

# 음절 복원 후보 집합의 생성과 후보 감소에 관한 연구

## (A Study on a Generation of a Syllable Restoration Candidate Set and a Candidate Decrease)

김 규 식\*    김 경 정\*\*    이 상 범\*\*\*  
(Kyu-Sik Kim) (Kyoung-Jing Kim) (Sang-Burm Rhee)

### 요 약

본 논문에서는 음성 인식의 후처리를 위한 음절 복원 규칙의 생성과 복원 후보의 감소에 관한 연구를 수행하였다. 대화체 연속 음성 인식의 성능 향상을 위하여 음절 단위를 인식하는 음성인식 시스템의 후처리를 통하여 인식된 로 발음되는 복원 후보를 생성하는 음절 복원 규칙을 생성하였다. 또한 복원 집합의 후보수를 줄이기 위한 방안으로 복원 규칙에서 실생활에서 사용되지 않는 표기를 생성하는 규칙을 제거하는 방안을 제시하였다. 음절 복원 규칙이 올바른 복원 후보 집합을 생성함을 보이기 위하여 복원 후보 집합 생성기를 설계 구현하고, 표준 발음법 예제와 발음법 사전에서 무작위로 추출된 단어에 대하여 실험한 결과 발성 이전의 표기가 포함된 올바른 표기 집합이 생성됨을 입증하였다.

### ABSTRACT

This paper, describe about a generation of a syllable restoration regulation for a post processing of a speech recognition and a decrease of a restoration candidate.

It created a syllable restoration regulation to create a restoration candidate pronounced with phonetic value recognized through a post processing of the formula system that was a tone to recognize syllable unit phonetic value for a performance enhancement of a dialogue serial speech recognition.

Also, I presented a plan to remove a regulation to create unused notation from a real life in a restoration regulation with a plan to reduce number candidate of a restoration meeting.

A design implemented a restoration candidate set generator in order a syllable restoration regulation display that it created a proper restoration candidate set.

The proper notation meeting that as a result of having proved about a standard pronunciation example and a word extracted from a pronunciation dictionary at random, the notation that an utterance was former was included in proved with what a generation became.

---

\* 정회원 : 단국대학교 전자공학과 박사과정 수료

\*\* 정회원 : 단국대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

\*\*\* 종신회원 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

## 1. 서론

한국어는 음절 기반의 표음 문자이기 때문에 각각의 철자는 특정 음소를 나타낸다. 그러나 실제 발음할 때에는 철자에 나타난 음소열이 그대로 발음되지 않고, 음운 변동 과정을 통해서 실제와 다른 음소의 배열을 가지는 경우가 많다[1].

대화체 연속음성은 자연스러운 발화로 낭독체 문장에 비해 잡음, 간투어와 같은 비 문법적인 요소가 많고, 발음의 변이가 심하다. 이런 이유로 대화체 연속음성을 인식하기 위해서는 대화 현상을 분석하고 그 특징을 반영하여야 한다[2].

음성 인식 연구 분야의 국외나 국내의 연구 동향을 살펴보면, HMM(Hidden Markov model)[3,4]이나 NN(neural network)[5,6]과 같은 인식기에 대한 모델링은 점차로 연구가 감소되고 있으며 언어 처리나 대화체 음성에 대한 연구가 증가되고 있다. 자연어 처리를 동반하지 않은 상태에서는 화자독립 대용량의 연속음성(continuous speech)[7] 인식의 목표를 달성하는 것은 불가능하다[8]. 따라서 인식기는 어느 정도 안정화되었기 때문에 인식기의 자체의 성능을 증진시키는 연구보다 후처리 단계에서 인식의 범위를 제한하거나 보정하는 방법의 연구로 음성인식의 연구 방향이 집중되고 있는 추세이다[9,10].

단어 발음 사전의 구성에서 언어적으로 정확히 구분되는 자소를 단위로 하고, 음성 인식기에서는 음소와 같은 언어적 단위와는 다소 차이가 있는 음향학적으로 학습된 단위 모델을 사용하므로 인식의 결과가 오류를 포함하게 된다. 또한 개인의 발성 습관과 지역에 따른 사투리 등으로 어절내의 음절간의 변이와 단어와 단어사이의 변이가 발생하게 되어 인식 결과에 오류가 나타나게 된다.

본 논문은 입력되는 발성을 음소나, 유사 음소, 음절 등의 인식 단위 모델을 이용하여 형태로 인식하는 음성 인식기의 후처리에 대한 연구이다. 표준 발음법을 분석하여 생성한 음절 복원 규칙 이용하여 음절 복원 과정을 자음과 모음 복원의 두 단계로 줄이고, 형태소 분석이전에 불필요한 음절 복원 후보를 제거하여 음절 복원의 성능 향상에 관하여 연구하였다.

인식된 형태의 어절을 후처리 단계에서 발성 이전의 표기 형태로 변환하기 위하여, 표기가 로 변하

는 규칙인 표준 발음법을 모델링하여 생성된 표기-변환표를 기반으로 음절 복원 규칙의 생성에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. 음운 변동 현상과 음절 복원

### 2.1 한국어의 음운 변동 현상

음운 변동 현상은 형태소가 다른 형태소와 결합할 때에 그 환경에 따라 발음이 달라지는 현상이다 [11,12,13]. 이 음운 변동 현상으로 인하여 표기와 발음이 틀려지게 된다. 한국어의 인식에서 자음은 모음에 비하여 그 유지기간이 짧아 인식에 어려움이 있으며, 또한 자음과 자음사이에서 일어나는 음운 변동 현상이 대부분의 음운 변동을 차지하므로, 자음에 관련된 음운 변동 현상으로 인한 오인식이 많이 발생한다. 인식기의 인식 결과에서 음절 복원이 필요한 주된 이유가 음운 변동 현상으로 인한 표기와 발성이 틀려지게 되는 현상 때문이다. 따라서 각각의 동화 현상을 분석하여 발생된 를 원래의 표기로 변환하여야 한다.

#### (1) 모음과 관련된 동화 현상

모음 동화는 앞 음절의 후설 모음 ‘ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ’는 뒤 음절에 전설모음 ‘ㅣ’가 오면 이에 끌려서, 전설 모음 ‘ㅕ, ㅖ, ㅗ, ㅛ’로 변하는 일이 있다. 이와 같이 변한 발음은 표준어에서 인정하지 않으므로, 모두 원형대로 밝혀 적고 원형대로 읽어야 한다. 아주 굳어진 말들은 표준어로 인정한다. 음절 복원 후보 생성에서는 오인식된 어절의 보정을 위하여 비표준어인 수의적 인 발음 변이에 대한 경우도 보정하여야 하나 본 논문에서는 표준어[12]의 음절 복원 규칙만을 수용한다.

