

## 생체정보를 이용한 지능형 감성 추천시스템에 관한 연구

김태연\*

### A Study on Intelligent Emotional Recommendation System Using Biological Information

Tae-Yeun Kim\*

**요약** 인간과 컴퓨터의 상호 작용 (Human Computer Interface) 기술의 중요성이 더욱 커지고 있으며 HCI에 대한 연구가 진행됨에 따라 사용자의 직접적인 입력에 의한 컴퓨터 반응이 아닌 감정 추론 혹은 사용자 의도에 따른 컴퓨터 반응에 대한 연구가 증가되고 있다. 스트레스는 현대 인간 문명사회에서의 피할 수 없는 결과이며 복잡한 현상을 나타내며 통제 유무에 따라 인간의 활동능력은 심각한 변화를 받을 수 있다. 본 논문에서는 인간과 컴퓨터의 상호 작용의 일환으로 스트레스를 통해 증가된 심박변이도 (HRV)와 가속도 맥파(APG)를 측정 후 스트레스를 완화시키기 위한 방안으로 음악을 이용한 지능형 감성 추천시스템을 제안하고자 한다. 사용자의 생체정보 즉, 스트레스 지수를 획득 및 인식 하여 신뢰성 있는 데이터를 추출하고자 차분진화 알고리즘을 사용하였으며 이렇게 획득된 스트레스 지수를 단계별에 따라 시맨틱 웹 (Semantic Web)을 통해 감성추론을 하였다. 또한 스트레스 지수와 감성의 변화에 매칭 되는 음악 리스트를 검색 및 추천함으로써 사용자의 생체정보에 맞는 감성 추천시스템을 애플리케이션으로 구현하였다.

**Abstract** As the importance of human-computer interaction (Human Computer Interface) technology grows and research on HCI is progressing, it is inferred about the research emotion inference or the computer reaction according to the user's intention, not the computer reaction by the standard input of the user. Stress is an unavoidable result of modern human civilization, and it is a complex phenomenon, and depending on whether or not there is control, human activity ability can be seriously changed. In this paper, we propose an intelligent emotional recommendation system using music as a way to relieve stress after measuring heart rate variability (HRV) and acceleration photoplethymogram (APG) increased through stress as part of human-computer interaction. The differential evolution algorithm was used to extract reliable data by acquiring and recognizing the user's biometric information, that is, the stress index, and emotional inference was made through the semantic web based on the obtained stress index step by step. In addition, by searching and recommending a music list that matches the stress index and changes in emotion, an emotional recommendation system suitable for the user's biometric information was implemented as an application.

**Key Words** : Biological information, Emotion, Recommendation system, Ontology, Zigbee

#### 1. 서론

최근 4차 산업혁명 시대로의 발전에 따라 감성 인공

지능이라는 새로운 미래기술이 부각되고 있다. 특히 인지 과학 (Cognitive Science)과 ICT (information and communications technologies) 분야의 융합을

\*National Program of Excellence in Software center, Chosun University

\*Corresponding Author : National Program of Excellence in Software center, Chosun University, (tykim@chosun.ac.kr)  
Received June 11, 2021                      Revised June 12, 2021                      Accepted June 15, 2021

통해 인간의 감성을 분석하고 해석할 수 있는 인공지능 기반 감성 컴퓨팅 기술이 급진적으로 발전하고 있다[1]. 이에 따라 인간과 컴퓨터의 상호 작용 (Human Computer Interface) 기술의 중요성이 더욱 커지고 있으며 HCI (Human Computer Interface)에 대한 연구가 진행됨에 따라 사용자의 직접적인 입력에 의한 컴퓨터 반응이 아닌 감정 추론 혹은 사용자 의도에 따른 컴퓨터 반응에 대한 연구가 증가되고 있다[2].

