

# 자폐증 치료를 위한 감성인지 시스템 프로토타입

정성엽\*

충주대학교 기계공학과

## Prototype of Emotion Recognition System for Treatment of Autistic Spectrum Disorder

Seong Youb Chung\*

Department of Mechanical Engineering, Chungju National University, 50 Daehak-ro, Chungju-si, Chungbuk 380-702, Korea  
(2011.09.14 Received / 2011.11.22 Accepted)

**Abstract** : It is known that as many as 15-20 in 10,000 children are diagnosed with autistic spectrum disorder. A framework of the treatment system for children with autism using affective computing technologies was proposed by Chung and Yoon<sup>4)</sup>. In this paper, a prototype for the framework is proposed. It consists of emotion stimulating module, multi-modal bio-signal sensing module, treatment module using virtual reality, and emotion recognition module. Primitive experiments on emotion recognition show the usefulness of the proposed system.

**Key words** : Emotion Recognition(감성 인지), Autism(자폐증), Treatment for Autism(자폐증 치료), Bio-signals(생체 신호), Virtual Reality(가상현실)

### Nomenclature

- EEG : electroencephalogram
- ECG : electrocardiogram
- GSR : galvanic skin response
- BVP : blood volume pulse
- EOG : electrooculargram
- SVM : support vector machine

### 1. 서론

자폐증 (autism)이란 약 3세 이전부터 언어 표현 및 이해, 어머니와의 애착 행동, 사람들과의 놀이에 대한 관심이 저조해지는 양상으로부터 시작하여, 3

세 이후에 또래에 대한 관심의 부족, 반복행동, 놀이 행동의 심한 위축, 인지 발달의 저하 등이 함께 나타나는 발달상의 장애이다. 자폐증은 미국에서 만 명당 4-5명꼴로 발생하며 가벼운 증상의 아동들까지 포함하는 자폐스펙트럼장애 (autistic spectrum disorder)의 경우에는 만 명당 15-20명 정도로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 우리나라의 경우 뉴욕 타임즈 2011년 5월 기사<sup>3)</sup>에 따르면 경기도 고양시 일산의 만 7세에서 12세 사이 아동의 2.6%가 자폐스펙트럼장애를 가지고 있으며, 이는 선진국 평균에 비해 상당히 높은 수준으로 자폐스펙트럼장애는 이미 사회적으로 심각한 문제가 되고 있음을 알 수 있다.

자폐스펙트럼장애의 일반적인 치료 방법은 상호 의사소통의 강화, 청각훈련, 행동수정, 식사조절, 약물, 음악요법, 물리치료, 작업치료, 감각통합, 시각요법 등에서 자폐아의 상태에 따라 적절한 치료 방

\* Corresponding author. E-mail: sychung@cjnu.ac.kr

법을 선정하고, 치료 담당자는 자폐아를 관찰하여 상황에 따라 적절한 치료 시나리오를 적용한다. 자폐아의 감성은 치료에 있어 매우 중요한 요소 중 하나이다. 그러나 자폐아의 경우는 자신의 감정 상태를 제대로 표현하지 못하기 때문에 치료 및 교육에 제약이 많다. 실제로 자폐스펙트럼장애 아동이 치료 프로그램 참여 중 소리를 지르는 경우 좋아서 소리를 지르는 것인지 흥분해서 소리를 지르는 것인지 임상의는 알기 힘들다.

James-Lange 과 Cannon-Bard 의 정서 이론<sup>9,10)</sup>에 따르면 인간의 정서는 근육의 긴장, 심박수 및 피부 온도의 변화 등의 생리적 현상으로 나타난다. 따라서 생체 신호를 이용하면 보다 객관적이고 높은 신뢰도로 인간의 감성을 인지할 수 있다. Chung 과 Yoon<sup>5)</sup>의 논문에서는 생체 신호 센싱 및 감성 컴퓨팅 기술을 이용한 자폐스펙트럼장애 치료 시스템의 프레임워크를 제시하고 있는데, 이는 자폐 아동의 사회성 및 상호작용 능력을 증대시키기 위한 가상 치료 환경을 제공하고 뇌파 (EEG), 심전도 (ECG) 등 생체 신호를 측정하여 자폐 아동의 정서 상태를 모니터링 함으로써 보다 교육 및 치료 효과를 높여주는 특징이 있다. Fig. 1은 Chung 과 Yoon<sup>5)</sup>가 제안한 자폐스펙트럼장애 치료 시스템 프레임워크를 나타내며, 본 논문에서는 Fig. 1의 프레임워크 구현을 위한 감성인지 시스템 프로토타입을 제안하고 자 한다.