모음 조화 ‘ㅏ, ㅓ’등의 양성 모음은 양성 모음끼리, ‘ㅑ, ㅕ, ㅗ, ㅛ’ 등의 음성 모음은 음성 모음은 음성 모음끼리 어울리는 현상이 있다. 그래서 용언의 어미 ‘-아/-어, -아서/-어서, -아도/-어도, -아야/-어야, -아라/-어라’ 및 ‘-았/-었-’등은 다 이 모음 조화 규칙을 따른다. 모음 조화 현상은 의성어와 의태어에서 가장 뚜렷이 나타난다.

### (2) 자음에 관련된 동화 현상

음운 변동 현상의 대부분을 차지하는 자음과 관련된 음운 변동 현상은 음절 복원이 필요하게 되는 주요 원인이 된다. 자음과 관련된 동화 현상에서도 표준 발음법에서 인정한 표준 발음만을 음절 복원 규칙에 수용하며, 수의적 발음에 의한 동화 현상은 개인의 발음 성향에 관련된 것으로 일정한 규칙이 발견되지 않으므로 음절 복원 표에 반영하지 않는다.

음절의 끝소리 규칙은 국어에서 음절의 끝소리로 발음될 수 있는 자음은 ‘ㅂ, ㄷ, ㄱ, ㅁ, ㄴ, ㅇ, ㄹ’의 일곱 소리인데, 일곱 소리 밖의 자음이 음절 끝에 오면 그것은 이 일곱 자음 중의 하나로 바뀌게 된다. 조음 위치가 같은 자음들이 음절 끝에서 파열음의 예사소리로 바뀌는 현상으로 구개음 ‘ㅈ, ㅊ’도 혀끝소리 ‘ㄷ’으로 바뀐다.

자음 동화는 음절 끝 자음이 그 뒤에 오는 자음과 만날 때, 어느 한쪽이 다른 쪽 자음을 닮아서 그와 비슷한 성질을 가진 자음이나 같은 쇠로 바뀌기도 하고, 양쪽이 서로 닮아서 두 소리가 다 바뀌기도 한다.

구개음화는 끝소리가 ‘ㄷ, ㅌ’인 형태소가 모음 ‘ㅣ’나 반모음 ‘ㅣ’로 시작되는 형식 형태소와 만나면 그 ‘ㄷ, ㅌ’이 구개음 ‘ㅈ, ㅊ’이 되는 현상. 구개음화는 ‘ㅣ’ 때문에 일어나는 동화현상의 일종이다.

축약과 탈락은 ‘ㅂ, ㄷ, ㅈ, ㄱ’과 ‘ㅎ’이 서로 만나면 ‘ㅍ, ㅌ, ㅊ, ㅋ’이 된다. 이와 같이 두 음운이 합쳐져서 하나의 음운이 되는 것을 축약이라고 한다. 앞뒤 형태소의 두 음운이 마주칠 때, 그 중 한 음운이 완전히 탈락하는 일도 있다.

된소리되기는 안울림소리 뒤에 안울림 예사소리가 오면 그 예사소리가 된소리로 발음된다. 끝소리가 ‘ㄴ, ㅁ’인 용언 어간에 예사소리로 시작되는 활용 어미가 이어지면 그 소리는 된소리로 발음된다.

### (3) 단어와 관련된 음운 변동 현상

사잇소리 현상은 단어와 단어의 사이에서 일어나는 현상으로 뚜렷한 규칙성이 없어 수의적인 변동 현상이 많이 나타나고 경우에 따라서 사잇소리가 첨가되는 경우가 많이 발생하므로 일정한 규칙을 도출할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 표준 발음법에 정의된 사잇소리 현상에 대해서만 음절 복원 규칙에 반영한다.

사잇소리 현상은 두 개의 형태소 또는 단어가 합

쳐져서 합성 명사를 이룰 때, 앞말의 끝소리가 울림 소리고, 뒷말의 첫소리가 안울림 예사소리이면, 뒤의 예사소리가 된소리로 변하는 일이 있다.

이 때, 앞말이 모음으로 끝났으면 사이시옷을 받침으로 적어야 한다. 그런데 이 현상에는 뚜렷한 규칙성이 없어서 일부 합성 명사의 경우에는 사잇소리 현상이 일어나지 않는다.

앞말이 모음으로 끝나 있고, 뒷말이 ‘ㅁ, ㄴ’으로 시작되면, ‘ㄴ’ 소리가 덧나는 경우와 뒷말이 모음 ‘ㅣ’나 반모음 ‘ㅣ’로 시작될 때에는 ‘ㄴ’이 하나 혹은 둘이 겹쳐 나는 경우가 있다.

한자(漢字)가 모여서 단어를 이룰 때에도 이러한 사잇소리 현상이 있다. 그러나 한자어의 경우에는 사잇소리 현상이 일어나지 않는 말도 많다.

### (4) 수의적 동화 현상

표준 발음법에 정의된 동화 현상이외에 언어생활에서 자주 발생하는 수의적 음소변동 규칙[14]에는 전설모음화, 동일 조음위치 자음탈락, 중복 자음화, 변자음화, 초성 ㅎ 탈락 등이 있다. 이것은 화자에 따라 나타나기도 하고 나타나지 않기도 하는 수의적 현상이므로 음절 복원 규칙에는 반영하지 않고, 표기집합 생성후의 단계에서 처리하도록 한다.

## 2.2 음절 복원에 대한 연구

한국어가 연속적으로 발음될 때 여러 가지 음운변동이 일어난다. 음절 복원은 이러한 음운 변동이 반영된 음가열을 변동 이전의 문자열로 다시 복원시켜 주는 과정이다[15].

음운 변동 처리에 관한 기존 연구로는 읽기 규칙을 역으로 적용시키는 방법, 음소열 사전을 이용하는 방법, 자소 단위를 이용하여 형태소 단계에서 음운 변동을 처리하는 방법, 음운 변동 규칙을 이용하는 방법 등이 있다.

읽기 규칙을 역으로 적용한 방식[17]은 한국어를 발음할 때 발생하는 음운 규칙을 역으로 적용하여 음절 복원을 수행한다. 복원을 위해 조사어미 사전, 음절사전, 선어말 어미 사전, 예외사전을 이용하였다. 이 방식은 규칙의 적용 순서가 복잡하여 알고리즘이 복잡하며, 예외 사전이 필요하다는 단점이 있다[15].

음소열 사전을 이용하는 방식[18] 혹은 발음열 사

전을 이용한 방식 [16,19]은 인식결과로 나온 음소열을 표제어로 하여 그 음소열이 발음될 수 있는 모든 단어를 사전에 수록하거나 발음 규칙을 기반으로 발음열 사전을 만들어 사용하였다. 그러므로 정해져 있는 도메인을 확장할 경우 사전을 구축하는 시간이 많이 걸리고 사전량이 커지는 단점이 있다.

