

한국인의 외국어 발화오류검출 음성인식기에서 청취판단과 상관관계가 높은 기계 스코어링 기법*

Machine Scoring Methods Highly-correlated with Human Ratings in Speech Recognizer
Detecting Mispronunciation of Foreign Language

배 민 영** · 권 철 홍**
Min Young Bae · Chul Hong Kwon

ABSTRACT

An automatic pronunciation correction system provides users with correction guidelines for each pronunciation error. For this purpose, we develop a speech recognition system which automatically classifies pronunciation errors when Koreans speak a foreign language. In this paper, we propose a machine scoring method for automatic assessment of pronunciation quality by the speech recognizer. Scores obtained from an expert human listener are used as the reference to evaluate the different machine scores and to provide targets when training some of algorithms. We use a log-likelihood score and a normalized log-likelihood score as machine scoring methods. Experimental results show that the normalized log-likelihood score had higher correlation with human scores than that obtained using the log-likelihood score.

Keywords: Automatic detection of mispronunciation, Scoring method

1. 서 론

국제화 시대에 있어서 외국어 발화의 발음 교정에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 발화 양상의 교정은 극소수의 언어·음성학 전문가들에 의해서만 수행되고 있는 형편이며, 아동의 언어발달과 성인의 외국어 습득을 위한 발음교정은 여러 차원에서 교육 및 재교육이 필요하나, 비용과 접근의 불편함 때문에 그 해결의 중요성에도 불구하고 기회 제공이 원활히 이루어져 오고 있지 않다. 이를 위해서 음성인식 기술을 이용하여 발음상의 미비함, 조음기관 동작의 부정확성을 정확히 인식하고 그 각각의 범주에 따른 교정방안을 컴퓨터를 통하여 제시하는 시스템의 개발이 필요한 실정이다.

음성인식 엔진을 응용한 외국어 발음 학습기가 출시되고 있으나, 출시된 제품은 외국에서 개발된 엔진이거나 엔진 활용용도가 일반적인 상업용 엔진을 사용하기 때문에 한국인에게 적합한 수준

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00283-0) 지원으로 수행되었음.

** 대전대학교 정보통신공학과

의 학습 결과를 제시하지 못하고 있다. 또한 기존의 외국어 발음 학습 시스템은 일반적인 음성 인식기를 기반으로 하여 학습자의 발화 데이터로부터 출력되는 음향모델과의 음향 유사성(acoustic likelihood)들을 백분율 점수로 나타내어 발음의 성취도를 평가하는 수준이다. 이러한 시스템은 잘못 발음된 단어 내 음소를 검출하여 정확한 교정 정보를 학습자에게 제공할 수 없다. 기업의 상품이 아닌 학술적 연구로서 외국어 발화 오류 검출 음성인식기에 대한 연구는 그리 많지 않다. 그러나 문장 단위의 유창성을 측정하는 발성 평가를 수행하는 음성인식기에 대한 연구가 주를 이루고 있다[1][2]. 본 논문에서는 단어 단위의 발음을 평가하여 음소 단위로 오류 발음을 검출하는 음성인식기를 다룬다.

본 논문에서는 음성인식 기술의 응용분야인 외국어 학습기에 초점을 맞추어 한국인의 외국어 발음 교정시스템을 위한 발음오류유형 자동분류 음성인식기를 다룬다. 특히 본 논문에서는, 발음에 따른 오류 양상을 음성인식기로 분류하여 그 오류에 해당하는 교정사항을 제공하기 위하여, 원어민의 발음과 그 오류에 해당하는 유사발음을 정확하게 구분해 낼 수 있도록 음성인식기의 성능을 향상시키는 데 목적이 있다. 따라서 음성인식기가 표준 및 오류 발음을 자동으로 분류하기 위해 학습자의 발음에 스코어를 주는 방법에 대한 연구를 수행한다. 이 스코어는 전문음성학자의 청취판단과 상관관계가 높은 것이 필요하므로 음성학자의 청취판단과의 결과를 비교한다. 즉, 본 연구의 초점은 발음오류유형 자동분류 음성인식기가 인식해 낸 결과와 해당 언어 음성학 전문가의 청취판단 결과가 가능한 한 유사하도록 기계 스코어를 연구하는 데 있다.

