

음성처리를 위한 표준 발음법의 전산화

Computerization and Application of Hangeul Standard Pronunciation Rule

Gye-Young Lee
Dept. of Computer
S

*이 계 영

동국대학교 컴퓨터학과
전화 : 054-770-2236 / 핸드폰 : 017-220-6806

cience, Dongguk University
E-mail : lky@mail.dongguk.ac.kr

Abstract

This paper introduces computerized version of Hangeul(Korean Language) Standard Pronunciation Rule that can be used in Korean processing systems such as Korean voice synthesis system and Korean voice recognition system. For this purpose, we build Petri net models for each items of the Standard Pronunciation Rule, and then integrate them into the vocal sound conversion table. The reversion of Hangul Standard Pronunciation Rule regulates the way of matching vocal sounds into grammatically correct written characters. This paper presents not only the vocal sound conversion table but also character conversion table obtained by reversely converting the vocal sound conversion table. Making use of these tables, we have implemented a Hangeul character into a vocal sound system and a Korean vocal sound into character conversion system, and tested them with various data sets reflecting all the items of the Standard Pronunciation Rule to verify the soundness and completeness of our tables. The test results shows that the tables improves the process speed in addition to the soundness and completeness.

I. 서론

한국어 음성합성의 경우에는 문자 언어인 한글을 한국어 표준 음가로 변환하는 과정이 필요하고, 음성인식의 경우에는 음성 언어인 한국어의 음가를 문자 언어인 한글로 변환하는 과정이 필요하다. 이러한 변환 규칙으로 한글 맞춤법 통일안의 표준발음법[1]을 이용할 수 있는데, 한국어 음성합성의 경우에는 표준발음법이 준용되어야 하고, 한국어 음성인식에서는 표준발음법의 역 규칙이 준용될 수 있다.

현재까지의 음성인식 연구에 대한 주 초점이 정확한 음가 정보의 추출에 맞추어져 있고, 음성합성의 경우에도 이미 저장된 음성을 연결 합성시키는 수준에 머물고 있기 때문에, 음성인식에 의해 추출된 음가 정보에 대한 정확한 단어 정보와 의미 정보와의 연결은 이미 저장된 표준 패턴과의 비교 수준에 머물게 되고, 음성합성의 경우에도 앞서 언급한 한국어의 정확한 특질이 반영되지 않는 문제점을 안게 된다. 따라서, 본 논문에서는 한국어의 제 특징 중, 음운변화 현상을 효율적으로 처리할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하고자 한다. 그리고, 본 연구를 통하여 생성된 '음가 변환 테이블'과 '문자 변환 테이블'의 완전성, 무결성, 효율성을 보이기 위하여 이 테이블을 이용한 '문자-음가 변환' 시스템과 '음가-문자 변환' 시스템을 구현하고, 실험 결과를 제시한다.

II. 표준발음법의 페트리 넷 모델

2.1 표준발음법의 페트리 넷 모델링

본 연구에서는 표준발음법의 제 4, 5, 6, 7장에 제시된 받침의 발음, 음의 동화, 경음화, 음의 첨가 규정을 정형화된 규칙으로 생성한다. 그리고 표준발음법이 속한 언어 시스템의 규칙들처럼 조건과 결론의 형식을 취하고 있으므로 이러한 지식 표현을 정형화하기 위한 수단으로 사용되는 페트리 넷[2]을 표준발음법의 정형화 도구로 사용한다.

표준발음법은 한글 단어의 각 경우에 대하여 발음 음가를 규정하고 있는데, 예를 들어 <표 1>에 보이는 표준발음법 제 10항은 겹받침(ㄱ, ㅋ, ㆁ, ㄷ, ㅌ, ㅂ)이 어말 또는 자음 앞에서 어떻게 발음되는가에 대한 규칙을 제시하고 있다. 이와 같은 조건절을 페트리 넷으로 표현하려면 조건절 자체를 트랜지션으로, 조건부를 이 트랜지션의 입력 플레이스로, 그리고 결론부를 출력 플레이스로 나타내면 된다.

