

논문 2010-1-8

# 생체신호를 이용한 감정인지시스템의 설계 및 구현

## Design and Implementation of an Emotion Recognition System using Physiological Signal

오지수\*, 강정진\*\*, 임명재\*\*\*, 이기영\*\*\*\*

Ji-Soo O\*, Jeong-Jin Kang\*\*, Myung-Jae Lim\*\*\*, Ki-Young Lee\*\*\*\*

**요 약** 최근에 모바일 시장에서는 시각과 청각, 촉각에 의존하여 상대방에게 의사를 전달하는 기술이 발전되고 있지만, 인간이 의사소통을 하는데 있어서 시각·촉각·청각·후각·미각인 오감의 요소를 필요로 한다. 그러므로 본 논문에서는 음성과 체온, 맥박 같은 생체신호를 통하여 감정을 인지하고 향기가 나는 모바일 기기를 사용하여 상대방에게 의사를 전달 할 때 오감의 요소 중 후각적인 요소를 접목하였다. 또한 사용자 감정의 변화에 따라 적절한 향기를 발산하도록 하여 사용자의 감정을 컨트롤 할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다.

**Abstract** Recently in the mobile market, the communication technology which bases on the sense of sight, sound, and touch has been developed. However, human beings uses all five - vision, auditory, palatory, olfactory, and tactile - senses to communicate. Therefore, the current paper presents a technology which enables individuals to be aware of other people's emotions through a machinery device. This is achieved by the machine perceiving the tone of the voice, body temperature, pulse, and other biometric signals to recognize the emotion the dispatching individual is experiencing. Once the emotion is recognized, a scent is emitted to the receiving individual. A system which coordinates the emission of scent according to emotional changes is proposed.

**Key Words** : Voice Recognition, Biological Signal, Emotion Recognition

### 1. 서론

인간은 일반적으로 시각, 청각, 촉각 등 다양한 방법을 통하여 상호간에 정보를 교환한다. 감정 전달 또한 같은 방식으로 전달된다고 할 수 있고 에크만(Ekman)의 연구에 의하면 음성을 통한 인지가 시각에 의한 인지보다 조금 더 효과적이라고 한다. 그러나 사람의 감정을 인지하는데 좀 더 높은 인지률을 얻기 위해서는 인간의 음성, 얼굴 표정, 손과 몸동작 그리고 생체 등을 통해 제공되는 다양한 신호를 처리, 추출하고 분석할 수 있는 부가적인

요소도 필요하다<sup>[1]</sup>.

감정 인식 연구는 여러 분야에서 연구되고 있다. 특히 얼굴 표정이나 음성을 통해 감정 인식을 하는 연구가 많이 진행되었다. 하지만 그것들을 이용하여 감정 인식을 할 경우 몇 가지 문제점이 발생한다.

연구 항목 중 하나인 음성을 이용한 감정 인식의 경우에 주변의 잡음이 들어가 실제 데이터를 추출 하는데 문제가 있다. 예를 들면 사용자가 음악이나 텔레비전을 시청하는 경우 사용자는 이야기를 할 수 없고, 만약 가능하더라도 주위 환경의 소음으로부터 말을 분리해 내는 데 문제가 발생한다.

반면에 생체 데이터의 경우는 주변 환경에 영향을 덜 받는 장점을 갖는다. 생체 신호를 이용한 감정 인식은 센서 등을 이용하여 간단하게 추출할 수 있고, IT 연구의

\*준회원, 을지대학교 의료산업학부  
\*\*중신회원, 동서울대학 정보통신과  
\*\*\*중신회원, 을지대학교 의료산업학부 교수  
\*\*\*\*중신회원, 을지대학교 의료산업학부 교수(교신저자)  
접수일자 2010.1.22, 수정일자 2010.2.8

전체적인 방향이 고객중심으로 서비스를 제공하기 위해서는 그 고객의 행동은 물론 감정, 기호 등을 종합적으로 파악하여 맞춤형 서비스를 제공하는 것이 중요하기 때문에 감정인지 분야가 중요한 연구 주제로 대두 되고 있다<sup>[2]</sup>.

