

# 감정 상호작용 로봇을 위한 신뢰도 평가를 이용한 화자독립 감정인식

## Speech Emotion Recognition Using Confidence Level for Emotional Interaction Robot

김은호\*

Eun Ho Kim\*

\* KAIST 기계기술연구소

### 요 약

인간의 감정을 인식하는 기술은 인간-로봇 상호작용 분야의 중요한 연구주제 중 하나이다. 특히, 화자독립 감정인식은 음성감정인식의 상용화를 위해 꼭 필요한 중요한 이슈이다. 일반적으로, 화자독립 감정인식 시스템은 화자중속 시스템과 비교하여 감정특징 값들의 화자 그리고 성별에 따른 변화로 인하여 낮은 인식률을 보인다. 따라서 본 논문에서는 신뢰도 평가방법을 이용한 감정인식결과의 거절 방법을 사용하여 화자독립 감정인식 시스템을 일관되고 정확하게 구현할 수 있는 방법을 제시한다. 또한, 제안된 방법과 기존 방법의 비교를 통하여 제안된 방법의 효율성 및 가능성을 검증한다.

**키워드** : 화자독립 감정인식, 신뢰도 측정, 거절 방법, 인간-로봇 상호작용

### Abstract

The ability to recognize human emotion is one of the hallmarks of human-robot interaction. Especially, speaker-independent emotion recognition is a challenging issue for commercial use of speech emotion recognition systems. In general, speaker-independent systems show a lower accuracy rate compared with speaker-dependent systems, as emotional feature values depend on the speaker and his/her gender. Hence, this paper describes the realization of speaker-independent emotion recognition by rejection using confidence measure to make the emotion recognition system be homogeneous and accurate. From comparison of the proposed methods with conventional method, the improvement and effectiveness of proposed methods were clearly confirmed.

**Key Words** : Speaker-Independent Emotion Recognition, Confidence measure, Rejection Algorithm, HRI

## 1. 서 론

최근 인간-로봇 상호작용(Human-Robot Interaction, HRI)은 로봇분야의 중요한 연구 주제로 떠오르고 있다 [1,2]. 특히, 감정상호작용(Emotional Interaction)은 상호작용 로봇의 적절한 반응에 대한 정보를 제공하는 등 그 중요성이 점점 확대되고 있다 [3]. 예를 들면, 과거의 로봇은 사람으로부터 명령을 받고 이를 수행하는 일방적인 대화만을 고려하였으나 앞으로는 사람의 명령뿐만 아니라, 감정이나 건강 정보 등을 인식하여 명령을 수행하고 사람의 반응을 보며 자신의 행동을 수정할 수 있는 인간-로봇 상호작용이 가능한 로봇이 대두될 것이다.

본 논문은 감정 상호작용 로봇의 갖추어야 할 기능들 중 감정인식에 관한 것으로 특히 음성을 통한 감정인식에 관하여 기술한다. 감정인식의 다양한 방법(modality)중 음성을 통한 감정인식은, 음성신호 측정의 간편성과 음성이 다양한 인터페이스(Interface)에 적용되는 등 인간의 기본적인 의사소통 방법이라는 장점을 가지고 있어 감정 상호작용 로봇의

감정인식 방법으로 적합하다. 따라서 본 연구에서는 감정 상호작용 로봇의 감정인식을 위하여 음성으로부터 감정인식에 대하여 다루고자 한다.

음성감정인식 기술의 상용화를 위해서는 화자독립 감정인식, 연기되지 않은 자연스런 감정발화에 대한 감정인식, 잡음 환경에서의 음성감정인식 등 해결되지 않은 과제가 있다 [4]. 이중, 감정 상호작용 로봇이 다양한 사용자와 감정 상호작용 하기 위해서는 불특정 다수의 음성으로부터 감정인식이 가능해야 한다. 하지만, 화자독립 감정인식의 경우 음성신호의 화자 간 변화로 인해서 낮은 인식률을 보여 음성 감정인식 기술의 상용화의 큰 어려움이 있다.

본 연구는 이러한 인간-로봇 상호작용에 필요한 화자독립 감정인식을 목표로 감정 상호작용 로봇의 일관성(Homogeneity)과 정확성을 보장하기 위하여 인식된 감정인식결과의 신뢰도 평가(Confidence measure)를 바탕으로 선택적으로 이용하는 알고리즘을 제안한다. 또한 제안된 신뢰도 평가방법의 효용성에 대해서 검증하고 실제 환경에서 구축된 화자독립 음성 감정인식 시스템을 평가 분석한다.

