

LDA와 tri-tone 모델을 이용한 운율경계강도 예측

Prosodic Break Index Estimation using LDA and Tri-tone Model

강 평 수*, 엄 기 완*, 김 진 영*

(Pyung Su Kang*, Ki Wan Eom*, Jin Young Kim*)

* 본 논문은 97년도 정보통신부 대학기초 연구비 및 한국과학재단 지원
전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

요 약

본 논문에서는 발화된 문장으로부터 운율 경계 강도를 효과적으로 예측하기 위해 LDA와 tri-tone 모델을 혼합한 방법을 제안하였다. 이 방법은 기존의 LDA 방법을 사용하여 음절과 휴지기의 길이 정보를 운율경계강도 예측에 적용하고 피치정보를 벡터양자화에 적용하여 tri-tone이란 개념을 도입한 혼합형 모형이다. 제안된 방법은 주어진 200문장의 운율경계 강도를 예측하는 실험에서 72%의 정확성을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper we propose a new mixed method of LDA and tri-tone model to predict Korean prosodic break indices (PBI) for a given utterance. PBI can be used as an important cue of syntactic discontinuity in continuous speech recognition (CSR). The model consists of three steps. At the first step, PBI was predicted with the information of syllable and pause duration through the linear discriminant analysis (LDA) method. At the second step, syllable tone information was used to estimate PBI. In this step we used vector quantization (VQ) for coding the syllable tones and PBI is estimated by tri-tone model. In the last step, two PBI predictors were integrated by a weight factor. The proposed method was tested on 200 literal style spoken sentences. The experimental results showed 72% accuracy.

I. 서 론

사람은 화자의 음성을 청취할 때, 음의 경계 위치를 지각한 후 화자의 의도를 해석하는데, 그 정보를 이용한다. 이처럼 청취자로 하여금 발화의 끊김을 지각시키는 곳을 운율구 경계라 하며, 이러한 운율구 경계의 위치와 경계의 강도를 찾는 문제는 합성기의 자연성을 향상시키는 중요한 변수가 된다[1-4]. 합성음의 자연성은 음성합성 시스템에서 이러한 운율 정보를 어느 정도 충실히 구현할 수 있는가의 여부에 달려 있기 때문이다. 한편 최근에는 운율 정보를 음성인식에 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행 중이다[5-7]. 이는 현재의 HMM과 언어모델을 이용한 무제한 단어 음성 인식기의 성능에 한계가 있기 때문에 운율 정보를 음성 인식에 부가적인 정보로서 사용하고자 함이다. 본 논문에서는 한국어의 운율현상을 규명하여, 운율 정보를 음성인식 적용하고자 하는 것으로서 운율경계강도(Prosodic Break Index, PBI)를 예측하기 위해 음절과 휴지기의 길이정보와 억양정보를 이용하였다.

II. 음성 코퍼스 및 운율경계강도 결정

2.1. 음성 코퍼스

본 연구에서 사용된 문장은 한국어의 다양한 구문 및 음운 구조를 포함하도록 선택되었으며, 여기에는 서술문, 의문문, 구문 등 어미에 따른 문의 종류와 단문, 중문, 복문 등 여러 가지의 문법구조가 포함되었다. 본 연구에서는 이러한 목적으로 여러 가능한 텍스트(뉴스, 논설문, 소설, 수필 등)에서 200문장을 발췌하였다. 그리고 서울태생의 여성화자가 발췌된 200개의 문장을 보통속도로 발성한 것을 녹음하였으며, 사용된 녹음기는 SONY의 DAT(Digital Audio Tape-Recorder) TCD-D10이며 콘덴서 마이크로폰(AKG C535EB)을 사용하였다. 이들 신호는 표본화율 8kHz, 16 bits로 A/D 변환되었으며, 음성 데이터의 태깅과 피치 분석 등의 과정은 자체적으로 개발한 Tool를 사용하였다.

