

SOM을 이용한 각성수준의 자동인식*

Automatic Recognition in the Level of Arousal using SOM

정찬순** · 함준석** · 고일주**†

Chan-Soon Jeong** · Jun-Seok Ham** · Il-Ju Ko**†

송실대학교 미디어학과**

Department of Media, Soongsil University**

Abstract

The purpose of the study was to suggest automatic recognition of the subject's level of arousal into high arousal and low arousal with neural network SOM learning. The automatic recognition in the level of arousal is composed of three stages. First, it is a stage of ECG measurement and analysis. It measures the subject playing a shooting game with ECG and extracts characteristics for SOM learning. Second, it is a stage of SOM learning. It learns input vectors extracting characteristics. Finally, it is a stage of arousal recognition which recognize the subject's level of arousal when new vectors are input after SOM learning is completed. The study expresses recognition results in the level of arousal and the level of arousal in numerical value and graph when SOM learning results in the level of arousal and new vectors are input. Finally, SOM evaluation was analyzed average 86% by comparing emotion evaluation results of the existing research with automatic recognition results of SOM in order. The study could experience automatic recognition with other levels of arousal by each subject with SOM.

Keywords : ECG, Self-Organizing Map, Automatic Recognition

요약

본 논문에서는 신경망 SOM 학습을 이용하여 피험자의 각성수준을 높은각성과 낮은각성으로 자동인식하는 것을 제안한다. 각성수준의 자동인식 단계는 세 단계로 구성된다. 첫 번째는 ECG 측정 및 분석단계로 슈팅게임 플레이하는 피험자를 ECG로 측정하고, SOM 학습을 하기 위해 특징을 추출한다. 두 번째는 SOM 학습 단계로 특징이 추출된 입력벡터들을 학습한다. 마지막으로 각성인식 단계는 SOM 학습이 완료된 후에 새로운 입력벡터가 들어왔을 때, 피험자의 각성수준을 인식한다. 실험결과는 각성수준의 SOM 학습결과와 새로운 입력벡터가 들어왔을 때 각성수준의 인식결과, 그리고 각성수준을 수치와 그래프로 보여준다. 마지막으로 SOM의 평가는 기존연구의 감성평가 결과와 SOM의 자동인식 결과를 순차적으로 비교하여 평균 86%로 분석되었다. 본 연구를 통해서 SOM을 이용하여 피험자마다 다른 각성수준을 자동인식 할 수 있었다.

주제어 : 심전도, 자기조직화 지도, 자동인식

* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0016540).

† 교신저자 : 고일주 (송실대학교 미디어학과)

E-mail : andy@ssu.ac.kr

TEL : 02-820-0719

FAX : 02-822-3622

1. 서론

감성은 다양한 분야에서 활용되기 위해서 객관적이고, 정량화를 위한 연구들이 진행되고 있다. 각성의 유형에 따라 자극원을 제시하여 생체신호로 생리적 반응의 차이를 분석하였다(황민철 등, 2001). 생체신호 PPG(맥파: Photoplethysmography)를 이용하여 각성도 평가를 각성과 이완으로 분류했고(김치중 등, 2010), 감성의 종류에 따라 각성도를 나타냈다(Ekman et al., 1983; Palomba et al., 2000; Picard et al., 2001).

생체신호를 이용하여 각성수준을 판단하는 기존의 연구에서는 편안한 자세를 취한 상태에서 이미지를 자극원으로 제시하여 각성과 이완을 구분하거나(민병찬 등, 2003) 동영상으로 다양한 각성을 유발하여 감성을 평가하였다(황민철 등, 2004). 또는 자극원을 제시하지 않고, 일정시간동안 상상에 의한 생리반응을 감성으로 구분하였다(정순철 등, 2002). 하지만, 본 논문에서는 일정시간동안이 아닌 변동 가능한 시간동안 각성 상태의 변화를 판단하는 방법을 제안한다. 이를 위해 일상생활에서 생활하는 피험자들의 각성 수준을 확인할 수 있도록 피험자가 게임을 하는 상태에서 생체신호를 측정하였다.

게임을 하는 동안의 각성 수준은 게임을 하고 있지 않은 상태에서의 각성도와 다르다. 따라서 본 연구에서 각성수준은 게임을 하는 동안의 각성 수준으로 한정하여 높은각성과 낮은각성으로 나누었다.

기존 연구에서는 자율신경계 반응을 일정한 시간동안의 안정 상태와 자극원이 제시된 상태로 나누어서 측정된 후, 통계분석으로 피험자의 정서를 유의미한 정도로 나타냈다(김종화 등, 2008; 이영창 등, 2007). 하지만, 본 연구에서는 피험자의 상태를 기계학습하여 새로운 생체신호가 입력되면 사용자의 상태를 자동으로 인식할 수 있도록 한다.

측정된 생체신호를 자동인식할 수 있는 방법으로 인공신경망 SOM(Self-Organizing Map: 자기조직화 지도)을 이용하였다. SOM은 스스로 학습을 하면서 비슷한 패턴끼리 뭉쳐져서 분류가 되는 장점이 있기 때문에, 개인마다 다르게 나타나는 각성수준을 자동으로 분류할 수 있다.