이 목적을 위하여 언어모델에 가중치를 적용한 스코어를 사용하여 성능개선을 시도한 바 있다 [3]. 이 스코어는 언어모델의 확률을 청취판단에 근거하여 가중치를 적용한 것이다. 실험결과로부터 가중치를 주기 전과 비교하여 11.5%의 성능개선을 이루었다. 이 실험으로부터, 음성인식기의 스코어링 방법에 따라 음성학자의 청취판단과 보다 높은 상관관계를 갖는 결과를 얻을 수 있다는 사실을 알 수 있다. 본 논문에서는 언어별 음소인식기에 존재하는 로그유사도의 편차를 보상에 주는 스코어링 방법을 제안하여 추가적인 성능개선을 얻고자 한다.

본 논문의 구성은, 2장에서 언어별 음소인식기의 구현 방법과 실험 결과를 소개하고, 언어별 음소인식기에 존재하는 성능의 차이를 알아보고, 언어별 음소인식기의 로그 유사도 편차를 보상해 주는 정규화 로그 유사도 스코어를 제안한다. 3장에서는 실험 결과를 기술하고, 그리고 4장에서 결론을 맺는다.

2. 정규화 로그 유사도 스코어(Normalized log likelihood score)

2.1 언어별 음소인식기

발화오류 검출은 음소별로 수행하므로 일본어 음소와 유사하게 발음하는 음소들의 집합에 대한 정의가 필요하다. 이를 위하여, 본 연구에서 수집한 음성 DB를 일본어 음성학 전문가가 청취하여 한국인의 일본어 발화시 나타나는 음소별 발음오류 유형을 분석하여 유사발음 음소 셋을 구성하였다[4]. 유사발음 음소 셋의 한 예를 보면, 일본어 음소 [k]에 대하여 유사발음 일본어 음소(ky, g, gy)와 한국인이 이 음소를 발화할 때 발생하는 한국어 오류음소(/k/khc, /ɣ/kkc, /무성 ɣ/kc, /유

성 ɾ/gc)로 구성된다. 발음오류 자동분류 음성인식기는 이 음소 셋에 기반 하여 오류발음을 검출하는데, 일본어 음소인식기의 성능이 한국어 음소인식기 보다 우수하므로 오류발음을 일본어 음소로 인식하는 경향이 발생한다. 본 절에서는 언어별 음소인식기의 구현 방법을 설명하고, 성능 비교를 통하여 일본어 음소인식기의 성능이 우수함을 알아본다[4].

2.1.1 언어별 음소인식기 구현

본 절에서는 한국어 및 일본어 음소인식기의 구현 방법에 대하여 설명한다. 언어별 모노폰 셋의 구성, 음성 DB 구축 방법, 음소별 HMM 모델 생성 방법은 다음과 같다.

한국어 모노폰 셋은 자음은 변이음을 고려하여 29 개를, 모음은 음성학적 차이를 보이는 모음만을 고려하여 17 개를 선정하여 총 46 개의 모노폰으로 구성하였다[4]. 일본어 모노폰 셋은 일본음향학회에서 선정한 모노폰 셋을 참조하여 38 개의 모노폰을 선정하였다[5].

음성 DB는 PC에서 수집하였고, 사운드카드는 Soundblaster Audigy를, 마이크는 SHURE 565SD를 사용하였다. 한국어 음성 DB는 SITEC(음성정보기술 산업지원센터)에서 작성한 한국어 PBW(Phonetically Balanced Words) 452 개 단어를 대전대학교 대학생 70 명을 대상으로 수집하였다. 일본어 음성 DB는 ATR(일본 자동통역 연구소)에서 작성한 PBW 216 개 단어를 고려대학교에서 한국어 연수 중인 일본인 70 명을 대상으로 녹음하였다. 각 언어별 음성 DB에서 50 명의 음성 DB를 HMM 모델 생성을 위한 훈련용으로, 20 명분을 인식기의 성능을 테스트하기 위한 음성 DB로 사용하였다.

