

결정 트리 모델링에 의한 한국어 문맥 종속 음소 분류 연구 (A Study on the Categorization of Context-dependent Phoneme using Decision Tree Modeling)

이 선 정*
(Sun-Jeong Lee)

요 약

본 논문에서는 한국어 음소가 좌, 우 음소에 따라 발음 방식이 달라질 때 매 음소를 모델링 하는 방법에 관한 연구를 수행한다. 이를 위해 유닛 감소 알고리즘과 결정 트리(Decision Tree)를 사용하는 방법을 사용하여 비교 연구한다. 유닛 감소 알고리즘은 통계적 특성만을 이용한 알고리즘이며 결정 트리 모델링 방식은 한국어 음운정보와 통계적 정보를 이용하여 문맥종속 음소를 분류하는 방식이다. 특히 본 논문에서는 결정 트리를 사용하여 문맥종속 음소를 분류하는 것에 대하여 상세히 기술한다. 마지막으로 결정 트리를 사용하여 분류된 문맥종속 음소의 성능을 실험하였다.

ABSTRACT

In this paper, we show a study on how to model a phoneme of which acoustic feature is changed according to both left-hand and right-hand phonemes. For this purpose, we make a comparative study on two kinds of algorithms; a unit reduction algorithm and decision tree modeling. The unit reduction algorithm uses only statistical information while the decision tree modeling uses statistical information and Korean acoustical information simultaneously. Especially, we focus on how to model context-dependent phonemes based on decision tree modeling. Finally, we show the recognition rate when context-dependent phonemes are obtained by the decision tree modeling.

1. 서론

한글은 자음과 모음으로 이루어진 글자로서 연음 현상으로 인해 발성이 좌우의 글자에 따라 달라진다. 한국어의 발음과 글자를 연관시켜 주기 위한 기본 단위가 되는 것이 음소이며 한국어 음소는 자음 19개와 모음 17개로 이루어진다. 이렇게 문맥에 관계없이 음소를 구분하는 방식을 문맥 독립 음소라고 한다. 문맥 독립 음소의 개수를 정하는 방법은 사용 목적에 따라 달라지는데 일반적으로 한국어 음소의 수 보다는 많은 음소를 사용한다[1].

한국어 발음은 좌, 우측의 음소에 따라 발음 변이가 달라지게 된다. 현재 한국어 발음이 좌, 우측의 몇 개 음소까지 영향을 받는지에 대해서는 논란의 여지가 있지만, 좌측 1개와 우측 1개를 고려하는 트라이폰(triphone)이 가장 많이 사용되고 있다. 한국어는 초성, 중성, 종성으로 이루어지는 음절 문자이고 발음이 가능한 음소가 음절의 위치에 따라 달라지지만 가능한 트라이폰 개수는 1만 4천 여 개 이상이다.

* 정회원 : 시립인천전문대학 전자계산과 부교수

논문접수 : 2001. 2. 12.

심사완료 : 2001. 2. 22.

※ 본 연구는 2000년 시립인천전문대학 연구비 지원에 의한 것임.

이와 같이 문맥 종속 음소를 기준으로 좌, 우측의 음소를 고려하여 음소를 정의하는 방식을 문맥 종속 음소라고 한다. 문맥 종속 음소를 고려하는 이유는 음소의 발음이 좌, 우측의 음소의 종류에 따라 달라 지므로 음성을 다르게 모델링 하고자 하는 것이다. 이러한 방식은 언어처리, 음성인식, 음성합성에 중요 하게 이용되고 있다[2].

