ISSN 2383-6318(Print) / ISSN 2383-6326(Online)
KIISE Transactions on Computing Practices, Vol. 21, No. 2, pp. 160-165, 2015. 2
http://dx.doi.org/10.5626/KTCP.2015.21.2.160

프롬프트 레이블링을 이용한 적응형 음성기반 감정인식 프레임워크

(Adaptive Speech Emotion Recognition Framework Using Prompted Labeling Technique)

방 재 훈 † 이 승 룡 ††
(Jae Hun Bang) (Sungyoung Lee)

요 약 기존의 음성기반 감정인식 기술은 다양한 사용자로부터 수집된 데이터를 기반으로 범용적인 훈련 모델을 생성하고 이를 기반으로 감정을 인식한다. 이러한 음성기반 감정인식 모델링 기술은 개인 사용자의 음성특징을 정확히 고려하기 힘든 방법으로 개인마다 인식 정확도의 편차가 크다. 본 논문에서는 스마트폰 환경에서 프로프트 레이블링 기법을 활용하여 사용자에게 즉각적으로 감정을 피드백 받아 새로운 모델을 생성하여 적용하는 적응형 음성기반 감정인식 프레임워크를 제안한다. 실험을 통하여 제안하는 적응형 음성기반 감정인식 기법이 기존의 범용적인 모델을 사용하였을 때 보다 정확도가 크게 증가됨을 증명하였다.

키워드: 음성기반 감정인식, 클러스터링, 개인화, 기계학습

Abstract Traditional speech emotion recognition techniques recognize emotions using a general training model based on the voices of various people. These techniques can not consider personalized speech character exactly. Therefore, the recognized results are very different to each person. This paper proposes an adaptive speech emotion recognition framework made from user's' immediate feedback data using a prompted labeling technique for building a personal adaptive recognition model and applying it to each user in a mobile device environment. The proposed framework can recognize emotions from the building of a personalized recognition model. The proposed framework was evaluated to be better than the traditional research techniques from three comparative experiment. The proposed framework can be applied to healthcare, emotion monitoring and personalized service.

Keywords: speech emotion recognition, clustering, personalization, machine learning

· This work was supported by the Industrial Core Technology Development Program (10049079, Develop of mining core technology exploiting personal big data) funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE, Korea). And It was also supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) NRF-2014R1A2A2A01003914.
· 이 논문은 2014 한국컴퓨터종합학술대회에서 '프롬프트 레이블링 기법을 활용한 개인화된 음성기반 감정인식 프레임워크'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과
jhb@oslab.khu.ac.kr
†† 종신회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수(Kyung Hee Univ.)
sylee@oslab.khu.ac.kr
(Corresponding author임)

논문접수 : 2014년 10월 1일
(Received 1 October 2014)
논문수정 : 2014년 11월 1일
(Revised 1 November 2014)
심사완료 : 2014년 11월 25일
(Accepted 25 November 2014)

Copyright©2015 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지 제21권 제2호(2015. 2)

1. 서 론

최근 다양한 센서 정보를 기반으로 사람의 행위, 상황, 감정과 같은 컨텍스트 정보를 자동적으로 인지가 가능해짐에 따라 범용적인 서비스 제공보다는 개인에게 특화된 스마트 서비스를 제공하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 서비스 사용자에게 고품질 개인화된 스마트 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 컨텍스트 정보를 정확하게 인지하는 것이 중요하다.

컨텍스트 정보를 인지하는 기술의 프레임워크는 다수의 사용자들로부터 얻은 훈련데이터 셋을 기반으로 기계학습 알고리즘을 통해 모델링하고 컨텍스트를 인지한다. 이러한 범용적인 데이터 셋을 기반으로 사용자의 개인의 컨텍스트를 정확하게 인지하는 것은 한계가 있다. 특히 음성정보를 활용하여 사용자의 감정을 인식하는 음성기반 감정인식 분야에서는 사용자 마다 감정을 표현하는 패턴 및 방법이 다양함으로 개인의 음성 정보를 추출하여 훈련하는 기술이 필요하다.