한국어 및 일본어 음소인식기를 다음과 같은 방법으로 구현하여 성능을 평가하였다. 음성신호의 분석은 매 10 msec마다 25 msec의 Hamming 창함수를 사용하여 MFCC 39 차를 추출하였고, HMM의 구조는 3 state left-to-right continuous HMM을 사용하여 언어별 음소별 음향모델을 생성하였다.

2.1.2 언어별 음소인식기 실험 결과

언어별 음소인식기 실험 결과를 살펴보면, Mixture 수가 1인 경우 한국어 및 일본어 음소인식기의 인식률은 각각 52.2%와 75.4%로 나타나, 일본어 음소인식기의 성능이 한국어인 경우보다 23.2% 더 좋은 인식률을 보여주었다. Mixture 수에 따른 언어별 인식 성능의 변화를 보여 주는 그림 1을 살펴보면, Mixture 수가 증가함에 따라 인식 성능의 큰 향상을 볼 수 있는데, Mixture 수가 10인 경우부터 인식률이 포화되고 있음을 알 수 있다. 일본어인 경우 Mixture 15인 경우 인식률이 84.4%로 Mixture 1인 경우보다 9.0% 향상되었고, 특히 한국어인 경우는 71.3%로 19.1%의 큰 성능 개선이 이루어졌다. 따라서 두 언어의 인식 성능 차이는, Mixture 1인 경우 약 23.2%에서 Mixture 15인 경우 약 13.1%로 차이가 좁혀짐을 알 수 있다. 그러나 여전히 두 언어의 인식 성능은 큰 차이를 보이고 있다. 이와 같은 실험 결과는 일본어보다 한국어 음소끼리의 음성 자질이 유사하다는 사실을 반영한 것으로 생각된다.

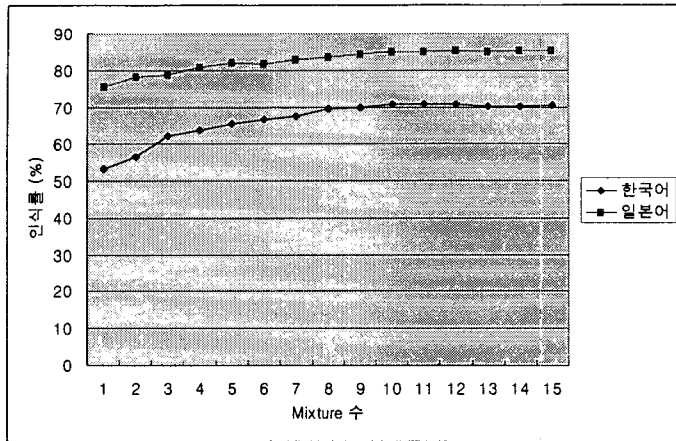


그림 1. Mixture 수에 따른 언어별 인식률의 변화

본 연구에서 구현한 언어별 음소인식기는 발음요류 자동분류 음성인식기를 위한 사전 작업으로서, 발음요류 분류를 음소별로 수행하므로 언어별 음소인식기의 인식단위를 트라이폰이 아닌 음소로 선정하였다. 또한 대용량 어휘 음성인식기에서 사용하는 언어모델과 같은 추가적인 정보 없이 음소인식을 수행하였다. 이와 같은 조건하에서 본 논문에서 구현된 언어별 음소기의 인식 성능은 비교적 우수하다고 볼 수 있다.