문맥 종속 음소를 정의하는 방식은 크게 2가지가 있다. 먼저 통계적으로 접근하는 방식이다. 이 방식 은 유니트 감소 알고리즘(unit reduction algorithm)이 라고 불리는데, 즉 해석하고자 하는 단어, 문장으로 부터 가능한 모든 트라이폰을 구한 후 사용 빈도수 에 따라서 문맥 종속 음소를 구하는 방식이다[3]. 두 번째 방식은 결정 트리를 만들어서 문맥 종속 음소 역할을 할 수 있도록 하는 것이다. 이 방식은 통계적 인 특성과 음운학 정보를 이용하는 방식으로 최근에 많은 연구가 되어지고 있다[4][5][6][7][8].

문맥 종속 음소가 활용되는 분야는 음성인식과 음 성합성 분야가 있는데 본 논문에서는 음성인식 분야 에 적용하여 실험한다. 음성인식 알고리즘은 DTW (dynamic time warping) 알고리즘을 사용하는 방식과 은닉 마코프(Hidden Markov Model:HMM) 알고리즘 을 사용하는 방식으로 나누어진다[2]. 음성인식 성 능 측면에서 은닉 마코프 알고리즘이 우수하므로 대 부분 이 알고리즘을 사용한다.

본 논문에서는 음성인식에 이용되고 있는 은닉 마 코프 알고리즘을 2장에서 소개하고 문맥 종속 음소 를 구하는 방식인 유니트 감소 알고리즘과 결정 트 리를 이용한 방법을 3장과 4장에서 각각 소개한다. 5 장에서는 결정 트리 방식을 이용하여 음소 분류를 실험하였으며 분류된 문맥 종속 음소를 사용하여 성 능을 실험한다. 그리고 6장에서 결론을 맺는다.

2. 은닉 마코프 알고리즘

은닉 마코프 알고리즘은 통계적 방법으로서 현재 음성인식에 가장 많이 사용되고 있는 기법이다. 이 방식을 이용하여 음소에 해당하는 패턴들의 통계적 인 정보를 확률 모델 형태로 저장하고 미지의 입력 패턴이 들어오면 각각의 모델에서 이 패턴이 나올

수 있는 확률을 계산함으로써 이 패턴에 가장 적합 한 음소를 찾아낸다[2]. HMM 방법에서는 음소를 상 태천이확률과 각 상태에서의 관찰확률이라는 두 단 계에 걸친 확률과정으로 표현하며, 이 때 마코프 특 성을 갖는 상태 열은 직접 관찰될 수 없기 때문에 은닉 마코프 모델이라 부른다. 이 방법에서는 음소로 부터 모델의 파라미터들을 추정하고 추정된 모델과 입력된 패턴과의 유사 도를 측정하는 과정들이 명확 하게 정의되어 있으며, 모델훈련에 필요한 데이터가 충분히 준비될 경우 성능 면에서도 가장 우수한 것 으로 평가되고 있다[9].