표 1. 표준발음법 제 10항

제10항 겹받침 ‘ㄱ’, ‘ㅋ’, ‘ㆁ’, ‘ㄷ’, ‘ㅌ’, ‘ㅂ’은 어말 또는 자음 앞에서 각각 [ㄱ], [ㄷ], [ㄷ], [ㄷ]으로 발음한다.		
넋[넣]	넋과[넣과]	얏다[얏따]
여덟[여덣]	넋다[넣따]	외곶[외곡]
핥다[핥따]	갸[갣]	없다[엣:따]
다만, ‘ㅂ’은 자음 앞에서 [ㅃ]으로 발음하고, ‘ㆁ’은 다음과 같은 경우에 [ㅇ]으로 발음한다.		
(1) 밧다[밧:따]	밧소[밧:쏘]	밧지[밧:찌]
밧는[밧:는]	->밧:는]	밧게[밧:게]
밧고[밧:꼬]		
(2) 넋-죽하다[넣쑤카다]	넋-뚱글다[넣똥글다]	

표준발음법 제 10항의 일반항은 겹받침 ‘ㄱ’, ‘ㅋ’, ‘ㆁ’, ‘ㄷ’, ‘ㅌ’, ‘ㅂ’이 어말에 나타나거나 또는 다음 음절의 초성이 자음이라면 ‘ㄱ’은 ‘ㄱ’으로, ‘ㅋ’은 ‘ㅋ’으로, ‘ㆁ’은 ‘ㅇ’으로, ‘ㄷ’은 ‘ㄷ’으로, ‘ㅌ’은 ‘ㄷ’으로 바뀌어 발음한다는 의미이다. 이를 표현하는 페트리 넷은 겹받침 6개, 어말 조건 1개, 다음 음절의 초성 자음 18개로 구성된 25개의 입력 플레이스와 변동될 음가(ㄱ, ㅋ, ㆁ, ㄷ, ㅌ, ㅂ)를 나타내는 4개의 출력 플레이스 및 120개의 트랜지션으로 구성된다. 특수항에 기술된 예외적 사항은 예외 사전으로 구축하여 별도로 처리하며, 나머지 항목들은 정의된 용어와 용어의 내용에 따라 각각의 페트리 넷으로 구성한다.

<그림 1>은 표준발음법 제 10항에서 발생하는 120개 트랜지션 중에서 4개(1001, 1002, 1007, 1008)만을 통합하여 페트리 넷으로 표현한 것이다. 그림에서 입력 플레이스에 놓여지는 초기 마킹은 입력되는 문자열의 형태소 분석 정보와 자모 분리 결과에 따라 동적으

로 놓여지게 된다.

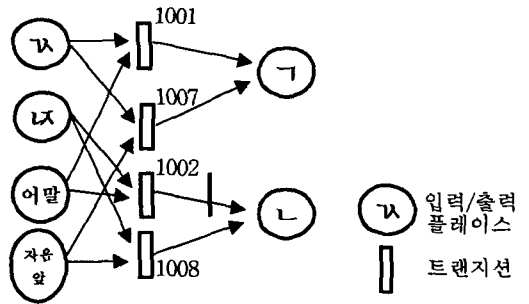


그림 1. 제 10항의 소항목 1001, 1002, 1007, 1008이 통합된 페트리 넷

2.2 페트리 넷 모델의 근접 행렬 변환

<그림 1>과 같이 작성된 페트리 넷 모델을 <표 2>와 같은 근접 행렬(incidence matrix)로 표현하게 되면, 해당 페트리 넷 모델에 대한 분석이 용이해지며 표준발음법의 모든 항에 대한 페트리 넷 모델의 통합도 용이해진다. <표 2>는 페트리 넷으로 표현된 표준발음법 제 10항을 근접 행렬로 변환한 것으로, 입력 플레이스 중 ‘자음앞’은 18개의 자음으로 확장되어 모델링된다.

표준발음법의 모든 항에 대하여 <표 2>와 같이 완성된 각각의 근접 행렬은 페트리 넷의 통합과 일관성 검증 프로그램의 입력 자료로 사용하기 위하여 완성형 텍스트 형태로 저장된다.