2.2 정규화 로그 유사도 스코어

음성인식기에서 사용하는 일반적인 음향모델 로그 유사도 스코어와 청취판단(human expert ratings) 사이의 상관성은 일본어 음소인식기와 한국어 음소인식기의 로그 유사도의 차이를 정규화함으로써 향상될 수 있다. 언어별 로그 유사도를 정규화 하는 이유는, 학습자가 현재 음성 세그먼트를 발음한 것이 한국어 음소에 가깝게 발음했음에도 불구하고(청취판단 결과), 로그 유사도 값이 원어민의 발화 모델과 유사도가 높을 경우 한국어 음소로 발음한 것을 일본어로 오인식하는 문제를 해결할 수 있다는 데 있다[6]. 이것은 2.1절에서 살펴보았듯이 일본어 음소인식기의 성능이 한국어 보다 우수하다는 사실로부터 예측 가능하다. 정규화는 각 언어별 평균 로그 유사도에 대한 차이를 각 프레임에 대하여 보상해 주는 방법을 사용한다. 즉, 한국어 음소인식기와 일본어 음소인식기의 로그 유사도의 전체 평균의 차이를 한국어 음소에 대하여 프레임별로 보상해 줌으로써 한국어와 일본어 음소인식기의 로그 유사도의 차이로 인한 오인식을 줄일 수 있다.

각 언어별 평균 로그 유사도(μ_k , $k = 1$: 한국어, 2 : 일본어)는 식 (1)과 같이 구한다.

$$\mu_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (\log likelihood)_{i,j}, \quad k = 1, 2 \quad (1)$$

먼저, 언어별 음소인식을 수행하여 각 음성 DB에서 음소별 로그 유사도($(\log likelihood)_j$)를 구한

다. 각 음소의 로그 유사도 평균은 음소별 로그 유사도의 합을 그 음소의 빈도수(M)로 나누어 평균을 구하고, 각 언어별 평균 로그 유사도는 음소별 평균 로그 유사도의 합을 음소 수(N)로 나누어 평균값을 구한다. 실험 결과 일본어 평균 로그 유사도는 -70.71이고 한국어인 경우는 -72.73으로, 일본어의 평균 로그 유사도 값이 2.02 [(-70.71) - (-72.73)] 더 좋음을 알 수 있다.

한국어 모든 음소에 대하여 각 프레임별로 보상된 정규화 로그 유사도 (*normalized log likelihood*)_{1,n}는 다음 식과 같다.

$$(\textit{normalized log likelihood})_{1,n} = (\textit{log likelihood})_{1,n} - (-2.02) \tag{2}$$

첨자 1은 한국어 음소를, n은 프레임 숫자를 나타낸다.

3. 실험 결과

3.1 실험 방법

발음오류 검출 음성인식기에서 사용한 발음 네트워크는 기본적으로 그림 2와 같은 네트워크로, 일본어 음소 [k]에 대하여 유사발음 일본어 음소(ky, g, gy)와 한국어 오류음소(/ㅋ/khc, /ㄱ/kkc, /무성 ㄱ/kc, /유성 ㄱ/gc)를 통합한 네트워크를 사용하였다. 일본어 음소 모델은 일본인이 발화한 일본어 음성 DB로, 한국어 음소 모델은 한국인이 발화한 한국어 음성 DB로 생성하였고, Mixture 수는 일본어, 한국어 음소 모델 모두 15를 사용하였다.

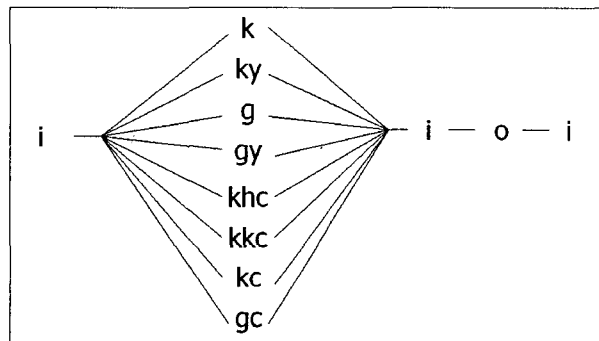


그림 2. 오류발음 검출 발음 네트워크

발음오류 자동분류 음성인식기의 성능을 검증하기 위하여 비전공 한국인 대학생 남성 15명, 여성 15명 등 30 명이 일본어 PBW 단어 24 개를 발화한 음성 데이터를 수집하였다 [7]. 이들을 대상으로 인식 실험을 수행하여 유사음소별 인식결과를 구했다.