음성기반 감정인식이란 사용자의 음성신호를 분석하여 사용자의 감정을 실시간으로 인식하는 기술로 감정 상태에 따라 달라지는 음악 추천, 스마트 광고 와 같은 문화 콘텐츠 등과 같은 개인화된 서비스 분야에서 널리 사용되고 있다.

초기 음성기반 감정인식 연구는 PC환경에서 마이크를 통하여 음성을 수집하고 인식하는 방법으로 진행 되었지만 최근에는 스마트폰의 보급으로 스마트폰 환경에서의 음성기반 감정인식 기술 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반적인 음성기반 감정인식 기술은 앞에서 언급했던 바와 같이 다양한 사용자로부터 수집된 음성 데이터를 기반으로 기계학습 알고리즘을 이용해 감정인식 모델을 생성한다[1-3]. 이러한 음성기반 감정인식 모델링 기술은 다수의 사용자 음성을 기반으로 범용 모델을 생성하여 감정을 인식함으로 사용자의 고유한 음성 특징을 고려하지 못한다. 즉, 훈련 모델 구축에 참여하지 않은 사용자로 부터의 감정 인식결과는 사용자마다 편차가 크게 나타난다는 문제가 있다. 따라서 사용자의 감정을 보다 정확하게 감정을 인식하기 위해서는 실시간으로 사용자 음성에 대한 감정을 피드백을 통해 기록하고 이를 기반으로 모델링하는 적응형 음성기반 감정인식 프레임워크가 필요하다.

본 논문에서는 프롬프트 레이블링 기법을 활용한 적응형 음성기반 감정인식 프레임워크를 제안한다. 제안하는 기법은 사용자에게 범용적인 모델을 제공하고 이를 통해 인식한 감정을 스마트폰 GUI를 통해 사용자에게 알림 메시지를 띄워 해당 음성에 대한 인식된 감정이 자신에 감정이 맞는지에 대한 피드백을 유도하여 레이블링하는 프롬프트 레이블링 기법을 사용한다. 레이블링된 데이터는 기존 범용 모델에서 해당감정의 레이블의 데이터를 지우고 사용자 음성 레이블을 추가하는 적응형 모델링 기법을 구현하였다. 실험을 통하여 기존의 범용적인 모델을 사용하였을 때 보다 제안하는 기법의 프로세스를 거쳐 생성된 개인화된 감정 모델을 사용할 경우 정확도가 크게 증가됨을 증명하였다.

2. 관련 연구

현재 음성기반 감정인식 연구는 새로운 특징을 추출하거나 분류 방법론을 다르게 적용하여 정확도를 개선하는 연구에 초점이 맞추어져 있다. 기존 연구 방법론은 다수의 사용자의 음성으로 범용적인 모델을 생성하여 정확도를 높이는 방법을 연구하였다. 그러나 음성의 경우 훈련에 참가하지 않은 다양한 사용자에게 적용하였을 경우 감정인식 정확도가 크게 차이 남에 따라 개인화된 감정인식 프레임워크를 만들기 위한 연구가 진행되고 있다.

개인화된 감정인식 모델을 제공하기 위한 음성기반 감정인식 연구에는 자율특징학습(Unsupervised feature Learning) 기법을 사용하여 감정을 인식하는 연구가 있다. 이는 사용자의 음성 데이터를 피드백 받아 음성특징을 사용자에게 맞게 정규화 하여 기존 데이터와의 수치값을 줄여 개인의 감정을 인식한다[4]. 이러한 방법은 사용자의 고유한 감정 음성 특징을 고려하지 않고 범용 데이터와의 수치를 줄임으로써 정확도를 향상시키는 방법으로 사용자의 감정마다 음성 표현이나 패턴이 다른 문제점을 근본적으로 해결하지 못한다.

개인화된 감정인식 프레임워크에 관한 연구는 생체신호를 기반으로 검출된 감정에 대해 사용자가 직접 감정에 대한 평가를 하고 이를 룰 베이스화 하여 중립밴드를 생성하는 방법으로 개인화된 감정인식이 가능하도록 한 연구가 있었다[5]. 이 연구는 사용자가 피드백에 너무 의존적이고 피드백을 유도하는 방법에 대한 메커니즘이 부족하다.

