

구문 관계와 운율 특성을 이용한 한국어 운율구 경계 예측*

정영임 조선희 윤애선 권혁철
부산대학교 컴퓨터공학과
부산대학교 불어불문학과/인지과학협동과정
{acorn, sean, asyoon, hckwon}@pusan.ac.kr

Prediction of Prosodic Break Using Syntactic Relations and Prosodic Features

Youngim Jung SunHo Cho Aesun Yoon Hyuk-Chul Kwon
Dept. Computer Science and Engineering Pusan National University
Dept. French/Interdisciplinary of Cognitive Science Pusan National University

요 약

본 논문에서는 자연스러운 한국어 운율구 경계를 예측하기 위해 ① 문장 성분을 하위범주화하고, ② 세분화된 문장 성분 간 의존관계를 이용하여 통사구를 추출하며 ③ 추출한 통사구의 유형에 따른 운율구 경계 예측 규칙을 설정하였다. 또한, ④ 통사적 정보 외에도 통사구와 문장의 길이, 통사구의 문장 내 위치, 문맥의 의미 정보 등에 따라 가변적인 운율구 경계를 판단하여 보다 자연스러운 한국어 운율구 경계 예측 시스템을 개발하였다.

그 결과 통사구 경계와 상관 관계가 높은 강한 운율구 경계 예측과 운율구 내부 비경계 예측에 있어 90% 이상의 높은 재현율과 정확도를 보였으며, 전체 운율구 경계 예측에 있어서도 87% 이상의 성능을 보였다.

1. 서론

모국어 화자가 긴 문장을 발음할 때 말의 속도를 천천히 하면 기본적으로 어절 단위로 끊어 읽지만 실제 언어 생활에서 어절 단위로 읽는 경우는 거의 없고, 대개 몇 개의 어절을 묶어 운율구를 형성하여 문장을 발음한다. 이때 화자는 자신이 가진 문법 지식, 말의 길이, 말의 속도 및 심리적, 생리적 요인 등의 정보를 가지고 운율구를 형성한다.

이처럼 인간이 형성하는 것과 같은 자연스러운 운율구 경계를 예측하는 것은 음성 합성 시스템에서 정확한 어조와 강세의 생성, 음소의 지속, 휴지 삽입을 위한 모듈에 사용될 뿐만 아니라[22], 운율구 내 어휘 간 발음 변동 범위를 예측할 수 있게 하여, 정확하고 자연스러운 음성합성에 필수적이다. 많은 언어 이론 연구와 음성처리 분야에서 밝힌 바와 같이, 운율구 경계를 예측하기 위한 여러 가지 정보 가운데 가장 중요한 정보가 문장의 통사적 구조 정보이다 [2, 5, 13, 22].

그러나 현 단계의 음성처리에서 다양한 문장 유형의 통사적 구조를 분석하는 데 한계가 있고, 통사구와 운율구의 상관관계에 따른 운율구를 형성하는 요인들에 대해 구체적으로 밝힌 연구가 거의 없다.

현재 상용화된 음성합성 시스템도 다양한 통사적 구조에 대한 분석 없이 문장을 어절 단위로 끊어 읽어 문장의 운율이 자연스럽지 않으며, 심지어 잘못된 운율구 경계에 의해 문장의 의미가 바르게 전달되지 않기도 한다.

따라서 본 논문에서는 자연스러운 한국어 운율구 경계를 예측하기 위해 ① 문장 성분을 하위범주화하고, ② 세분화된 문장 성분 간 의존관계를 이용하여 통사구를 추출하며 ③ 추출한 통사구의 유형에 따른 운율구 경계 예측 규칙을 설정한다. 또한, ④ 구문 정보 외에도 통사구와 문장의 길이 등의 요소에 따라 운율구 경계를 판단하여 보다 자연스러운 한국어 운율구 경계 예측 시스템을 개발한다.

*이 논문은 2007년도 과학기술부의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20517-0)

2. 선행연구

최근 음성처리 기술에 대한 높은 수요에 따라 명료하고 자연스러운 음성합성을 위해 국내외에서 운율구 경계 예측을 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다.

2.1 운율구 경계 세분화

영어 음성합성을 위해 Sanderson 외(1995)에서는 운율구 경계를 경계와 비경계의 두 가지 종류의 운율구 경계를 학습하였고, 중국어 음성 합성을 위해 제안한 Sun 외(2001)의 연구도 운율구 경계를 두 단계로만 나누었다. 김병창 외(2003)에서는 세분화된 운율구에 대한 언급이 없으며, 권오일 외(2002)에서도 운율구 경계, 비경계로만 구분을 하여, 학습을 통해 휴지의 존재 여부만을 예측하는 모델이 제안되었다. 그러나 이러한 연구는 실제 음성합성 시스템에서 운율구 생성을 모델링에는 적용하기에는 운율구 경계가 지나치게 단순화되어 생성된 합성음이 자연스럽지 못하다.