2.2. 운율경계강도 결정을 위한 청취실험

운율경계강도는 발화된 음성을 청취할 때 사람이 느끼는 어절간의 운율적 이질감으로서 객관적인 판단에 의한 값 이라기보다는 심리음향학적 파라미터라고 할 수 있다. 따라

* 전남대학교 전자공학과
접수일자: 1999년 1월 26일

서, 운율경계강도와 운율정보(피치, 길이 및 세기)는 상호 관련성은 있으나, 반드시 일치하는 것은 아니다. 본 연구에서는 청취실험을 통하여 운율경계강도를 결정하였다. 구축된 200문장을 들려주고 청취자들이 0~3사이의 값 중에서 하나를 결정하도록 하였다. 물론, 실험에 참가하는 청취자들에게는 운율경계강도의 의미에 대하여 충분히 설명하였다. 실험에 참가한 인원은 모두 10명이었으며, 운율경계강도는 10개의 값을 대상으로 최빈치(mode) 값을 선택하였다.

청취실험을 위해 정의한 각 운율경계강도의 의미는 다음과 같다.

표 1. 운율경계강도 분류
Table 1. Classification of prosodic break index.

PBI	설 명
0	어절간에 경계가 전혀 느껴지지 않는다.
1	어절간에 약한 경계가 느껴진다.
2	어절간에 강한 경계가 느껴진다.
3	어절간에 매우 강한 경계가 느껴진다.

III. 길이 정보에 의한 운율경계강도

본 연구에서는 음절과 휴지기의 길이와 PBI와의 관련성을 조사하기 위해, 이들 길이 정보를 바탕으로 LDA(Linear Discriminant Analysis)방법을 사용하여 PBI를 예측하는 다양한 실험을 하였다.

3.1. 음절의 상대적 길이와 운율경계강도

일반적으로 화자의 발음 스타일 또는 발음 속도에 따라 음절 등의 절대적 길이는 변화하게 된다. 경계음절의 길이는 상대적으로 바로 앞의 음절의 길이와 바로 뒤따르는 음절의 길이에 비해서 길어지기 때문에 이 두 음절의 길이를 사용하여 정규화 시킨 상대적 길이를 길이 정보로 사용하였다. 이와 같은 방법은 화자의 발음 속도 변화에 대해서도 어느 정도 PBI예측에 있어 일관성을 나타내게 된다.

다음 표 2는 PBI에 따른 음절간의 길이 비에 대한 평균과 표준편차를 정리한 것이다.

표 2. PBI에 따른 음절 상대적 길이비
Table 2. Statistical characteristics of the duration ratios.

PBI	d_{i-1}/d_i		d_{i+1}/d_i	
	평균	표준편차	평균	표준편차
0	0.898	0.676	1.094	0.516
1	0.727	0.324	0.967	0.386
2	0.609	0.345	0.849	0.353
3	0.590	0.300	0.776	0.348

위 표에서 d_{i-1} 는 경계 앞 음절의 길이, d_i 는 경계음절의 길이 그리고 d_{i+1} 는 경계다음 음절의 길이를 나타내며, 위 결과를 보면, PBI가 증가할수록 운율구 경계에서의 음절들간의 길이비는 감소함을 나타낸다.

또한 음절들간의 길이비에 대한 t-test 결과 이들 상대적 길이가 PBI를 예측하는데 통계적으로 중요한 파라미터임을 알 수 있었다[8].

3.2. 휴지기 길이와 운율경계강도

휴지기는 운율 불연속성의 직접적인 역할을 한다. 본 연구에서는 청취실험에 의한 PBI와 수작업으로 레이블링한 PBI가 일치했을 때, 각 PBI별 휴지기의 평균길이를 조사하였으며, 다음 표 3에 각각의 PBI별 발생 횟수와 휴지기 길이에 대한 통계량을 나타내었다. 여기에서 발생 횟수 A는 청취실험에 의한 것이며, 발생횟수 B는 청취실험 결과와 레이블링 결과가 일치한 경우를 나타낸다.

표 3. 운율구 경계에서의 휴지기 길이 분석
Table 3. Pause duration versus prosodic break.