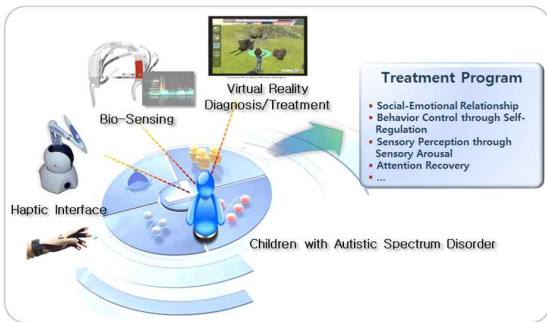


Fig. 1 자폐스펙트럼장애 치료 프레임워크<sup>5)</sup>

## 2. 감성인지 시스템 프로토타입

본 논문에서 제안하는 감성인지 시스템의 프로토타입은 감성자극 모듈, 멀티모달 센서 측정 모듈, 가

상현실 치료 모듈 및 감성인지 모듈로 구성된다.

### 2.1 감성자극 모듈

감성을 유도하기 위한 방법으로 국제정서사진체계 (international affective picture system, IAPS)가 널리 이용되고 있다<sup>2)</sup>. IAPS는 Bradley와 Lang<sup>4)</sup>이 감성을 흥분 (arousal)과 긍정 (valence)의 공간 (이하 감성 공간으로 지칭함)에서 이해하려는 접근 방법에서 감성자극을 위해 개발한 것으로 다양한 자극을 유발할 수 있는 사진들로 구성되어 있다. 각 사진들에 대해 흥분과 긍정의 값이 알려져 있기 때문에 감성인지와 관련된 많은 연구에서 감성 자극으로 사용되고 있다. Fig. 2은 IAPS의 예를 나타내며, Fig. 3은 자극 제시의 과정을 나타낸 예이다. 개발된 감성자극 모듈은 각 자극 사이에는 일정시간 초록 그림을 보여주어 이전 자극의 영향을 덜 받도록 하고, 생체 신호 장치가 자극의 시간을 기록할 수 있도록 자극의 시작과 끝 시점에서 디지털 신호를 생성한다. 개발된 자극제시 모듈은 사진의 인덱스를 텍스트 형태로 나열한 파일을 입력받아 화면에 나타내며, 프린터 포트를 디지털 출력으로 이용하여 자극의 시점을 기록한다.



Fig. 2 IAPS의 예

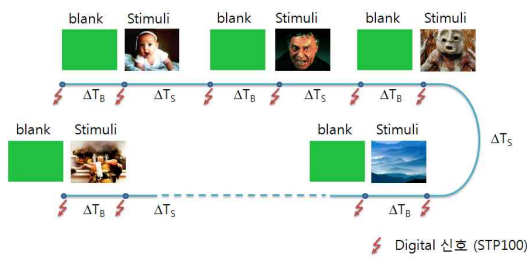


Fig. 3 자극 제시의 개념도

### 2.2 멀티모달 센서 측정 모듈

Fig. 4의 멀티모달 센서 측정 모듈은 감성과 가장 관계가 깊은 뇌파를 기반으로 다른 생체신호를 측

정할 수 있도록 구성되었다. 생체신호 측정 장치로 확장성이 용이한 Biopac MP150을 활용하였으며 뇌파 (EEG) 센서 12 채널, 피부전기전도성 센서 (GSR) 1채널, 심전도 (ECG) 1채널, 맥파 (BVP) 1채널, 안전도 (EOG) 1채널을 측정할 수 있다. 안전도는 눈의 깜빡임을 보정하기 위해 사용된다.