반면, 네 단계로 경계를 나누어 학습한 연구는 전진옥 외(2002)가 있고 다섯 단계로 경계를 나눈 연구는 **가 있다. 운율구를 세분화할수록 더욱 정확한 경계 유형을 생성할 수 있으나 실제로 이렇게 세분화된 운율구 단계의 차이를 인간이 듣고 구별하기는 어렵다.

음성처리 분야에서 운율구 경계 예측 모델링을 위해 사용하는 운율구 경계 유형은 보통 'major break', 'minor break', 'no break'의 세 단계로 나누는 것이 일반적이며[19, 22], 한국어에서 운율구는 '완전끊기, 불완전끊기, 붙이기', '말토막 경계, 말마디 경계, 무경계', '분명한 경계, 약한 경계, 경계가 없는 곳', '경계가 없는 강도, 약한 경계 강도, 강한 경계 강도' 등 다양한 이름으로 불리며 보통 세 단계로 나누고 있다. [4, 5, 6, 7, 14]

2.2 말뭉치와 학습에 기반한 운율구 경계 예측

국내외 연구기관에서 이용 목적에 따라 품사, 구문, 의미 정보 등이 주석된 말뭉치가 생산되어 언어처리, 음성처리에 사용되기 시작하면서, 주석된 말뭉치에서 추출한 정보를 여러 가지 학습 알고리즘을 이용해 운율구 경계를 예측하는 연구가 진행되고 있다.

Sanderson 외(1995), Taylor 외(1997)에서는 언어 정보의 개별적인 요소들만으로 다양한 방법들을 시도했는데 그중에서 말뭉치에 태깅된 품사(POS) trigram만을 사용하여 영어의 운율구 경계 학습에 높은 정확도를

얻은 바 있다.

권오일 외(2002), 김병창 외(2003), 김승원 외(2005) 등 국내에서 진행된 연구들은 운율구 경계 학습을 위해 해당 어절과 문맥 어절의 품사, 단어의 길이, 문장에서 해당 어절의 위치 및 위치의 정규화 수치를 학습 자료로 사용하여 결정 트리 (decision tree) 및 CRF (Conditional Random Fields) 알고리즘에 적용하였다.

그러나 공개된 기구축 말뭉치가 없거나 기구축 말뭉치에 맞춤법 오류나 태깅된 품사 정보 오류, 운율구 경계 오류가 많을 경우, 정제된 말뭉치를 구축하는 작업이 선행되어야 올바른 학습 결과를 얻을 수 있다. 또한, 이상의 선행 연구에서는 언어 정보로 형태소 품사 정보만을 이용하고 있으나, 형태소 품사열만으로 문장의 구문적 특성을 파악하기는 힘들다. 문장의 통사적 구조가 운율 구조와 밀접한 관계를 가졌음을 볼 때[2] 형태소 품사만으로는 운율구 경계 추정을 위해 의미있는 학습 결과를 얻기 어렵다.

2.3 상용 시스템의 오류 유형

현재 상용화된 음성합성 시스템은 다양한 통사적 구조에 대한 분석이 부족하여, 구문 구조의 분석이 안 된 부분은 어절 단위로 약하게 끊어 읽어 전체 문장의 운율이 자연스럽지 않고 합성된 문장의 의미가 바르게 전달되지 않기도 한다. 기존 상용 시스템에는 다음과 같은 오류가 발생한다.

표 1 상용시스템의 운율구 경계 오류 유형

오류 유형	오류	바른 읽기
① 수식 관계 분석 오류	새//인물//영입# 작업을	새#인물//영입# 작업을
② 수량사구 구조 분석 오류	한#뿌리에//천만 //원#이상이라고 오십여//분간//	한#뿌리에//천만 #원#이상이라고 오십여#분간//
③ 긴 복합명사 내부 경계 인식 오류	서울//중앙//지법 //중점//관할//지 역은	서울#중앙#지법 //중점#관할#지 역은
④ 구 경계 인식 오류	지난//칠십팔#년# 재발#서지학자	지난//칠십팔#년 ///재발#서지학자
⑤ 절 경계 인식 오류	잘#쳐야#된다고 ///그래서//제가 백삼십#밀리미터 #이상#그리고	잘#쳐야#된다고 //그래서///제가 백삼십#밀리미터 #이상///그리고

(‘///’: 강한 운율구 경계, ‘//’: 약한 운율구 경계, ‘#’: 운율

구 내부 비경계, 오류가 난 운율구 경계에 밀줄)

① 수식 관계 분석 오류는 관형사와 관형사의 수식을 받는 체언 사이를 붙여 읽지 않는 오류이다.