접수일자 : 2009년 6월 30일

완료일자 : 2009년 12월 10일

## 2. 관련 연구

### 2.1 감정과 연관이 있는 음성 특징

음성으로부터의 감정인식에 주로 사용되는 음성특징으로는 피치(Pitch), 음성의 세기(Energy), 그리고 빠르기(Tempo)를 알 수 있는 영점 교차율(Zero crossing rate)과 같은 운율특징(Prosodic feature)과 음성인식(Automatic Speech Recognition, ASR)에서 일반적으로 쓰이는 MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficient), LPC(Linear Prediction Coefficient), PLP(Perceptual Linear Predictive), 그리고 LFPC(Log Frequency Power Coefficient)등이 있다.

### 2.2 기존 연구

음성으로부터의 감정인식은 음성신호로부터 감정에 연관된 음성특징을 찾는 것으로부터 시작되었다 [5]. 그 후 1980년 중반 특정 음성특징으로부터 통계적 수치를 이용하여 음성으로부터의 감정인식에 관한 연구가 시작되었다 [6]. 심리학이나 심리 언어학에서도 음성의 음운론적 특징들이 사람의 감정을 표현한다는 연구들이 진행되었으며 특히 피치, 세기, 그리고 빠르기와 같은 운율특징들을 이용한 많은 연구가 진행되었다 [7-9].

음성을 통한 감정인식은 크게 화자종속(Speaker-dependent)과 화자독립(Speaker-independent)방법으로 나누어진다. 대부분의 화자종속에 관한 연구는 70%~90%의 인식률로 비교적 좋은 성능을 나타내고 있다 [10-12]. 그러나 대부분의 화자독립 시스템은 음성신호의 화자간 변화가 크기 때문에 약60%의 낮은 성능을 보여 실용화에 있어 앞으로 더 많은 연구를 필요로 한다 [12,13].

## 3. 데이터 베이스

### 3.1 음성 감정 데이터 베이스 [14,15]

음성 데이터베이스를 구성하기 위해서는 데이터베이스의 용도를 고려하여 감정 선정, 문장 선정, 녹음대상 선정, 녹음환경, 데이터베이스 규모 등의 결정 작업이 필요하다.

실험에 사용된 음성 데이터베이스는 G7 과제의 일환으로 제작된 것으로 다음과 같다. 대상 감정은 인간의 주요 감정인 기쁨, 슬픔, 분노의 3가지 감정과 이들의 기준이 되는 평상 감정을 포함한 4가지 감정으로 결정 하였다. 데이터베이스 제작 시 화자독립-문장독립 형 감정인식 시스템개발 및 테스트 용도의 데이터베이스를 제작한다는 목적 하에 다음과 같은 기준을 고려하였다.

- 1) 3가지 감정(기쁨, 슬픔, 분노) 상태로 발음하기 용이한 문장
- 2) 자연스런 감정 표현이 담긴 대화체 문장
- 3) 전체적으로 한국어의 모든 음소를 고루 포함하도록 구성
- 4) 법, 높임 형 등 다양한 어법을 고려하도록 구성

녹음은 평소 음성을 통한 감정 표현을 훈련한 연세대학교 아마추어 연구단원 남/녀 각각 15 명을 대상으로 하였고, 모든 참여자는 표준어 사용여부 및 감정 표현능력을 심사하여 선발하였다.

녹음 시에 감정별로 전체 문장세트를 4회씩 발음하여 그

중 우수한 3회분을 선택하였다. 제시도니 문장이외 감정에 수반될 수 있는 보조적인 효과음은 배제하였다. 녹음작업은 조용한 사무실 환경에서 이루어 졌고, DAT를 이용하여 48kHz(sampling rate)로 음성신호를 녹음하였다. 이후 Chebyshev 필터를 이용하여 16kHz로 간축(decimation)하고, 각 발화(utterance)를 수작업으로 앞 뒤 약 50ms정도의 마진을 두고 분리하여 저장하였다. 따라서 제작된 데이터베이스는 4가지 감정 상태(기쁨, 슬픔, 분노, 평상)에 대해서 각각 3회씩 45문장을 이용하였으며 남/녀 15명씩 총 16200 개의 문장을 포함하고 있다.