본 논문은 생체 신호를 기반으로 감정 인지에 대한 설계 및 구현을 목표로 한다. 논문구조는 1장 서론에 이어서, 2장에서는 관련연구로 생체신호를 측정할 3요소를 통한 감정 변화의 특징에 대하여 기술한다. 3장에서는 생체신호를 이용한 감정인지시스템에 대한 설계와 구현에 대하여 언급하고, 4장에서는 시스템의 성능 평가를 고찰한다. 끝으로 5장에서는 이를 바탕으로 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

인간은 서로 간에 의사소통을 할 때는 시각, 청각, 촉각 등 다양한 감각 기관을 통해 전달하고 인지한다. 본 장에서는 인간의 오감 중에서 청각으로 인지 할 수 있는 음성과 생체 신호에 대하여 알아본다. 생체 신호는 특정한 감정 분류가 어렵지만 사용자의 감정 변화에 대한 정보를 실시간으로 얻을 수 있고, 주변 환경에 민감하지 않은 장점을 갖는다. 이러한 장점들을 이용하여 생체 신호 중에서 우리는 체온과 맥박을 이용하여 감정 인지를 하였다.

### 2.1 음성 인지

사람들은 시각보다 청각 자극에 더 빨리 반응한다. 따라서 청각 자극은 상대의 감정을 인지/표현 하는데 효과적으로 사용될 수 있다<sup>[3]</sup>.

소리의 정보 전달에는 자료의 전달뿐 아니라 정서적인 정보도 포함되어 있다. 동일한 정보일지라도 어떠한 목소리로 전달하느냐에 따라 정보 전달 효과는 다르다. 소리 신호는 푸리에의 이론에 따르면 여러 주파수들의 조합으로 이루어져 있으며 갖가지 감정을 갖는 소리들을 주파수 영역에서 분석하여 분류할 수 있다<sup>[4]</sup>.

음성 신호를 이용한 감정 인지에서 사용하는 특징들은 크게 성대의 떨림 정도를 나타내는 피치(Pitch), 말하는 세기를 나타내는 에너지(Energy), 포먼트(Formant), 말의 빠르기로 구성되어 진다. Dimitrios는 음성을 자동으로 화남, 행복함, 평상, 슬픔, 놀람 같은 5개의 감정을

구분하기 위해 피치, 에너지, 포먼트에서 87개의 특징 점을 추출하여 주차원 분석법을 적용하여 차원을 2개로 줄여 감정을 분류하였다<sup>[5]</sup>. 그리고 Fukuda는 음성 신호의 템포와 에너지의 특징으로 6개의 기본 감정을 분류하는 것을 시도했다. 간단한 인간 기반 감정 모델과 wavelet/cepstrum에 대한 기반으로 인간의 목소리로부터 감정을 추출하기 위한 소프트웨어 툴을 개발했다. 일반적인 인간의 감정 이해 패턴의 목적을 위해 100개의 영어와 50개의 일본어 음성 샘플을 처리, 실험하였다. 그림 1은 4가지 감정에 따라 음성의 파장과 그 특징을 나타낸 것이다<sup>[6]</sup>.

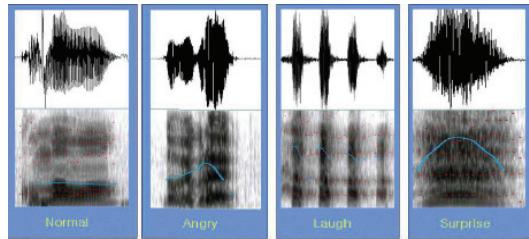


그림 4. 음성 파장에 따른 감정 변화  
Fig. 4. Voice Wavelength in Mood Change

### 2.2 체온을 통한 감정 인지

사람이 감정의 변화에 따라 다른 생체 신호에 비해 체온의 경우에는 체온의 차가 미세하다. 근육이 팽창하면 혈관은 수축될 것이고, 따라서 피부 온도는 감소한다하며 외부 요인에 좌우된다.