② 수량사구 구조 분석 오류는 ①번 오류의 한 유형으로 수량사구의 결합 구조에 대한 분석이 미약하여 수 관형사와 단위의존명사 간 약한 운율구 경계가 실현되어 발생한 오류로 기존 시스템에서 빈번하게 발생한다.

③ 명사가 연속되어서 하나의 긴 복합명사를 구성할 때 결합 패턴에 대한 분석 없이 명사 사이를 일괄적으로 약하게 끊어 읽으므로 운율적으로 자연스럽지 않다.

④ 구 경계 인식 오류

시간을 나타내는 부사구와 다음 명사구 간 경계를 인식하지 못하여 운율구 경계가 발생하지 않은 오류이다.

⑤ 절 경계 인식 오류

동일한 형태를 가지는 접속부사와 ‘용언+연결어미’ 간 형태소 중의성을 해결하지 못하여 절 간 경계를 인식하지 못한 오류가 빈번하다.

3. 운율구 경계 유형의 분류

한국어 운율 표기 규약인 K-ToBI (Korean Tone and Break Indices)에서는 네 가지의 Break Index 값을 정의하고 있는데, 이는 다음과 같다. 접어 간의 명료한 운율의 영향인 경우에는 ‘0’, 접착 현상 등의 영향이 일어나지 않는 구 내부의 어절 경계의 경우에는 ‘1’, 주관적으로 강한 휴지를 느끼지 못하는 최소의 구 간 분리 경계에 대해서는 ‘2’, 주관적으로 강한 휴지를 느끼는 구 간의 분리 경계에 대해서는 ‘3’의 값을 가진다 [11, 12]. 그러나 음성 처리 분야에서 운율구 경계 예측 모델링을 위해 사용하는 운율구 경계 유형은 보통 아래의 세 가지로 나눈다.

▪ **운율구 내부 비경계:** 어휘 층위의 수식언과 비수식언, 논항과 용언의 관계처럼 의미적으로 강하게 연결된 어절 간 붙여 읽는 운율구 내부 비경계 (‘#’로 표시).

예) ‘새#모자’, ‘오랜#친구’, ‘더#좋은’

▪ **약한 운율구 경계 유형:** 주관적으로 강한 휴지를 느끼지 못하는 최소의 통사구 간 분리 경계로 통상 강세구 경계에 대응된다. 통사적으로는 하나의 피수식언을 꾸미는 수식언이 연속해서 나타날 때나 하나의 용언에 지배를 받는 논항이 연속해서 나타날 때 각각 수식언

사이 그리고 논항 사이에 약하게 끊어 읽는다. 복합명사를 구성하는 명사 간 논항의 역할을 하는 명사와 동작명사 사이에 약하게 끊어 읽는 경계이다. 또한 발화 속도가 빨라 명백한 휴지를 지각하지 못할 때는 음조의 변화 및 마지막 음절의 장음화 등으로 지각되는 운율구 경계 (‘//’로 표시).

예) ‘저//아름다운#소녀’, ‘그와//의견을#달리하다’

▪ **강한 운율구 경계 유형:** 주관적으로 강한 휴지를 느끼는 통사구 간의 분리 경계로 통상 억양구 경계에 대응된다. 통사적으로는 감탄사, 독립언 다음에 혹은 쉼표인 ‘.’에 의해 분리된 대등한 구 사이의 경계, 대등한 두 절 사이에 형성되는 경계 (‘///’로 표시).

예) ‘철수야,///학교에#가자’, ‘8세는//초등학교,///14세는//중학교,///17세가//고등학교’

4. 구문정보와 운율정보에 기반한 운율구 경계 예측

본 장에서는 선행연구의 결과와 아나운서가 낭독한 방송 뉴스 스크립트를 분석하여, 운율구 경계 예측을 위한 단서를 규칙화한다. 이를 위해 방송 뉴스 스크립트인 원시 말뭉치와 음성 파일을 수집하여 [표 2]와 같이 말뭉치를 구성하였다.

[표 2: 말뭉치 구성]

구분	출처	문장	어절
분석 말뭉치	KBS 뉴스 스크립트	2,726문장	51,992어절
	ETRI 음성 스크립트	996문장	18,257어절
실험 말뭉치	KBS 뉴스 스크립트	97문장	2,173어절

통사 구조가 운율 구조를 형성하는 주요한 요인이며 운율구의 경계는 연속적인 발화의 흐름을 일정한 의미 정보별로 나누어 주는 역할을 담당하기 때문에 문장 내 의미정보 단위인 통사구 단위와 상관도가 크다는 사실이 언어학 및 음성 처리 분야의 많은 연구에서 보고가 되고 있다 [2, 10, 17]. 따라서 구문 정보의 분석을 통해 추출된 통사구 경계에 따라 운율구 경계 유형을 나누고, 통사 구조와 운율 구조의 상관관계에 따라 운율구 경계를 결정한다.