PBI	발생횟수 A	발생횟수 B	평균 (msec)	표준편차 (msec)
0	1851	10	90	36
1	437	18	123	72
2	463	161	218	101
3	254	132	386	151

3.3. 길이 정보에 의한 운율경계강도예측

운율경계강도를 예측하기 위한 분석방법으로 LDA는 다중 변수 통계해석에서 많이 사용되는 방법으로 몇몇 연구자들에 의해 운율정보처리에도 사용되었다. 본 연구에서도 경계음절에서의 음소 길이비와 휴지길이를 PBI 예측에 사용하기 위해 LDA 방법을 사용하였다[9-10]. 이에 대한 결과는 다음 표 4에 나타내었다.

표 4. 음절 길이 비와 휴지길이에 의한 LDA 분석결과
Table 4. LDA results about the syllable duration ratios and pause duration.

(단 위: %)

예측값 \ 실제값	0	1	2	3
0	53.68	45.85	0.47	0.00
1	33.79	61.26	4.50	0.45
2	6.00	38.37	38.55	17.08
3	0.00	3.01	15.79	81.20

IV. 억양정보에 의한 운율경계강도 예측

한국어에 있어서 피치의 패턴은, 주어진 어절의 음운 환경에 따라 달라질 수 있으나, 하나의 LH 피치패턴 또는 LF 피치패턴의 반복(즉 LHLH)으로 이루어진다고 알려져 있다[11]. 그러나 이와 같이 음절내에서 피치의 최소·최대 값으로 피치 패턴을 근사화한 모델에서는 피치의 역동적인 변화를 고려하지 못함으로써 운율경계강도를 예측하는데 한계를 가지고 있다. 그러므로 본 연구에서는 음절 내 피치의 역동적인 피치 패턴을 고려할 수 있도록 음절 내 피치를 파라메트릭(parametric) 모델과 비파라메트릭(non-parametric) 모델 두 가지를 사용하였다.

4.1 피치의 파라메트릭 모델링에 의한 운율경계강도 예측

한 음절 내에서의 피치 패턴을 완만하게 변화하는 신호로 가정한다면, 피치 패턴을 2차선 또는 piecewise 선형식으로 모델링할 수 있다. 그러나 piecewise 선형식으로 모델링할 경우에는 총 5개의 파라메터가 필요하게 되므로, 본 연구에서는 다음 식1과 같이 3개의 파라메터로 피치 패턴 $f(t)$ 를 시간 t 에 대한 2차 함수로 모델링하였다.

$$f(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 \tag{1}$$

한국어의 피치 패턴은 LHLH의 형태로 결정이 된다고 하였으므로, 일단 음절 내 피치 패턴의 평균값을 하나의 파라메터로 정하였다. 그리고 피치 패턴의 역동성을 결정하는 값은 주어진 피치 패턴의 1차 미분 값과 2차 미분 값에 의하여 결정되므로, 음절 내 1차 미분 그리고 2차 미분의 평균값을 각각의 파라메터로 사용하였다[12].

따라서, 본 연구에서 사용하는 피치패턴 모델링에 사용된 파라메터는 다음과 같다.

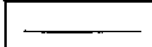
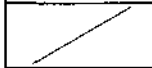

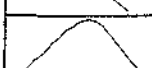
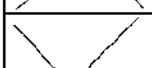
- AP : 음절 내 피치의 평균값
- ADP : 음절 내 피치의 1차 미분에 대한 평균값
- ADDP : 음절 내 피치의 2차 미분에 대한 평균값

위의 파라메터 중 AP는 피치가 전반적으로 어느 범위에 존재하는가를 결정하는 파라메터가 되며, ADP와 ADDP는 피치의 모양을 결정하는데 이를 간단히 정리하여 보면, 다음 표 5와 같다.