자소 단위 사전을 이용하여 형태소 단계에서 음운 변동을 처리한 방식[20]은 일부 음운 변동을 규칙으로 정의하여 처리하였으나 사잇소리, 경음화, 끝음절 대표음처리와 같은 음운 변동은 처리하지 못했고, 자소 단위 사전 검색을 통해 형태소 분석 단계에서 복원 후보를 결정하는 방식이기 때문에 사전 검색 횟수가 많다는 단점이 있다.

또 다른 연구로는 음운 변동 규칙(rule-base)을 이용하는 방법[19]이 있다.

본 논문에서는 한글 표준 발음법을 분석하여 생성된 표기-음가 변환표를 기반으로 작성된 음운 변동 규칙을 사용한다. 본 논문에서 사용하는 음운 변동 규칙은 표준 발음법을 분석하여 읽기 방식을 역으로 적용한 방식이다. 기존의 역적용 방법에서 임의의 우선순위를 적용한 것을 읽기 규칙을 분석하여 한번의 규칙적용이 가능한 규칙기반의 방법으로 구성하였다. 따라서 기존 방법의 알고리즘 복잡성을 해결하였으며, 기존 규칙기반의 방법이 관찰에 의한 방법으로 규칙을 작성하여 규칙이 무결함을 증명할 수 없었던데 비하여 모델링을 통한 방법으로 변환규칙을 생성하여 기존 관찰에 의한 방법의 문제점인 규칙의 무결성을 입증하였다.

### 3. 음절 복원을 위한 복원 규칙 생성

#### 3.1 표기-음가 변환표

```
typedef struct{
    int Jong;
    int Cho;
}Phonetic;
```

[그림 1] 표기-음가 변환표의 구조체

[Fig 1] A structure of notation - phonetic value conversion table

[그림 1]은 표기-음가 변환표[21]를 구성하고 있는 구조체를 나타낸 것이다. 음운 변동 현상은 형태소와 형태소가 연결되는 지점에서 나타나기 때문에 앞 형태소의 종성과 뒤 형태소의 초성사이에서 음운 변동 현상이 나타나는 것으로 볼 수 있다. 음운 변동 현상 각각을 살펴보면 초성 또는 종성 하나만 변하거나 초성과 종성이 둘 다 변화하는 것이 된다. 따라서 [그림 1]과 같은 구조체에 음운 변동후의 초성과 종성을 기록한다.

```
Phonetic_Table[42][58]=
/* (0) (1) ㄱ(2) ㄴ(3) ...유실(57)*
/* (0)*/ {{0,0},{0,0},{0, 0},{0,0},...{ 0, 0 } ,
/* 받침없음( 1)*/ {{0,0},{0,0},{0, 0},{0,0},...{ 0, 0 } ,
/* ㄱ( 2)*/ {{0,0},{0,0},{2, 3},{2,3},...{ 1, 2 } ,
/* ㄴ( 3)*/ {{0,0},{0,0},{2, 3},{2,3},...{ 1, 3 } ,
/* ( 4)*/ {{0,0},{0,0},{2, 3},{2,3},...{ 2,11 } ,
/* ㄴ( 5)*/ {{0,0},{0,0},{5, 2},{5,3},...{ 1, 4 } ,
/* ㅁ( 6)*/ {{0,0},{0,0},{5, 2},{5,3},...{ 5,14 } ,
/* ㅂ( 7)*/ {{0,0},{0,0},{5,17},{5,3},...{ 1, 4 } ,
/* ㄷ( 8)*/ {{0,0},{0,0},{8, 3},{8,3},...{ 1, 5 } ,
/* ㄹ( 9)*/ {{0,0},{0,0},{9, 2},{9,3},...{ 1, 7 } ,
/* ㅅ(10)*/ {{0,0},{0,0},{2, 3},{2,3},...{ 9, 2 } ,
...
/* 사이시옷(41)*/ {{0,0},{0,0},{8, 3},{8,3},...{ 5, 4 } ;
```

[그림 2] 표기-음가 변환표의 일부

[Fig. 2] A part of notation - phonetic value conversion table

[그림 2]는 표기-음가 변환표의 일부를 나타낸 그림이다. 표기-음가 변환표는 입력되는 문자의 종성과 초성, 모음의 형태소 정보를 이용하여 한번의 테이블 탐색으로 음가 변환을 이룰 수 있는 구조로 되어 있다. 표기-음가 변환표의 가로축은 입력되는 글자의 다음자 초성과 모음의 형태소 정보를 인덱스로 하고, 세로축은 앞글자의 종성과 형태소 정보를 인덱스로 한다. 예를 들어 '학교'의 경우 '학'의 종성 인덱스 2, 교의 초성인덱스 2의 위치를 참조하여 '{2,3}'의 값을 읽게 되고 이것은 '종성ㄱ, 초성ㄱ'이 되어 '학교'로 변환을 이루게된다.

음운 변동과 관련 있는 형태소는 종성에 해당하는 형태소 42개와 초성에 해당하는 형태소 58개를 [그림 3]에 나타내었다. C는 초성의 배열, V는 종성의 배열, J는 종성의 배열이며, 배열내의 원소의 순서는 통합형 한글코드의 순서를 따르고 있다.

```

char *C[58]=
{"NULL","NULL","ㄱ","ㄲ","ㄴ","ㄷ","ㄸ","ㄹ",
"ㅁ","ㅂ","ㅃ","ㅅ","ㅆ","ㅇ","ㅈ","ㅊ","ㅋ",
"ㅋ","ㆁ","ㄷ","ㅇ","어말","모음어미","모음조사",
"모음접미사","ㄱ어미","ㄷ어미","ㅅ어미","ㅈ어미",
"이접미사","어조사","히접미사","기접미사","아접미사",
"여접미사","요접미사","유접미사","아실질형태소",
"애실질형태소","애실질형태소","어실질형태소",
"에실질형태소","에실질형태소","오실질형태소",
"와실질형태소","와실질형태소","외실질형태소",
"우실질형태소","위실질형태소","웨실질형태소",
"위실질형태소","으실질형태소","의실질형태소",
"이실질형태소","이실질형태소","여실질형태소",
"요실질형태소","유실질형태소"};

char *V[30]=
{"","","","가","하","가","하","가","하","",
"게","크","케","고","과","개","","","과","교",
"ㄱ","ㄲ","게","ㄱ","","","ㄷ","-","ㄱ","ㅣ"};

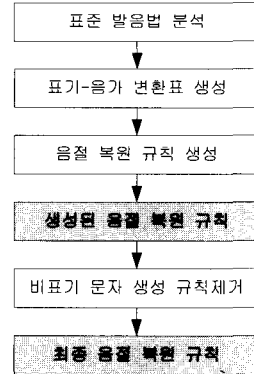
char *J[42]=
{"","받침없음","ㄱ","ㄲ","","ㄴ","ㅁ","ㅂ",
"ㄷ","ㄸ","ㄹ","","","","","","","","",
"","","ㅂ","ㅃ","ㅅ","ㅆ","ㅇ","ㅈ","ㅊ","ㅋ","ㄷ",
"ㅈ","ㅇ","ㄴ어간","ㅆ어간","ㄷ어간","ㄹ어간",
"ㄹ어간","어간","한자어","음언어간말음",
"복합어 지음","복합어 지음","관형격 사성립",
"사이시옷"};
    
```