한편, 운율구는 발화를 통해 형성되므로 통사 구조와 상관없이 인간이 한 번의 호흡에 말할 수 있는 물리적인 조건에 제약을 받는다. 따라서 문장의 통사 외적 특징을 분석하여 운율구 경계를 예측한다.

4.1 구문 정보를 이용한 통사구 경계 추출

본 연구에서 사용한 형태소 분석 결과의 중의성 해소를 위해 사용한 품사 태거와 한국어 형태소의 품사 집합은 [18]에서 한국어 품사 태거 개발을 위해 정의한 집합이다. 총 품사 태거의 수는 43개이며, 그중 일부는 [표 3]과 같다.

[표 3 한국어 형태소 품사 집합 (일부)]

품사	
일반명사	보통명사
	동작성명사
	상대성명사
고유명사	
부사	일반부사
	접속부사
어미	선어말어미
	종결어미
	연결어미

[표 3]의 품사 분류는 형태소 분석, 품사 태깅 등을 위해 정의되었다. 그러나 위 품사 집합은 문장의 구조를 분석하여 통사구 경계를 추출하기에는 부족하다. 따라서 본 논문에서는 명사, 부사, 연결어미를 하위범주화하고 통사구 경계를 추출하기 위한 정보로 이용한다.

(1) 명사 하위범주화를 통한 명사구 경계 추출

정희정(2002)에서 분석한 바와 같이 일부 명사는 다른 명사를 수식하는 관형적인 용법을 보이는 명사가 있다. ‘재불’, ‘재일’, ‘완전’, ‘사교적’ 등과 같은 명사는 홀로 사용되지 않고 접두사처럼 다른 명사의 앞에서 다음에 오는 명사와 결합하여 복합명사를 이룬다.

또한, ‘현재, 최근, 지난해’와 같이 시간을 나타내거나 ‘다소’, ‘최대한/최소한’, ‘중점’, ‘적극’과 같이 정도를 나타내어 용언이나 부사를 수식하는 부사성 명사들도 있다.

[표 4 명사의 하위범주화]

품사	하위범주
일반명사	보통명사
	...
관형성 명사	접두명사
부사성 명사	시간명사
	정도명사

[표 4]와 같이 명사의 통사적, 의미적 성격에 따라 하위범주화함으로써 관형성 명사는 관형사로 처리하고 부사성 명사는 부사와 동일하게 처리한다. 이러한 처리를 통해 ‘최근(부사성 명사) 사교적 모임’과 같이 부사를 이루는 명사구와 복합명사를 이루는 명사구 간 경계를 추출할 수 있다.

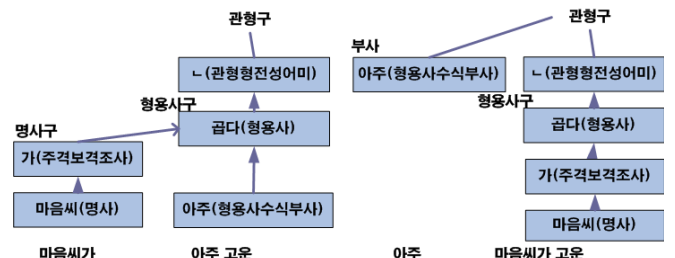
(2) 부사의 하위범주화를 통한 통사구 경계 추출

부사는 크게 문장 혹은 문장 성분을 수식하는 일반부사와 문장 성분을 연결하는 접속부사로 나뉜다. 일반부사는 다시 어떤 성분을 수식하느냐에 따라 피수식언의 종류와 범위에 따른 부사를 다시 하위범주화할 수 있다[9]. 따라서 일반부사를 그 수식 범위에 따라 [표 5]와 같이 하위범주화하였다.

[표 5 수식 대상에 따른 부사의 하위범주화]

수식언	피수식언	예	개수
명사 수식 부사	체언, 명사구	바로, 단, 마치, 유독	8
형용사 수식 부사	형용사, 관형사, 부사	아주, 매우, 덜	74
동사 수식 부사	동사	꼭, 꼭, 완전히	2,921
문장 수식 부사 (접속부사 포함)	연결구, 종결구	사실상, 예컨대, 그리고	109

총 3,112개 부사를 하위범주화하였고 이를 기반으로 각 부사와 결합하는 성분이 구성하는 통사구의 경계를 추출할 수 있다. 예를 들어, ‘마음씨가 아주 고운’은 [그림 1]과 같이 ‘아주’가 형용사 ‘곱다’를 수식하여 하나의 형용사구를 이루고 ‘아주 마음씨가 고운’에서는 ‘아주’와 ‘마음씨가 곱다’라는 형용사구 간 경계가 생긴다.