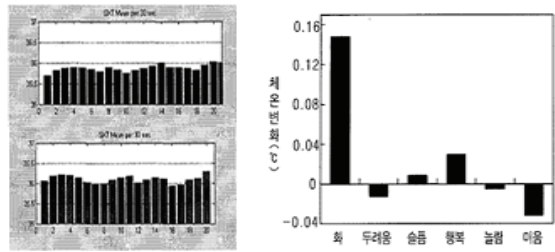


그림 5. 감정변화에 따른 체온 변화  
Fig. 5. Mean Body Temperature in Mood Change

그림 2는 감정 변화에 따른 사람들의 평균 피부온도와 체온의 변화를 보여준다. 화가 났을 때가 체온의 변화가 가장 크다는 것을 알 수 있으며 놀랐을 경우 그 차가 매

우 작다. 하지만 그 가장 큰 변화를 보이는 감정의 경우에도 0.15 °C 밖에 차이가 나지 않는다<sup>[7]</sup>.

체온은 변화에 따른 차가 미세하여 세부적으로는 분류해 나가기 힘들다. 이 때 피부 전기저항 신호는 기본적으로 피부에 땀이 났을 때 증가하는 피부의 전도성으로써 다른 자극뿐만 아니라 스트레스에 대한 감각적이고 유용한 지표로 사용된다. 또한 충동이 있는 상황과 충동이 없는 상황 사이에 또는 화남과 무서움 사이의 다른 점을 구별 짓는 것을 돕는다. 그러므로 체온으로 구별하기 힘든 부분을 피부 전기 저항으로써 미세한 측정단위로 표현할 수 있다<sup>[8]</sup>.

식 1은 평균 피부 온도(mean skin temperature)를 나타내는 식으로 30초간 피부온도의 평균값을 계산하였다.

$$SKT_{mean_k} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M skt_k \quad (\text{식 1})$$

### 2.3 맥박을 통한 감정 인지

맥박은 다각적인 생체 활동을 하나의 신호를 통해 설명하므로 적은 수의 특징으로 신체의 복잡성을 설명할 수 있는 틀을 제공한다. 심장 박동의 혈관벽에 미치는 빠르기, 세기 등의 특징을 이용하여 특징위치의 상태를 알아내고 이를 통해 맥박의 시간과 공간적 파라미터를 통해 외부로부터 가해지는 힘에 대한 응답과 3차원 공간에서 압력과 체형의 주기적 변형관계로 해석이 가능하다.

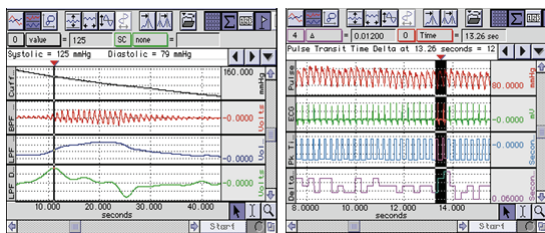


그림 6. 맥박수와 맥박 속도 측정  
Fig. 6. Pulse and Pulse Transit Time Measurement

그림 3은 맥박의 수와 맥박의 빠르기의 측정된 것이다. 이를 통해 맥박의 특징을 추출 한다. 그림 4는 감정변화에 따른 맥박의 특징을 다차원 분포로 보여준 것이다<sup>[9]</sup>.

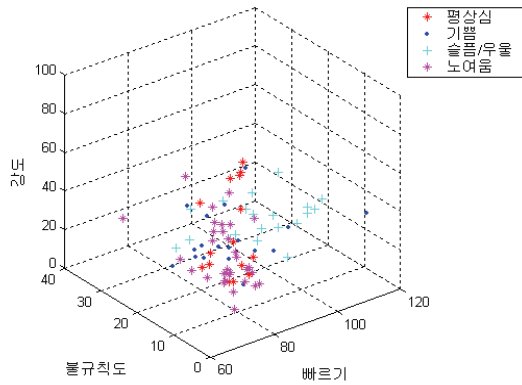


그림 7. 감정변화에 따른 맥박 특징의 분포  
Fig. 7. Pulse Characteristics of the Distribution in Mood Change

## III. 시스템 설계 및 구현

### 3.1 시스템 설계

본 시스템은 감정 분석을 위한 단계는 크게 생체신호 계측과 신호처리, 특징 추출, 구분의 단계가 있으며 이를 바탕으로 알맞은 아로마 향을 선택하여 사용자에게 은은한 향이 전해지도록 한다. 또한 스마트폰의 발전으로 모바일로 생체 신호를 추출할 수 있어 본 논문에서 측정하고자 하는 생체 신호는 맥박 측정을 위한 센서가 부착되어 있으며 압력에 따른 체온 측정으로 구성된다.