[그림 3] 음운 변동과 관련 있는 형태소

[Fig. 3] Morpheme Set of related to a phoneme change

### 3-2. 음절 복원 규칙

[그림 4]는 음절 복원 규칙의 생성과정을 나타낸 그림이다. 음절 복원 규칙은 표준 발음법을 기반으로 하여 생성된 표기-음가 변환표를 역으로 적용하여 생성되며, 이때 실제 표기에 사용되지 않는 음절을 생성하는 규칙은 삭제된다.



[그림 4] 음절 복원 규칙의 생성 과정

[Fig. 4] A generation process of a syllable restoration rule

[그림 5]의 음절 복원 규칙은 [그림 2]의 표기-음가 변환표에서 '{0,0}'의 경우부터 발생할 수 있는 경우를 모두 찾아내는 방법으로 구성된다. '종성 ㄱ, 초성 ㄱ'은 '{2,3}'을 값으로 갖는 인덱스를 표기-음가 변환표에서 찾는 방법으로 구성되어 있다.

종성 ㄱ, 초성 ㄱ

- (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄲ), (ㄱ, ㄱ어미), (ㄱ, 기접미사), (ㄲ, ㄱ),
- (ㄲ, ㄱ), (ㄲ, ㄱ어미), (ㄲ, 기접미사), (ㅃ, ㄱ), (ㅃ, ㄲ),
- (ㅃ, ㄱ어미), (ㅃ, 기접미사), (ㄷ, ㄱ), (ㄷ, ㄱ어미),
- (ㄷ, 기접미사), (ㄷ, ㄱ), (ㄷ, ㄱ어미), (ㄷ, 기접미사),
- (음언어간말음, ㄱ)

(a) '종성 ㄱ, 초성 ㄱ'의 음절 복원 규칙

(a) JongSeong ㄱ, a ChoSeong ㄱ syllable restoration regulation

```

VolTex [1] = new VType[]
{ "1, 0", "1, 1", "1, 23", "1, 30", "2, 0", "2, 1", "2, 23",
  "2, 30", "3, 0", "3, 1", "3, 23", "3, 30", "9, 0", "9, 1",
  "9, 23", "9, 30", "24, 0", "24, 1", "24, 23", "24, 30", "35, 1" }; //21
    
```

(b) Uni-Code인덱스로 변환된 '종성 ㄱ, 초성 ㄱ'의 음절 복원 규칙

(b) Converted into a Uni-Code index, JongSeong ㄱ, a ChoSeong ㄱ syllable restoration regulation

[그림 5] 음절복원 규칙의 일부

[Fig. 5] A part of syllable restoration rule

### 3.3 음절 복원 규칙의 복원 후보 감소

[그림 5]의 음절 복원 규칙에는 표제 음소에 대하여 발음 가능한 모든 복원 후보를 생성하는 규칙을 담고 있다. 그러나 한국어 단어의 특성상 겹지음, 쌍지음 받침의 경우 일부 제한적인 단어에서만 사용된다. 예를 들어 '리'의 경우 종성으로 쓰이는 '리'은 한정된 어휘에만 사용되나, 복원 규칙에 의하여 대표음이 'ㄱ'인 종성에 대하여 실제 문자 언어 생활에서 나타나지 않은 복원 후보가 생성된다.

또한, [그림 5]의 음절 복원 규칙에는 형태소 정보에 따라 발음이 달라지는 표제 음소에 대한 복원 규칙도 포함되어 있기 때문에 실제 형태소 정보와 일치하지 않는 복원 후보들이 생성되는 문제를 안고 있다.

따라서, 실제 사용되지 않는 복원 후보를 생성하는 규칙을 삭제하고, 형태소 정보가 일치하지 않는 복원 규칙에 의한 복원 후보는 생성하지 않으면 복원 후보의 수를 감소시킬 수 있다.

```
while (사전의 끝이 아닌 동안)
{
    단어 입력
    부단어 생성
    지모 분리
    앞음절 종성 추출
    뒷음절 초성 추출
    종성 - 초성 인덱스에 기록
}
종성 - 초성 인덱스의 누적 값이 '0' 인 항목 검색
```

[그림 6] 실제 사용되지 않는 종성-초성 쌍 검색 알고리즘

[Fig. 6] An actual unused JongSeong - ChoSeong pair search algorithm

[그림 6]은 실제 문자 언어 생활에서 사용되지 않는 종성-초성 쌍을 검색하기 위한 알고리즘이다. 실제 문자 언어 생활에 사용되는 단어를 검색하기 위하여 3종의 국어사전을 이용하여 종성-초성 쌍을 검색하고 검색되지 않은 종성-초성 쌍에 대하여 3종의 코퍼스에서 검색하였다.

### 3.4 음절 빈도와 빈출 형태소 에러를 이용한 복원 후보 감소

[그림 5]의 음절 복원 규칙에 의해 복원된 복원 후보 중에서 하나의 음절은 실제 문자 생활에서 사용되는 문자이나 그 한 음절의 조합인 어절은 실제 생활에서 나타나지 않은 경우가 발생한다. 음절과 음절이 결합하지 않는 경우가 발생한 경우 형태소 분석 단계를 거치지 않도록 표기 후보에서 삭제하여 후보수 감소시킬 수 있다.

또한, 음절 빈도를 이용한 후보 감소 후 남아있는 음절 복원 후보를 형태소 분석하기 전 단계에서 가장 빈번하게 일어나는 형태소 분석 오류를 제거하여 형태소 분석에서 생성되는 무의미한 형태소 분석 정보를 줄일 수 있다.