2.3 페트리 넷 모델로 표현된 표준발음법의 일관성 검증

표준발음법의 문제점 중 그 첫째는 정의된 두 항의 내용이 상충되는 경우로 각 항에 정의된 내용 중의 일부가 서로 다른 음가를 요구하는 경우이다. 두 번째는 정의된 두 항의 내용이 중복 정의(중복 항)된 경우이며, 세 번째는 원칙과 허용에서 선택의 문제가 발생하는 경우이다. 이런 문제를 해결하기 위한 표준발음법의 일관성 검증은 표준발음법의 각 항별로 작성된 각각의 근접 행렬 테이블 파일을 읽어들이어 하나의 테이블로 통합하고, 통합된 결과를 트랜지션 단위로 비교하면서 일관성 여부를 검사하게 되는데, 이를 위한 시스템은 테이블 통합 모듈과 일관성 검사 모듈로 구성된다.

III. 음가 변환 테이블 생성과 실험

표준발음법 제 8항에서 제 30항까지의 각 항에 대하여 <표 2>와 같은 페트리 넷 근접 행렬을 만든 다음, 이들을 모두 통합하는 과정을 연속적으로 적용하여 모

든 근접 행렬을 하나의 근접 행렬로 통합한다. 이와 같은 과정을 통하여 페트리 넷 근접 행렬의 모든 항을 통합하면 제 2장 3절에서 기술하였듯이 중복된 항과 상충되는 항이 발생할 수 있다. 즉, 중복 항은 근접 행렬 상에서 입력력이 동일한 두 개의 트랜지션으로 나타나고, 상충 항은 입력이 동일하고 출력이 상이한 두 개의 트랜지션으로 나타난다.

표 2. 표준발음법 제 10항의 페트리 넷 근접 행렬

R10	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012
I ₁ α	-1						-1					
I ₁ β		-1						-1				
I ₁ γ			-1						-1			
I ₁ δ				-1						-1		
I ₁ ε					-1						-1	
I ₁ ζ						-1						-1
I ₁ η	-1	-1	-1	-1	-1	-1						
I ₂ α							-1	-1	-1	-1	-1	-1
O ₁ γ	+1						+1					
O ₁ δ		+1						+1				
O ₁ ε			+1	+1	+1				+1	+1	+1	
O ₁ ζ						+1						+1

```

:
(상충) 트랜지션 18005, 트랜지션 9029 : 동일 조건,
      다른 출력을 갖는 규칙임.
TRnum => 18005, Place1 I1β, Place2 IC1, OutPlace OJ
TRnum => 9029, Place1 I1β, Place2 IC1, OutPlace OJ
/* 18005 : ㄱ + ㄴ -> ㅇ : 부엌난간 -> 부엌난간(O)
/* 9029 : ㄱ + ㄴ -> ㅇ : 부엌난간 -> 부엌난간(X)
<중략>
(중복) 트랜지션 18012, 트랜지션 12023 : 동일 조건,
      동일 출력을 갖는 중복 정의임.
TRnum=>18012,Place1 IJ,Place 2 IC1,OutPlace OJ
TRnum=>12023,Place1 IJ,Place 2 IC1,OutPlace OJ
/* 18012 : ㅎ + ㄴ -> ㄴ : 놓는 -> 논는(O)
/* 12023 : ㅎ + ㄴ -> ㄴ : 놓는 -> 논는(X)
:
    
```

그림 2. 일관성 검사의 출력 결과

<그림 2>는 이와 같은 일관성 검사의 출력 결과중 일부분을 보인 것으로 실험 결과, 표준발음법의 18항과 9, 10, 11항 및 12항과 9, 11, 13, 14항 그리고, 23항과 10항 등은 동일한 조건하에서 서로 다른 음가 변환이 이루어지는 상충 항으로 발견되었으며, 18항과 12항 등은 중복 정의된 것으로 발견되었다. 이와 같은 각 항간의 상충과 중복 문제는 각 항에 대해 우선 순위를 부여하여 그 정의에 대한 수정이 필요한데, 코멘트 부분의 '(X)'는 제거되는 항을 의미한다.

음가 변환 테이블의 완전성 및 무결성 평가를 위하여 음가 변환 시스템을 구현하였다. <그림 3>은 음가

변환기의 출력 화면을 보인 것이다. 음가 변환기[3]는 입력되는 문자열을 각 어절(또는 단어)별로 분리하여 어절별 음가 변환 결과를 출력한다.