또한 생명 연장과 삶의 질의 향상 즉, 인간 본연을 위한 연구가 급속도로 시작되면서 스트레스를 완화 시키는 방법과 스트레스 지수 측정에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 측정 방법 중 하나는 심박변이도 (HRV : Heart Rate Variability)와 가속도 맥파 (APG : acceleration photoplethymogram)를 추출하여 스트레스 지수를 측정하는 것이다[3][4]. APG는 산소와 영양소간의 공급의 균형을 알 수 있는 중요한 데이터이고 HRV의 분석은 맥박 측정구간에서 주파수 분석에 의해 파워 스펙트럼으로 교감신경 활성화도, 부교감신경 활성화도, 자율신경리듬을 분석한다. 이중 자율신경리듬의 범위를 분석하여 표시한 것이 스트레스의 지수이다. 이에 따라 인간의 일상생활과 가장 밀접하게 관련된 음악을 통한 스트레스 완화 효과에 대한 연구도 이루어지고 있으며 미리 사용자가 원하는 정보만을 예측하여 추천해주는 시스템이 활발하게 연구되고 있다.

현재의 음악 검색과 추천 시스템은 대부분의 사용자가 원하는 음악을 추천하기 위해서 내용기반 필터링 기법을 사용한 사용자와 콘텐츠 정보의 유사도만을 측정 한 결과를 순위별로 표현하는 시스템이기 때문에 사용자에게 높은 신뢰성을 주지는 못한다[5][6].

이에 본 논문에서는 스트레스 측정 방법 중 하나인 HRV와 APG 데이터를 추출하여 생체 DB를 구축하며 차분진화 알고리즘을 이용하여 학습된 표준화 데이터를 단계화시킨 후 시맨틱 웹과 음악 형태분석을 통한 지능형 감성 추천시스템을 구현하고자 한다.

## 2. 시스템 구성 및 설계

본 시스템은 사용자의 생체정보(HRV, APG)를 고려하여 음악을 추천하기 위해서 상황을 정의 하고 감성기반의 필터링 기법을 사용해 음악 리스트를 구성한다.

먼저 스트레스 측정 단말기를 이용하여 HRV, APG, Stress 지수 데이터가 생체 DB에 저장되며 차분진화 알고리즘을 이용하여 학습된 표준화 DATA가 5단계로 표준 데이터 DB에 입력이 된다. 감성 모듈, 필터링에서는 음악정보 DB에서 사용자의 생체정보와 사용자의 감성에 해당하는 음악으로만 매칭하여 리스트를 구성한다. 이렇게 구성된 파일은 사용자의 생체정보와 감성정보의 해당하는 음악 리스트를 콘텐츠 정보 DB에서 매칭된 음악 리스트를 추천하게 된다. 본 시스템의 구성도는 그림 1과 같다.

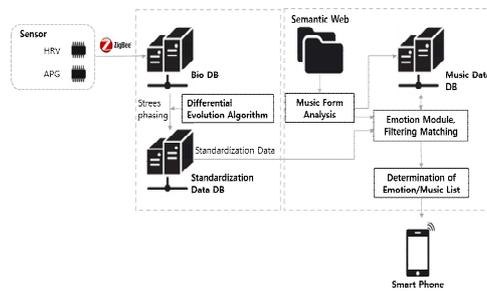


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1. System Configuration

### 2.1 생체정보 구성

감성 추천시스템을 위한 생체정보의 구성은 사용자의 ID, 성별, 나이, HRV, APG, 스트레스 지수 정보로 구성된다. 감성 지표는 미리 온톨로지로 정의해 놓으며 사용자의 HRV, APG, 스트레스 지수는 Zigbee 통신을 통하여 생체 DB에 저장된다.

생체정보 기반의 감성·음악 매칭 시스템은 생체정보의 정확한 표현, 다양한 관계 등을 명시적으로 규정하기 위하여 시맨틱 웹(Semantic Web)에서 사용되는 온톨로지로 정의 한다. 실시간으로 음악 매칭에 사용되는 온톨로지 언어인 OWL로 구성한다[7].