그림 5는 본 시스템의 세부적인 구조도를 보여주고 있다. 스마트폰을 통해 사용자가 통화를 할 때 Data Manager는 음성과 체온, 맥박 데이터를 측정하여 각 특징을 추출하고 정규화 한다. 이 데이터를 저장하고 사용자의 자신의 감정 변화에 대하여 피드백하게 된다. Emotion Learner의 경우 저장되었던 데이터들 중에서 체온 데이터로 학습을 하고 다음으로 체온과 맥박 데이터로 학습을 한다. 이 학습에는 SVM 학습방법을 사용했으며 Data Predictor에서는 체온 데이터만을 학습하고 클러스터링 방식인 K-NN을 하였으며 다음으로 체온과 맥박 데이터를 학습하고 클러스터링 하여 감정을 예측한다. 이를 Emotion Analyzer에서 예측 단계로부터 감정을 예측하고 분석한다.

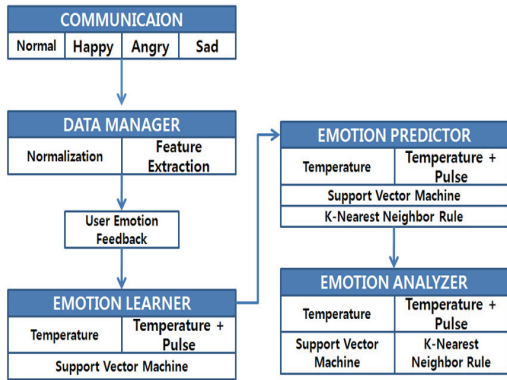


그림 8. 시스템 구조도  
Fig. 8. System Structure

합도의 차를 비교하여 기준치 이하이면 선택한 집합을 최상의 집합으로 대체하고 이를 평가하고 조건이 만족될 때까지 반복한다.

### 3.2 시스템 구현

본 시스템은 생체 신호 추출을 위해 사용된 장비는 맥박 측정을 위해 PPG(Photo Plethysmo Graphy)센서, 체온 측정을 위해 Biopac MP150을 이용했으며 기본적으로 Windows XP 운영체제의 환경의 PC상에서 구현하였다. 음성 분석은 UCLA에서 개발한 PC quirerX 프로그램을 사용하여 음성 패턴을 살펴보았다.

```

Interactive Feature Selection Algorithm :

Input . Start with the full feature set
    (M: Feature no. that user want to select)
Output . M th feature

Method.
    begin
        M ← 0
        //Compute difference of each feature
        while Diff(n) = NewFeature(n) - OldFeature(n) do Diff(n) > θ ?
            n < N (Total feature) ?
            if n ≥ N then Assign their point, Assign Emotion transition point
                else output(befor state)
            //Sub Feature Set (Best M features)
            //Evaluation by Classifier (Recognition Rate)
            while T = NewPerformance - OldPerformance do T < θ ?
                begin
                    print End
                end
                if T ≥ θ then Best(M+1)th replaces with Mth feature
            //Sub Feature Set (Best M features)
            //Evaluation by Classifier (Recognition Rate)
        end
    end
    
```

그림 9. 감정 패턴 분류(IFS) 알고리즘  
Fig. 9. IFS Algorithm

그림 6은 감정을 판별하기 위하여 각 패턴들을 분류하고 학습하는 알고리즘에 대하여 나타낸 것이다. 패턴의 상관성과 강화학습을 이용한 Inter- active Feature Selection(IFS) 알고리즘을 이용하며, 생체신호의 특징 집합들로 이루어진 입력데이터를 요구한다. 동일 클래스에 대하여 높은 상관성을 갖는지, 서로 다른 클래스에 대해서는 어느 정도의 낮은 상관성을 갖는지 측정한다. 처음으로 생체 데이터 집합을 선택하고 이전과 현재의 적