3. 유니트 감소 알고리즘

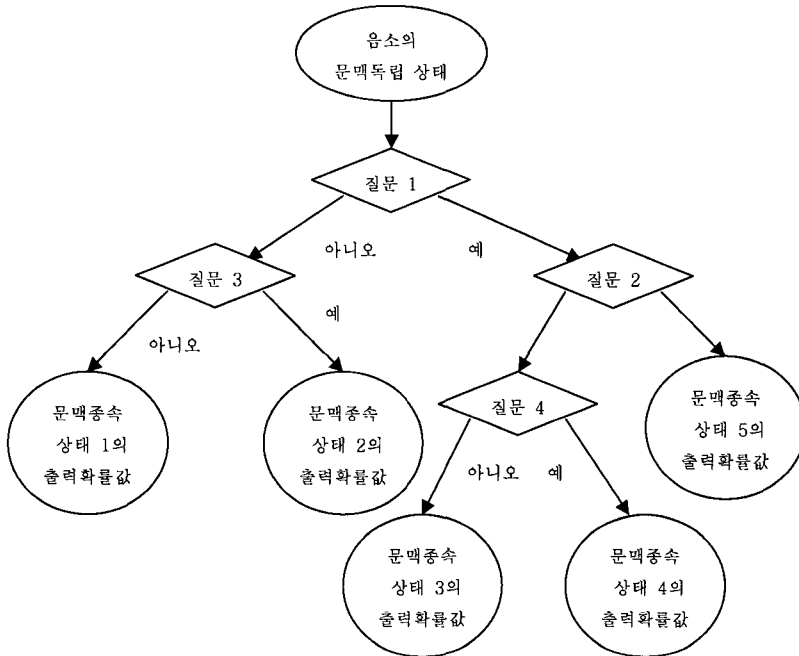
유니트 감소 알고리즘은 문맥 종속 음소를 구성하 기 위하여 통계적 특징을 사용한다는 것이다. 문맥 독립 음소에서 문맥 종속 음소를 구할 때 좌, 우측의 음소 만을 고려하는 트라이폰(triphone)을 사용한다. 이때 트라이폰은 문맥 독립 음소가 n개 있다면 $n*n*n$ 개가 된다. 그러나 훈련 데이터 양은 제한되 어 있으므로 모든 경우를 고려하는 트라이폰을 사용 한다면 각 트라이폰의 빈도가 적어서 훈련을 할 수 없게 된다. 이 경우엔 좌, 우측에 존재하는 하나의 음소만 고려하는 다이폰(diphone)을 문맥 종속 음소 로 사용한다. 만약 다이폰의 발생빈도가 임계값보다 적다면 문맥 독립 음소를 사용한다.

유니트 감소 알고리즘에 의해 문맥종속 음소를 구 하는 방식은 식(1)에 나타나 있다.

만약 $c(PI-P-Pr) < T$ 이면,

1. $c(\$-P-Pr) > T$ 의 경우, $PI-P-Pr \rightarrow \$-P-Pr$
2. $c(PI-P-\$) > T$ 의 경우, $PI-P-Pr \rightarrow PI-P-\$$ (1)
3. 그 외의 경우, $PI-P-Pr \rightarrow \$-P-\$$

여기서 $PI-P-Pr$ 은 음소 P를 중심으로 좌측에 있 는 음소 PI 와 우측에 있는 Pr에 종속되는 트라이폰 을 나타내며, $\$-P-Pr$ 은 우측음소 Pr에 의존하는 다 이폰을 나타낸 것이고 $PI-P-\$$ 는 좌측 음소에 의존하 는 다이폰을 나타낸 것이다. 그리고 $\$-P-\$$ 는 문맥 독립 음소를 표시한 것이다. 또한 $c(PI-P-Pr)$ 은 트라이 폰 음소 $PI-P-Pr$ 의 출현 횟수를 나타낸 것이다. 수식



[그림 1] 문맥 종속 상태를 구하기 위한 결정 트리

[Fig.1] Decision tree for context-dependent HMM states

에 따르면 훈련 데이터에서 트라이폰의 발생 빈도수가 임계 값 T 보다 크다면 트라이폰을 그대로 문맥 종속 음소로 사용하지만 임계 값 보다 작을 경우에는 우측 음소에 의존하는 다이폰, 좌측 음소에 의존하는 다이폰, 마지막으로 문맥 독립 음소를 문맥 종속 음소로 사용하게 한다.