[그림 1 부사의 위치에 따른 통사구 경계]

(3) 연결어미 세분화를 통한 절 간 경계 추출

하나의 문장에 두 개 이상의 절이 접속부사 혹은 연

결어미로 연결되는 경우, 접속부사와 연결어미를 경계로 앞의 절에 있는 의존소는 연결어미나 접속부사 뒤에 있는 지배소의 지배를 받지 않는다. (단, 용언과 보조용언, 용언과 용언을 연결하는 연결어미나 어휘를 연결하는 접속부사는 이 제약에 해당되지 않는다.)

따라서 [표 6]과 같이 연결어미를 세분화하여 ‘절간 연결만 가능한 연결어미’를 ‘어휘 간 연결도 가능한 연결어미’와 구별함으로써 절 간 경계를 더 정확하게 추출할 수 있다.

[표 6 연결어미의 세분화]

연결어미	예	예문
어휘 연결도 가능한 연결어미	-며, -고, -나, -때, -며, -디, -으나, -자	철수가 <u>맑디</u> 맑은 물을 마셨다.
절 간 연결만 가능한 연결어미	-는데, -지만, -느라고, -니까, -면서	선생님은 학교를 나갔 <u>지만</u> 많은 학생들이 그분을 그리워

(4) 복합명사의 결합구조 분석 및 관용구 처리

두 개 이상의 명사가 결합한 복합명사는 보통 하나의 명사구를 형성하지만, 복합명사의 구조에 따라 내부 통사구 경계가 생긴다. 따라서 “현재 서울 중앙 지법 중점 관할 지역은”과 같이 여러 개의 명사가 연속하여 올 때 어디까지가 하나의 복합명사인지, 명사구 간 경계가 어디인지를 판단하기가 쉽지 않다. ‘현재’와 같이 복합명사를 구성하지 않는 명사와 복합명사 간 경계는 (1)에서 살펴본 바와 같이 명사의 하위범주화를 통해 추출할 수 있다. 반면 다어절로 이루어진 하나의 복합명사의 내부적 경계는 결합구조를 분석하여 추출한다. 한자 명사로 결합된 복합명사는 보통 명백한 통사 구조를 형성하고 있으며, 그 구조는 아래의 세 가지 유형으로 분류된다[6].

[표 7 복합명사의 구조와 내부 경계]

구조	예
① ‘명사+ 서술어’	시험문제 출제, 신입생 선발 고교 신입생 // 선발 계획
② ‘관형어+ 명사’	중점 지도, 완전 학습, 선발 계획
③ ‘부사어+ 동사’	적극 개입, 적극 추진, 자진 사퇴

복합명사의 세 가지 구조 중 ②는 관형어의 수식을

받는 명사의 결합으로 하나의 명사구를 이루고, ③은 (동사 수식) 부사어와 동사가 결합하여 하나의 통사구를 이룬다. 반면, ①의 구조는 명사와 서술어 앞뒤로 첨가되는 성분에 따라 ‘명사구+ 동사구(명사구)’의 결합이 된다. 따라서 ‘신입생 선발’과 같이 단일 명사와 단일 서술어가 결합한 경우에는 하나의 통사구를 형성하지만, ‘고교 신입생 선발 계획’과 같이 ‘고교 신입생(②의 구조)’, ‘선발 계획(②의 구조)’이 각각의 명사구를 형성한다. ‘-르 바 없-’와 같이 다어절이 하나의 관용어구를 형성하며, 이러한 관용어구는 사전으로 구축하여 통사적 경계를 추출한다.

4.2 구문 정보를 이용한 운율구 경계 예측

본 장에서는 형태소 품사의 하위범주화와 복합명사 결합구조의 분석을 통해 추출된 통사 구조와 운율 구조의 상관관계에 따라 운율구 경계를 결정한다.

통사 구조에 따라 결정되는 운율 구조의 상관관계는 다음과 같다.

- ① 다른 종류의 통사구 사이의 경계, 구와 절 사이의 경계 그리고 절과 절 사이의 경계는 강한 운율구 경계가 발생한다.
- ② 수식언과 피수식언 사이에 다른 성분이 끼어들면 수식언 다음에 강한 운율구 경계가 발생한다.
- ③ 독립언과 문장의 주절 사이에는 강한 운율구 경계가 발생한다.
- ④ 동일한 피수식언을 수식하는 수식언 간에는 약한 운율구 경계가 발생한다.
- ⑤ 동일한 용언의 단일 어휘 논항 간에는 약한 운율구 경계가 발생한다.
- ⑥ 복합명사의 내부 명사구 간 경계에는 약한 운율구 경계가 발생한다.
- ⑦ 단일 어휘 수식언과 단일 어휘 피수식언은 하나의 통사구를 이루어 그 내부에 운율구 경계가 나타나지 않는다.
- ⑧ 두 개의 명사 간 접속 혹은 동일한 품사의 두 개 용언 간 연결 그리고 본용언과 보조용언은 하나의 통사구를 이루므로 그 내부에는 운율구 경계가 나타나지 않는다.
- ⑨ 용언 바로 앞에 있는 단일 어휘 논항과 용언은 결합하여 하나의 통사구를 이루므로 그 내부에 운율구 경계가 발생하지 않는다.