위에서 제시한 바와 같이 PBI를 예측하기 위해서는 경계 음절의 상대적 피치 값과 그 패턴이 중요하다. 따라서 피치 패턴으로 2차식 모델을 적용하면, 하나의 운율경계에 대해서 9개의 파라메터가 나온다. 즉, 경계음절(s_i), 그리고 경계앞음절(s_{i-1})과 경계다음음절(s_{i+1}), 3음절의 파라메터가 필요한 것이다. 따라서, 하나의 경계 현상마다 다음과 같은 파라메터셋이 소요된다.

표 5. 피치패턴 모양과 파라메터 성질

Table 5. Pitch patterns and characteristics of their parameters.

	ADP ≈ 0	ADDP ≈ 0
	ADP > 0	ADDP ≈ 0
	ADP < 0	ADDP ≈ 0
	ADP ≈ 0	ADDP < 0
	ADP ≈ 0	ADDP > 0

$$\left\{ \begin{array}{lll} AP_{s_{i-1}}, & ADP_{s_{i-1}}, & ADDP_{s_{i-1}}, \\ AP_{s_i}, & ADP_{s_i}, & ADDP_{s_i}, \\ AP_{s_{i+1}}, & ADP_{s_{i+1}}, & ADDP_{s_{i+1}} \end{array} \right\}$$

다음의 표는 총 9개의 파라메터를 LDA 분석기법을 사용하여 운율경계강도를 예측한 결과를 나타내었다.

표 6. 파라메트릭 방법에 의한 운율경계강도 예측결과

Table 6. Prediction results of prosodic break index using parametric method.

(단 위: %)

예측값 \ 실제값	0	1	2	3
0	20.72	20.90	29.33	29.05
1	20.00	22.79	28.37	28.84
2	13.1	27.55	28.78	23.67
3	18.00	19.55	27.86	34.59

위의 예측결과 피치패턴의 파라메트릭 모델은 PBI를 예측하는데 있어 유효하지 못함을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 다음과 같은 결론을 지을 수 있었다.

- 첫째, 운율경계강도를 예측을 위한 파라메터로 피치의 평균값은 유효하지 않다.
- 둘째, 2차식의 피치패턴 모델링은 피치의 역동성을 충분히 반영하지 못한다.

위와 같은 두 가지의 결론으로부터 음절 내 피치를 표현하는 방법으로서 파라메트릭 방법의 대안으로 비파라메트릭 방법을 사용하여 운율경계강도를 예측하는 실험을 하였다.

4.2 피치의 비파라메트릭 모델링에 의한 운율경계강도 예측

피치패턴에 대하여 비파라메트릭 방법을 적용하여 모델링

한다는 것은 결국, 학습에 의한 집단화 방법을 사용한다는 의미이다. 즉, 각각의 음절의 피치패턴들을 집단화에 의해 수 개의 군집을 만들고, 각 군집의 이름(index)으로 음절 피치 패턴을 모델링하는 것이다. 이와같은 방법이 피치의 패턴(즉, tone) 세 개를 보고 마치 tri-gram 언어모델을 적용하는 바와 유사한 방법이 되므로 tri-tone 모델에 의한 PBI 예측 방법이라 하였다. 그런데, 과학 코딩방법에서 주어진 신호를 임의의 차의 벡터 신호를 생각하여, 이를 집단화하고 패턴 인식 기법을 동원하여 패턴의 이름(인덱스)을 전송하는 방법을 벡터양자화(vector quantize, VQ)라고 한다. 결국 본 연구에서 채택한 방법은 VQ의 방법과 동일한 것이다.

한편, 벡터 양자화기를 음절톤에 적용하기 위해서는 모든 음절톤을 동일한 벡터 차수라고 간주하여야 한다. 그러나, 실제로 음절톤(음절내 피치패턴)의 길이는 그 길이가 다양하기 때문에 일정한 크기를 갖지 않으므로, 시간정규화를 하여 각 음절톤의 길이를 일정하게 하였으며, 집단화 방법으로는 LBG 알고리즘을 사용하였다[13].

음절 내 피치패턴을 집단화하는 과정은 다음의 그림과 같다.