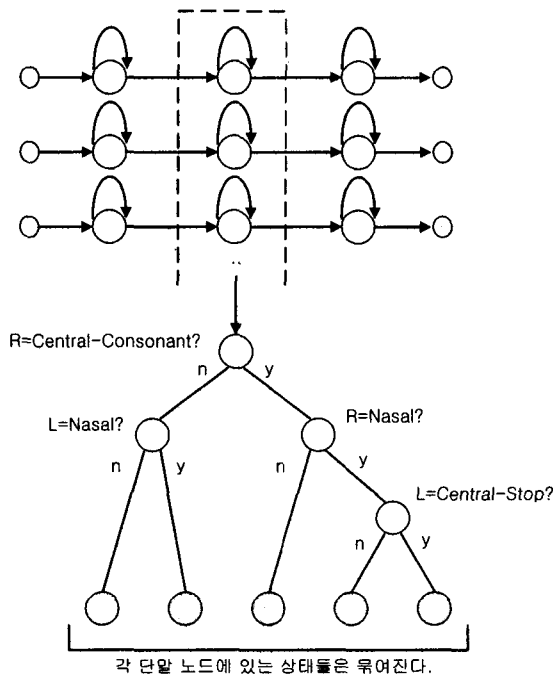
4. 결정 트리 모델

결정 트리 모델에 의한 문맥 종속 음소를 구하는 방법은 트라이폰, 다이폰 등과 같이 문맥 종속 유닛을 여러 개 사용하는 것이 아니라 문맥 독립 음소 내에 여러 개의 상태를 만든 후 결정 트리에서 좌, 우측의 음소정보에 따라 상태를 결정하여 문맥 종속 음소로 사용하는 것이다. 유닛 감소 알고리즘을 이용하면 문맥 종속 음소가 결정되고 이 음소를 이루고 있는 상태를 사용하는 반면, 결정 트리 방식에 의한 유닛 선정 방식은 문맥 독립 음소 내에 여러 개의 상태를 만들고 이 상태를 결정하는 규칙에 의

거해 상태를 결정하여 문맥 종속 음소의 상태로 사용한다.

결정 트리 상태 결합에 의해서 문맥 종속 음소를 구하려면 먼저 결정 트리가 구성이 되어야 하고 구성된 결정 트리를 이용하여 문맥 종속 음소의 상태를 구할 수 있다. [그림 1] 은 규칙에 의해서 상태를 구하는 예를 보여 준다. 그림에 나타나 있듯이 상태를 결정하기 위해선 규칙 노드로 구성된 결정 트리가 완성되어야 한다. [그림 1]에서는 5개의 상태에서 하나의 상태를 고르기 위해 4가지의 문맥 질문을 하였다. 매 질문의 결과를 찾아가면 원하는 상태를 얻을 수 있다.

결정 트리를 생성하는 방법은 트리의 루트 노드 (root node)에서부터 시작하여 하향 지향식의 최적화 과정을 거쳐 형성된다. 각각의 노드는 훈련 데이터에 대하여 유사도(likelihood)의 증가를 가장 크게 하는 음성학적 질문에 의해 나누어진다. 이러한 과정은 그 값이 특정 임계 값 이하로 떨어질 때까지 반복된다. 트리를 만들기 위해서는 질문 세트가 필요한데 음성의 특징과 문맥에 관한 질문들로 이루어져 있어야 좋은 인식 결과들을 얻을 수 있다[10]. 트리 생성과



[그림 2] 결정 트리를 만들기 위한 상태 묶음
 [Fig.2] State tying for decision tree

정은 [그림 2]와 같이 루트 노드에는 특정 유사음소 (allophone)의 상태들의 풀(pool)이 입력되면 분할과정을 거쳐서 최종적으로 생성된 각각의 리프(leaf)는 비슷한 성질의 문맥(context)들을 포함하게 된다.

분할과정은 다음과 같은 방법으로 진행된다. 먼저 질의를 사용하여 생성된 예/아니오(yes/no) 노드들과 부모 노드간에 로그 유사도의 차이를 계산한다. 로그 유사도의 차이는 식 (2)를 사용하여 계산된다.

$$\Delta L(A) = L(A) - (L(B) + L(C)) \quad (2)$$

여기서 A는 부모 노드에 포함된 상태들의 집합이며, B와 C는 자식 노드(yes/no) 각각의 문맥들의 집합을 나타낸다. L(A)는 집합 A에 대한 로그 유사도로서 다음 식 (3)를 사용하여 계산되어지며 L(B), L(C)도 같은 방법으로 계산된다.