표 1. 음성 감정 데이터베이스의 주관적 평가

Table 1. Human performance of emotion recognition for the database

Recog.	Human performance (%)			
	Neutrality	Joy	Sadness	Anger
Neutrality	83.9	3.1	8.9	4.1
Joy	26.6	57.8	3.5	12.0
Sadness	6.4	0.6	92.2	0.8
Anger	15.1	5.4	1.0	78.5
Overall	78.1			

### 3.2 주관적 평가

구축된 데이터베이스가 화자의 감정을 어느 정도로 정확히 반영하는지를 판단하기 위해서 각 감정에 대한 주관적 평가를 실시하였다. 감정 별 인식률 및 오 인식 패턴을 알 수 있는 주관적 평가에 대한 결과는 표 1과 같다 [14].

표 1의 결과를 보면 각 감정의 인식률이 균일하지 않음을 보여준다. 슬픔의 인식률이 92.2%로 가장 높았고 기쁨의 인식률이 57.8%로 가장 낮았으며 그 차이가 약 35%로 크게 나타났다. 또한 오 인식 패턴에 있어서 모든 감정들이 평상 감정으로 오 인식하는 경우가 많을 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 평상시 감정 상태에 대한 주관적 평가자들의 정신적인 기준치가 다르기 때문에 나타났고 볼 수 있다.

특히 주관적 평가에서 주목할 점은 다음과 같다. 기존 음성을 통한 감정인식 결과에서 주로 나타난 쾌(valance)축에 대한 오 인식이 주관적 평가에는 나타나지 않는다는 것이다. 즉 분노와 기쁨 사이의 오 인식과 평상과 슬픔 사이에 오 인식이 주관적 평가에 현저히 나타나지 않는다는 것이다. 이것은 현재 음성을 통한 감정인식에서는 쾌 축에 관한 특징이 없는 반면 인간은 쾌 축에 대한 특징을 가지고 있는 것을 나타낸다.

## 4. 신뢰도 평가를 통한 인식결과 거절

### 4.1 거절 알고리즘의 필요성

일반적으로 음성 감정인식 시스템은 문장단위로 감정을 인식한다. 이와 같이 문장단위로 감정을 인식하게 될 경우, 사람과 로봇의 상호작용 중 로봇은 빈번하게 사람의 감정 상태를 입력 받게 된다.

이와 같은 경우, 로봇으로 들어오는 사람의 감정상태가

정확하고 일관되면 로봇은 적절하고 일관된 반응을 통해 사람과 원만한 감정상호작용을 할 수 있다. 그러나 현재 화자독립 음성 감정인식 시스템의 기술수준은 4가지 감정에 대해서 약 60% 정도이며 잡음 등 인식환경과 사람의 불확실한 감정표현 등을 고려할 때 음성감정인식 시스템의 정확하고 일관된 감정인식은 기대하기 어렵다.

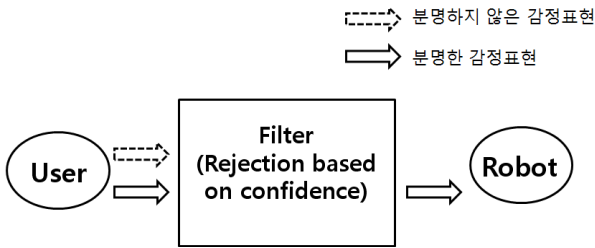


그림 1. 신뢰도 평가를 통한 거절 알고리즘을 이용한 인간-로봇 상호작용.

Fig. 1. HRI by the rejection algorithm based on confidence measure .

따라서, 감정상호작용 로봇의 음성 감정인식 기능이 실제 환경에서 사용되기 위해서는 불확실한 감정인식결과를 제거함으로써 감정상호작용 로봇으로 입력되는 감정인식결과의 정확성과 일관성을 확보해야 한다. 그림1은 일반적인 인간-로봇 상호작용에서 거절 알고리즘의 쓰임을 나타내는 그림이다. 그림과 같이 인간은 분명한 감정표현을 할 때와 분명치 않은 감정표현을 할 때가 있다. 만약 분명하지 않은 감정표현을 로봇이 인식하려고 한다면 그 정확성은 분명 낮아져 올바른 상호작용을 할 수 없게 된다. 따라서 그림과 같이 인간과 로봇 사이에 거절 알고리즘을 추가해 분명하지 않은 감정표현을 제거하는 필터와 같은 역할을 함으로서 전체적인 인식 성능을 향상시킬 수 있다.