형태소 분석 후 문장을 생성하기 위한 구문분석과 의미 분석은 기술적 난이도가 높고, 분석 후보가 많을수록 더 많은 처리 시간을 요구하므로, 형태소 분석 이전에 분석후보의 양을 줄이는 문제는 중요하다.

```
..... < 종략 > .....
-ㄴ 뒀-ㄴ 뒷
-ㄴ 뒷에-ㄴ 뒷이
-ㄴ 바있이다-ㄴ 바 있다
-ㄴ 밍정-ㄴ 밍정
-ㄴ 뽀더러-ㄴ 뽀더러

..... < 종략 > .....
-ㄴ 수없는-ㄴ 수 없는
-ㄴ 수있는-ㄴ 수 있는
-ㄴ 지-ㄴ 지
-ㄴ 것-ㄴ 것
..... < 종략 > .....
```

[그림 7] 빈출 형태소 분석 오류를 제거하기 위한 규칙

[Fig. 7] A regulation for an frequent appearance morpheme analysis error to be removed

[그림 7]은 형태소 분석시 가장 많이 발견되는 형태소 분석오류를 제거하기 위하여 구성된 규칙이다. 패턴 매칭에 의하여 동일한 음절구가 검색되면 형태소 분석을 거치지 않고 형태소 정보를 생성하여 전체 음절 복원 시간을 단축시킨다.

## 4. 전체 구조 및 설계

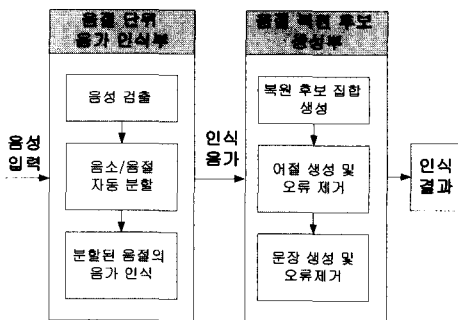
### 4.1 구현 환경

음성인식 후처리를 위한 음절 복원 후보 집합 생성기 구현은, 표준 발음법을 분석하기 위한 표준 발음법 분석 모듈을 구현하고, 분석 모듈의 결과를 바탕으로 표기-음가 변환기를 구현하여 표준 발음법에 근거한 표기-음가 변환표를 생성한다. 생성된 표기-음가 변환표를 분석하여 음절 복원 규칙을 생성한다. 음절 복원 규칙이 올바른 음절 복원 후보를 생성함을 검증하기 위하여 음절 복원 시스템을 구현한다. 구현 환경은 통합형 한글을 지원하는 Pentium, Windows2000 시스템 상에서 Microsoft Visual C++ 컴파일러 버전 6.0의 Visual C++언어로 구현한다.

### 4.2 전체 음성 인식 시스템의 구성

[그림 8]은 본 논문에서 제안하는 한국어 음성 인식 시스템의 전체 구성도이다. 전체 시스템은 크게 음절 단위 음가 인식 부분과 후처리부인 음가 표기 변환 부분으로 구성된다.

음절 단위 음가 인식 부분은 신호처리 측면에서 음성의 신호 형태를 분석하여 음성과 비 음성 구간을 나누고, 음성 구간에 음절 단위의 경계점을 설정한 후, 경계점 사이에 존재하는 음절의 음가를 인식하여 출력하는 기능을 갖는다.



[그림 8] 한국어 음절단위 음성 인식 시스템의 전체 구성도

[Fig. 8] Full formation of Korean syllable unit voice recognition system

후처리 부분인 음가 표기 변환 부분은 한국어 음가 인식기에서 출력되는 음가를 입력으로 하여 자연어 처리 측면에서 음가의 발성 이전의 형태인 표기로 변환하는 기능을 수행한다.

#### (1) 표기 집합 생성부

인식기에서 인식된 음가 정보를 이용하여 추출된 음가가 발생할 수 있는 모든 형태의 표기를 만들어 낸다. 인식기에서 출력된 “학교에”라는 음가는 음절 복원 규칙을 참조하여 “학교에”라는 음가가 발음될 수 있는 가능한 모든 표기 집합을 생성한다. 본 논문에서는 표기 집합 생성부에서 사용될 음절 복원 규칙을 생성한다.

#### (2) 어절 생성 및 오류 제거

표기 집합에서 생성한 “학교에”의 “학”등 일상 생활에서 사용되지 않는 비표기 문자를 포함한 표기 집합의 원소와 문법 기능에 맞지 않는 문법 형태소 오류를 포함하는 표기 집합의 원소를 삭제한다. 뒷 단계에서의 처리를 위하여 띄어쓰기를 교정을 하고 형태소 분석 과정을 통하여 “학교에”는 비어휘 표기이므로 삭제되고 “학교에”라는 표기만 남게된다

비어휘를 제거하였을 때 표기 집합에 어떤 원소도 남아있지 않다면 단모음을 이중모음으로 교체하거나 하는 등의 일상 생활에서 무의식 적으로 틀리게 발음되는 모음과 자음을 교체하여 띄어쓰기 교정을 다시 실시하게 된다.

#### (3) 문장 생성 및 오류 제거

비어휘 제거 과정까지 마친 후 남은 표기 집합의 원소가 복수개 일 때 띄어쓰기 단위로 인식된 단어들을 복수개의 문장으로 재구성한다. 생성된 복수개의 문장중 구문, 구조 오류를 포함하는 문장을 제거한다.

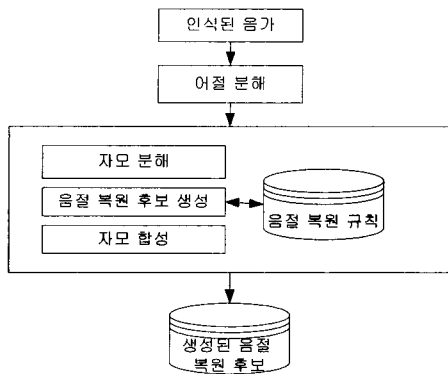
### 4.3 음절 복원부의 구조

#### (1) 음절 복원 후보 생성부의 구조

음절 복원 후보 생성 부분은 인식기에서 인식된 음가 정보를 이용하여 추출된 음가가 발생할 수 있는 모든 형태의 음절 복원 후보를 생성해 낸다.

인식기에서 출력된 “학교”라는 음가는 음절 복원 규칙을 참조하여 “학교”라는 음가가 발음될 수 있는

가능한 모든 음절 복원 후보 집합을 생성한다



[그림 9] 복원 후보 집합 생성부의 전체 구조

[Fig. 9] Full structure of a restoration candidate set generation module

[그림 9]는 복원 후보 집합 생성부의 전체 구조를 나타낸 그림이다. 인식문자열이 입력되면 음절 복원 후보 생성 모듈에서 자모 분리를 거쳐 종성과 초성의 인덱스를 생성한 후, 음절 복원 규칙을 참조하여 입력된 음가가 발음될 수 있는 모든 생성 가능한 음절 복원 후보를 생성해 낸다.

(2) 음절 복원 후보 생성

기존의 음운 변동 처리는 자음 접변, 경음화, 구개음화, 격음화, 종성법칙, 연음 법칙, 절음 법칙, 음운 첨가, 음운 탈락 등을 적용할 때, 각 규칙의 충돌을 방지하기 위하여 변동 규칙에 우선 순위를 두어 변동 현상을 처리하여 왔다. 이러한 처리 방식은 어떤 단어나 어절에 필요치 않은 변동 현상을 무의미하게 적요시키게 되는 문제점이 있으며, 정확한 변동 결과를 얻기 위해서는 처리의 횟수가 많아진다는 단점이 있다.