$$L(A) = -\frac{1}{2} (\lambda \alpha (\sigma_A) + n(1 + \lambda \alpha (2\pi))) \sum_{s \in A} \gamma_s \quad (3)$$

σ_1 는 문맥들의 그룹 S에 대한 공분산으로써 데이터로부터 직접 계산되는 것이 아니라 훈련과정에서 생성되어진 파라미터들(σ, μ)을 사용하여 식 (4)과 같이 계산된다.

$$\alpha = \frac{\sum_{s \in A} (\sigma_s + \mu_s \mu_s^T) \gamma_s}{\sum_{s \in A} \gamma_s} - \left(\frac{\sum_{s \in A} \gamma_s \mu_s}{\sum_{s \in A} \gamma_s} \right) \left(\frac{\sum_{s \in A} \gamma_s \mu_s}{\sum_{s \in A} \gamma_s} \right) \quad (4)$$

γ_s 는 훈련과정에서 생성되며 일종의 카운터로서 특정 상태에서 발생하는 관찰치의 발생횟수의 추정치이며 상태 점유도(state occupancy)라고도 불리운다. (2), (3) 식으로부터 유사도의 차이는 다음 식 (5)를 사용하여 계산될 수 있다.

$$\Delta L = -\frac{1}{2} \left(\sum_{s \in B, C} \lambda \alpha (\sigma_s) \gamma_s - \lambda \alpha (\sigma_A) \gamma_A \right) \quad (5)$$

식 (5)를 사용하여 유사도의 차이 값을 가장 크게 생성하는 질의가 그 노드의 질의로 선택되며 그 질의를 사용하여 부모 노드의 데이터들을 예/아니오의 두 집합으로 분할한다. 가장 적합한 질의를 사용하였을 때의 차이 값이 특정 임계치(threshold) 보다 작아질 때까지 이러한 과정을 반복한다. 분할과정이 끝나면 트리의 각 리프는 특정 유사음소(allophone)의 비슷한 성질을 가진 문맥들을 포함하게 된다[11][12].

그러나 종종 서로 다른 리프 노드들이 매우 비슷한 형태가 되는 경우가 발생한다. 이것은 음성 문맥(phonetic context)들은 달라도 특징 벡터 내에서의 변화들은 같을 수 있다는 사실에 기인한다. 따라서 리프들 가운데 비슷한 노드들이 있는지를 검사하여 이러한 노드들에 대한 합병(merge)을 수행하게 된다. 이 경우에도 하나의 노드로 합병된 후의 로그 유사도와 합병 전의 유사도의 차이를 아래 식 (6)과 같이 계산하여 이 값이 특정 임계 값 보다 작으면 합병을 수행한다[13][14].

$$\Delta L = -\frac{1}{2} \left(\sum_{s \in B, C} \lambda_A(\sigma_s) \gamma_s - \lambda_A(\sigma_A) \gamma_A \right) \quad (6)$$

위 식에서 D는 B, C로부터 합병된 노드의 문맥들의 집합을 나타낸다.

5. 음소 분류 실험

한국어 음소는 <표 1>과 같이 구분하였으며 결정 트리에 사용하기 위한 질의는 159개로 구성하였다. <표 2>에는 질의의 예를 나타내었으며 그것에 해당하는 <표 1>의 음소를 표시하였다. 본 논문에서 수행한 음소 분류 실험에 사용한 데이터 베이스는 사람 이름으로서 사용한 단어 수는 2,413개이다. 훈련 데이터의 개수는 모두 16,541개이며 테스트 데이터는 3,923개로서 모두 8kHz 샘플링으로 전화망을 통해 수집한 음성들이다. 특징 추출 데이터는 12차의 LPC 켈스트럼(linear predictive coding cepstrum) 계수와 델타(delta) 켈스트럼 계수, 델타-델타 켈스트럼 계수, 델타 에너지, 델타-델타 에너지 등 총 38개의 차수를 가지고 있다.