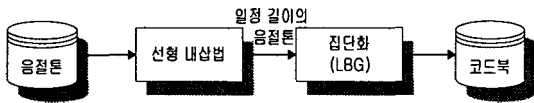


그림 1. 음절톤들의 집단화 과정
Table 1. Clustering procedure of syllable tone.

그러므로, 코드북 인덱스 열에 대한 운율경계강도 확률 또는 평균 운율경계강도를 다음과 같이 추정할 수 있다.

운율경계강도 확률 :

$$P(PBI|I_{s-1}, I_s, I_{s+1}) = \frac{N(PBI|I_{s-1}, I_s, I_{s+1})}{\sum_K N(K|I_{s-1}, I_s, I_{s+1})} \quad (2)$$

운율경계강도 예측값 :

$$PBI = \frac{\sum_K [N(K|I_{s-1}, I_s, I_{s+1}) \times K]}{\sum_K N(K|I_{s-1}, I_s, I_{s+1})} \quad (3)$$

단, 위 식에서 $N(K|I_{s-1}, I_s, I_{s+1})$ 은 인덱스 열이 I_{s-1}, I_s, I_{s+1} 일 때, 운율경계강도가 K인 경우의 개수를 말한다.

본 논문에서 제안한 tri-tone 모델은 코드북(code book)에 있는 코드워드(code word)의 크기에 따라서 그 복잡도가 결정된다. 물론 코드북의 크기가 크면 예측값은 더욱 정확해 지겠지만, 음성 코퍼스의 크기가 200개의 문장으로 한정되어 있기 때문에 무조건 크게 할 수 없다. 예를 들어서 코드북의 크기가 128이라면, 규칙의 개수가 128³

가지가 되어서 학습 데이터량에 비해서 무의미한 규칙이 된다. 본 연구에서는 적당한 코드북의 크기와 N-tone 모델을 결정하기 위해 PBI 예측 오차와 평균 엔트로피를 계산하였으며 그 결과는 아래 표 7과 같다.

표 7. 비파라메트릭 방법에 의한 운율경계강도 예측
Table 7. Prediction results of prosodic break index using the non-parametric method.

코드북 크기 N-tone	규칙 수	평균예측오차	평균엔트로피
128 uni-tone	128	0.622	0.642
32 uni-tone	32	0.794	0.793
16 bi-tone	256	0.472	0.643
8 tri-tone	512	0.334	0.531
8 bi-tone	64	0.722	0.788
8 uni-tone	8	0.933	0.921

결론적으로, 코드북 사이즈 8의 tri-tone 모델은 다른 경우에 비해 규칙의 수는 많지만, 코드북 크기에 따른 구현의 복잡성을 고려할 때 예측성능에 있어 가장 타당함을 알 수 있다. 그리고 그림 2는 코드북 사이즈가 8개일 때의 코드워드를 보여주는 그림이다.

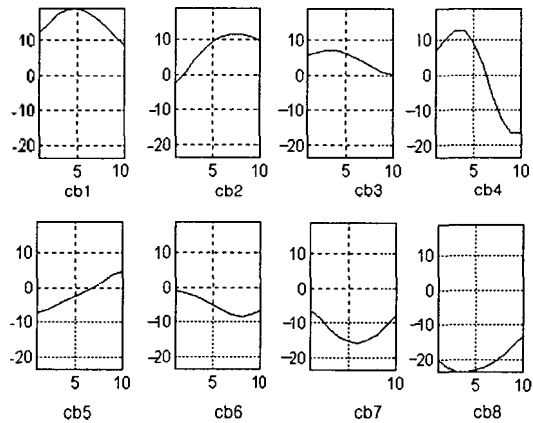


그림 2. 벡터차수가 10이고 코드북 사이즈가 8인 경우의 코드워드
Fig. 2. Clustered codewords for syllable tone labeling.