각성수준의 자동인식 단계는 세 단계로 구성된다. 첫 번째는 ECG(Electrocardiogram: 심전도) 측정 및 분석단계로 슈팅게임을 플레이하는 피험자를 ECG로 측정하고, SOM 학습을 하기 위해 측정된 ECG 데이터

에서 특징을 추출한다. 두 번째는 SOM 학습단계로 피험자의 각성수준을 높은각성과 낮은각성으로 학습한다. 마지막단계는 각성인식 단계로 학습이 완료된 SOM에서 새로운 입력벡터가 들어왔을 때, 피험자의 각성수준을 인식한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 각성수준의 자동인식을 하기 위해 ECG 측정 및 분석과 SOM 학습 그리고 각성 인식을 단계별로 설명한다. 3장에서는 각성수준의 자동인식 결과를 SOM의 학습결과와 새로운 입력벡터가 들어왔을 때, 높은각성과 낮은각성의 자동인식 결과, 그리고 각성수준을 수치와 그래프를 이용하여 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 마지막으로 자동인식 결과의 평가는 기존연구의 감성평가 결과와 SOM의 인식결과를 순차적으로 비교하여 분석하였다. 마지막 장에서는 결론으로 연구의 정리와 향후 연구 방안을 제시한다.

2. 연구방법

그림 1 각성수준의 자동인식은 ECG 측정 및 분석과 SOM 학습, 각성인식의 세 단계로 구성된다.

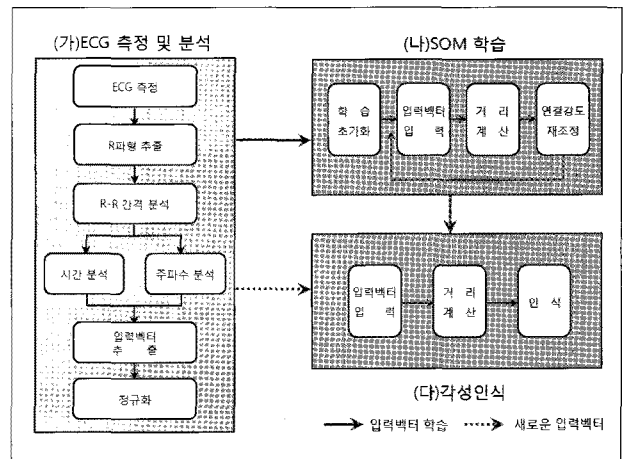


그림 1. 각성수준의 자동인식

그림 1의 (가) ECG 측정 및 분석 단계에서는 슈팅 게임을 플레이하는 피험자의 생체신호를 측정하고, 특징을 분석한 후 추출한다. (나) SOM 학습단계에서는 심박신호의 특징이 추출된 입력벡터들을 이용하여 SOM 학습을 한다. 마지막으로 (다) 각성 인식단계에서는 SOM 학습이 완료된 상태에서 새로운 심박신호의 입력벡터가 들어오면, 피험자의 각성수준을 자동 인식한다.

2.1. ECG 측정 및 분석

그림 2의 ECG 측정 및 분석 단계는 ECG 측정, R파형 추출, RR간격 분석, 시간분석과 주파수 분석, 입력 벡터 추출, 정규화의 단계로 나누어진다.

ECG 측정환경은 다음과 같다. 측정장비는 Biopac System의 MP36을 이용하였다. 심전도 센서는 게임을 하는 동안 노이즈가 가능한 적게 발생하도록 Lead I 방식으로 측정하였다. 노이즈 필터링은 Low pass Type으로 하였고, 신호증폭은 1,000으로 설정하였다. 분석 소프트웨어는 AcqKnowledge 4.1을 이용하였다. 샘플링 주파수는 1,000Hz로 설정하였다.

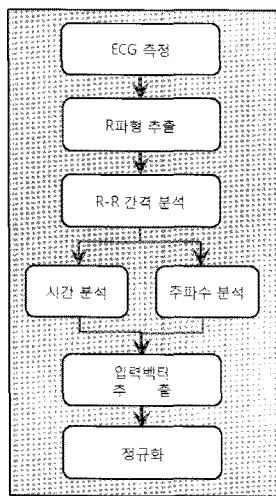


그림 2. ECG 측정 및 분석

심박파형은 주기적으로 P,Q,R,S,T파 형태를 나타내면서 컴퓨터로 입력된다. 이중 심박신호의 R파형을

추출하여, R파형 다음 주기에 나온 R파형의 간격을 추출하여 RR간격을 분석한다. SOM 학습을 위한 특징 벡터는 표 1과 같이 시간분석과 주파수 분석으로 나누어서 사용하였다(Akselrod et al., 1981; Ventura & Reisman, 2000).

시간분석으로는 평균값, RMSSD, RR간격의 최대값-최소값, 주파수분석은 LF, HF, LF/HF로 구성하였다. 시간분석의 평균값은 RR간격의 평균을 알 수 있으며, RMSSD는 부교감신경의 변화를 나타낸다(최병문과 노규정, 2004; Casolo et al., 1992).