일반적으로 패턴인식 분야에서 신뢰도 평가를 통한 패턴인식 결과를 거절하는 방법론이 사용되듯 [16-18] 본 연구에서는 음성 감정인식에 적용할 수 있는 신뢰도 평가 척도를 제안하고 측정된 신뢰도를 바탕으로 감정상호작용 로봇의 감정인식의 거절 및 수용을 결정하는 알고리즘을 제안하여 감정상호작용 로봇의 일관되고 정확한 감정상호작용을 구현한다.

#### 4.2 신뢰도 평가 방법

다양한 패턴인식 분야에서 다양한 신뢰도 평가척도를 사용하고 있다. 그러나 대부분의 연구는 음성인식, 화자인식, 필적인식(Handwriting recognition)등에 적합한 특징을 사용하고 있으며 아직까지 음성 감정인식에 적합한 신뢰도 평가척도에 대한 연구는 미비하다. 신뢰도 평가를 위해 가장 널리 사용되고 있는 척도는 정규화된 우도를 사용하는 방법과 정규화된 우도와 각각의 패턴인식에 적합한 특징을 결합하여 사용하는 방법이다.

본 연구에서는 음성 감정인식 알고리즘에 적합한 신뢰도 평가척도를 식 1과 같이 제안한다. 신뢰도 평가척도로 사용되는 확률,  $P(c|\bar{s}, e_i)$ 는 발화된 문장의 감정결과(E)와 음성열(S)이 주어졌을 때 인식된 결과가 올바른 결과일 조건부 확률을 나타낸다. 베이스 규칙과 감정 상태와 음성열의 독립가정을 이용하면 조건부 확률은 식 (1)과 같이 정리된다.

$$\begin{aligned}
 P(C=c|S=[s_1, \dots, s_n], E=e_i) &= P(c|\bar{s}, e_i) \\
 &= \frac{P(\bar{s}|c, e_i) \cdot P(c|e_i)}{P(\bar{s}|c, e_i) \cdot P(c|e_i) + P(\bar{s}|w, e_i) \cdot P(w|e_i)} \quad (1) \\
 &= \frac{P(\bar{s}|c) \cdot P(c|e_i)}{P(\bar{s}|c) \cdot P(c|e_i) + P(\bar{s}|w) \cdot P(w|e_i)}
 \end{aligned}$$

신뢰도 평가척도에서 사용되는 각각의 분절을 대표하는 특징으로는 4가지 감정에 대한 정규화된 우도의 오름차순 벡터와 감정인식 결과의 일관성을 나타내는 이진수를 결합한 총 5차원 특징벡터를 사용한다.

### 5. 실험결과

#### 5.1 실험 방법

제안된 신뢰도 평가척도의 화자독립 감정인식에 미치는 영향을 검증하기 위해 본 연구에서는 다음과 같이 실험을 설계하였다. 음성으로부터 감정과 연관된 특징을 추출하기 위해 음성특징으로는 12차 MFCC의 평균을 사용하였다.

음성특징의 차원을 줄이기 위해 그룹간 분산 (between-class variance)은 최대화하고 그룹내 분산 (Within-class variance)은 최소화하는 Fisher의 판단기준 (Criterion)을 최대화하는 동시에 직교되는 사영(Projection)을 찾는 방법인 Orthogonal Linear Discriminant Analysis(OLDA)방법을 사용하였다 [19].

감정인식은 주어진 데이터의 분포를 추정하기 위하여 다수의 가우시안(Gaussian) 함수를 사용하여 확률 분포를 모델링 하는 방법인 Gaussian Mixture Model 방법을 사용하였으며, 사용된 GMM 인식기의 Gaussian의 최적의 수를 구하기 위해 모델 선택(Model selection) 방법 중 하나인 베이시안 정보요인(Bayesian information criterion, BIC)을 이용하였다.