3. 제안하는 적응형 감정인식 프레임워크

제안하는 적응형 감정인식 프레임워크는 음성기반 감정인식을 사용자의 피드백을 통하여 개인화된 모델을 생성하고 피드백 데이터가 증가하면 점진적으로 모델을 향상 시키는 프레임 워크이다. 제안하는 프레임워크의 구성은 음성을 이용하여 감정을 인식 부분, 인식된 결과를 스마트폰 어플리케이션 GUI를 이용해 사용자의 피드백을 유도하는 프롬프트 레이블링 부분, 이를 기반으로 감정 모델을 재훈련하여 개인화된 감정 모델을 생성

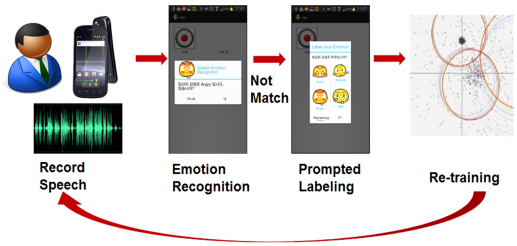

그림 1 적응형 감정인식 프레임워크 개념도

Fig. 1 Conceptual Diagram of Adaptive Speech Emotion Recognition Framework

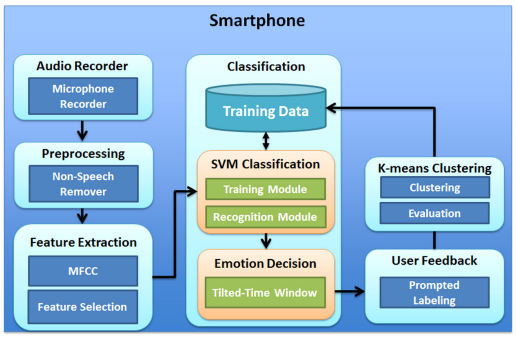

그림 2 적응형 감정인식 프레임워크 구조도

Fig. 2 Architecture of Adaptive Emotion Recognition Framework

하는 부분으로 이루어져있다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 적응형 감정인식 프레임워크의 개념도이다.

본 논문에서 제안하는 적응형 감정인식 프레임워크는 다수의 실험자 음성으로 구축된 범용적인 모델을 우선 제공하여 사용자의 녹음된 음성으로부터 감정을 인식한다. 그 후 프롬프트 레이블링 기법을 이용하여 인식된 감정이 사용자의 실제 감정과 일치하는 지를 알람을 통해 질의하고 일치할 경우에는 기존 범용 모델을 수정작업을 수행하지 않고 일치하지 않을 경우에는 사용자의 음성 특징과 실제 감정을 기록한다.

기록된 사용자의 레이블링 데이터는 사용자가 원하는 시기에 기존 범용 데이터와 비교하여 유사성이 높은 데이터는 포함시켜 재 훈련과정을 통해 사용자에게 적합한 개인화된 모델을 생성하고 사용자에게 제공한다. 그림 2는 제안하는 적응형 감정인식 프레임워크 구조도이다.

3.1 음성기반 감정인식

본 논문에서 사용하는 음성기반 감정인식 기법은 선행연구에서 개발한 기법을 활용하였다[6,7]. 음성기반 감정인식 기술은 음성 전 처리, 특징추출, 분류과정으로 구성되어 있다.

음성 전 처리부에서는 음성에서 불필요한 정보를 제거하고 사용자의 음성만 추출하는 묵음제거 기법을 수행한다. 음성인식 분야는 타 인식분야와 다르게 말하지 않는 공백데이터는 의미가 없는 데이터로 감정인식에 방해가 되는 요소이다. 본 논문에서 사용하는 음성 묵음제거 방법으로 소리의 크기에 임계 값을 두어 제거한다. 임계 값은 일반적으로 사람이 작게 말하는 소리인 15데시벨(dB)로 설정한다. 그림 3은 묵음제거 전/후의 소리 파형이다.