FFT분석의 LF는 저주파수 대역으로 각성상태의 활성화가 높고, HF는 고주파수 대역으로 이완상태의 활성화가 높다(오상훈 등, 1997; Malliani et al., 1994; Berger & Akselrod, 1986). 이러한 특징 때문에 LF/HF를 통하여 자율신경 활성화의 정도를 알 수 있다(Ireland et al., 1996). 추출된 특징벡터는 SOM 학습에서 각성수준을 인식하는 입력벡터로 이용하였다.

입력벡터들은 피험자마다 측정된 생체신호의 값이 다르기 때문에, 추출된 특징벡터들을 피험자마다 최대값과 최소값을 구한 후 0에서 1 사이의 실수 값으로 정규화하여 사용하였다.

2.2. SOM 학습

그림 3의 SOM 학습(Kohonen, 1990)은 ECG 측정 및 분석에서 추출된 심박신호를 학습초기화, 입력벡터 입력, 거리계산, 연결강도 재조정의 단계로 각성수준을 학습하는 과정을 나타낸다.

표 1. SOM의 특징벡터

	요소	내용
시간분석	RR간격의 평균값	RR간격의 평균
	RMSSD (the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals)	연속되는 NN간격 차의 제곱 평균에 대한 제곱근으로 심박변이도의 단기 분산을 나타내며, 부교감신경의 조절에 대한 측정값
	RR간격의 최대값 - RR간격의 최소값	RR간격의 최대값과 최소값의 차이
주파수분석	Low Frequency(LF)	0.04 ~ 0.15Hz의 주파수 대역으로 교감신경의 활성화
	High Frequency(HF)	0.15 ~ 0.4Hz의 주파수 대역으로 부교감신경의 활성화
	LF/HF	고주파의 영역 HF에 대한 저주파의 영역 LF의 비율로 자율신경 활동성의 균형

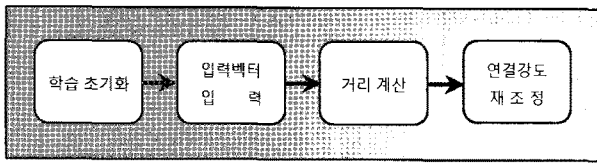


그림 3. SOM 학습

첫 번째 단계에서는 모든 심박신호가 입력될 수 있도록 연결강도를 임의의 값으로 초기화한다. SOM의 출력층은 10×10으로 구성하였다. 두 번째 단계에서는 정규화된 심박신호의 입력벡터들을 입력한다. 세 번째 단계에서는 입력된 심박신호의 입력벡터와 모든 뉴런들간의 거리를 계산한다. 그 중, 거리가 짧은 뉴런을 승자뉴런으로 결정한다. 승자뉴런은 피험자의 각성수준에 따라 가장 비슷한 패턴의 심박신호이다. 네 번째 단계에서는 식(1)처럼 학습율이 적용되어 승자뉴런과 이웃뉴런들의 연결강도를 재조정하게 된다.

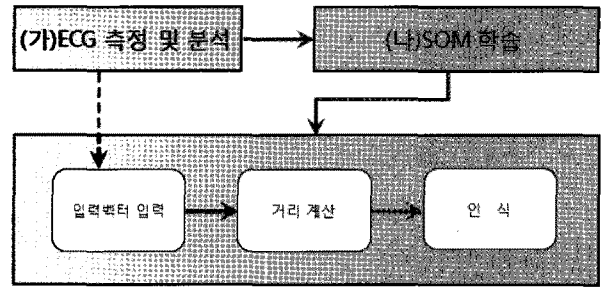
$$W_{new} = W_{old} + \rho(x - W_{old}) \quad \text{식(1)}$$

식(1)의 W_{old} 는 이전의 출력상태를 나타내며, x 는 심박신호의 특징이 추출된 입력벡터이다. W_{new} 는 출력벡터로 피험자의 각성수준을 높은각성과 낮은각성으로 나타낸다. ρ 는 학습률로 0과 1사이의 값을 갖는다. 학습이 진행됨에 따라 학습율은 감소되고 출력벡터의 범위가 좁혀지면서 줄어든다.

승자뉴런과 이웃뉴런 이외의 뉴런들에 대한 학습은 학습율이 적용되지 않아서 이전의 값을 그대로 갖게 된다. 이 과정은 입력벡터 양만큼 학습되면서 반복된다. SOM 학습이 완료되면 피험자의 각성수준이 높은 각성과 낮은각성으로 나뉜다. 승자뉴런이 선택된 후에 승자뉴런 주위에는 이웃뉴런들이 분포되며, 이웃뉴런 이외의 뉴런들은 SOM 학습의 영향을 받지 않고 그대로 있게 된다.

2.3. 각성수준의 자동인식

그림 4 각성 인식은 SOM 학습이 완료된 상태에서 새로운 입력벡터가 들어오면, 피험자의 각성수준을 자동으로 인식하는 과정을 나타낸다.



--- 새로운 입력벡터
 → 학습

그림 4. 각성인식

(나)SOM 학습으로 피험자의 각성수준이 학습된 상태에서 (가)ECG를 측정해서 새로운 입력벡터를 추출한다. (다)각성 인식에서는 추출된 심박신호의 입력벡터가 들어오면, 승자뉴런이 선택되어 피험자의 상태가 자동인식된다.