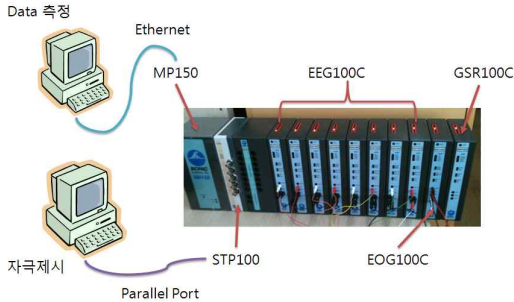


Fig. 4 멀티모달 센서 측정 모듈의 개념도

### 2.3 가상현실 치료 모듈

자폐증을 치료하기 위해서는 시나리오 기반의 치료가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 제한된 영역에서의 피시험자의 정서 상태를 측정할 수 있도록 가상현실을 기반으로 한 시나리오를 제안하였다. 가상현실은 WorldViz의 Vizard Toolkit를 통해 구현하였으며 제안된 시나리오는 가상의 아바타와 상호작용을 하도록 설계되었다.

#### 2.3.1 시나리오 I

Fig. 5(a)는 피시험자가 조정하는 아바타와 감성을 표현할 수 있는 가상 에이전트가 버튼을 선택하여 게임을 하는 모습으로 임의의 위치에 지뢰가 숨겨져 있어 남은 버튼의 수가 줄어들수록 피시험자에게 긴장감을 유발하는 시나리오를 나타낸다.

#### 2.3.1 시나리오 II

Fig. 5(b)는 피시험자가 숫자가 새겨진 5장의 카드 중 하나를 선택하고 선택된 카드의 점수를 누적하여 일정 시간 후 누적된 점수가 높은 사람이 승리하는 게임으로 자신의 차례를 대기하는 상황 및 높은 숫자를 선택했을 때 기쁨을 유발하는 시나리오를 나타낸다.



(a) 지뢰찾기 게임 (b) 카드 게임

Fig. 5 게임을 통한 치료 시나리오

### 2.4 감성인지 모듈

Fig. 6은 멀티모달 생체신호로부터 감성인지를 하기위한 과정을 도식적으로 보여주는 것으로, 감성인지 모듈은 신뢰성 있는 신호를 추출하기 위한 노이즈 필터링 및 정서와 관련이 있는 신호를 추출하기 위한 구간 검출 과정 등 프리 프로세싱 (pre-processing), 생체신호를 감성에 따라 분류하기 위해 특징을 충분히 포함하는 입력 신호를 찾아내는 특징 선택 및 추출 과정, 추출된 특징을 통해 학습된 감성과 판별을 위한 알고리즘으로 구성된다. 본 논문에서는 감성 판별 알고리즘으로 t-검정을 이용하였다.

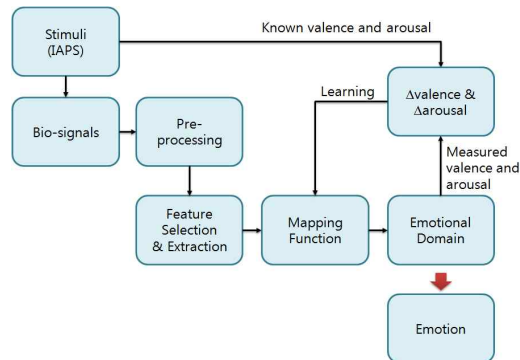


Fig. 6 감성인지 과정

## 3. 감성인지 실험

### 3.1 생체신호 측정

감성인지 시스템 프로토타입의 검증에 위해 생체신호를 이용한 감성인지 실험을 수행하였다. 뇌파 측정 위치는 F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2로 8지

점이며, GSR 신호는 오른쪽 검지와 중지의 사이의 값을 측정하였다. Cz를 기준 전극 (Reference Point) 으로 하였으며, Fz를 Ground로 지정하였다. Fig. 7은 감성인지 실험의 예로 뇌파는 EEGCap이라는 틀을 통해 정해진 위치에서 측정이 된다.