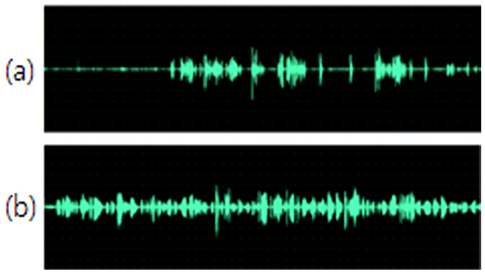

그림 3 묵음 (a) 제거전 (b) 제거후 파형

Fig. 3 Waves of (a) before (b) after Non-Speech Reduction

특징 추출을 위해서 사람의 청각 특성을 고려하는 필터뱅크 알고리즘인 MFCC(Mel Frequency Coefficient Cepstral)를 사용하였다. MFCC는 현재 음성인식 분야에서 널리 사용되고 있으며 타 필터뱅크 알고리즘에 비해 인식 성능이 우수하다. MFCC의 경우 주파수 범위를 설정 해주기 위해 계수를 설정해주어야 하는데 음성인식 분야에서 가장 인식률이 좋은 주파수 범위인 13차 MFCC[8]를 이용한다. 첫 번째 계수의 값은 전체 주파수의 단순 세기이므로 감정을 인식하는데 부적합하다. 따라서 첫 번째 계수의 값을 제외한 12개의 평균과 표준편차를 이용하여 1초간 24개의 특징을 추출하여 5초마다 총 120개의 특징을 사용한다. 분류기로는 SVM(Support Vector Machine)을 선택하였으며 인식하는 감정은 “화남”, “기쁨”, “보통”, “슬픔” 4개의 감정을 인식한다.

3.2 프롬프트 레이블링

프롬프트 레이블링 기법이란 사용자에게 인지된 결과값이 일치/불일치에 관한 질문을 GUI를 통해 알림 메세지를 통해 전송하고 사용자에게 즉각적인 피드백을 유도한 뒤 이전에 수집된 데이터에 피드백 받은 감정을 레이블링 해주는 기법이다. 본 논문에서는 사용자의 녹음된 데이터를 전 처리 및 특징 추출 과정을 수행한 결과 값을 축적하고 이에 사용자의 피드백 받은 감정을 레이블링 하였다. 그림 4는 스마트폰 환경에서 구현된 프롬프트 레이블링 GUI 화면 구성이고 그림 5는 오인지된 사용자의 감정을 레이블링한 데이터의 예시이다.

프롬프트 레이블링 기법을 사용하여 정확한 개인화된 모델을 만들기 위해서는 많은 피드백을 요구하게 된다.

그림 4 프롬프트 레이블링 GUI
Fig. 4 Prompted Labeling GUI

26.95, -29.06, -10.20, -11.12, ..., 'Angry'
31.30, -22.12, -7.69, -2.47, ..., 'Happy'
.....
34.37, -23.22, -8.02, -15.36, ..., 'Sad'

그림 5 프롬프트 레이블링 데이터의 예시
Fig. 5 Example of Prompted Labeling Data

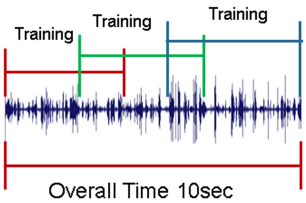

그림 6 Overlap 음성 특징 추출의 예
Fig. 6 Example of Overlap Speech Feature Extraction

따라서 적은 피드백으로 많은 데이터를 축적하기 위하여 1초마다 Overlap 기법을 사용하여 음성에 대한 특징을 추출하고 피드백 받은 감정을 레이블링한다. 그림 6은 Overlap 데이터에 대한 예시이다. 다음절에서는 레이블링된 데이터를 기반으로 개인화된 적응형 모델을 재구축하는 방법에 대하여 설명한다.

3.3 적응형 모델링 기법

적응형 모델링기법이란 감정인식 프레임워크에서 사용자의 피드백 데이터를 기반으로 점진적으로 사용자만의 고유한 감정인식 모델을 생성해주는 기법이다.