이상과 같이 분석한 통사 구조와 운율 구조의 상관 관계에 따라 결정되는 운율구 경계를 시스템에서 구현하기 위해서는 [표 8]에서 기술하는 바와 같이 어절 간 통사적 결합 패턴을 규칙의 조건부로 두어 운율구 경계 예측 규칙을 구성하였다.

[표 8 통사 구조를 이용한 운율구 경계 예측 규칙]

통사 구조와 운율구 경계	예문
///<문장수식부사>///	예컨대///퇴근#시간에는
///<감탄사>///	발을#헛#디#댔#는지///“어머!”///소리를#지르며
///<체언+ 호격조사>///	철수야///너//학교에#갔니?
<관형사류> <시간명사>///	시즌이#끝난#지난달///삼성은
<용언+ 절 간 연결어미>///	장기#투자가//뒤따르지#않는다면///
<_+ 연결어미>///<!용언+ _>	많은#숙제를#남기고///당분간//잠복기를
<관형사류>///<용언+ 관형형 전성어미>	그//아름다웠던#여인
<체언+ 격조사(!관형격조사)>///<체언+ 격조사>	비구름이//동쪽으로#이동하면서
<일반명사>///<관형성명사>	시험#대비//완전#학습
<일반명사>///<부사성명사>	임직원//사진#사퇴
<관형사류>#<체언>	천만#원을//긴급#투여
<동사수식부사>#<동사>	수도#꼭지를//꼭#잠그고
<체언(!명사구)+ 격조사(!관형격조사)>#<용언+ 종결어미 절 간 연결어미>	동쪽으로#이동하면서
<_+ 연결어미>#<보조용언+ _>	조업#중단#사태가//속출하고#있습니다
<타동사+ 연결어미>#<타동사+ 어미>	선물을//주고#받고
<!관형사류><체언+ 접속조사>#<체언+ _>	너와#내가//최선을

4.3 구문 외 정보를 이용한 운율구 경계 예측

운율구의 경계가 통사구의 종류와 층위에 따라 많은 영향을 받지만 통사구 층위에 관계없이 운율구 경계가 결정되기도 한다. 인간은 비슷한 크기의 단위로 발화를 나눈다[10, 19]. 이는 인간이 한 번의 호흡에 말할 수 있는 물리적인 조건에 제약을 받기 때문이다. 또한 발화 초점, 문장의 길이뿐만 아니라 화자 개인의 신체 조건, 정서 상태, 발화 목적 및 스타일 등에 따라 운율 경계의 종류와 위치가 결정될 수 있다 [14]. 또한 다음과

같은 연구에서 운율구 경계를 추정하기 위한 구문 외적 단서를 분석하였다.

김성규 (1999)
휴지 실현의 우선 순위: 보조사>주격/보격조사>연결어미>부사어>접속격>... 관형형전성어미>목적격>보조용언 앞

이호영 (1997)
1) 복문이 관형절을 포함하고 있고, 관형절과 문장의 나머지 부분이 길 경우에는 관형절 다음에 말마디 경계가 부과되지 않고 관형절이 수식하는 명사 다음에 말마디 경계가 부과된다.
2) 복문을 이루고 있는 절들이 모두 짧을 경우에는 문장 전체가 하나의 말마디로 받음된다.
3) 문장이 하나의 절로 이루어진 단문이고, 하나의 말마디로 발화되기 어려울 정도로 길 경우에는 주어 다음에 말마디 경계가 부과될 가능성이 가장 높다.
4) 문장이 네 개 이상의 어절로 이루어져 있을 때에는 종종 두번째 어절 다음에 말마디 경계가 부과된다.

성철재 (2004)
(1) 피실험자(남, 녀 6인으로 구성)가 낭독체 문장 30개를 발성하도록 하여 녹음 후, 강세구와 억양구의 분포를 조사

[표 9 강세구와 억양구의 분포]

	강세구		억양구	
	음절 수	발말 수	음절 수	발말 수
평균	3.3개	1.21개	10.3개	3.7개
분포	3.1개~3.5개		9개~11.8개	3.23개~4.3개

위와 같이 선행연구에서 분석된 결과와 [표 2]에서 구성한 분석용 말뭉치를 분석하여 운율구 경계의 발생에 영향을 미치는 요인을 다음과 같이 분석하였다.