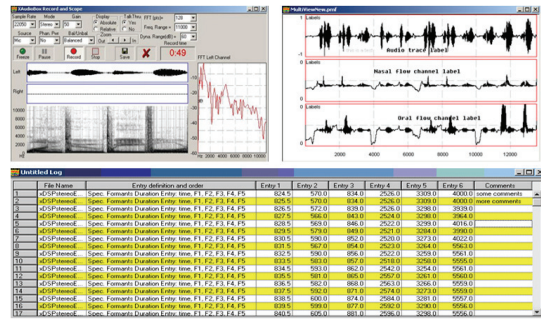


그림 10. PC quirerX를 통한 음성 신호 추출 및 리스트  
Fig. 10. Voice Signal Extraction and List in PC quirerX

그림 7은 위의 프로그램을 통하여 음성 패턴을 추출해 낸 것이며 그에 대한 데이터 리스트이다. 기본발생 감정 항목으로는 감정을 4가지로 평상시, 기쁨, 슬픔/우울, 화남으로 분류하였다. 감정 중 구분이 명확하지 않는 슬픔과 우울의 경우를 하나의 경우로 해석하였다. 사용자의 감정 인지를 위해 생체 신호 측정은 체온과 맥박을 동시에 측정할 수 있는 모바일 기기를 통하여 측정하였고 측정된 데이터는 제안된 방법으로 특징을 구한 후, 감정을 분석하였다. 그림 8은 센서를 통해 채운 데이터를 추출한 것이다.

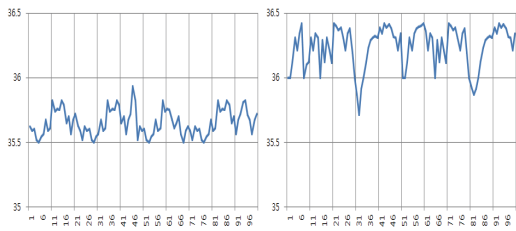


그림 11. 센서를 통한 체온 데이터 추출  
Fig. 11. Temperature Data Extraction through Sensor

사용자의 감정이 피드백 되는 경우 또다시 생체 신호를 센서로부터 전송받아 데이터베이스에 저장된 후 분석을 통해 다시 감정이 분류된다. 본 논문에서 제안한 아로마 향이 발산되는 모바일폰의 경우 현재 삼성, 노키아 등 특허로 곧 출시 된다는 가정 하에 구현하였다.

#### IV. 성능 평가

생체신호인 음성, 체온, 맥박 데이터를 이용하여 각 실험 당 100명의 실험자를 통하여 총 6 회의 실험을 하였다.

먼저 음성 데이터만을 통해 감정을 인지한 경우이며 이후에는 본 논문에서 제안한 3가지 생체신호를 통하여 감정을 인지하는 두 가지 조건을 통하여 실험을 진행하였다.

표 2. 실험 조건 결과  
Table 2. Experimental Result

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
Pre	62%	84%	75%	75%	73%	65%	72%
Pro	66%	89%	73%	73%	74%	69%	74%

위의 표 1은 논문에서 제시한 두 조건에 따른 실험 결과이며 이를 통하여 음성인 하나의 요소로 감정을 인지하는 것보다는 생체신호를 더하여 감정을 인지하는 것이 인식률이 더 높다는 것을 알 수 있다. 그림 9는 4가지로 분류한 각 감정들의 인식률을 도표로 나타낸 것이다. 그 결과, 평균 인식률은 Normal일 경우 70%, Happy는 55%, Angry는 87%, Depress는 86%로 화가 났을 경우의 인식률이 가장 높았으며, 행복할 경우의 인식률이 가장 낮은 것을 알 수 있다.