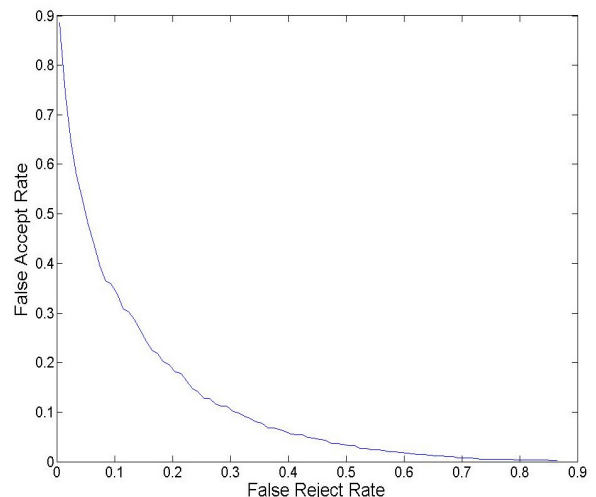


그림 2. 제안한 거절 알고리즘의 성능을 나타낸 DET 선도.

Fig. 2. Detection and trade-off curve of proposed rejection algorithm average for thirty speakers.

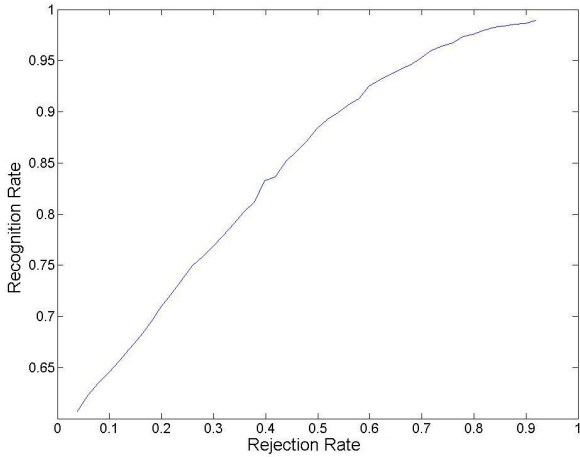


그림 3. 신뢰성 없는 인식결과를 거절시 30명의 화자에 대한 평균 음성감정인식 성능.

Fig. 3. Average speech emotion recognition performances for thirty speakers when unreliable output was rejected

신뢰도 평가척도는 식 (1)을 이용하여 다음과 같이 구하였다. 등 사전확률(Equal prior)을 가정하였으며 우도,  $P(\hat{s}|c)$  을 추정하기 위해서 Hidden Markov Model(HMM, 3 states, 5 mixtures)을 사용하였다.

제안한 시스템의 평가를 위하여 화자독립 시스템의 평가에 널리 사용되는 Leave-one-speaker-out cross-validation 방법을 사용하였다. N명의 화자 중 1명의 화자를 평가를 위해 남겨두고 N-1명의 화자를 이용하여 우도 추정을 위해 HMM 인식을 학습하였다. 학습에 이용되는 N-1명의 화자 중 1명을 화자를 제외한 N-2명의 화자를 이용하여 제안된 음성 감정인식 시스템을 학습한 뒤 제외된 1명의 화자를 인식한다. 같은 방법으로 제외된 화자를 바꿔가며 인식한 결과를 이용하여 신뢰도 평가척도를 위한 HMM 인식을 학습하였다. 최종적으로 평가를 위해 남겨둔 1명의 화자에 대해서 학습된 HMM인식기의 성능을 평가하며 반복적으로 N명의 화자에 대해서 평가를 실시하였다.

5.2 실험 결과

제안한 신뢰도 평가척도를 사용한 결과는 다음과 같다. 그림 2는 제안된 감정인식결과를 거절 알고리즘의 성능을 검증하기 위한 30명 화자에 대한 평균 DET(Detection and trade-off) 곡선이다. 그림 2에서 가로축은 옳은 감정인식 결과를 거절하는 오거부율(FRR, false reject rate)을 세로축은 잘못된 감정인식결과를 수용하는 오인식률(FAR, false accept rate)을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 본 연구에서 제안한 신뢰도 평가척도를 이용한 감정인식결과 거절 알고리즘의 성능이 우수한 것을 알 수 있다.