### 2.2 Zigbee 통신

Zigbee는 IEEE 802.15.4 Zigbee를 기반으로 한 저가, 저속, 저 전력 소모를 사용하는 통신 프로토콜로서 적은 배터리 소모, 낮은 데이터율, 네트워크의 안정성을 필요로 하는 응용 등에 주안점을 둔 근거리 무선

통신 기술(네트워크 당 255개의 노드 연결)이다. 표 1은 Zigbee 특성이다.

표 1. Zigbee의 특성  
Table 1. Characteristics of Zigbee

Division	Characteristic
Data Transfer Rate	868 MHz : 20 Kbps, 915 MHz : 40 Kbps, 2.4 GHz : 250 Kbps
Application Distance	10-75 M
Incubation Period	Down to 15 m/s
Frequency Band	Physical Layer 868/915 MHz and 2.4 GHz
Number of Channels	868 MHz : 1ch, 915 MHz : 10ch, 2.4 GHz : 16ch
Channel Connection	CSMA-CA and Slotted CSMA-CA
Utilization Temperature Range	-40 to +85℃

Zigbee의 MAC 계층은 저 전력 소모를 위한 다양한 방식들을 제공하고 있으며 back-off 횟수를 줄이는 방법, Super-frame 구조로 동작하는 방법, short address를 사용하는 방법, Data request frame을 사용하는 방법으로 실현하고 있다[8].

### 2.3 DB 스키마

생체정보 DB를 구축하기 위하여 사용자정보(ID, SEX, AGE)와 생체정보(HRV, APG, Stress)를 표 2와 같은 테이블로 구성하였다. 또한 차분진화 알고리즘으로 학습된 표준화 데이터를 표준 데이터 DB에 저장하게 된다. 본 논문의 표준 데이터 DB의 테이블의 구성은 표 3과 같다.

표 2. 생체정보 DB 테이블  
Table 2. Biological Information DB Table

Bio_DATA	
Bio_id	Varchar(10)
Bio_sex	Varchar(10)
Bio_age	Integer
Bio_hrv	Integer
Bio_apg	Integer
Bio_stress	Integer

표 3. 표준 데이터 DB 테이블  
Table 3. Standard Data DB Table

STAND_DATA	
Stand_id	Varchar(10)
Stand_age	Integer
Stand_sex	Varchar(10)
Stand_stress	Integer

HRV, APG 데이터를 이용하여 센서로 부터 획득된 스트레스 지수를 표 4와 같이 5단계별로 분류한 후 표준 데이터 DB에 저장된다.

스트레스 지수가 30이하로 낮은 경우는 부교감 신경의 과잉반응을 의미하기 때문에 조금만 움직여도 쉽게 지치는 현상이 나타난다. 반대로 스트레스 지수가 높을 경우는 교감신경이나 부교감신경의 지나친 과잉반응을 의미하기 때문에 면역력이 떨어져 병에 걸리기 쉽다[9].

스트레스 지수에 따라 정서적 안정이나 심호흡과 동반하여 적정수준으로 유지해야 한다. 본 논문에서는 스트레스 적정수준을 유지하기 위한 지능형 감성 추천시스템을 구축하고자 스트레스 지수를 5단계화하였다.

표 4. 스트레스 단계화  
Table 4. Stress Phasing

Division	Stress Index
Phase 1	00-30
Phase 2	31-40
Phase 3	41-60
Phase 4	61-70
Phase 5	71-100

생성된 스트레스 지수 데이터를 학습 알고리즘인 차분진화 알고리즘을 사용하여 학습된 표준화 데이터를 추출하였다.