Fig. 7 EEGCAP을 이용한 뇌파측정

실험을 시작하기 전에 피시험자에게 편안한 마음 상태를 유지할 것을 요청하였으며, 피시험자의 움직임은 생체신호에 잡음을 유발하는 요인이 되기 때문에 가능한 움직임을 자제해 줄 것을 요청하였다. 각 실험 당 소요된 시간은 준비 작업 포함하여 1시간 내외이다. Fig. 8은 자극 전 1초에서 자극 후 1초까지의 뇌파의 변화를 각 채널에 대해서 나타낸 예이다.

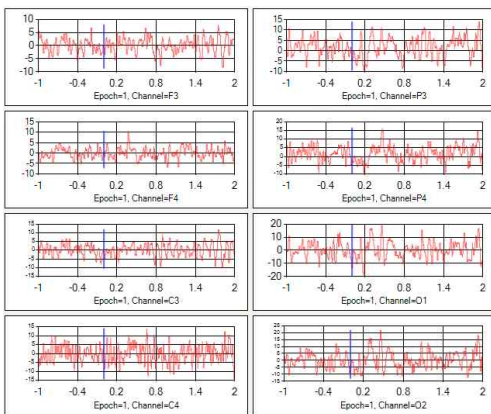


Fig. 8 자극 전 1초에서 2초 후까지의 뇌파신호

### 3.2 감성에 따른 뇌파의 변화: t-검정

측정된 뇌파로 즐거운 감성, 무감성, 불쾌한 감성

을 구분할 수 있는 가를 판단하기 위하여 IAPS 그림 자극에서 즐거운 정도를 나타내는 valence 척도를 3 단계로 구분하여 실험을 수행하였다. 각 단계 실험에서 같은 valence 값을 가지는 36장의 그림을 5초 간격으로 180초 동안 연속적으로 보여주었으며, 단계 사이에는 1분 정도의 휴식 시간을 주어 이전 자극에 대한 영향을 최소화 하였다. Table 1에서 Table 3은 실험 결과에 대한 분석 내용을 정리한 것으로 좌뇌와 우뇌가 즐거움과 불쾌함, 즐거움과 무감성, 무감성과 불쾌함을 구분할 수 있는 가에 대한 t-검정 결과이다.

Table 1 감성에 따른 좌우 Alpha 파의 차이

Alpha	즐거움 vs. 불쾌함	즐거움 vs. 무감성	무감성 vs. 불쾌함
F3-F4	1.47E-16	6.70E-09	2.53E-02
C3-C4	4.94E-01	1.92E-01	5.74E-01
P3-P4	9.60E-01	1.02E-01	9.34E-02
O1-O2	3.49E-02	7.86E-02	6.90E-01

Table 2 감성에 따른 좌우 Beta 파의 차이

Beta	즐거움 vs. 불쾌함	즐거움 vs. 무감성	무감성 vs. 불쾌함
F3-F4	5.11E-63	7.03E-26	1.20E-17
C3-C4	9.07E-01	1.17E-02	1.99E-02
P3-P4	6.08E-01	1.23E-01	4.69E-02
O1-O2	8.70E-01	6.92E-01	5.79E-01

Table 3 감성에 따른 좌우 Gamma 파의 차이

Gamma	즐거움 vs. 불쾌함	즐거움 vs. 무감성	무감성 vs. 불쾌함
F3-F4	1.22E-99	4.63E-59	8.50E-21
C3-C4	8.96E-02	7.28E-01	1.82E-01
P3-P4	9.77E-01	2.13E-03	2.07E-03
O1-O2	1.14E-03	2.65E-08	1.04E-02

표에서 회색으로 마킹이 된 부분은 P 값이 0.05 보다 크기 때문에 구분이 유의하지 않음을 의미한다. 표 1과 표 3에서 보듯이 F3와 F4의 경우는 Alpha, Beta, Gamma 파 대역의 파워스펙트럼으로 감성 구분이 가능하며, C3와 C4는 Beta 파의 경우에는 무감성과 다른 감성의 구분이 가능하다. 또한, 실험 결과는 P3와 P4의 경우에는 Beta 파를 이용하면 무감성