음절 복원 규칙은 임의의 음가가 입력되었을 때 그 음가와 동일한 음가로 발음되는 음절 복원 후보를 생성하기 위한 변환 규칙이다. 먼저 발생 가능한 모든 종성과 초성의 집합을 만든다. 이 발생 가능한 집합을 입력 음가 집합이라고 하고, 입력 음가 집합의 원소를 차례대로 하나씩 불러내어, 표기-음가 변환표의 음가 변환 결과 부분을 검색한다. 표기-음가 변환의 결과가 입력된 입력 음가 집합 원소의 종성과 초

성과 같을 경우 그 표기-음가표의 인덱스를 입력된 음가로 발음 가능한 표기로 기록한다. 입력 음가 집합의 모든 원소에 대하여 표기-음가 변환표의 음가 변환 결과와 비교하여 음절 복원 규칙을 생성한다.

그러나 표기-음가 변환 표와는 달리 음절 복원 규칙의 각 초성, 종성의 부분집합마다 그 원소의 수가 달라진다. 각각의 부분집합을 배열형태로 출력한 후 실제 사용될 때는 링크드리스트 형태로 변환하여 사용한다. 전체 음절 복원 규칙의 운영은 표기-음가 변환표 형태의 배열의 첨자가 각각 종성과 초성에 해당하는 배열을 만들고 그 배열에 부분집합에 해당하는 링크드리스트의 시작주소를 기록하여 전체 음절 복원 규칙을 운영한다.

4.4 실험

(1) 실험 환경

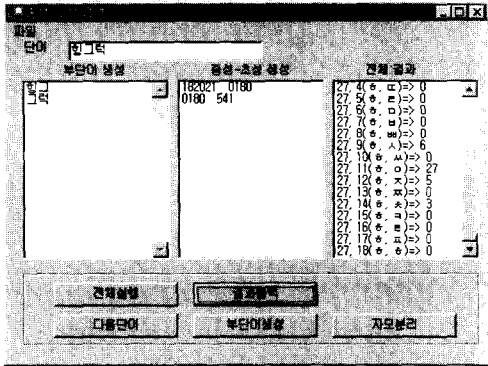
본 논문에서 구현한 종성-초성 검색에 사용된 데이터는 금성 국어사전, 연세 국어사전, 한국어 발음 대사전의 3종의 국어사전과 ETRI 코퍼스, 전자신문 신문기사, 소설의 코퍼스를 사용하였다.

본 논문의 실험에서 불필요한 복원 규칙의 감소를 통해서 최종 생성된 복원 후보 집합에 실제 복원 후보가 포함되어 있는 경우를 실험에 성공한 경우라 한다. 실험의 단위는 사전과 코퍼스에서 임의로 선택된 어절 집합으로 하며 선택된 어절 집합의 최종 복원 후보가 생성된 음절 복원 후보집합에 포함되어 있어야 올바른 복원 후보가 생성된 것으로 판정한다.

(2) 종성-초성 검색

종성-초성 검색기는 [그림 7]의 알고리즘에 따라 실제 언어 생활에 사용되지 않는 종성-초성 쌍을 검색하는 기능을 수행한다.





[그림 10] 중성-초성 검색 결과 화면

[Fig. 10] A JongSeong - ChoSeong search result screen

[그림 10]은 중성-초성 검색기의 결과 화면을 나타낸 그림이다. 단어 사전과 코퍼스에서 하나의 어절을 읽어들이어 부단어를 생성하고 각각에 대하여 자모 분할을 생성한 후 중성-초성 쌍의 누적 값을 기록한다. 이때 누적 값이 0인 중성-초성 쌍이 실제 언어생활에서 나타나지 않는 중성-초성 쌍이다.

<표 1> 중성-초성 검색 결과의 일부

<Table 1> A part of JongSeong - ChoSeong search result

ㄱ, ㄷ	ㄴ, ㅂ	ㄴ, ㄴ	, ㅇ	ㅅ, ㅋ
ㄱ, ㄹ	ㄴ, ㅃ	ㄴ, ㄷ	, ㅅ	ㅅ, ㅌ
ㄱ, ㄱ	ㄴ, ㅅ	ㄴ, ㄷ	, ㅅ	ㅅ, ㅍ
ㄱ, ㅃ	ㄴ, ㅅ	ㄴ, ㄹ	, ㅋ	ㅅ, ㅎ
ㄱ, ㅅ	ㄴ, ㅅ	ㄴ, ㄱ	, ㅌ	ㅅ, ㄹ
ㄱ, ㅅ	ㄴ, ㅅ	ㄴ, ㅃ	, ㅍ	ㅅ, ㅅ
ㄱ, ㅋ	ㄴ, ㅅ	ㄴ, ㅅ	, ㅎ	ㅅ, ㅋ
ㄱ, ㅌ	ㄴ, ㅋ	ㄴ, ㅅ	ㄹ, ㄱ	ㅅ, ㄹ
ㄱ, ㅍ	ㄴ, ㅌ	ㄴ, ㅇ	ㄹ, ㄱ	ㅅ, ㅃ
ㄱ, ㅎ	ㄴ, ㅍ	ㄴ, ㅅ	ㄹ, ㄷ	ㅅ, ㅋ
, ㄱ	ㄴ, ㅎ	ㄴ, ㅅ	ㄹ, ㄱ	ㅋ, ㄱ
, ㄴ	ㄴ, ㄱ	ㄴ, ㅅ	ㄹ, ㅂ	ㅋ, ㄴ

<표 1>은 [그림 10]의 검색 결과를 정리한 표의 일부이다. 이 표에서 중성-초성 쌍은 실제 언어생활에서 나타나지 않음을 알 수 있다.

[그림 5]의 음절 복원 규칙에서 [그림 10]의 검색

결과로 나타난 중성-초성 쌍을 제거하면, 그 중성-초성 쌍에 대한 복원 규칙이 없는 것으로 간주하여 복원 결과가 생성되지 않는다.

(3) 비표기 문자 제거를 이용한 후보 감소

[그림 11]의 음절 복원 규칙은 [그림 5]의 음절 복원 규칙에서 [그림 10]에서 검색된 실제 언어 생활에 사용되지 않는 중성-초성에 관련된 복원 규칙을 제거한 복원 규칙이다.