Storn and Price에 의해 제안된 차분진화 알고리즘은 비선형과 미분이 불가능한 연속공간함수를 빠르게 탐색하여 최적의 해(Optimal minimum)를 구하기 위해 제안되었다[10]. 차분진화 알고리즘은 기본적인 연산 과정이 유전자 알고리즘과 유사하며 초기 개체군을 랜덤하게 생성한다. 또한 교배(Crossover), 돌연변이(Mutation), 선택(Selection) 등의 단계들을 거쳐 다음 세대를 구성하게 된다. 이전 세대의 개체 집단  $X_G = [x_{1,G}, x_{2,G}, \dots, x_{NP,G}]$ 에서 무작위로 선택

되어진 임의의 3개 개체로부터 교배용 벡터를 식(1)과 같이 생성한다. 여기서 NP는 집단의 크기를 나타내며 F는 돌연변이 상수를 의미하며 0~2 사이의 값을 갖는다.

$$v_{i,G+1} = x_{r1,G} + F \cdot (x_{r2,G} - x_{r3,G}) \quad (1)$$

$$v_{j_i,G+1} = \begin{cases} v_{j_i,G+1} & \text{if } rand_j \leq CR_{orj} = I_{rand} \\ v_{j_i,G} & \text{if } rand_j \geq CR_{orj} \neq I_{rand} \end{cases} \quad (2)$$

$$x_{i,G+1} = \begin{cases} u_{i,G+1} & \text{if } f(u_{i,G+1}) \leq f(x_{i,G}), \\ x_{i,G} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

식 (2)는 교배단계를 설명하며 시행벡터(Trial Vector)를 생성하기 위한 부모개체와 돌연변이벡터(Mutant Vector)가 교배되어 진다. 여기서 rand는 무작위로 변화에 사용되어질 벡터가 선택됨을 의미하며 CR은 0에서 1사이의 값을 갖는 교배상수를 나타낸다.  $L_{rand}$ 는 [1, 2, ..., D]의 무작위 정수(integer)을 의미한다. 식(3)은 선택 단계에 대한 내용을 의미한다. 목표

벡터(Target vector)  $x_{i,G+1}$ 와 비교하며 교배상수에 의해서 다음 세대를 구성할 개체를 선택하게 된다. 지정된 세대수가 도달되거나 새로운 개체가 최적 값을 만족할 때까지 진화 연산을 반복 수행하게 된다[11][12].

본 논문에서의 차분진화 알고리즘은 표 5와 같으며 표 6은 신뢰성 있는 스트레스 지수 데이터를 획득하기 위하여 사용된 차분진화 프로그래밍의 적합도 평가를 나타낸다.

표 5. 차분진화 알고리즘

Table 5. Differential Evolution Algorithm

$$obj = 100 * (x(2) - x(1)^2)^2 + (1 - x(1))^2;$$

$$f_{rosenfunne}(x_2) = 100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2$$

$$-2.048 \leq x_2 \leq 2.048, \text{ 최소값 } f_{rosenfunne}(1.1) = 0$$

표 6. 차분진화 프로그래밍의 적합도 평가

Table 6. Evaluation of the Suitability of Differential Evolution Programming

```

for I = 1:np
    [x obj] = feval(fname, cross(i, :), parm); // Object evaluation
    tmpfit = obj;
    nfeval = nfeval + 1;
    if(ftype == 0)
        if(tmpfit < fit(i)) // Compare to the Objective function value of the previous object
            // If smaller, the new object is recognized as the next generation object (child)
            pop(i, :) = corss(i, :);
            fit(i) = tmpfit; // Save Objective Function Values
            if(tmpfit < bestfit)
                bestpop = i;
                bestfit = fit(i); // Store Better Objective Function Values
            end
        end
    else
        if(tmpfit >= fit(i)) // Compare to the Objective function value of the previous object
            // If larger, the new object is recognized as the next generation object (child)
            pop(i, :) = corss(i, :);
            fit(i) = tmpfit; // Save Objective Function Values
            if(tmpfit > bestfit)
                bestpop = i;
                bestfit = fit(i); // Store Better Objective Function Values
            end
        end
    end
end
end
    
```

### 2.4 감성 모듈

감성을 처리하기 위해서는 사용할 감성을 미리 정의한다. 감성은 외부 환경에 따라 표현할 수 있는 감성의 종류가 다르기 때문에 사용하게 될 감성을 미리 정의 사용하는 것이 효과적이다[13].