그림 5의 각성수준 인식결과처럼 승자뉴런은 심박신호중 가장 비슷한 패턴이 선택되어진다. 비슷한 패턴이란 거리계산을 했을 때 가장 가까운 뉴런으로 입력벡터의 패턴이 비슷하게 뭉쳐지는 것을 말한다.

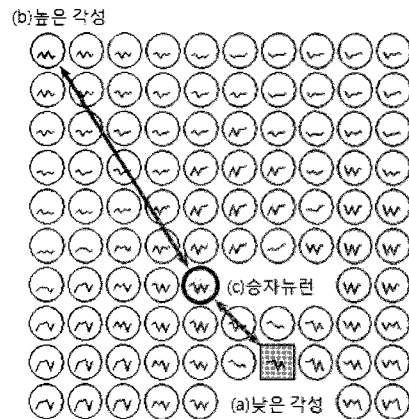


그림 5. 각성수준 인식결과

피험자의 각성수준은 높은각성과 낮은각성으로 나뉘지며, 아래의 식(2)와 같이 각성수준의 수치는 유클리드 거리값으로 나타냈다.

$$\begin{aligned} \text{높은각성} &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i - H_i)^2} \\ \text{낮은각성} &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i - L_i)^2} \end{aligned} \quad \text{식(2)}$$

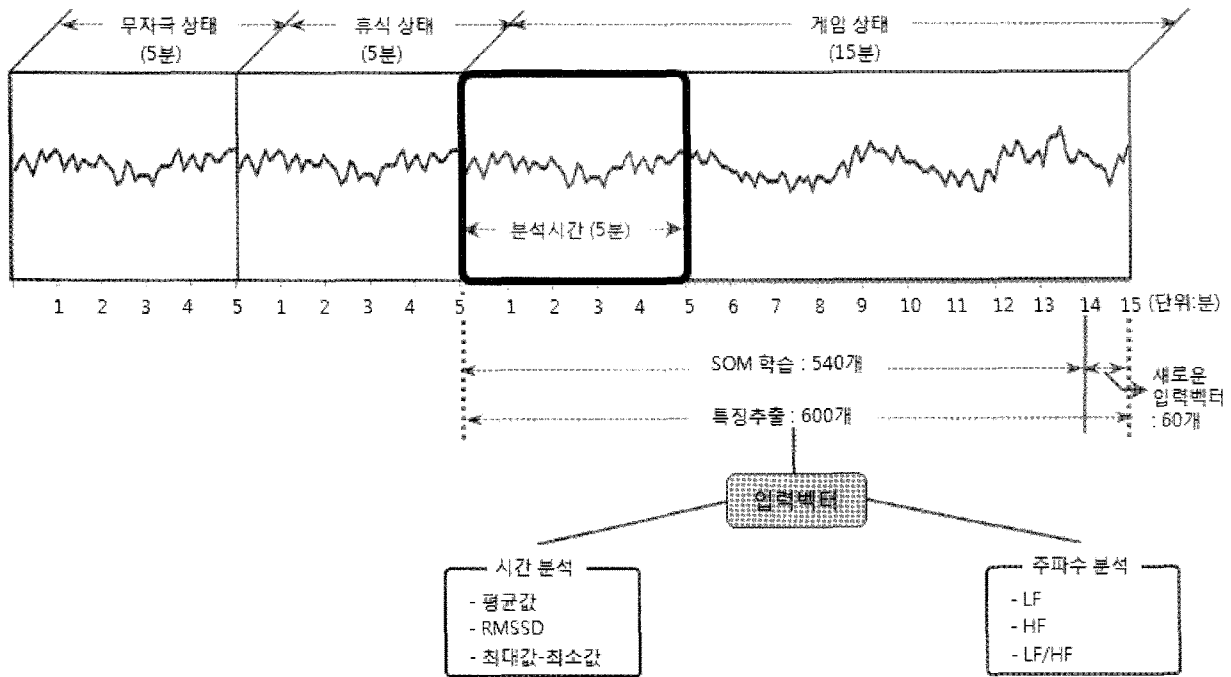


그림 6. 실험절차

식(2)의 W는 승자뉴런과 H는 높은각성, 그리고 L은 낮은각성을 말한다. i 는 정규화된 입력벡터의 특징벡터 값으로 평균값, RMSSD, RR간격의 최대값-최소값, LF, HF, LF/HF이다. H의 높은각성과 L의 낮은각성은 입력벡터중에서 기준벡터로 정하였다. 높은각성은 입력벡터 중에서 하위 10%, 낮은각성은 입력벡터 중에서 상위 10%에서 랜덤하게 추출하였다.

추출된 기준벡터의 높은각성과 승자뉴런간 거리를 계산한 값과 기준벡터의 낮은각성과 승자뉴런의 거리를 계산한다. 이 때, 두 거리를 비교하여 작은 값이 나온 것을 선택하여 피험자의 각성수준으로 나타냈다.

3장에서는 측정된 심박신호를 추출하여, SOM으로 학습하여 피험자의 각성수준을 자동으로 인식하는 실험을 하였다.