3.2 일반적인 로그 유사도를 적용한 스코어링 기법

이 절에서는 일반적인 로그 유사도 스코어를 적용하여 실험한 결과를 보여준다. 청취 판단 결과 어두 음소와 어중 음소에서 각 음소별로 크게 차이를 보이므로[7], 실험결과를 어두와 어중으로 나누어 분석하였다. 그리고 청취판단 결과에서 발화자들이 일본어로 발화한 경우는 없다고 보았으므로 일본어 [k, ky, g, gy]에 대한 실험결과는 제외하였다. 표 1, 2에 어두와 어중인 경우 청취판단과의 일치도를 보여주고, 표 3에 음소별 결과가 보인다. 어중의 /ㄱ/ 음소를 제외한 나머지 경우에 성능 개선의 필요성이 있음을 알 수 있다.

표 1. 어두 [k] 음소의 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	4	1	25.0
ㅋ(khc)	67	13	19.4
ㄱ(kc/gc)	139	37	26.6

표 2. 어중 [k] 음소의 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	318	191	60.1
ㅋ(khc)	130	47	36.2
ㄱ(kc/gc)	62	6	9.7

표 3. 음소별 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	322	192	59.6
ㅋ(khc)	197	60	30.5
ㄱ(kc/gc)	201	43	21.4

3.3 정규화 로그 유사도를 적용한 스코어링 기법

3.3.1 실험 방법

음향모델 스코어는 2 절에서 설명한 바와 같이 각 언어별 음소인식기의 성능 차이를 보상해 줌으로써 각 언어의 평균 유사도의 차이로 인한 오인식을 막아 줄 수 있다. 실험방법은 그림 2와 같은 발음 네트워크를 사용하였고, 여기에 정규화 로그 유사도를 사용하였다.

3.3.2 인식비율 비교 분석

표 4와 5는 각각 로그 유사도를 정규화 하기 전과 후의 음소별 인식 비율을 보여 준다. 표 5에서 보듯이 언어별 로그 유사도의 편차를 보정한 결과 일본어 음소로의 인식 비중이 상당히 낮아져 가장 낮은 인식률을 보였고, 반대로 한국어 음소의 인식 비중이 모두 증가하였다. 그리고 표 5에서 /ㄱ/의 인식률이 41.7%인 것으로 보아 일본어 [k] 음소는 한국어의 경음과 유사한 발음이라는 사실[8]

과 일치하는 결과라고 볼 수 있다.

표 4. [k] 음소의 로그 유사도 정규화 전 인식결과 분포비율

음소		[k]	ㄱ(kkc)	ㅋ(khc)	ㄴ(kc/gc)
인식결과 분포비율	(%)	45.8	31.7	12.8	9.7
	개수	330	228	92	70

표 5. [k] 음소의 로그 유사도 정규화 후 인식결과 분포비율

음소		[k]	ㄱ(kkc)	ㅋ(khc)	ㄴ(kc/gc)
인식결과 분포비율	(%)	23.2	41.7	20.0	15.1
	개수	167	300	144	109