본 논문에서는 스트레스 지수와 사용자의 감성을 따른 음악 매칭 시스템을 구현하고자 감성 OWL 온톨로지로 표현하였다. 시멘틱 웹 기술은 기계를 통하여 지식을 처리하며 웹을 통하여 확장 및 공유할 수 있는 핵심 기술을 의미한다. 시멘틱 웹의 핵심기술 중 하나인 온톨로지는 인간과 컴퓨터 간의 연결되어지는 지식을 개념화하며 구체적인 형식으로 표현하는 것으로 정의된다.

이와 같이 특정한 분야에서 사용되는 표준 단어들의 개념들 속에서 통제되는 어휘를 제공함으로써 웹에서 응용 프로그램이 이해할 수 있도록 다양한 데이터를 구조화하게 된다. 더 나아가 의미까지 지원하며 인간과 웹 프로그램 사이에서 간결한 의사소통을 가능하게 한다. 또한 온톨로지는 넓은 의미로 '데이터베이스'라 표현할 수 있으며 실제로는 데이터보다 복잡한 형태로 많은 지식과 관련되어 있다는 의미에서 '지식베이스(Knowledge Base)'라 불리기도 한다. 하지만 엄밀히 표현하면 '온톨로지'는 지식적인 내용과 절차적인 추론 과정을 포함하여 포괄적 의미의 지식보다 용어사이의 '개념'적 관계로 국한되어져 있기 때문에 지식베이스와는 구별되어져 다른 형태의 '데이터베이스'라 할 수 있다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 음악에 대한 감성 OWL 온톨로지를 나타낸다[14][15][16].

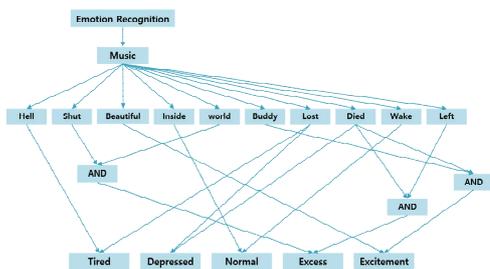


그림 2. 온톨로지 표현  
Fig. 2. Emotional OWL Ontology Expression

표 7. 감성 음악 매칭 지표

Table 7. Emotional Music Matching Indicators

Stress Index	emotion	Music
00-30 [phase 1]	Tired	Antonio Vivaldi - 10 other Songs besides The Four Seasons (Spring)
31-40 [phase 2]	Depressed (Degraded physical strength)	Wolfgang Amadeus Mozart's Concerto No. 1 - 10 Songs besides The Allegro
41-60 [phase 3]	Normal	Franz Peter Schubert - 10 Songs besides The Lullabies
61-70 [phase 4]	Excess (Immunity reduction)	Franz Peter Schubert - 10 Songs besides The Ave Maria
71-100 [phase 5]	Excitement	Robert Alexander Schumann - 10 Songs besides The Dream

감성모듈에서는 표준 데이터 DB에서 받은 스트레스 지수에 맞는 음악을 매칭하기 위해 표 7의 지표에 따라 필터링하며 음악 감성 추천된 데이터들의 형태소를 분석하여 최적의 음악 매칭 리스트를 결정하는 역할을 한다.