3. 각성수준의 자동인식 결과

3.1. 실험절차

실험의 피험자는 대학생 8명(남자 5명, 여자 3명)으로 26~32세(평균 29세)의 나이로 구성되었다. 실험 전날은 숙면을 취하도록 권하였으며, 당일에는 담배와 커피는 금지하여 피험자가 최적의 상태에서 실험을 할 수 있도록 하였다.

자극원으로는 PC기반의 게임인 라이덴Ⅲ를 이용하였다. 이는 전통적인 종스크롤 방식의 비행슈팅게임으로 적의 탄을 피하고 공격하는 동안 순발력과 판단력을 요구하기 때문에 몰입감을 유발하기 쉬워 생체신호를 측정하기에 적합하다.

그림 6의 실험절차와 같이 ECG 측정은 5분 동안 무자극상태에서 측정한 후, 5분 동안 휴식상태를 갖고 15분 동안 게임을 플레이하는 것을 측정하였다. 피험자의 심박신호의 패턴 변화를 보기위해서 15분 동안 게임을 플레이하였다. 분석시간은 FFT분석을 하기 위해서 5분 이상의 측정 데이터가 필요하기 때문에 5분으로 하였다(Mccraty et al., 1995). 본 연구에서는 측정된 심박신호에서 RR간격을 5분 기준으로 분석한 후에 1초씩 이동하여 600개의 특징을 추출하였다. SOM 학습을 위해서는 충분한 양의 입력벡터가 있어야 하기 때문에, 게임 0에서 14분 동안의 540개는 학습을 위한 입력벡터로 배정하였고, 학습이 종료된 후에 자동인식 실험을 위한 새로운 입력벡터는 10분에서 15분 사이의 60개를 추출하였다. 입력벡터는 시간분석과 주파수 분석으로 구성하였다. 시간분석으로는 RR간격의 평균값, RMSSD, RR간격의 최대값-최소값, 주파수분석으로는 LF, HF, LF/HF로 구성하였다.

3.2. 실험결과

그림 7은 SOM에서 학습하기 전의 초기 상태를 나타낸다. 학습과정에 모든 뉴런들을 포함할 수 있도록 RR간격의 평균값, RMSSD, RR간격의 최대값-최소값, LF, HF, LF/HF의 입력벡터들을 랜덤하게 초기하였다.

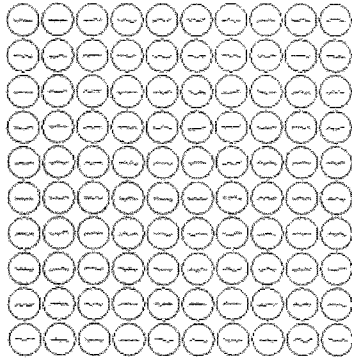


그림 7. SOM 초기상태

그림 8 피험자의 SOM 학습결과는 피험자 A~H의 SOM 학습이 완료된 상태를 나타내고 있다. 그림 7의 초기 상태와 달리 그림 8의 학습결과는 피험자의 각성수준이 비슷한 패턴으로 군집화된 것을 확인할 수

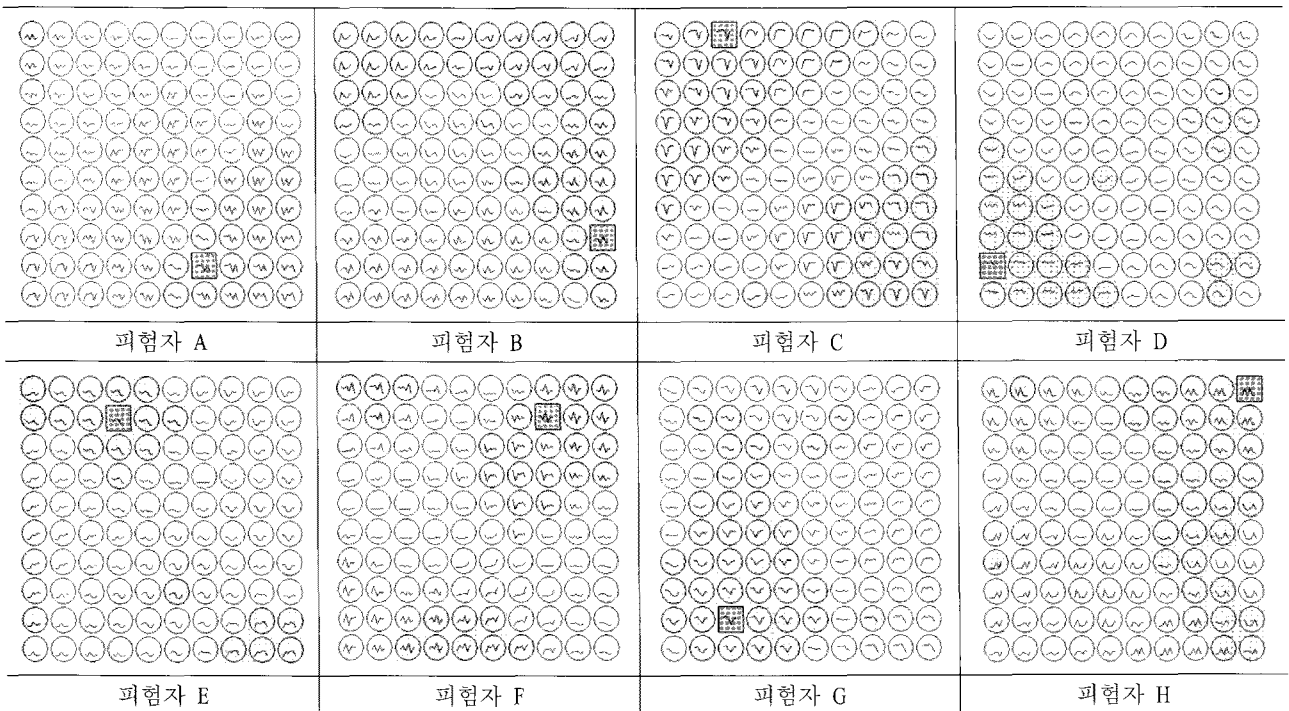
있었다.