- **품사 정보:** 현재 어절과 현재 어절 좌, 우 어절(문맥)의 품사 정보이다. 현재 어절의 마지막 형태소가 주제화 보조사 ‘은/는’일 경우 운율구 경계가 올 가능성이 크며, 현재 어절의 오른쪽, 즉 다음에 오는 어절이 보조용언으로 시작하면, 현재 어절 다음에 붙여 읽는다.
- **거리 정보:** 문장의 시작으로부터 현재 어절까지의 거리, 지배소로부터 현재 어절까지의 음절 단위 거리와 어절 단위 거리를 의미한다. 현재 어절과 현재 어절의 지배소 간에 존재하는 음절 및 어절의 수가 많다는 것은 해당 운율구를 이루고 있는 어휘 군집의 크기가 크다는 것을 의미하므로 현재 어절 다음에 운율구 경계가 올 가능성이 크다.

- **위치 정보:** 통사구 내, 문장 내 현재 어절의 음절 단위 위치와 어절 단위 위치를 나타낸다. 현재 어절이 통사구나 문장의 앞부분 혹은 뒷부분에 가까울 경우, 현재 어절 다음에 운율구 경계가 올 가능성은 작다.
- **음절 및 어절 개수:** 어절 내, 통사구 내, 문장 내 음절 개수와 통사구 내, 문장 내 어절 개수를 의미한다. 이 값이 커지면 현재 어절의 길이, 통사구 및 문장의 길이가 길다는 것을 의미하므로 상대적으로 운율구 경계가 실현될 가능성이 크다.
- **문장 기호 정보:** 쉼표, 마침표, 쌍점 따위의 문장 기호 다음에는 운율구 경계가 발생할 확률이 높다.

5. 실험

5.1 실험 말뭉치 구성

본 논문에서 구현한 운율구 경계 예측 시스템의 성능을 평가하기 위해 [표 2]에서 제시된 바와 같이 97문장, 2,173어절로 구성된 실험용 말뭉치를 구성하였다.

5.2 시스템 성능 평가

시스템 성능은 [표 10]과 같이 운율구 경계 유형별로 세분화하여 정확도, 재현율을 구하였다.

[표 10 운율구 경계 유형별 세분화된 성능]

평가 척도	강한 운율구 경계	약한 운율구 경계	운율구 내부 비경계
Precision	90.75%	71.90%	91.32%
Recall	90.42%	64.20%	94.21%

[표 11]에서는 시스템의 전체 성능을 판단하기 위해 [3, 7, 22]에서 사용된 Break correct, Juncture correct를 이용하여 평가하였고 선행연구에서 품사 tri-gram을 이용한 모델[3], 그리고 CRF를 이용한 한국어 운율 경계 추정 모델[7]과 성능을 비교하였다.

[표 11 운율구 경계 예측 성능]

모델	Break_Correct	Juncture_Correct
POS tri-gram	67%	87%
CRF	75.62%	89.80%
본 시스템	87.18%	89.27%

본 시스템은 운율 구조와 밀접한 관계를 가지는 통사 구조를 보다 정확하게 분석하고 운율 특성을 이용하여

운율구 경계를 비교적 높은 성능으로 예측한다. 특히 통사구 경계와 상관 관계가 높은 강한 운율구 경계와 운율구 내부 비경계에 대한 판단에 있어 높은 성능을 보인다. 그러나 본 시스템은 약한 운율구 경계의 예측에 있어서는 그리 높지 않은 성능을 보이는데 이는 구문 외적 요인의 영향으로 운율구 경계 실현이 가변적으로 변할 수 있는 부분이 많기 때문이다. 가변적 운율구 경계 추정을 위해 4.3절에서 제시한 요소 외에도 좀더 다양한 요소를 분석하여 학습을 통해 시스템이 더욱 유동적으로 운율구 경계를 판단할 수 있어야 한다.

6. 결론

본 논문에서는 자연스러운 한국어 운율구 경계를 예측하기 위해 문장 성분을 하위범주화하고 통사 구조를 분석하였다. 분석한 통사 구조와 운율 구조의 상관관계에 따라 운율구 경계 예측 규칙을 설정하였다. 통사적 정보 외에도 통사구와 문장의 길이, 문장 내 위치, 문맥의 의미 정보 등에 따라 가변적인 운율구 경계를 판단할 수 있도록 하였다. 그 결과 통사구 경계와 상관 관계가 높은 강한 운율구 경계 예측과 운율구 내부 비경계 예측에 있어 90% 이상의 높은 재현율과 정확도를 보였으며, 전체 운율구 경계 예측에 있어서도 87% 이상의 성능을 보였다.