과 불쾌함을 구분할 수 있으며, Gamma 파의 경우에 무감성과 다른 감성을 구분할 수 있음을 보여준다. O1과 O2의 경우에는 즐거움과 불쾌함을 Alpha 파로 구분할 수 있으며, Gamma 파를 이용하면 3가지 단계를 모두 구분할 수 있다는 것을 알 수 있다. 실험 결과에서 Alpha, Beta, Gamma 파 대역의 파워스펙트럼은 180초의 뇌파 데이터를 1초 간격으로 50% 중첩한 윈도우에 대해 구하였으며, t-검정은 이렇게 구한 359개의 데이터에 대해 적용한 것이다. 본 실험은 제안된 감성인지 시스템 프로토타입이 감성 구분의 가능성을 보여준다. 감성 실험은 뇌파에 대해서만 수행하였으며, 심전도와 같은 다른 생체 신호를 이용한 감성인지 방법은 현재 연구 중에 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 자폐증 치료를 위한 감성인지 시스템 프로토타입을 제안하였다. 제안된 시스템은 감성 자극 모듈, 멀티모달 생체신호 계측 모듈, 가상현실을 이용한 치료 모듈 및 감성인지 모듈로 구성된다.

기존의 많은 연구자들은 감성에 따른 뇌파의 비대칭적 특성에 관한 보고를 하였는데<sup>6-8)</sup>, 본 논문의 실험 결과를 분석하여 볼 때, 기존의 연구와 일치하는 것을 확인할 수 있었다. Table 1에서 Table 3의 실험 결과는 제안된 시스템이 즐거움의 정도를 좌/우 뇌파의 알파파, 베타파, 감마파에 차이로 구분할 수 있음을 보여준다. 위 실험 결과를 통해 제안된 프로토타입은 자폐증 치료를 위한 시스템의 감성인지 시스템으로 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있다.

제안된 시스템이 실제 자폐증 치료에 사용되기 위해서는 가상현실과 상호 교류를 통한 자극제시 및 멀티모달 생체 신호를 이용한 감성 인지의 연구가 추가적으로 수행되어야 한다.

#### Acknowledgement

이 논문은 2011년도 충주대학교 교내 학술연구비의 지원을 받아 수행한 연구임.

#### References

[1] ISSAC Foundation, Facts about Autism,

<http://theisaacfoundation.org/facts-about-autism>, 2010.

[2] Center for the Study of Emotion and Attention. International Affective Picture System (IAPS): Technical manual and Affective Rating. NIMH-Center for the Study of Emotion and Attention, University of Florida, Gainesville, FL, 1999.

[3] New York Times, "Study in Korea Puts Autism's Prevalence at 2.6%, Surprising Exports", May 9, 2011.

[4] M. M. Bradley and P. J. Lang, "Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential," *Journal of Behavioral Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.

[5] S. Y. Chung and H. J. Yoon, "A Framework for Treatment of Autism Using Affective Computing," in *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality (MMVR) 18*, Newport Beach, CA, USA, February 8-12, 2011.

[6] N. A. Fox, "If it's not left, it's right: Electroencephalograph asymmetry and the development of emotion," *American Psychologist*, vol. 46, pp. 863-872, 1991.

[7] L. A. Schmidt and L. J. Trainor, "Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions," *Cognitive and Emotion*, vol. 15, no. 4, pp. 487-500, 2001.

[8] K. Takahashi, "Remarks on Emotion Recognition from Bio-Potential Signals," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Robots and Agents*, Palmerston North, New Zealand, December 13-15, 2004.

[9] James-Lange Theory, [http://en.wikipedia.org/wiki/James-Lange\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/James-Lange_theory)

[10] Cannon-Bard Theory, [http://en.wikipedia.org/wiki/Cannon-Bard\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Cannon-Bard_theory)