중성 ㄱ, 초성 ㄱ

- (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ어미), (ㄱ, 기점미사), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ어미), (ㄱ, 기점미사), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ어미), (ㄱ, 기점미사), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ어미), (ㄱ, 기점미사), (ㄱ, ㄱ), (ㄱ, ㄱ어미), (ㄱ, 기점미사)

(a) '중성 ㄱ, 초성 ㄱ'의 음절 복원 규칙

(a) JongSeong ㄱ, a ChoSeong ㄱ syllable restoration rule

```
VolTex [1] = new VType[]
{ "1,0", "1,1", "1,23", "1,30", "2,0", "2,1", "2,23", "2,30",
  "3,1", "9,0", "9,23", "9,30", "24,0", "24,23", "24,30"}; //15
```

(b) Uni-Code인덱스로 변환된 '중성 ㄱ, 초성 ㄱ'의 음절 복원 규칙

(b) Converted into a Uni-Code index, JongSeong ㄱ, a ChoSeong ㄱ syllable restoration rule

[그림 11] 불필요한 음절 복원 규칙이 감소된 음절 복원 규칙

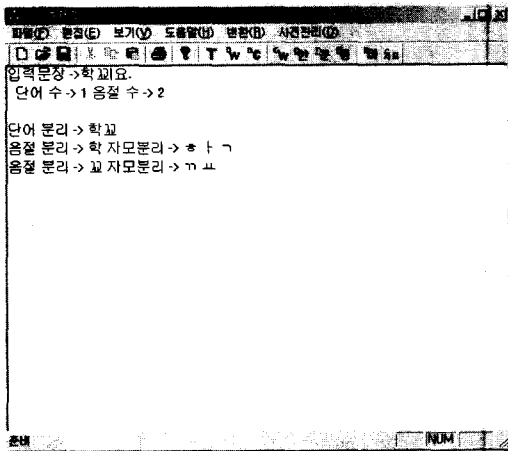
[Fig. 11] An unnecessary syllable restoration regulation is a decreased syllable restoration rule

'중성 ㄱ, 초성 ㄱ' 복원 규칙의 경우 21개의 복원 규칙에서 15개의 복원 규칙으로 6개항에 대한 복원 규칙이 삭제되어 생성되는 복원 후보가 감소되었다.

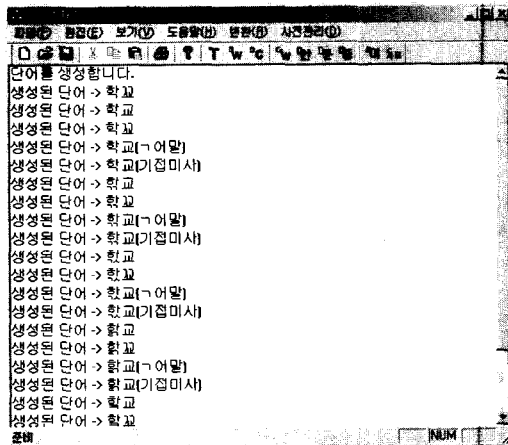
(4) 음절 복원 후보 생성

본 논문에서 구현된 음절 복원 후보 생성기의 성능을 검증하기 위하여 표준 발음법의 예문을 이용하여 올바른 음절 복원 후보가 생성되는지 실험해 보았다. 실험 방법은 표준 발음법에 표기된 단어의 음가를 입력하였을 때 해당 음가의 표기가 포함된 음절 복원 후보가 생성될 경우를 성공으로 정의하고, 올바른 음절 복원 후보가 생성되지 않은 경우를 실패한 경우로 정의하였다.

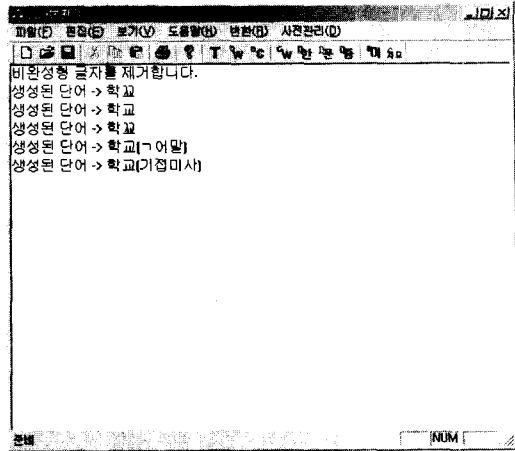
[그림 12]은 표준 발음법 실험 결과를 나타낸 그림이다. 자모분리에서는 입력된 음가의 자모를 분리하고, 음절 복원 후보 집합 생성에서는 음절 복원 규칙을 이용하여 분리된 자모를 변경한 후 자모를 합성하여 음절 복원 후보집합을 생성하고, 비완성형 제거에서는 생성된 음절 복원 후보 집합에서 완성형이 아닌 문자를 포함한 음절 복원 후보와 형태소 정보가 틀리는 음절 복원 후보를 제거한 후, 중복 제거에서는 남아있는 음절 복원 후보 집합에서 중복을 제거하는 과정을 나타내고 있다.



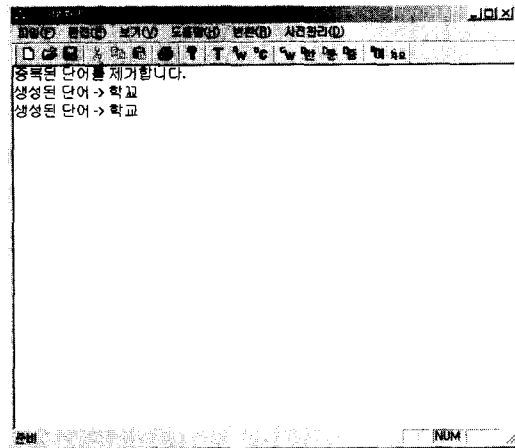
(a) 자모 분리  
(a) Alphabet disconnection



(b) 표기 집합 생성  
(b) A notation set generation



(c) 비완성형 제거  
(c) A non-KSC5601 elimination



(d) 중복 제거  
(d) A redundancy elimination

[그림 12] 음절 복원 후보 집합 생성 실험  
[Fig. 12] A syllable restoration candidate set generation examination

<표 2>은 표준 발음법과 발음 사전을 이용한 실험 결과를 요약한 표이다.

<표 2> 실험 결과 요약

<Table 2> An examination result summary

실험집합	어절 수	생성 성공 어절 수	생성 실패 어절 수	성공률
표준 발음법	364	364	0	100
발음사전	500	500	0	100

### (5) 고찰

인식된 음가를 발성 이전의 표기로 복원하기 위하여 본 논문에서는 표준 발음법을 모델링하여 생성된 음절 복원 규칙을 재구성하여 음절 복원 규칙을 생성하였다. 음절 복원 규칙을 이용하여 입력된 음가와 동일한 음가로 발음되는 모든 가능한 음절 복원 후보를 생성해 내는 음절 복원 후보 집합 생성기를 구현하였다.