문맥 독립 음소는 <표 1>을 기준으로 60개로 정의하였으며 인식 실험을 위해 훈련 알고리즘을 20회

<표 1> 한국어 음소 분류(자음)

<Table 1> Korean phoneme category (consonant)

	양순음	치경음	후치경음	연구개음	성문음
파열음	ㅂ ㅍ ㅃ	ㄷ ㅌ ㄸ		ㄱ ㅋ ㄲ	
마찰음	ㅅ ㅆ				ㅎ
파찰음			ㅈ ㅊ ㅉ		
비음	ㅁ	ㄴ		ㅇ	
유음		ㄹ			

반복하여 은닉 마코프 파라미터를 생성하였다. 이때의 인식률은 50.32%이었다. 그 다음에는 유니트 감소 알고리즘을 이용하여 문맥 종속 음소를 구하였다. 이때 구한 문맥종속 음소는 494개로 구성되어 있었으며 은닉 마코프 상태의 수는 1,482개가 되었다. 그 이유는 매 문맥 종속 음소는 3개의 은닉 마코프 상태로 구성되기 때문이다[2].

<표 2> 질문의 예 (전체 질문 159개 중 일부)

<Table 2> Some example of question set (159 inquiries)

질문종류	질문의미	해당음소
(좌, 우) 모음	현음소의 (좌, 우)쪽에 모음이 존재하나?	모든 모음
(좌, 우) 폐쇄음	(좌, 우)쪽에 폐쇄음이 존재하나?	ㅂ, ㄸ, ㄱ, ㅋ, ㆁ, ㅍ, ㅌ
(좌, 우) 마찰음	(좌, 우)쪽에 마찰음이 존재하나?	ㅅ, ㅆ, ㅈ, ㅊ

또한 결정 트리 상태 결합에 의해서 문맥 종속 음소를 이루는 상태를 구하였다. 이를 위하여 먼저 트라이폰을 확장하고 트리 기반 클러스터링을 통해 상태 결합을 수행하였다. 문맥 독립 음소로부터 생성된 트라이폰의 개수는 모두 2,370개이며, 트라이폰에 대해서 훈련을 15회씩 반복하였다. 결과적으로 생성되는 상태들의 클러스터 개수는 미리 설정된 유사도 값의 변화량 임계 값에 따라 달라진다. 만약 인식 성능이 별 차이가 없다면 클러스터의 수가 적은 것이 메모리의 사용면에서 효과적이다. 따라서 임계 값을 바꿔 가면서 테스트를 해 보면 클러스터를 어느 정도까지 줄일 수 있는지를 알 수 있다. 실험에 사용된 트라이폰의 개수는 모두 2,370개이므로 따라서 클러스터링 하기 전의 총 상태의 수는 7,110개이다.

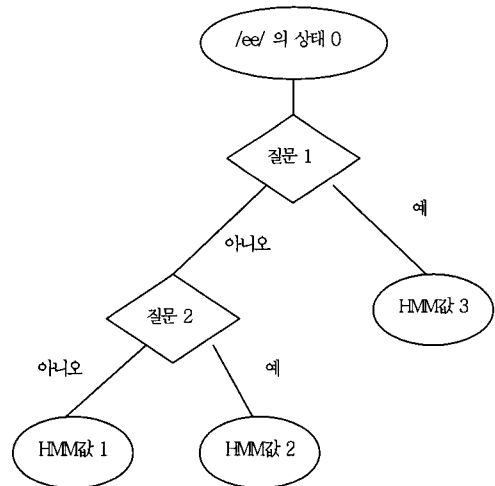
<표 3> 임계 치에 따른 HMM 상태 개수

<Table 3> The number of HMM states with regard to threshold

임계치	질의노드개수	상태개수
200	1220	1392
300	781	948

<표 3>에는 각 임계 값에 따른 질의 노드의 수 및 상태의 수를 나타내었다. <표 3>에서 보듯이 유니트 감소 알고리즘을 이용했을 때의 HMM 상태 개수인 1,482개와 비슷한 것이 임계 값 200을 사용하였을 때인 1,392개이었다. 그러므로 1,392개의 HMM 파라미터를 사용하여 인식 실험을 하였다.