피험자 A, D, E는 낮은각성보다는 높은각성이 많이 학습되었다. 게임을 할 때 높은각성 상태에서 플레이한것을 알 수 있다. 피험자 B, C는 낮은각성과 높은각성이 비슷하게 군집화되어 나타났다. 전체적으로 피험자들은 게임을 할 때, 높은각성 상태에서 플레이를 하였음을 확인할 수 있었다. 피험자마다 높은각성과 낮은각성들의 패턴들이 다르게 나타난 결과를 통해서, 게임을 플레이할 때 개인마다 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

그림 9는 피험자 D의 새로운 입력벡터가 들어올 때 SOM의 각성수준 인식결과이다. SOM학습 후에 새로운 입력벡터가 들어올 때마다 승자뉴런의 경로를 표시하였다.

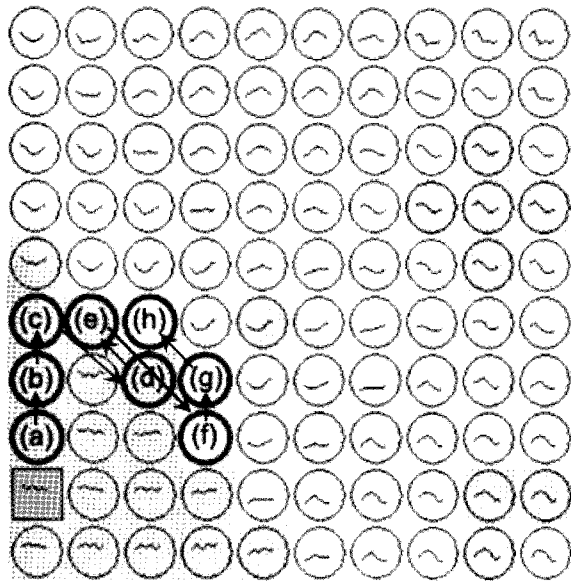
승자뉴런은 낮은각성 상태의 (a), (b), (c), (d), (e)에서 높은각성 (f), (g), (h)로 이동하였다. 피험자 D는 게임을 플레이하는 동안 낮은각성에서 높은각성 상태로 플레이하는 것을 알 수 있었다.

표 2는 피험자 D의 각성수준을 수치로 정량화하여 낮은각성과 높은각성으로 나타냈다. SOM학습 후 새로운 입력벡터가 들어왔을 때, 추출된 기준벡터와 승자뉴런의 유클리드 거리를 계산하여 각성수준을 나타



■ 높은각성 ■ 낮은각성

그림 8. 피험자의 SOM 학습결과



■ 높은각성 ■ 낮은각성 ○ 승자뉴런
 그림 9. 피험자D의 새로운 입력벡터 SOM 인식결과

됐다. 각성수준은 낮은각성을 음수로, 높은각성을 양수로 표시하여 피험자의 상태를 나타냈다.

피험자 D의 상태는 입력벡터 30까지 낮은각성 상태로 -1.00에서 -2.00 그리고 -3.00의 결과를 보였으며,

입력벡터 31부터는 높은각성 상태로 2.24에서 3.00, 그리고 2.00의 결과를 나타냈다.

새로운 입력벡터들이 입력되었을 때, 피험자 D는 낮은각성에서 높은각성 상태가 되었다. 이것은 게임을 할 때 피험자가 일정시점이 지나면서 각성수준이 높아졌다는 것을 알 수 있다.

그림 10 각성수준 그래프는 피험자의 각성 수준을 시각적으로 표현하여 직관적으로 알기 쉽다.

피험자 D와 G는 낮은각성에서 높은각성으로 변화한 것을 보여 주었다. 피험자 D는 피험자들이 게임을 할 때 일정시점이 지나면서 각성수준이 높아졌으며, 피험자 G는 각성수준 변화의 폭이 크게 나타나면서 높은각성으로 변화되었다. 피험자 A와 C는 낮은각성 상태를 보였으며, 게임을 하는 동안 낮은각성 상태가 지속되었음을 알 수 있다. 피험자 B와 E, 그리고 F는 높은각성 상태를 보였으며, 높은각성 상태에서 게임을 했다고 볼 수 있다. 피험자 H는 높은각성 상태이지만, 단계적으로 높은각성 상태로 변화한 것을 보여주고 있다. 피험자 A와 E 그리고 F의 경우, 다른 피험자들보다 변화가 적은 것은 SOM 학습이 비슷한 속성끼리 뭉치기 때문에 미세한 변화는 반영되지 않아 기존 타연구의 감성평가보다 상대적으로 변화가 적게 나타