### 3. 시스템 구현 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 지능형 감성 추천시스템을 실험하기 위하여 사용자의 생체정보를 정확히 인식하고 스트레스 지수에 따라 달라지는 감성의 변화를 이용하여 매칭된 음악 리스트를 제공하는지 실험한다. 음악정보 DB에 사용된 곡들은 감정과 분위기가 다르고 기분에 따라 다르게 들려지기 때문에 음악치료의 자료에 근거를 두어 정리하여 클래식 곡들을 수집, 분류해서 활용하였다. 음악파일에 관한 내용은 '삼성 이데아' 의해 제시된 음악치료에 관한 근거로 수집된 자료를 토대로 구성하였다[17].

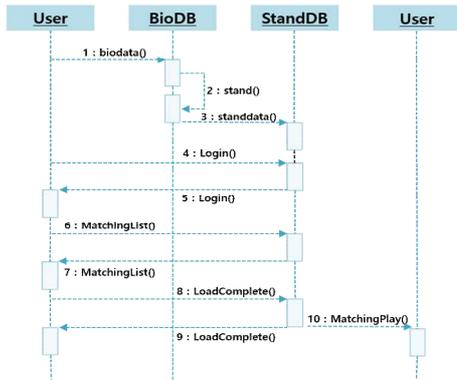


그림 3. 지능형 감성 추천시스템의 시퀀스 다이어그램  
Fig. 3. Sequence Diagram of Intelligent Emotional Recommendation System

시스템의 구성은 크게 생체 DB, 표준화 데이터 DB, 음악정보 DB, 감성모듈로 구분되어지며 애플리케이션을 구현을 위하여 JAVA 기반의 안드로이드 프로그램을 이용하여 구현하였다. 그림 3은 본 시스템의 흐름을 시퀀스 다이어그램으로 표현하였다.

본 논문에서 제안한 지능형 감성 추천시스템의 성능을 평가하기 위해 많이 사용되고 있는 MAE (Mean Absolute Error) 알고리즘을 사용하였다.

MAE 알고리즘은 비교 대상이 되는 두 집단의 수치들 사이의 절대 오류들의 평균을 의미하며 예측된 평가치들이 사용자와의 실제 평가치들과 평균적으로 어느 정도 유사한지를 나타내는 지표이다. 추천 시스템의 성능은 MAE 값이 작을수록 우수하다고 평가하고 MAE 값을 통해 추천 시스템이 얼마나 정확히 사용자의 선호도를 예측했는지 알 수 있다. MAE의 값이 0이면 추천 시스템이 정확하다고 볼 수 있다. 식 (4)는 MAE 알고리즘을 나타낸다.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |p_i - q_i|}{n} \quad (4)$$

$p_i$ 는 사용자  $p$ 의 실제 선호도를 의미하며  $q_i$ 는 사용자  $p$ 의 예측 선호도를 의미한다.  $n$ 은 사용자  $P$ 가 실제로 사용한 콘텐츠 수이다.

본 논문에서는 MAE 성능 평가 알고리즘을 정규화 하였다. MAE의 값은 0부터 1의 값을 가지며 0은 모두 일치 하지 않고 1은 모두 일치한 값을 가진다. 식 (5)는 MAE 알고리즘에 정규화 식을 포함한 식이다.

$$MAE = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|p_i - q_i|}{MAX - MIN} \right) \quad (5)$$

표 8은 정규화 된 MAE 알고리즘을 이용한 추천 시스템의 스트레스 지수별 성능 평가 결과이다. 성능 평가 결과 평균 88.24%의 정확도를 보여 추천 시스템의 성능이 높음을 알 수 있었다.

표 8. MAE 알고리즘을 이용한 스트레스 지수별 추천 시스템의 성능 평가  
Table. 8. Performance Evaluation of Recommendation System by Stress Index using MAE Algorithm

Stress Index	Accuracy (Unit : %)
00-30 [phase 1]	88.7
31-40 [phase 2]	89.7
41-60 [phase 3]	87.6
61-70 [phase 4]	86.8
71-100 [phase 5]	88.4
Total	88.24

그림 4는 매칭 된 음악청취 후 스트레스 지수가 정상상태로 된 것을 보여주는 그래프이다.