사용자에게서 피드백 받은 레이블링된 개인화 데이터를 재 모델링하기 위해서는 초기에 사용자에게 제공하는 범용적인 모델 데이터를 대체하는 작업이 필요하다. 기존의 범용적인 모델데이터를 삭제하고 레이블링된 데이터만 모델로 사용할 경우 편향된 데이터가 발생 시 특정 감정에 대한 인식정확도가 감소한다는 문제점이 있다.

따라서 제안하는 적응형 모델링기법은 기존의 범용 모델 데이터를 기반으로 사용자에게 피드백받은 레이블링 데이터를 추가, 삭제하여 모델링한다. 효율적인 추가, 삭제를 위해 사용자 피드백 데이터와 범용 모델의 유사성을 파악하여 사용자 음성 특징과 유사한 데이터만 보존하고 유사하지 않는 데이터를 삭제한다. 기존 범용 데이터와 사용자 피드백 데이터의 유사성 비교를 위해 클러스터링 알고리즘인 K-means 알고리즘을 사용한다. K-means 알고리즘은 주어진 데이터를 원하는 개수만큼 클러스터로 묶는 알고리즘으로 각 클러스터 거리 차이의 분산을 최소화 하는 방식으로 동작한다[9]. 그림 7은 프롬프트 레이블링된 데이터를 K-means 알고리즘을 사용하여 클러스터한 예시이다.

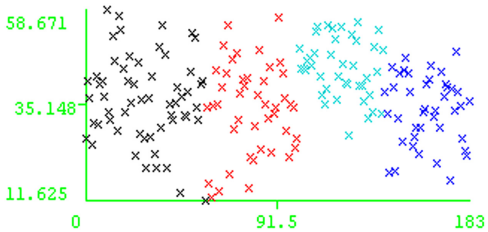

그림 7 클러스터된 프롬프트 레이블링 데이터
Fig. 7 Clustered Prompted Labeling Data

K-means 알고리즘을 통해 기존 범용 데이터는 클러스터링된 사용자 피드백 데이터와 유사도를 비교하여 일치하는 데이터는 사용자의 피드백 데이터와 함께 기계학습 알고리즘인 SVM을 통해 재 훈련과정을 수행한다. 이렇게 훈련된 개인화된 모델은 사용자에게 다시 제공되며 사용자의 피드백에 따라 지속적으로 변화하는 적응형 음성기반 감정인식 기능을 제공한다.

4. 실험 결과 및 분석

본 장에서는 제안하는 적응형 감정인식 프레임워크의 성능을 검증한다.

4.1 실험 환경 및 데이터 수집

실험에서 사용된 스마트폰 디바이스는 SHW-M250S 모델을 사용하였으며 음성 데이터는 8kHz, 16bit, 모노(mono)로 설정하였고 잡음이 나지 않는 환경에서 각 감정 당 25개식 5초단위로 녹음하였다. 기존 범용 모델 제공을 위한 기본 훈련 데이터 셋은 20대의 남성 4명, 여성 4명의 사용자가 직접 5초단위로 화남, 기쁨, 보통, 슬픔에 대한 4가지 감정을 직접 연기를 통해 녹음하여 각 감정당 332개식 총 1328개의 데이터를 수집하였다.

테스트 데이터는 훈련과정에 참가하지 않은 남성 1명과 여성 1명에 대해 프롬프트 레이블링 기법을 통하여 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 실제로 사용자가 수시로 본인이 느낀 감정을 녹음한 데이터로 각 감정마다 정확히 일치하지 않는다. 표 1은 프롬프트 레이블링 기법으로 피드백 받은 데이터의 수이다.

표 1 프롬프트 레이블링된 데이터의 수
Table 1 Number of Prompted Labeling Data Samples

	Angry	Happy	Normal	Sad
Male	131	119	116	116
Female	181	174	119	181

4.2 실험 평가 방법

실험은 프롬프트 레이블링 기법으로 피드백 받은 데이터의 클러스터링 정확도 실험과 감정인식 평가로 두 가지를 실험하였다. 감정인식 평가방법은 기존 범용 모델로 사용자의 음성을 인식하는 실험1, 사용자 데이터를 기반으로 인식하는 정확도 실험2, 범용 모델 및 제안하는 기법으로 구성된 개인화된 모델을 기반으로 감정을 인식하는 실험3으로 비교실험 평가하였다. 프롬프트 레이블링 기법으로 얻은 데이터에서 각 감정당 75개 씩 총 300개의 데이터를 테스트 데이터로 사용하고 나머지 데이터의 경우 제안하는 기법에서 개인화 모델 생성을 위한 데이터로 사용하였다.