그러나 본 연구에서 분석한 요소 외에 더 다양한 요소를 분석하고 시스템이 음성 데이터의 성격에 따라 유동적으로 운율구 경계를 판단할 수 있도록 시스템이 학습을 통한 가변적 운율구 경계 추정을 할 수 있어야 하며, 이를 위해 연구를 진행 중이다.

6. 참고 문헌

- [1] 권오일, 홍문기, 강선미, 신지영 (2002), “코퍼스 방식 음성합성에서의 개선된 운율구 경계 예측”, 『음성과학』, 9권 3호, pp.25-34.
- [2] 권재일, 김윤한, 문양수, 남승호, 전종호 (1997), “통사 구조와 운율 구조의 상관성 연구: 중의성 해소 양상을 중심으로”, 『언어학』, 제20호, pp.103-109.
- [3] 김병창, 이근배 (2003), “자연어 처리 기반 한국어 TTS 시스템 구현”, 『말소리』 제46호, pp.51-64
- [4] 김상훈, 성철재, 이정철 (1997), “운율구 경계현상 분석 및 텍스트에서의 운율구 추출”, 『한국음향학회지』, 16권 1호, pp.24-32.
- [5] 김선미 (2002), 『한국어의 리듬 단위와 문법 구조: 음성 합성에서 리듬 구현의 자연성 향상을 위한 음성·언어학적 연구』, 서울대학교.
- [6] 김성규 (1999), “잠재적 휴지의 실현”, 『선청어문』, 27권, pp.831-860.

- [7] 김승원, 김병창, 정민우, 이근배 (2005), "CRF를 이용한 한국어 운율 경계 추정", 『제17회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회 논문 발표집』, pp.134-138.
- [8] 김현권 (1999), "어휘부 구축을 위한 현대 한국어 부사의 기술— 한국어 부사 분류와 기술의 문제", 언어학 제24호, pp.109-144.
- [9] 성철재 (2004), "한국어 낭독체 문장 운율구의 실험과 예측: 음성합성용 PBS(Phonetically Balanced Sentences) 30문장을 대상으로", 『언어학』, 제40호, pp.145-168.
- [10] 이상호, 오영환 (1998), "CART를 이용한 운율구 추출 및 휴지 기간 모델링", 『제15회 음성통신 및 신호처리 워크샵』, 제15권 제1호, pp.81-86.
- [11] 이숙향 (2002), "한국어 운율구조 기술 체계에 대한 연구 :K-ToBI 기술 체계를 중심으로", 『언어학』, 제10권 제2호, pp.1-18.
- [12] 이양희, 김병일 (2002), "한국어 TTS 시스템을 위한 운율구 경계 예측", 『정보과학연구』, 6권, pp.175-184.
- [13] 이찬도 (1997), "음성인식·합성을 위한 한국어 운율단위 음운론의 계산적 연구: 음운단위에 따른 경계의 발견", 『한국정보처리학회 논문지』, 4권 1호, pp.280-287.
- [14] 이호영 (1997), "국어 머리 억양의 음향 음성학적 연구", 『말소리』, 33~34호.
- [15] 전진욱, 김한우, 김동건, 이양희 (2002), "한국어 TTS 시스템을 위한 운율구 경계 예측", 『2002년도 한국음향학회 학술발표대회 논문집』, 제21권, 제1(s)호, pp.77-82.
- [16] 정희정 (2002), 『한국어 명사 연구』, 한국문화사.
- [17] Kaiki, N., Sagisaka, Y. (1992), "Pause Characteristics and Local Phrase-Dependency Structure in Japanese", *Proceedings of ICSLP*, pp.357-360
- [18] Kang, M., Jung, S., Park, K., Kwon, H. (2007), "Part-of-Speech Tagging Using Word Probability Based on Category Patterns", LNCS, vol.4394, pp.119-130
- [19] Ostendorf, M., Veilleux, N. (1994), "A Hierarchical Stochastic Model for Automatic Prediction of Prosodic Boundary Location", *Computational Linguistics*, Vol.20, No.1, pp.27-54.
- [20] Sanders, E., Taylor, P. (1995), "Using statistical models to predict phrase boundaries for speech synthesis", *In Proceedings of Eurospeech 1995*.
- [21] Sun, X., Applebaum, T. H. (2001), "Intonational Phrase Break Prediction Using Decision Tree and N-Gram Model", *In Proceedings of Eurospeech 2001*.
- [22] Taylor, P., Black, A. W. (1997), "Assigning Phrase Breaks from Part-of-Speech Sequences", *In Proceedings of Eurospeech 1997*, Rhodes, pp. 995-998.