실제 제안한 알고리즘을 이용하여 감정인식결과를 거절할 경우 수용된 감정인식결과를 인식률 증가를 보기 위하여 거절율(Rejection rate) 대비 인식률을 나타낸 결과 그림 3과 같다. 그림에서 볼 수 있듯 거절율이 증가할수록 인식률 또한 증가함을 알 수 있다. 특히, 30%의 인식결과를 거절할 경우 인식률은 약 60%에서 약 75%까지 증가함을 알 수 있으며 50%의 인식결과를 거절할 경우 인식률은 약 87%까지 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 기존 60%정도의 낮은

인식률을 보였던 화자독립 음성 감정인식 시스템의 성능을 현저히 향상시킨 결과로서 실제 환경에서 화자독립 감정인식시스템의 사용 가능성을 증가시킨 결과라 할 수 있다.

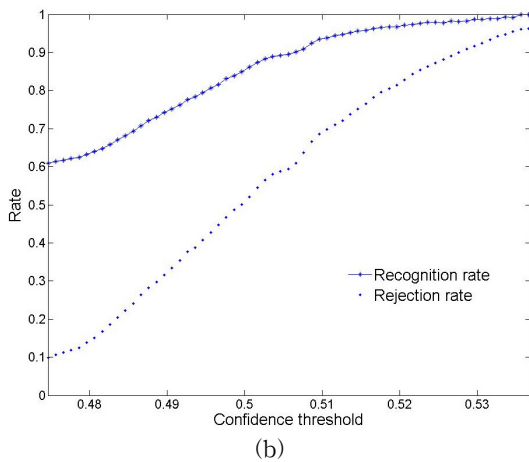
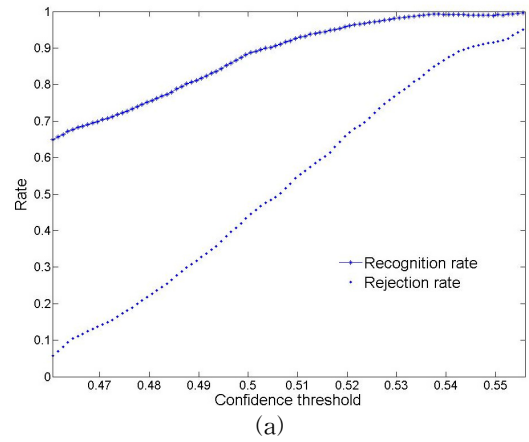


그림 4. 평균 남성 화자(a)와 여성 화자(b)의 신뢰도 문턱값에 따른 음성감정인식 성능 및 거절률

Fig. 4. Speech emotion recognition performances and rejection rates as a function of the confidence threshold  
a) average for fifteen male speakers  
b) average for fifteen female speakers

그림 4는 신뢰도 척도의 문턱값의 변화에 따른 음성 감정인식률과 거절율을 나타낸다. 감정 상호작용로봇은 상호 작용 상황과 주어진 임무 등을 고려해 신뢰도 척도의 문턱값을 적절히 조절함으로써 유연한 감정상호작용을 가능하게 할 수 있다. 예를 들어 로봇이 사람에게 감정에 따른 집안의 조도를 결정하는 경우 또는 텔레비전 프로그램 가이드 같은 오락 서비스(Entertainment service)와 같이 사람의 감정 상태 정보의 필요성이 큰 경우 신뢰도 문턱척도 값을 낮춰 감정인식결과가 수용될 확률을 높인다. 반대로 로봇이 로봇의 임무에 대한 평가 피드백(Feedback)으로 사람의 감정상태가 필요한 경우와 같이 정확한 감정상태의 추정을 원하는 경우 또는 로봇의 사무적 임무와 같이 사람의 감정상태의 정보에 대한 필요성이 작은 경우 신뢰도 문턱척도 값을 높여 감정인식결과가 거절될 확률을 높임으로써 정확한 감정인식결과만 로봇에게 전달되게 한다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 감정 상호작용 로봇의 화자독립 감정인식을 위해 신뢰도 척도를 바탕으로 감정인식결과의 거절이라는 방법을 제안, 화자독립 감정인식 시스템에 적용하였다. 또한, 감정인식의 결과의 가부를 예측하기 위하여 신뢰도 척도를 추정하는 알고리즘을 제안, 검증하였다.

실험을 통하여 본 논문에서 제안한방법이 30%의 인식결과를 거절할 경우 인식률은 약 60%에서 약 75%까지 증가함을 알 수 있으며 50%의 인식결과를 거절할 경우 인식률은 약 87%까지 증가하는 것을 확인 하였다. 이와 같은 결과는 60%대의 낮은 인식률로 인하여 상용화에 어려운 기존 화자독립 감정인식 시스템의 성능을 크게 향상시킨 결과로서 제안된 화자독립 감정인식시스템의 실제 환경에서 사용가능성을 보여준 결과이다.

