 문제점들이 해소될 수 있음을 확인하였고, 제안된 규칙이 실험 및 검토 과정에서 부분적으로 축약이 이루어졌기 때문에, 대량의 자료 입력 과정을 통하게 된다 면 더욱 간략화될 수 있음을 확인하였다. 본 연구의 종성별 음운 변동 규칙은 음절 단위를 처리 대상으로 하였으나, 음성 인식 시스템에 의한 음가 정보의 단위가 음소 단위일 경우에도 음가 사전 검색기에 적용하게 되면, 해당되는 표기 언어(단어나 어절)가 그대로 출력될 수 있다.

그리고, 음성 합성의 경우에는 입력된 단어나 어절, 텍스트 단위의 표기 언어에 대해서 해당되는 음가 정보를 출력할 수 있으며, 음성 DB와 연결되는 경우에는 음성 출력이 가능하도록 구성하였다. 물론, 음성 합성시에는 음의 장단, 음절간 또는 어절간의 휴지 시간 등에 관한 한국어의 발음상 여러 특질 및 음성 DB 구축에 관한 연구가 추가되어야 한다. 본 연구에서 구현된 각종 사전은 한국어 음운 변동 현상을 처리하기 위한 항목으로 구성되어 있다. 따라서, 자연어 처리 사전과의 연결에 관한 연구도 앞으로 기대되며, 대규모 한국어 전자 사전을 구축할 때에도 음성 처리와 관련된 정보의 추가가 반드시 고려되어야 할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Mariani, "Recent Advances in Speech Processing", Proceeding of ICASSP, pp. 429-440, May 1993.
- [2] Hyun Bok Lee, "Korean Prosody: Speech Rhythm and Intonation", Korea Journal, Vol. 27, No. 2,

pp. 43-70, Feb. 1987.

[3] Shuzo Satio and Kazuo Nakata, "Fundamentals of speech signal processing", Academic Press Japan Inc., 1985.

[4] Gerald Gazdar, "Phrase Structure Grammars and Natural Language", IJCAI, 1983.

[5] 임인철 외, "단어 사전과 다층 퍼셉트론을 이용한 고립단어 인식 알고리즘", 전자공학회 논문지, 제32권 B편 제8호, 1995. 8.

[6] 안수길 외, "회귀신경예측 모델을 이용한 음성 인식", 전자공학회 논문지, 제32권 B편 제11호, 1995. 11.

[7] 정홍 외, "음절을 기반으로 한 한국어 음성 인식", 전자공학회 논문지, 제31권 B편 제1호, 1994. 1.

[8] 김순협 외, "규칙 합성음의 객관적 품질 평가에 관한 연구", 전자공학회 논문지, 제30권 B편 제9호, 1993. 9.

[9] 김길창 외, "한국어 처리 시스템 개발 환경의 연구", 한국과학기술원, 1988. 4.

[10] 권혁철, "자연언어 처리 동향", 한국정보과학회, 인공지능연구회, 1991.

[11] 김수일 외, "계층구조 시간지연 신경망을 이용한 한국어 변이음 인식에 관한 연구", 전자공학회 논문지, 제 32권 B편 제1호, 1995. 1.

[12] 임인철 외, "제한적 상태지속시간을 갖는 HMM을 이용한 고립단어 인식", 전자공학회 논문지, 제 32권 B편 제5호, 1995. 5.

[13] 차일환 외, "유/무성음 결정에 따른 가변적인 시간축 변환", 전자공학회 논문지, 제 32권 B편 제5호, 1995. 5.

[14] 안수길 외, "회귀신경 예측 모델을 이용한 음성 인식", 전자공학회 논문지, 제 32권 B편 제11호, 1995. 11.

[15] 허웅, "국어 음운학", 정음사, 1982.

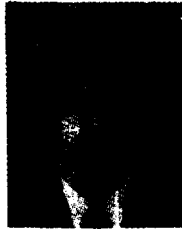
[16] 남광우, "한국어의 발음 연구[1]", 일조각, 1989.

[17] 이희승, 안병희, "한글 맞춤법 강의", 신구출판사, 1991.

[18] 최종근, "새한글 맞춤법 용례집", 법조각, 1990.

[19] 이계영, 이상범, "한국어 음운변동 처리를 위한 효율적인 Rule Base System의 구성", 전자공학회 논문지, 제28권 B편 제12호, 1991. 12.

[20] 공업진흥청, KSC 5601-1982, KSC 5601-1987, KSC 5620-1979.



**이 계 영**

1980년 동국대학교 전자계산학과 졸업  
 1983년 동국대학교 전자계산학과 공학석사 학위 취득  
 1992년 단국대학교 전자공학과 (컴퓨터 전공) 공학박사 학위 취득

1996~1997년 Washington State University 방문교수  
 1985~현재 동국대학교 전산정보학부 교수  
 주관심 분야: 음성 처리, 자연어 처리, 멀티미디어 등임