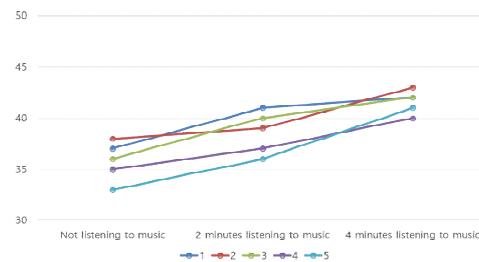


그림 4. 감성 OWL 온톨로지 표현  
Fig. 4. Stress index change graph

본 시스템이 스트레스 지수에 따라 감성이 반영된 적합한 음악을 매칭 하였으며 스트레스 완화에 유의하

다는 것을 보여준다.

No.	ID	Stress Index	Stage
	Color	C. Color**	C. Music**
1	Kim	35	2
	Gray	Red	2
	Seol	68	3
2	B. red	Blue	3
	Kim	46	2
	D. blue	Yellow	2
4	Kim	10	1
	Cerulean	Cerulean	1
	Yoo	78	4
5	Red	Green	4
	Seo	32	2
	Gray	Red	2
6	Seol	85	4
	Red	Green	4
	Kim	69	3
8	B. red	Blue	3
	Kim	18	1
	Brown	Brown	1
9	Seol	25	1

그림 5. 지능형 감성 추천시스템(애플리케이션)  
Fig. 5. Intelligent emotion system (Application)

제안한 시스템의 사용자 친화적 인터페이스를 구현하기 위해 지능형 감성 추천시스템을 애플리케이션으로 구현하였다. 그림 5는 사용자의 ID, 성별, 나이, 스트레스 지수에 따른 감성 매칭 리스트로 구성되어 있다. 실험결과 사용자의 스트레스 지수가 반영된 감성 매칭 리스트가 애플리케이션을 통해 출력됨을 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

지금까지 스트레스 완화를 위하여 음악은 단순 사용자의 기호와 취향에 의해 단순 질의어로 검색되어졌다. 검색 시스템의 경우도 수동적으로 데이터를 받아 분석하여 추천해 주는 서비스가 전부이다. 이러한 경우 시스템은 사용자의 생체 정보에 맞는 적절한 검색 결과를 보여주지 못하기 때문에 사용자의 만족도를 높이기 위하여 시스템과의 교류가 빈번해야 하므로 사용자에게 많은 불편을 초래하게 된다. 본 논문에서는 사용자의 생체정보 즉, 스트레스 지수를 획득 및 인식하여 신뢰성 있는 데이터를 추출하고자 차분진화 알고리즘을 사용하였으며 이렇게 획득된 스트레스 지수를 단계별에 따라 감성추론 하였다. 정규화 된 MAE 알고리즘을

이용한 추천시스템의 스트레스 지수별 성능 평가 결과 평균 88.24%의 정확도를 보여 추천시스템의 성능이 높음을 알 수 있었다. 스트레스 지수와 감성의 변화에 매칭 되는 음악 리스트를 검색 및 추천함으로써 사용자의 생체정보에 맞는 콘텐츠를 추천함으로써 사용자의 스트레스 특성을 고려하고 만족도를 높이는데 도움이 있을 것이라 기대한다.

향후 연구로는 GPS 기반의 음악 감성 매칭 알고리즘 구현과 사용자의 다양한 환경 정보와 음악과의 매칭 시스템 구현 등 다양한 정보에 대한 감성 추천시스템과 알고리즘에 대해 연구하고자 한다.