본 논문에서는 불확실한 감정인식 결과의 거절을 통하여 낮은 인식률을 가지는 화자독립 감정인식 시스템의 감정상호작용 로봇에 적용 시 생길 수 있는 문제점들을 해결함으로써 감정상호작용 로봇의 일관성 및 정확성을 확보하였다.

## 참 고 문 헌

[1] E. H. Kim, Kwak, S.S., Hyun, K.H., Kim, S.H., Kwak, Y.K., "Design and Development of an Emotional Interaction Robot, Mung," *Advanced Robotics*, Vol. 23, pp. 767-784, 2009.

[2] M. Pantic, L. Rothkrantz, "Toward an Affect-Sensitive Multimodal Human-Computer Interaction," *Proceeding of the IEEE*, Vol. 91, No. 9, pp. 1370-1390, Sep. 2003.

[3] B.Schuller, D.Seppi, A.Batliner, A.Maier, S.Steidl, "Towards More Reality in the Recognition of Emotional Speech," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2007.

[4] C. E. Williams, K. N. Stevens, "Emotions and Speech: Some Acoustical Correlates," *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 52, pp. 1238, 1972.

[5] R. V. Bezooijen, "The Characteristics and Reconcilability of Vocal Expression of Emotions." *The Netherlands. Foris, Drodrecht*, 1984.

[6] R. Banse, K. R. Scherer, "Acoustic profiles in vocal emotion expression," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 70, pp. 614-636, 1996.

[7] R. Cowie, E. Douglas-Cowie, N. Tsapatsoulis, G. Votsis, S. Kollias, W. Fellenz, J. G. Taylor, "Emotion recognition in human-computer interaction," *Signal Processing Magazine, IEEE*, Vol. 18, pp. 32-80, 2001.

[8] R. W. Frick, "Communicating emotion: the role of prosodic features," *Psychological bulletin.*, Vol. 97, pp. 412-429, 1985.

[9] P. Y. Oudeyer, "The production and recognition of emotions in speech: features and algorithms," *International Journal of Human-Computer*

*Studies*, Vol. 59, pp. 157-183, 2003.

[10] N. Sebe, I. Cohen, T. S. Huang, "Multimodal emotion recognition," *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, pp. 981-256, 2005.

[11] B. Schuller, R. J. Villar, G. Villar, M. Lang, "Meta-Classifiers in Acoustic and Linguistic Feature Fusion-Based Affect Recognition," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2005.

[12] E. H. Kim, K. H. Hyun, S. H. Kim, Y. K. Kwak, "Improved Emotion Recognition with a Novel Speaker-Independent Feature", *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, 2009.

[13] D. Ververidis, C. Kotropoulos, I. Pitas, "Automatic emotional speech classification," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2004.

[14] B. S. Kang, "Text Independent Emotion Recognition Using Speech Signals," *Yonsei Univ. pp.35-40*, 2000.

[15] <http://www.gamsung.or.kr>

[16] S. Marukatat, T. Artieres, P. Gallinari, B. Dorizzi, P. Lip, "Rejection measures for handwriting sentence recognition," *Proceedings of 8th International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition*, 2002.

[17] G. Bouwman, L. Boves, J. Koolwaaij, "Weighting phone confidence measures for automatic speech recognition," *presented at Workshop on Voice Operated Telecom Services*, Ghent, Belgium, 2000.

[18] H. Jiang, "Confidence measures for speech recognition: A survey," *Speech Communication*, Vol. 45, pp. 455-470, 2005.

[19] T. Okada, S. Tomita, "An optimal orthonormal system for discriminant analysis," *Pattern Recognition*, vol. 18, pp. 139-144, 1985.

## 저 자 소 개



김은호(Kim, Eun Ho)

2004년 : KAIST 기계공학과 학사

2004년~2009년 : 동 대학원 기계공학과 박사

2009년~현재 : KAIST 기계기술연구소

관심분야 : 감정상호작용 로봇, 음성 감정인식

Phone : +82-42-350-3252

Fax : +82-42-350-5213

E-mail : kimeunho@kaist.ac.kr