위의 그림에서 y-축은 단위가 Hz이며, x-축은 벡터에서의 몇 번째 값인가를 나타낸다. 여기에서 x-축이 10으로 되어있는데, 이는 벡터의 차수가 10이 되도록 음절 내 피치 패턴들을 정규화 하여 사용하였기 때문이다. 그리고 y-축의 단위가 Hz인 까닭은 피치정보의 크기를 정규화하지 않았기 때문이다.

그러나 피치의 변동폭은 화자에 따라 모두 다르다. 예를 들어, 남성 화자와 여성 화자의 피치 변동폭과 평균 크기는 매우 달라서, 피치의 절대값을 정규화하지 않고 사용

한다면, 일반적인 규칙으로서 사용하기에는 매우 힘들다. 따라서, 피치의 크기를 정규화 하여 사용하는 것이 타당한 방법이다.

피치를 정규화하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 그 중 가장 타당한 방법은 피치의 크기를 기저선(baseline)의 값으로 정규화 시키는 것이다. 그러나 자동적으로 정확한 기저선을 결정하는 것은 어려우므로, 본 연구에서는 피치 신호를 저역 통과를 시킨 신호, 즉 피치 신호 중 저주파 성분을 기저선으로 근사화하여 대신하도록 하는 방법을 사용하였다. 또한 운율경계에 의한 boundary tone은 기저선 위에 실리기 때문에 다음과 같이 원래의 피치 정보로부터 글로벌 톤 성분을 제거하고 글로벌 톤으로 정규화하였다.

$$\text{정규화된피치} = (\text{원래피치} - \text{글로벌톤}) / \text{글로벌톤} \quad (4)$$

위와 같은 방법으로 정규화 하여 운율경계강도를 예측 하였을 때(단 코드북 8, tri-tone 모델), 평균 오차 값은 0.367이고 엔트로피는 0.605를 얻었다. 이 값은 정규화를 하지 않았을 때의 평균오차 0.334보다 약간 증가한 값이기는 하지만, 증가량이 크지 않기 때문에 타당한 방법이라고 생각되며, 어느 화자가 발화하더라도 사용할 수 있는 방법이다.

V. LDA와 tri-tone 혼합 모델

다음의 그림 3은 본 논문에서 PBI예측을 위해 제안한 LDA와 tri-tone의 혼합모델을 나타낸다. 여기에서는 길이 정보와 피치 정보에 의해 독립적으로 적용한 후, 두 결과를 적당한 가중값에 의하여 통합하는 방법을 사용한 것이다.

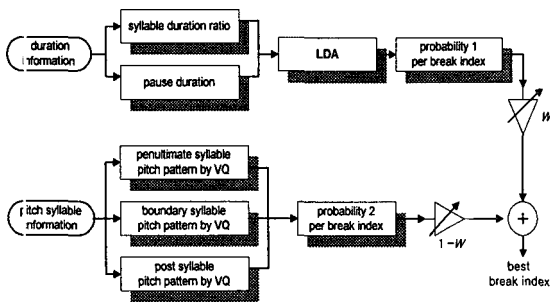


그림 3. 운율경계강도 예측 모델
Fig. 3. PBI prediction model.

여기에서 최적의 가중값 W 를 구하는 문제는, 그 값을 변화시켜 가면서 PBI 예측률이 최대가 될 때의 값으로 정하였다. 그 결과 가중값은 0.48이었으며, 가중값에 따른 분류율을 그림 4에 나타내었다.

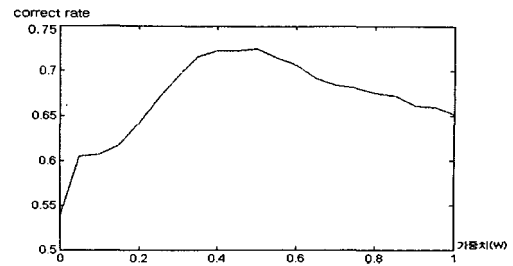


그림 4. 가중값에 따른 분류율
Fig. 4. Correction rates according to weight w .