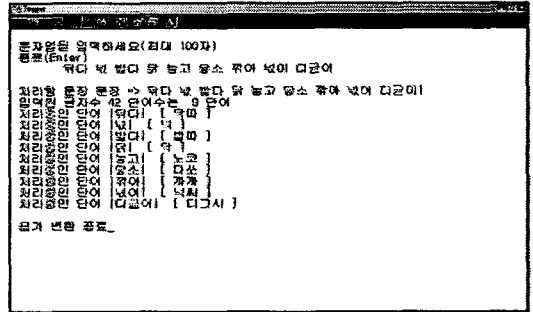


그림 3. 음가 변환기의 출력 화면

IV. 문자 변환 테이블 생성과 실험

4.1 음가 변환 테이블로부터의 '음가-문자 변환규칙'의 유도 방안

본 연구는 음운 변화에 중점을 둔 소리와 문자간의 관계 규명에 있으므로 한국어 음가(소리)를 한글 표기(문자)로 변환하기 위한 입력 정보로 이미 생성된 <표 2>를 이용하여 전사를 행한 후, 이에 대한 후처리 과정을 통하여 정확한 한글 표기를 추출한다.

<표 2>의 행과 열은 입력된 한글 표기의 앞 음절 종성과 다음 음절의 초성을 나타내므로 일반항 테이블 [i, j]는 앞 음절 종성이 i이고 다음 음절 초성이 j이면 각각의 초성과 종성이 표에 적시된 바와 같은 음가로 각각 변화함을 나타낸다. 예를 들어, 일반항 테이블[ㄱ, ㄱ]은 음가 [ㄱ, ㄱ]으로 출력되는데 이는 앞 음절 종성이 'ㄱ'이고 다음 음절 초성이 'ㄱ'이면 다음 음절 초성이 'ㄱ'으로, 앞 음절 종성은 'ㄱ'으로 발음('학교' -> '학교')됨을 표현한다.

따라서, 이를 역으로 적용하면 인식된 한국어 음가의 앞 음절 종성이 'ㄱ'이고 다음 음절 초성이 'ㄱ'이라면 한글 문자는 앞 음절 종성이 'ㄱ'이고 다음 음절 초성이 'ㄱ'이 될 수도 있다는 뜻이다. 그런데 출력되는 음가항목이 유일하지 않고, 우변의 결론부를 적용하면 음가인 '학교'에 대한 표기는 '학교, 학교' 중 한 가지임을 알 수 있다.

이들 가능한 표기들 중 단어 사전에 출현하는 단어를 적당한 표기라고 한다면, 경우에 따라서는 적당한 표기가 없을 수도 있으며 혹은 여러 개가 존재할 수도 있다. 적당한 표기가 없는 경우는 인식에 오류가 있거나 사전이 불완전한 경우인데, 오인식의 경우는 인

식 단계에서 해결해야 할 문제이고 사전이 불안정한 경우는 단어사전을 확충함으로써 문제를 해결할 수 있다. 적당한 표기가 다수일 경우가 문제인데, 이 때에는 주위의 문맥을 분석하는 후처리 단계를 거쳐 해결해야 한다. <표 2>에 보인 음가 변환 테이블로부터 '음가-문자 변환규칙'을 역 생성하는 알고리즘은 <그림4>와 같다.

```

입력 : 통합된 표준발음법의 행렬 파일
출력 : 한글 표기 행렬 파일
BEGIN
단계 1 : While 표기유도규칙 정의 테이블이 있는 동안
단계 2 : 테이블 로딩(파일명n, 저장될 배열명m)
        FOR i=0 TO n의 트랜지션 수
            IF i번째 트랜지션 번호와
                m의 테이블 번호가 같으면
                THEN i의 행렬 행과 열 번호를 m에 기록
                ELSE i 값을 1씩 증가
단계 3 : IF m의 원소가 없으면
        THEN 발생할 수 없는 경우라고 표시
        ELSE 다음 표기 변환 규칙 테이블 m을
            정의하고, 단계 2로 이동
단계 4 : While m이 Empty가 될 때까지 m에 저장된
        결과를 중성과 초성을 테이블 번호로 하여 출력
END
    
```