<표 3>을 보면 임계 값이 높으면 질의 노드 개수 및 HMM 상태 개수가 작아지게 된다. 만약 임계 값이 매우 크다면 질의 노드수가 없게 되며 상태 개수도 문맥 독립 음소의 상태 개수와 동일하게 된다. 반대로 임계 값이 0이 되면 질의 노드 수는 모든 트라이폰을 분류 할 수 있도록 많아지게 되며 상태 개수도 모든 트라이폰에 필요한 7,110개가 되게 된다. 이것은 결정 트리 방식에서는 임계 값을 이용하여 문맥 종속 음소의 개수를 자동으로 정할 수 있다는 것을 의미한다.



질문 1 : 좌측음소가 유성화 된 자음인가?

질문 2 : 우측음소가 유성화 된 자음인가?

[그림. 3] /ee/의 상태 0의 결정 트리 질문

[Fig. 3] Inquires for state 0 of phoneme /ee/

[그림 3]에서는 /ee/음소에 대해 결정 트리 방식을 이용하였을 경우 상태 0에 대한 HMM 상태를 보여준 것이다. 이 음소는 유니트 감소 알고리즘을 사용한다면 하나의 HMM 파라미터가 필요하지만 결정 트리를 이용할 경우에는 3개의 HMM 파라미터가 필

요하다는 것을 보여 준다. 이것은 결정 트리가 단순한 통계적인 정보 대신 음운 정보도 이용하였기 때문이다. 또한 유니트 감소 알고리즘은 문맥 독립 음소를 이루고 있는 3개의 상태에 대해서 동일한 수의 문맥 종속 상태로 바뀌거나 결정 트리를 이용하였을 경우에는 3개의 상태에 따라 각각 다른 트리 구조가 형성되므로 3개의 상태에 따라 다른 수의 문맥 종속 음소가 형성되게 된다.

<표 4> 결정 트리 방식에 의한 인식률

<Table 4> Recognition rate based on the decision tree modeling

	문맥 독립 음소	문맥 종속 음소
인식률(%)	50.32	63.93

<표 4>에는 문맥 독립 음소를 사용할 경우의 인식률과 결정 트리를 이용하여 문맥 종속 음소를 사용하였을 경우의 인식률을 비교한 것이다. 문맥 독립 음소인 경우에는 50.32%의 인식률을 보였으며 문맥 종속 음소를 사용하였을 경우에는 63.93%가 나왔다.

6. 결론

본 논문에서는 한국어의 문맥 종속 음소 분류를 수행하였으며, 분류된 음소를 사용하여 인식률을 구하였다. 먼저 한국어의 음소를 60개의 문맥 독립 음소로 나누었으며 유니트 감소 알고리즘과 결정 트리 모델링 방식에 의거하여 문맥 종속 음소를 분류하였다. 통계적 특성만을 이용하는 유니트 감소 알고리즘보다 음운정보 및 통계적 정보를 동시에 사용하는 결정 트리 방식을 이용한 음소 분류는 더 복잡하지만 음소 분류를 효과적으로 할 수 있는 장점이 있었다. 사람 이름에 대하여 문맥 종속 음소 분류를 수행하였으며 문맥 독립 음소와 문맥 종속 음소를 사용한 인식률도 비교하였다. 60개의 음소로 구성된 문맥 독립 음소를 사용하였을 때는 180개의 HMM 파라미터가 필요하게 되고 그때의 인식률은 50.32%가 나왔다. 반면 159개의 질문 셋을 이용하고 임계 값 200을 사용하여 결정 트리를 구성하였을 경우 1,220개의 질의로 구성된 1,392개의 HMM 파라미터로 이루

어지게 된다. 이 결정 트리를 이용하였을 경우 63.93%의 인식률이 나왔다.