표 2. 피험자 D의 각성수준

입력 벡터	각성수준	입력 벡터	각성수준	입력 벡터	각성수준	입력 벡터	각성수준
1	-1.00	16	-1.00	31	2.24	46	2.24
2	-1.00	17	-2.00	32	2.24	47	2.24
3	-1.00	18	-2.00	33	2.24	48	2.24
4	-1.00	19	-3.00	34	2.24	49	2.24
5	-1.00	20	-2.00	35	2.24	50	2.24
6	-1.00	21	-3.00	36	2.24	51	1.41
7	-1.00	22	-3.00	37	2.24	52	1.41
8	-1.00	23	-3.00	38	2.24	53	1.41
9	-1.00	24	-3.00	39	2.24	54	1.41
10	-1.00	25	-3.00	40	2.24	55	1.41
11	-1.00	26	-3.00	41	2.24	56	1.41
12	-1.00	27	-3.00	42	3.00	57	2.00
13	-1.00	28	-3.00	43	2.24	58	2.00
14	-1.00	29	-3.00	44	3.00	59	2.00
15	-1.00	30	-3.00	45	2.24	60	2.00

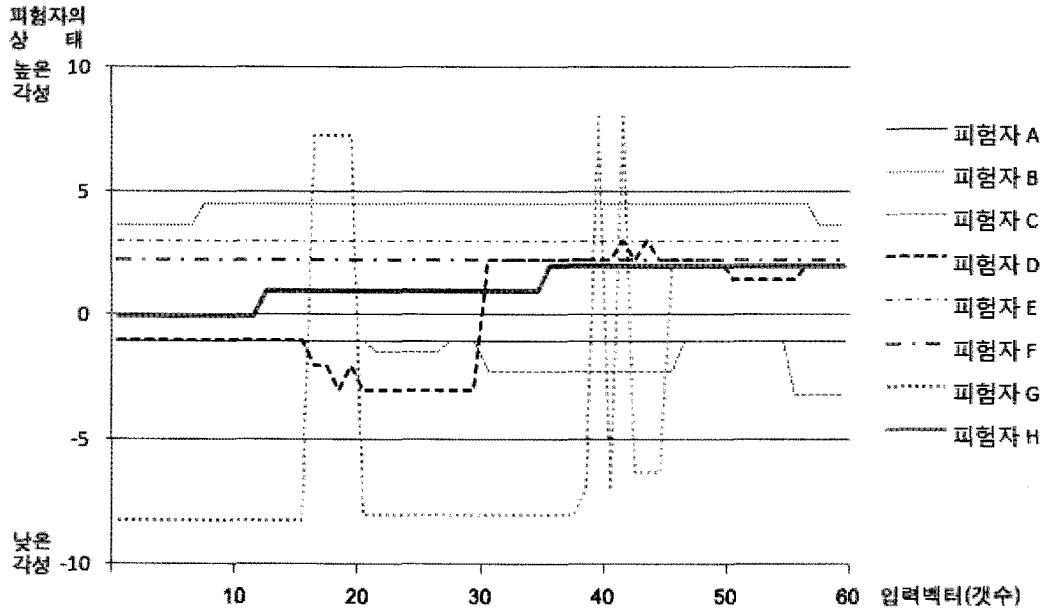


그림 10. 피험자의 각성수준 그래프

났다. 이처럼 게임을 플레이할 때의 각성수준은 피험자마다 다르지만 SOM을 이용하여 각성수준을 자동으로 인식할 수 있는 결과를 보였다.

본 논문에서는 SOM의 자동인식 결과를 평가하기 위해서 기존연구의 감성평가와 SOM학습 결과를 비교하였다. 기존연구의 감성평가는 교감신경계와 부교감신경계의 활성화 정도를 식(3)처럼 사용하였다. *normalized LF/HF*의 평균값을 보면, 이완자극은 음의 값이 나왔지만, 각성자극은 이완자극보다 높은 경향을 보이면서 양의 값이 나왔다(김치중 등, 2010).

$$normalizedLF/HF = \frac{자극LF/HF - 휴식LF/HF}{휴식LF/HF}$$

식(3)

게임을 하는 14분 동안의 540개의 입력벡터들을 이용하여 식(3)의 감성평가 결과값과 (식2)의 SOM의 각성수준 결과값을 순차적으로 비교하여 평가한 결과는 표 3과 같다.

표 3. SOM 자동인식 결과의 평가

피험자	평가율
피험자 A	97%
피험자 B	84%
피험자 C	84%
피험자 D	89%
피험자 E	74%
피험자 F	80%
피험자 G	87%
피험자 H	93%
평균	86%

피험자 A는 97%로 가장 높았으며, 피험자 E는 74%는 가장 낮았다. 피험자 B는 84%, 피험자 D는 89%, 피험자 H는 93%로 나타났으며, SOM 자동인식 결과의 평가는 평균 86%를 보였다.