본 논문에서 고려한 음운 변동 현상은 표준 발음법에서 수용하고 있는 음운 변환 현상이다. 그러나 우리가 일상적으로 범하게되는 비표준어적 발음형태는 본 논문에서는 적용하지 않았다.

구현된 음절 복원 후보 집합 생성기의 음절 복원 후 생성능력을 시험하기 위하여 표준 발음법 본문에 나타나는 예제들을 실험한 결과 전체 364개의 단어중 364개의 전체 표기에서 발성이전의 표기가 포함된 음절 복원 후보 집합을 생성하였다. 또한 발음사전에서 무작위로 추출된 500개의 단어를 이용한 실험에서도 발성이전의 표기 형태가 포함된 음절 복원 후보 집합을 생성하였다.

## 5. 결론

음성 인식 분야에서 인식기의 성능이 이미 일정 수준이상으로 향상되었기 때문에 인식기의 성능 향상을 위한 연구보다는 후처리의 방법으로 전체적인 인식 능력 향상 및 인식 결과에 대한 보정 방법의 연구가 활발해 지고 있다.

본 논문에서는 음소 또는 음절단위 음가 인식기를

위한 후처리를 설계하였다. 인식기에서 인식된 음가 열을 입력으로 하는 음절 복원 후보 집합 생성기를 구현하였다. 음절 복원 후보 집합 생성기는 입력된 음가로 발생되는 모든 음절 복원 후보를 생성해 내는 기능을 수행한다.

구현된 음절 복원 후보 집합 생성기의 성능을 시험하기 위하여 표준 발음법 예제와 표준 발음사전의 예제를 대상으로 실험한 결과 100%의 표기 복원율을 나타내었다.

본 논문에서는 표준 발음만을 고려하여 음절 복원 규칙을 생성하였으므로 수의적 음운 변동 현상은 고려하지 않았다. 추후 연구를 통하여 수의적 음운 변동 현상에 대한 처리까지 음절 복원 규칙에 포함하게 되면 인식기에서 인식된 음가에 대한 충실한 음절 복원이 이루어질 것이며, 또한 음가 인식을 이용한 대용량 연속 음성 인식의 연구에 크게 기여할 것이다.

### ※ 참고문헌

- [1] 이경남, 전재훈, 정민화, “한국어 연속음성 인식을 위한 발음열 자동 생성”, 한국 음향학회지, 제 20 권 2호, pp 35-43, 2001.
- [2] 박영희, 정민화, “대화체 연속음성 인식을 위한 한국어 대화음성 특성 분석”, 제21권 제 3호, pp330-337, 한국음향학회지, 2002.
- [3] X.D. Huang, Y. Ariki, M.A. Jack, *Hidden Markov models for speech recognition*, Edinburgh University Press, pp. 136-163, 1990
- [4] L. Rabiner, B-H, Juang, *Fundamentals of Speech Recognition*, Prentice Hall International, Inc., 1993
- [5] David P. Morgan, Christopher L. Scifield, *Neural networks and speech processing*, Kruwer Academic Publishers, 1991.
- [6] Richard J. Mammone, *Artificial neural networks for speech and vision*, Chapman & hall, 1994.
- [7] Judith A. Markowiz, *Using Speech Recognition*, Prentice Hall, Inc., 1996.
- [8] 이경남, “의사 형태소 단위의 한국어 연속 음성 인식”, 석사학위 논문, 서강대학교 대학원 전자계산학과, 1997.

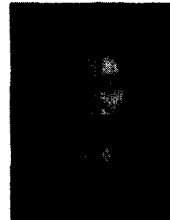
- [9] 오영환, 음성언어정보처리, 홍릉과학출판사, 1998
- [10] 최승호, "Generalized Triphone을 인식 단위로 사용한 한국어 음성인식에 관한 연구", 석사학위논문, 한국과학기술원, 1993.
- [11] 서울대학교 사범대학 국어 교육 연구소, 고등 학교 문법, 1996.
- [12] 문화교육부, 표준어 규정, 문교부 고시 제 88-2 호, 1988.
- [13] 남기심, 고영근, 표준 국어 문법론, 탑출판사, 1986.
- [14] 전재훈, "형태 음운학적 분석에 기반한 한국어 발음열 자동 생성", 석사학위논문, 서강대학교 대학원 전자계산학과, 1997.
- [15] 이계영, 이상범, "한국어 음운 변동 처리를 위한 효율적인 Rule Base System의 구성" 전자공학회 논문지, 제 28권 B편 제12호, 1991
- [16] 박미선, 김미진, 김계성, 최재혁, 이상조, "연속음성인식 후처리를 위한 음절 복원 rule-based 시스템과 형태소분석기법의 적용", 전자공학회논문지, 제 36권 c편, 제3호, 1999.
- [17] 서상현, "한글 음운 규칙에 기반한 음절 복원기 구현", 경북 대학교, 석사학위 논문, 1997
- [18] 이원일, "신경망과 CYK-table을 이용한 음성 언어의 분석", 포항공대, 석사학위 논문, 1993
- [19] 전재훈, 차선희, 정민화, "형태음운론적 분석에 기반한 한국어 발음 생성", 한국정보과학회 가을 학술발표 논문집, pp. 247-250, 1997.
- [20] 이근용, 이기오, 안동언, 이용석, "한국어음성인식 후처리를 위한 음운변이 처리", 한국정보과학회 봄 학술대회논문집, pp927-930, 1996.
- [21] 임재걸, 이계영, 김경정, "페트리넷을 이용한 표준 발음법 분석 시스템 디자인", 한국정보과학회 봄학술발표논문집, pp. 369-371, 1999.

김 규 식



단국대학교 전자공학과 박사과정  
 수료  
 동국대학교 전산원 교수  
 연구세부분야 : 인공지능,  
 패턴인식

김 경 정



1998년 동국대학교 전자계산학과  
 졸업(공학사)  
 2000년 동국대학교 대학원 전자  
 계산학과 졸업(공학석사)  
 2000년 ~ 현재 단국대학교 대  
 학원 전자컴퓨터공학과(박사  
 과정)  
 관심분야 : 자연어 처리, 음성 인  
 식/합성

이 상 범



1974년 연세대학교 전자공학과  
 (공학사)  
 1978년 서울대학교 대학원 전자  
 공학과(공학석사)  
 1986년 연세대학교 대학원 전자  
 공학과(공학박사)  
 1984년 미국 IOWA대학교 컴퓨  
 터공학과 객원교수  
 1979년~1999년 단국대학교 전  
 자·컴퓨터공학과 교수  
 1997년~1999년 단국대학교 교  
 무·연구처장  
 1997년~현재 단국대학교 멀티미  
 디어산업기술연구소장  
 2000년~현재 단국대학교 공학부  
 컴퓨터공학전공 교수  
 관심분야 : 컴퓨터구조, 패턴인  
 식, 디지털 신호처리