향후의 연구 과제로는 결정 트리에 의한 음소 분류는 유사도 임계값과 음운정보를 이용한 질의 셋에 따라 성능을 달리하므로 좀 더 체계적인 실험 연구가 필요하겠다. 또한 매 상태에 하나의 HMM 파라미터 대신 다수의 HMM 파라미터를 사용하는 인식 실험을 수행하는 연구도 병행되어야겠다.

※ 참고 문헌

- [1] 신지영, '말소리의 이해' 한국문화사, 2000
- [2] L. Rabinar and B-H. Juang, 'Fundamentals of speech recognition', Prentice Hall Inc. 1993
- [3] C. H. Lee, E. Gialchin, L.R. Rabiner, R. Pieraccini, and A.E. Rosenberg, "Improved Acoustic Modeling for Large Vocabulary Speech Recognition," Computer Speech and Language, Vol. 4, No. 2, pp. 103-127, 1992.
- [4] S. J. Yong, "The General Use of Tying in Phoneme-Based HMM Speech Recognizers," Proc. ICASSP, Vol.1 pp. 569-572, 1992.
- [5] M. Y. Hwang, X. Huang, F. Alleva, "Predicting Unseen Triphones with Senones," ICASSP 93, Minneapolis, pp. 311-314, 1993.
- [6] S. J. Yong, J.J. Odell, P.C. Woodland, "Tree-Based State Tying High Accuracy Acoustic Modeling," Proceedings of the DARPA Speech and Natural Language Processing Workshop, Plainsboro, pp. 307-312, March, 1994.
- [7] L. R. Bahl, P.V. de Souza, P.S. Gopalakrishnan, D. Nahamoo, M.A. Picheny, "Decision Trees for Phonological Rules in Continuous Speech," ICASSP 91, Toronto, pp. 185-188, May, 1991.
- [8] W. Reichl, W. Chou, "Decision Tree State Tying Based on Segmental Clustering for Acoustic Modeling," ICASSP 98, Seattle, pp. 801-804, May, 1998.
- [9] K-F Lee, 'Automatic Speech Recognition: The Development of the SPHINX System' Kluwer Academic Publishers, Boston. 1988

- [10] K. Beulen, H. Ney, "Automatic Question Generation for Decision Tree Based State Tying," ICASSP 98, Seattle, pp. 805-808, May, 1998.
- [11] C. chesta, P. Laface, F. Ravera, "Bottom-Up And Top-Down State Clustering For Robust Acoustic Modeling," Eurospeech, pp.11-14, 1997.
- [12] J. Duchateau, K. Demuynck, D. Van Compernelle, "A Novel Node Splitting Criterion in Decision Tree Construction for Semi-Continuous HMMs," Eurospeech 97, Rhodes, Greece, pp. 1183-1186, 1997.
- [13] R. Kuhn, A. Lazarides, Y. Normandin, and J. Brousseau, "Improved Decision Trees For Phonetic Modeling," ICASSP 95, Detroit, pp. 552-555, 1995.
- [14] A. Lazarides, Y. Normandin, and R. Kuhn, "Improving Decision Trees For Acoustic Modeling," ICASSP 96, Philadelphia, pp. 1053-1056, 1996.

이 선 정



1980. 2 숭실대학교
전자계산학과 (공학사)
1985. 2 서울대학교 대학원
전산과학과 (이학석사)
1994. 2 서울대학교 대학원
전산과학과 (이학박사)
1985 ~ 1994. 2 한국통신
멀티미디어연구소 선임연구원
1994. 3 ~ 현재
시립인천전문대학 전자계산과
부교수
관심분야 : 자연어처리,
한국어정보처리