다음 표 8은 가중값이 0.48일 때의 길이 정보와 피치 정보를 통합 방법으로 PBI를 예측한 결과를 보여주는 것이다. 평균 예측 오차는 0.28로써, 길이 정보만을 사용한 경우에 비하여 약 32% 정도가 향상되었다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 새로이 제안하여 사용한 통합 방법의 타당성을 검증하는 것이다.

표 8. 가중값에 의한 통합결과
Table 8. PBI prediction results using the proposed LDA and tri-tone model.

(단 위: %)

예측값 \ 실제값	0	1	2	3
0	96.86	2.64	0.28	0.22
1	49.89	42.71	7.40	0.00
2	10.79	13.23	47.84	28.14
3	0.76	0.77	11.97	86.50

VI. 결 론

지금까지 본 논문에서는 발화된 음성신호로부터 운율 경계강도를 예측하기 위한 방법으로 LDA와 tri-tone의 혼합 모델을 제안하였다. 길이정보를 사용하여 운율경계강도를 예측하는 방법로서는 LDA 방법을 사용하였으며, 피치 정보를 예측에 사용하기 위해 tri-tone 모델을 사용하였으며, 운율경계강도 예측 실험을 통해 제안된 방법의 타당성을 보였다. 그러나 보다 효과적인 운율경계강도 예측을 위해 에너지의 정보를 이용하는 방법에 대한 연구도 필요하다. 본 논문에서 제안된 방법은 향후 음성인식 시스템에 적용하여 그 성능을 재검증하고자 한다.

참 고 문 헌

1. J. Allen, M. S. "Hunnicut & D. Klatt, From Text to Speech : The MITalk System," Cambridge University Press, 1987.
2. Y. J. Kim, S. H. Lee, Y. H. Oh, "Relationship Between Prosodic Features and Dependency Relation," Proc. ICSP'97, 1997.

3. R. Kompe, S. Schacht, "Improving Parsing of Spontaneous Speech with the Help of Prosodic Boundaries," VM Report, 1997.
4. M. Ostendorf, "Parse Scoring with Prosodic Information: An Analysis and Synthesis Approach," in Computer Speech and Language. July 1993.
5. M. Ostendorf, "Evaluation the Use of Prosodic Information in Speech Recognition and Understanding," Boston Univ, 1997.
6. P. Taylor, "A new Model of Intonation for Use with Speech Synthesis and Recognition," 1992.
7. A. J. Hunt, "A Generalized Model for Utilising Prosodic Information in Continuous Speech Recognition," Speech Technology Research Group, University of Sydney, 1995.
8. 오창수·유지성, 현대통계학, 박영사, 1995.
9. A. J. Hunt, "A Prosodic Recognition Module Based on Linear Discriminant Analysis," Proc. ICSLP'94, pp. 1119-1122, 1994.
10. 김기영, 전명식, 다변량 통계자료분석, 자유아카데미, 1994.
11. Jun, Sun-Ah, The Phonetics and Phonology of Korean Prosody. Ph.D. dissertation. The Ohio State University, Columbus, Ohio, 1993.
12. 한민수 외, 한국어 음성합성 기술 연구(V), ETRI 연구보고서, 1995.12.
13. Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Commun., vol. COM-28, pp. 84-95, 1980.

▲강 평 수(Kang Pyung Su)



1996년 8월 : 전남대학교 수학과
(공학사)
1999년 2월 : 전남대학교 전자공학과
(공학석사)
※ 주관심분야: 음성인식, 운율정보 처리

▲엄 기 완(Eom Ki Wan)



1996년 2월 : 광주대학교 전자공학과
(공학사)
1998년 2월 : 전남대학교 전자공학과
(공학석사)
1998년 8월 ~ 현재 : 전남대학교
전자공학과 박사과정
※ 주관심분야: 음성인식 및 합성
의 운율정보처리

▲김 진 영(Kim Jin Young)

현재 : 전남대학교 공과대학 전자공학과 조교수
(제18권 4호 참조)

※ 주관심분야: 음성인식, 음성합성, 멀티모달 MMI