4.3 실험 평가

클러스터링 정확도 평가는 표 2와 표 3과 같이 피드백 받은 실험자 남성 1명. 여성 1명에 대한 클러스터링 정확도를 보여주는 Confusion Matrix로 사용자의 피드백 데이터가 연관성이 높아 정확한 군집이 이루어지고 있다.

감정인식 정확도 평가는 남성 실험자와 여성 실험자 각각 따로 진행하였다. 남성 실험자의 실험 1의 경우 평균 22%로 보통과 슬픔은 전혀 인식 못하는 결과가 나왔고 실험2의 경우 평균 80%의 정확도를 보였다. 제안하는 기법인 실험 3은 평균 85%의 정확도를 보이며 실험1 보다 평균 63%, 실험2 보다 평균 5% 향상됐음을 보였다. 그림 8은 남성 실험자에 대한 비교 분석 그래프이다.

표 2 남성 실험자의 클러스터링된 데이터
Table 2 Clustered Data of Male Tester

	Angry	Happy	Normal	Sad
Angry	100%	0	0	0
Happy	0	100%	0	0
Normal	0	14%	84%	0
Sad	0	0	0	100%

표 3 여성 사용자의 클러스터링된 데이터
Table 3 Clustered Data of Female Tester

	Angry	Happy	Normal	Sad
Angry	100%	0	0	0
Happy	0	99%	0	1%
Normal	0	0	100%	0
Sad	0	0	0	100%

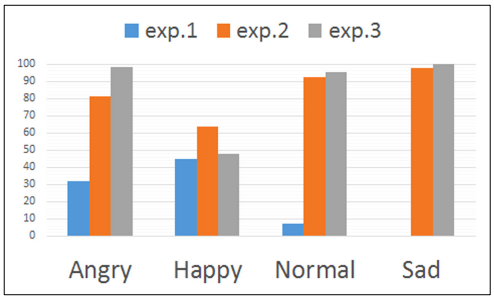

그림 8 남성 실험자의 정확도
Fig. 8 Accuracy of Male Tester

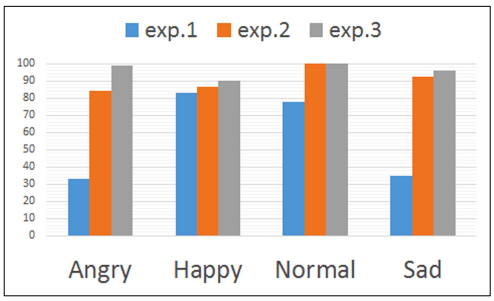

그림 9 여성 실험자의 정확도
Fig. 9 Accuracy of Female Tester

여성 실험자의 실험 1의 경우 평균 51%의 정확도를 보였고 실험 2의 경우 평균 87%의 정확도를 보였다. 제안하는 기법인 실험 3의 정확도는 평균 95%로 실험1 보다 평균 44%, 실험2 보다 평균 7% 향상됨을 보였다. 그림 9는 여성 실험자에 대한 비교 분석 그래프이다.

남성 실험자의 경우 “행복”의 감정을 인식할 때에는 실험2의 경우 63%, 실험3의 경우 47%로 제안하는 기법이 16%낮은 정확도를 보였다. 이는 “행복”의 감정이 “화남”의 감정과 유사한 음성 특징을 가지고 있어 “행복” 감정이 “화남”으로 오인지 되는 경우가 많다. 이를 정확히 인식하기 위해서는 많은 “화남”, “행복”의 음성 데이터수를 요구한다. 남성 실험자의 경우 피드백 데이터의 수가 “화남” 131개, “행복” 119개로 낮은 개수가 수집되어 “행복”감정 부분에서 실험2는 22%의 “화남” 오인지율을 보였고 실험3은 46%의 “화남” 오인지율을 보였다. 여성 실험자의 경우 피드백 데이터의 수가 “화남” 181개, “행복” 174개로 남성에 비해 상대적으로 많은 피드백 데이터를 수집 하여 실험2 11%, 실험3 8%로 낮은 오인지율을 보였다.