3.3.3 자동분류 결과와 청취판단과의 비교 분석

표 6과 7은 정규화 로그 유사도를 스코어로 사용한 인식기의 결과와 청취판단과의 일치도를 보여 준다. 표 6, 7을 보면 표 1, 2와 비교해서 모든 경우에서 청취판단과의 일치도가 증가함을 알 수 있다. 표 1과 6를 보면, 어두 [k] 음소인 경우 /ㅋ/ 음소는 19.4%에서 26.9%로 7.5%, /ㄴ/ 음소는 26.6%에서 40.3%로 13.7%가 향상되었다. 표 2와 7을 보면, 어중 [k] 음소인 경우 /ㄱ/ 음소는 60.1%에서 75.8%로 15.7%, /ㅋ/ 음소는 36.2%에서 57.7%로 21.5%가 향상되었다. 음소별로 살펴보면, /ㄴ/ 음소인 경우 59.6%에서 75.5%로 15.9%, /ㅋ/ 음소는 30.5%에서 47.2%로 16.7%, /ㄱ/ 음소는 21.4%에서 31.3%로 9.9%가 향상되었다(표 3과 8 비교). 청취판단과의 비교대상 전체 발화 데이터 720개 중에서, 로그 유사도 정규화 전 방식은 41.0%(295 개)의 일치도를 보여 주었고, 정규화 후 방식은 55.4%(399 개)의 일치도를 보여 주어 14.4%의 성능 개선을 이루었다. 이와 같은 결과로부터 정규화 로그 유사도를 스코어로 사용한 방법이 상당한 성과를 얻었음을 알 수 있다.

표 6. 로그 유사도 정규화 후 어두 [k] 음소의 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	4	2	50.0
ㅋ(khc)	67	18	26.9
ㄴ(kc/gc)	139	56	40.3

표 7. 로그 유사도 정규화 후 어중 [k] 음소의 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	318	241	75.8
ㅋ(khc)	130	75	57.7
ㄴ(kc/gc)	62	7	11.3

표 8. 로그 유사도 정규화 후 음소별 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	322	243	75.5
ㅋ(khc)	197	93	47.2
ㄱ(kc/gc)	201	63	31.3

3.4 추가적인 성능개선을 위한 언어모델의 적용

3.4.1 실험 방법

본 절에서는 서론에서 언급한 언어모델의 확률을 청취판단에 근거하여 가중치를 적용하는 방식을 사용하여 추가적인 성능 개선을 시도한다. 실험방법은 그림 2와 같은 발음 네트워크를 사용하고, 언어모델의 확률에 가중치를 적용하고, 여기에 정규화 로그 유사도를 사용하였다.

3.4.2 자동분류 결과와 청취판단과의 비교 분석

표 9와 10은 언어모델 및 정규화 로그 유사도를 적용한 인식기의 결과와 청취판단과의 일치도를 보여 준다. 표 9, 10을 보면 표 1, 2와 비교해서 모든 경우에서 청취판단과의 일치도가 증가함을 알 수 있다. 또한, 표 6, 7과 비교해서 어두 /ㄱ/, 어중 /ㄱ/를 제외한 모든 경우에서 청취판단과의 일치도가 증가함을 알 수 있다. 그리고 청취판단과의 비교대상 전체 발화 데이터 720 개 중에서, 로그 유사도 정규화 전 방식은 41.0%(295 개)의 일치도를, 정규화 후 방식은 55.4%(399 개)의 일치도를 보여주었고, 언어모델 및 정규화 로그 유사도를 적용한 방식은 64.6%(465 개)의 일치도를 보여주어, 각각 23.6%(41.0% 대 64.6%) 및 9.2%(55.4% 대 64.6%)의 성능 개선을 이루었다. 이와 같은 결과로부터 본 논문에서 제안한 정규화 로그 유사도를 스코어로 사용한 방법에 언어모델을 적용함으로써 추가적인 성능개선을 얻었다는 것을 알 수 있다.

표 9. 언어모델 및 정규화 로그 유사도를 적용한 인식결과와 어두 [k] 음소의 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	4	2	50.0
ㅋ(khc)	67	22	32.8
ㄱ(kc/gc)	139	78	56.1

표 10. 언어모델 및 정규화 로그 유사도를 적용한 인식결과와 어중 [k] 음소의 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	318	277	87.1
ㅋ(khc)	130	80	61.5
ㄱ(kc/gc)	62	6	9.7

표 11. 언어모델 및 정규화 로그 유사도를 적용한 인식결과와 음소별 청취판단 결과와의 일치도 비교

음소	청취판단 개수	청취판단과 일치한 인식 결과 (개수)	일치 비율 (%)
ㄱ(kkc)	322	279	86.6
ㅋ(khc)	197	102	51.8
ㄷ(kc/gc)	201	84	41.8