그림 4. 음가 변환 테이블의 역변환 알고리즘

4.2 음가-표기 변환 생성기의 구현

한국어 음가를 한글 표기로 변환하는 테이블의 생성을 위하여 표기문자 변환 생성기를 구현하였다. 구현된 '음가-문자 변환 생성 시스템'은 음성 인식을 통하여 인식된 음가를 입력으로, 유도될 수 있는 모든 표기집합을 생성하는 시스템을 의미한다. 따라서 표준 한글 문자에 맞지 않는 표기들도 유도되어질 수 있으므로 표준어 표기법에 맞는 정확한 표준 표기의 추출을 위해서는 비표기 문자 및 비어휘 어절, 중복 유도 어절 등을 제거하는 과정이 필요하다. 비표기는 완성형 코드(KS C 5601)를 참조하여 제거되며, 중복 유도어진 어절은 알고리즘(생략)에 의해서 제거된다.

4.3 한글 표기변환 생성기의 실험 및 결과

본 연구에서 생성된 문자 변환 규칙의 무결성을 보이기 위하여 표준어 규정의 표준발음법에 나타난 모든 항목에 대하여 다양한 음가를 입력하고 출력 결과를 분석하는 표기변환 생성기(그림 5)를 구현하였다. 이 실험을 위하여 사용된 음가 데이터의 도메인은 한글 맞춤법의 표준발음법에 제시된 받침의 발음, 음의 동화, 경음화에 대한 예시어 224개를 대상으로 하였다. 그리고, 중복 어절(또는 단어)이 제거된 후의 한글표기 후보에 대한 최종 판정을 위한 단어(어휘)사전과 의미

사전 처리는 추후 과제로 미루었음을 밝힌다. <표 5>는 실험을 위해 사용된 표준발음법의 항과 어절수 및 비완성형 표기를 포함한 비어휘 표기와 중복 표기를 제거한 후의 일부 결과를 보인 것이다.

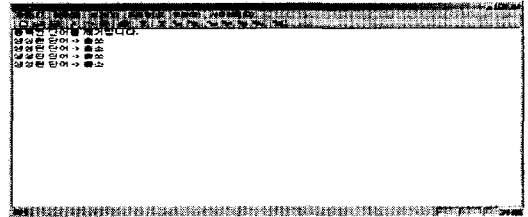


그림 5. 중복 어절 제거후의 최종 후보표기

표 5. 실험 항에 대한 최종 표기 후보 추출 결과 요약

항 번호	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
입력 음가(어절)수	7	5	9	33	10	9	9	6	9	29	
표기가능 후보 수	최초 후보	171	87	274	1,354	518	341	1,297	585	781	1,291
	비표기 제거후	83	53	91	366	92	112	157	62	128	320
	중복표기 제거후	36	23	40	185	37	39	115	18	70	285
최초 생성 후보 대비 최후후보율(%)	21.1	26.4	14.6	13.7	7.1	11.4	8.9	3.1	9.0	22.0	
입력 음가당 평균 유효 후보수	5.0	4.6	4.4	5.6	3.7	4.3	12.8	3.0	7.8	9.8	

V. 결론

본 논문에서는 한글 맞춤법 제 2부에 제시된 '표준 발음법'을 전산화하여 한국어 음성합성과 음성인식의 전처리 및 후처리 단계에서 사용할 수 있는 방안을 제시하였다. 본 연구에서는 표준발음법의 각 항에 대해서 각각의 페트리 넷 모델을 작성하였고 이들을 모두 통합하여 통합된 '음가 변환 테이블'을 통하여 입력된 한글 표기에 대한 표준 음가를 1회의 검색으로 찾는 방안을 제시하였다. 다음으로 '음가 변환 테이블'을 이용하여 입력된 발음 음가에 대한 올바른 한글 표기 문자를 찾을 수 있는 '문자 변환 테이블'의 역생성에 대한 연구 방법도 제시하였다.

참고 문헌

[1] 교육부, 1988, 표준어규정 문교부 고시 제 88-2호.
 [2] T. Murata, 1989, Pertri nets: properties, analysis and applications. Proceeding of the IEEE, Vol77. no.4, pp.541-580, April 1989.
 [3] 이계영 외, 2001, 한국어 음성합성을 위한 음가변환 테이블 생성, 대한전자공학회 논문지, 제32권 CI편, 제 5호, pp.44-57.