4. 결론 및 향후연구

본 논문은 피험자의 각성수준을 자동인식하기 위해서 신경망 SOM을 이용하였다. 비행슈팅게임인 라이덴III를 플레이하는 동안 생체신호를 측정하여 학습한 결과, 새로운 입력벡터가 들어왔을 때 피험자의 상태

를 자동으로 인식할 수 있었다. 또한 피험자의 상태를 높은각성과 낮은각성으로 시각적으로 나타냄으로써 피험자들의 상태를 직관적으로 확인할 수 있다.

SOM 자동인식결과의 평가는 기존연구의 결과와 SOM의 각성수준 결과를 비교했을 때 평균 86%로 분석되었다. SOM 결과의 평가가 100% 아닌 것은 기존의 연구와 실험조건이 다르기 때문으로 추측된다. 기존 연구는 정지된 상태에서 피험자의 생체신호를 측정하는 것에 비해, 본 논문에서는 게임을 하는 동안의 생체신호를 측정했기 때문에 다른 결과를 보인 것으로 추측된다.

향후 GSR과 SKT를 추가하여 각성 수준 측정의 성능을 올릴 수 있을 것이다. 또한 사용자의 게임 선호도와 게임을 플레이하는 동안의 각성 수준을 시각적으로 확인할 수 있으므로 게임의 밸런스 조정에 적용할 수 있다. 게임을 플레이하는 사용자의 상태가 자동인식 되었을 때, 게임 내 캐릭터의 속성이나 아이템들을 레벨에 따라 자동으로 조절할 수 있다. 이를 통해 게임의 몰입도를 향상 시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김종화, 황민철, 김영주, 우진철 (2008). TDP(time-dependent parameters)를 적용하여 분석한 자율신경계 반응에 의한 감성인식에 대한 연구. *한국감성과학회지*, 11(4), 637-644.
- 김치중, 황민철, 김종화, 우진철, 김용우, 김지혜 (2010). PPG(Photoplethysmography) 분석을 이용한 각성도 평가에 관한 연구. *대한인간공학회지*, 29(1), 113-120.
- 민병찬, 정순철, 강인형, 최지연, 김철중 (2003). IAPS 사진을 이용한 이차원 공간의 감성 변화 평가. *한국감성과학회지*, 6(2), 21-28.
- 오상훈, 황민철, 임재중 (1997). 심박변화율(HRV)에 의한 시각감성의 구분에 대한 연구. *대한인간공학회지*, 9(2), 473-476.
- 이영창, 장은혜, 정순철, 손진훈 (2007). 시청각 동영상에 의해 유발된 부정적 감성에 따른 자율신경계 반응. *한국감성과학회지*, 10(3), 471-480.
- 정순철, 민병찬, 전광진, 이봉수, 이정환, 김철중 (2002). 상상으로 유발된 감성변화에 관한 연구. *한국감성과학회지*, 21(3), 35-46.
- 최병문과 노규정 (2004). 심박변이도(Heart Rate Variability, HRV). *정맥마취*, 8(2), 45-86.
- 황민철, 임좌상, 김혜진, 김세영 (2001). 각성의 유형이 생리반응에 미치는 영향. *한국감성과학회지*, 4(2), 89-93.
- 황민철, 장근영, 김세영 (2004). 자율신경계에 의한 감성평가 연구. *한국감성과학회지*, 7(3), 51-56.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Barger, A. C., & Conen, R. J. (1981). Power Spectrum Analysis of Heart Rate Fluctuation: A Quantitative Probe of Beat-To-Beat Cardiovascular Control. *Science*, 213(4504), 220-222.
- Berger, R. D., & Akselrod, S. (1986). An Efficient Algorithm for Spectral Analysis of Heart Rate Variability. *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, 900-904.
- Casolo, G. C., Stroder, P., Signorini, C., Calzolari, F., Zucchini, M., Balli, E., Sulla, A., & Lazzerini, S. (1992). Heart Rate Variability During the Acute Phase of Myocardial Infarction. *Circulation*, 85, 2073-2079.
- Ekman, P., Levenson, R. W., & Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, 221(4616), 1208-1210.
- Ireland, N., Meagher, J., Sleigh, J. W., & Henderson, J. D. (1996). Heart Rate Variability in Patients Recovering from General Anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 76, 657-662.
- Kohonen, T. (1990). The Self-Organizing Map. *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1464-1480.
- Malliani, A., Lombardi, F., & Pagani, M. (1994). Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability: A Tool to Explore Neural Regulatory Mechanisms. *British Heart Journal*, 71, 1-2.
- McCraty, R., Atkinson, M., Tiller, W., Rein, G., Alan, D., & Watkins. (1995). The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *The American Journal of Cardiology*, 76(14), 1089-1093.
- Palomba, D., Sarlob, M., Angrillia, A., Minia, A., & Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 45-57.
- Picard, R. W., Vyzas, E., & Healey, J. (2001). Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective

Physiological State. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine intelligence*, 23(10), 1175-1191.

Ventura, A, G., & Reisman, S. (2000). A Study of Factors Affecting Cardiovascular Reactivity. *Proceedings of the IEEE Annual Northeast Bioengineering Conference*, 26, 53-54.

Raiden 3, Moss, 2006.

<http://raidен.mossjp.co.jp/raidен3/pc/>

원고접수 : 10.10.27

수정접수 : 11.03.24

게재확정 : 11.05.03