4. 결 론

본 논문에서는 음성인식 기술의 응용분야인 외국어 학습기에 초점을 맞추어 발음 교정 시스템을 위한 발음오류 검출 음성인식기를 구현하였다. 이 음성인식기는 표준 및 오류 발음을 자동으로 분류하기 위하여 학습자의 발음에 스코어를 주는데, 본 논문에서는 학습자의 개개발음 음소에 대하여 발음 품질을 자동으로 평가하는 측정 방식에 대한 연구를 수행하였다. 이 스코어는 전문음성학자의 판단과 상관관계가 높은 것이 필요한데, 두개의 스코어를 실험하여 어느 것이 음성학자의 청취판단과 더 가까운가를 실험하였다.

로그 유사도 스코어와 각 언어별 로그 유사도의 편차를 보상해 주는 정규화 로그 유사도 스코어 등 두 가지 스코어링 방법을 적용하여 실험한 결과, 언어별로 정규화 된 스코어가 음성학자의 판단과 더 가까운 결과를 얻었다. 이 결과는 발화자의 다양성에 강인하도록 정규화시킨 효과를 보았다고 할 수 있다. 또한 정규화 로그 유사도에 언어모델을 적용한 결과 추가적인 성능 개선을 얻을 수 있었다.

앞으로의 과제는 혼동되기 쉬운 음소들에 대해 HMM 최적화 방법들을 연구하는데 있어서 앞에서 행했던 실험들에 대한 파라미터들을 조정해가면서 어떤 파라미터 값을 취했을 때 음소인식기가 전문가의 청취판단과 가장 근접한 인식을 하는가를 조사하고, 또한 제시한 스코어링 방법의 알고리즘에 관한 연구를 지속적으로 수행하여 발음교정 시스템에 최적화된 음성인식 엔진을 구현하는데 있다.

참 고 문 헌

[1] 박전규, 이준조, 김영창, 허용수, 이석재, 이종현. 2003. "발성 평가를 위한 영어 음성인식기의 개발." 대한음성학회 2003 가을학술대회, pp. 37-40.

[2] 이석재, 박전규. 2003. "한국인의 영어 문장 발음에 대한 한국인/원어민/ILT 평가 점수 사이의 상관관계." 대한음성학회 2003 가을학술대회, pp. 83-87.

[3] 강효원, 권철홍. 2004. "외국어 발화오류 검출 음성인식기의 성능개선을 위한 스코어링 기법". 대한음성학회. *말소리*, 49호, pp. 95-105, 2004.

[4] 권철홍, 강효원, 이상필. 2003. "음성인식기를 이용한 한국인의 외국어 발화오류 자동검출". 대한음성학회, *말소리*, 48호, pp. 15-23.

[5] Kawahara, T., Kobayashi, T. et al. 1998. "Sharable software repository for Japanese large vocabulary continuous speech recognition." *Proc. ICSLP 98*, pp. 3257-3260, Sydney.

- [6] Kim, Y., Franco, H. & Neumeyer, L. 1997. "Automatic pronunciation scoring of specific phone segments for language instruction." *Proc. of Eurospeech 97*, pp. 645-648.
- [7] Lee, J. K. 2003. "Auditory images of Japanese by Koreans." *한국언어학회, 언어학 37호*, pp. 153-266.
- [8] 민광준. 2002. *일본어 음성학 입문*, 건국대학교 출판부.

접수일자: 2004. 4. 30

게재결정: 2004. 6. 15

▲ 배민영

대전 동구 용운동 96-3 (우: 300-716)

대전대학교 정보통신공학과 대학원

Tel: +82-42-280-2567 Fax: +82-42-284-0109

E-mail: missbea79@hotmail.com

▲ 권철홍 (책임 저자)

대전 동구 용운동 96-3 (우: 300-716)

대전대학교 정보통신공학과

Tel: +82-42-280-2555 Fax: +82-42-284-0109

E-mail: chkwon@dju.ac.kr