5. 결 론

본 논문에서는 사용자의 고유한 음성 특징을 고려한 스마트폰 환경에서 효과적인 개인화된 감정 모델을 생

성하기 위한 프레임워크를 제안하였다. 제안한 프레임워크는 사용자의 피드백을 요구하고 Overlap 음성 특징 추출을 통해 적은 피드백으로 많은 데이터를 확보하여 효율성을 높이고 피드백 데이터와 기존 범용데이터의 유사성을 판별하여 데이터를 선택하여 적응형 개인화된 음성기반 감정인식 모델링 프레임워크로 실험을 통하여 기존 범용 데이터를 사용하였을 때와 피드백 데이터만을 활용하여 감정을 인식하는 기법 보다 제안하는 기법을 사용하였을 경우 평균적으로 인식 정확도가 높아짐을 증명하였다.

References

[1] A. B. Kandali, A. Routray, T. K. Basu, "Emotion recognition from Assamese speeches using MFCC features and GMM classifier," *Proc. of the TENCON 2008*, pp. 1-5, 2008. (in Inda)

[2] Z. Xiao, Dellandrea, L. Chen, W. Dou, "Recognition of emotions in speech by a hierarchical approach," *Proc. of the 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, pp. 1-8, 2009. (in Netherlands)

[3] D. Morrison, R. Wang, Liyanage C. D. Silva "Ensemble methods for spoken emotion recognition in call-centres," *Speech Communication*, Vol. 49, Issue 2, pp. 98-112, 2007.

[4] Tauhidur Rahman, Carlos Busso, "a Personalized Emotion Recognition System Using An Unsupervised Feature Adaptation Scheme," *Proc. of the Acoustics, Speech and Signal Processing 2012*, pp. 5117-5120, 2012. (in Japan)

[5] SangMin Ahn, MinCheol Whang, DongKeun Kim, JongHwa Kim, SangIn Park, "Real-time emotion recognition technology using individualization processemotional technology," *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, Vol. 15, No. 1, pp. 133-140, 2012.

[6] Jae Hun Bang, Sungyong Lee, "Call Speech Emotion Recognition for Emotion based Services," *Journal of KIISE, Software and Application*, Vol. 41, No. 3, pp. 208-213, 2014.

[7] Jae Hun Bang, Sungyoung Lee, Taechung Jung, "Speech Emotion Recognition Framework on Smartphone Environment," *Proc. of the 39th KIPS*, Vol. 20, Issue 1, pp. 254-256, 10-11, 2013.

[8] A. Klautau (2005, Nov. 22), "The MFCC," [Online]. Available: http://www.cic.unb.br/~lamar/te073/Aulas/mfcc.pdf (downloaded 2012, Nov. 10)

[9] Wikipedia (2015, Jan. 7), "k-means clustering [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering (downloaded 2012, Nov. 10)

방 재 훈

2007년 평택대학교 디지털응용정보학과 학사. 2013년 경희대학교 컴퓨터공학과 석사. 2013년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 현재 경희대학교 동서신의학 u-라이프케어 연구센터 연구원. 관심분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 감정인식, 모바일기반 감정인식

이 승 룡

1978년 고려대학교 재료공학과 공학사 1987년 Illinois Institute of Technology 전산학과 석사. 1991년 Illinois Institute of Technology 전산학과 박사. 1992년~1993년 Governors State University, Illinois 조교수. 1993년~현재 경희대학교 전자정보학부 컴퓨터공학과 교수. 현재 경희대학교 동서신의학 u-라이프케어 연구센터 센터장. 관심분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 상황인지, 인공지능, 실시간 시스템, 미들웨어 시스템, 보안, 클라우드 컴퓨팅