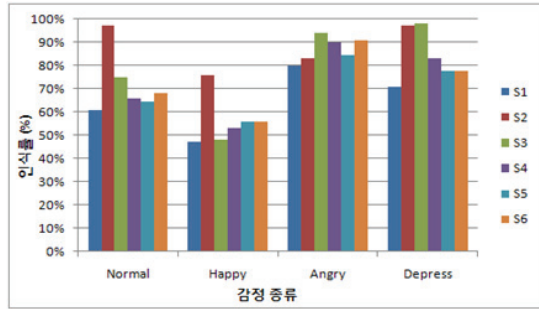


그림 12. 감정에 따른 인식률  
Fig. 12. Recognition Rate Comparison in Emotion

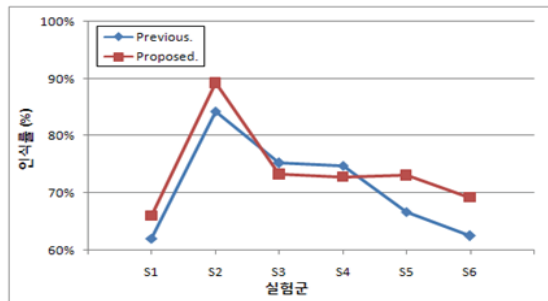


그림 13. 실험 결과 비교  
Fig. 13. Experimental Result Comparison

그림 10은 두 가지 조건을 통한 실험 결과를 찍은 선 그래프로 나타낸 것이다. 그 결과, 음성 데이터만으로 감정을 인지할 경우 평균 인식률이 72%이며, 음성과 생체신호를 이용하여 감정을 인지할 경우 평균 인식률은 74%로써 인식률이 2% 높아졌다.

#### V. 결론

본 논문에서는 상대방과 의사소통을 하는 사용자의 음성을 인지하여 감정을 인지한다. 또한 맥박, 체온인 생체신호를 이용하여 감정을 인지를 함으로써 향기 나는 휴대폰으로 의사소통을 할 때 감정 변화에 따라 서로 다른 아로마 향을 발산하도록 하여 사용자의 감정을 컨트롤 할 수 있는 감정인지시스템을 설계하고 구현하였다.

그 결과, 음성 데이터로만 감정을 인지하는 것보다 음성과 생체신호인 체온과 맥박 데이터를 이용한 감정 인지의 경우 72%의 인식률에서 74%로 인식률이 높아졌다.



향후 연구로는 측정된 생체 신호를 좀 더 효율적으로 감정 인지를 할 수 있는 알고리즘을 개발하여 구현하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] 심귀보, 박창현, "음성으로부터 감정인지 요소 분석", 중앙대학교 전자전기공학부, 2001년.
- [2] 이승환, "ECG 신호의 R과 검출 및 PVC 판별 알고리즘", 명지대학교, 2001년.
- [3] Postech, "감정인식 기술 동향", 주간기술동향, 1283호, 2007년.
- [4] Kwee-Bo Sim, Chang-Hyun Park, "Emotion recognition based on frequency analysis of speech signal", International journal of Fuzzy Logic and Intelligent System, Vol. 2, No.2, 2002년.
- [5] D.Ververidis, "Emotional speech classification using Gaussian mixture models," Proceedings of ISCAS, vol. 3, pp. 2871-2874, May, 2005.
- [6] S. Fukuda, "Emotion in User Interface, Voice Interaction System," IEEE International Conference on Systems, Cybernetics Tepresentation, No.2, pp. 798-803, 2000.
- [7] 이충기, "생체신호를 이용한 감정상태 검출 알고리즘에 대한 연구", 연세대학원, 2006년.
- [8] P.Ekman, "An argument for basic emotions", Cognit. Emotion, vol.6, no.3.4. pp.169-200, 1992.
- [9] 최아영, 우운택, "감정 분석을 위한 생체 신호 특징 추출", 광주과학기술원, 2005년.

### 저자 소개

#### 오 지 수(준회원)



- 2007년~현재 을지대학교 의료산업학부 의료전산학전공 학생
- <주관심분야 : u-Healthcare, 유비쿼터스, GIS, 영상처리 등>

#### 강 정 진(종신회원)



- 제 9 권 4호 참조
- 2007년~2008년 미시간주립대학교 전기컴퓨터공학과 교환교수
- 1991년~현재 동서울대학 정보통신과 교수
- 2009년~현재 (사)한국인터넷방송통신 TV학회 회장
- <주관심분야 : RFID/USN용 안테나, 이동무선통신 소자 및 전파, Ultrafast Microwave Photonics 등>

#### 임 명 재(종신회원)



- 1992년~현재 을지대학교 의료산업학부 부교수
- <주관심분야 : S/W공학, CBD방법론, HCI 등>

#### 이 기 영(종신회원) : 교신저자



- 제 9 권 3호 참조
- 2009년~현재 한국인터넷방송통신TV학회 협동이사
- 1991년~현재 을지대학교 의료산업학부 부교수
- <주관심분야 : u-Healthcare, 공간 데이터베이스, GIS, LBS, USN, 텔레메틱스 등>