#### REFERENCES

- [1] A. Y. Kim, E. H. Jang and J. H. Sohn, "Classification of Negative Emotions based on Arousal Score and Physiological Signals using Neural Network", *Korean Society for Emotion and Sensibility*, vol. 21, no. 1, pp. 177-186, March, 2018.
- [2] R. W. Picard, "Affective computing: challenges", *International Journal of Human-Computer studies*, vol. 59, no. 1, pp. 55-64, July, 2003.
- [3] M S. Kim and Y. C. Cho, "GSR, HRV and EEG ANalysis of Stress Caused by Horror Image and Noise Stimulation", *Journal of IKEEE*, vol. 21, no. 4, pp. 4381-4387, Dec, 2017.
- [4] Y. S. Lee, "Study on ERP Detection Algorithm Using SVM with wavelet feature vector", *The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 9-15, Jan, 2017.
- [5] J. Y. Chung and M. J. Kim, "A Study on Personalized Music Recommendation Model through Analysis on Users' Music Preference Factors", *Journal of Digital Contents Society*, vol. 19, no. 11, pp. 2041-2047, Nov, 2018.
- [6] T. Y. Kim, H. Ko, S. H. Kim and H. D. Kim, "Modeling of Recommendation System Based on Emotional Information and Collaborative Filtering", *Sensors*, vol. 21, no. 6, 1997, March, 2021.

- [7] E. H. Kim and Y. H. Suh, "A Situation Information Model based on Ontology in IoT Environment". *Journal of Korea institute of information, electronics, and communication technology*, vol. 10, no. 5, pp. 380-388, Oct, 2017.
- [8] W. Su, O. B. Akan and E. Cayirci, "Communication Protocol for Sensor Networks, Wireless Sensor Network", *Kluwer Academic Publisher*, pp. 21-50, 2004.
- [9] D. W. Seo, B. H. Song, H. Seo and S. H. Bae, "Design and Implementation of Bio Emotion Recognition LED Control System by Stress Index using Neural Network", *Journal of Advanced Information Technology and Convergence*, vol. 8, no. 12, pp. 221-229, Nov, 2010.
- [10] J. S. An, K. N. Kang, S. H. Kim and K. I. Song, "Analysis for Applicability of Differential Evolution Algorithm to Geotechnical Engineering Field", *Journal of the Korean Geotechnical Society*, vol. 35, no. 4, pp. 27-35, April, 2019.
- [11] D. Amer, B. Samira and B. Imene, "A sinusoidal differential evolution algorithm for numerical optimisation", *Applied Soft Computing*, vol. 27, pp. 98-126, Feb, 2015.
- [12] L. Tang, Y. Zhao and J. Liu, "An Improved Differential Evolution Algorithm for Practical Dynamic Scheduling in Steelmaking-Continuous Casting Production", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 18, no. 2, pp. 209-225, April, 2014.
- [13] C. K. Kim, J. H. Son, S. G. Lee, J. H. Cha and S. H. Kim, "A Study on Emotional Vocabulary for Interactive Visual Media Viewing Behavior Models Construction", *Journal of Korea Design Forum*, vol. 54, no. 54, pp. 27-38, Jan, 2017.
- [14] W. J. Seo and K. T. Rhyu, "Design and Implementation of Information Retrieval System Based on Ontology Using Semantic Web", *Journal of Digital Convergence*, vol. 17, no. 1, pp. 209-217. Jan, 2019.
- [15] D. J. Choi, H. B. Lee, K. S. Bok and J. S. Yoo, "Design and implementation of an academic expert system through big data analysis", *The Journal of Supercomputing*, pp. 1-25, Jan, 2021.
- [16] H. Wang, T. Vincent and C. Tang, "Change propagation analysis for system modeling using Semantic Web technology", *Advanced Engineering Informatics*, vol. 35, pp. 17-29, Jan, 2018.
- [17] T. Y. Kim, B. H. Song and S. H. Bae, "A Design and Implementation of Music & Image Retrieval Recommendation System based on Emotion", *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 47, no. 1, Jan, 2010.

---

저자약력

---

김태연 (Tae-Yeun Kim)

[중심회원]



- 2012~2015년 신한시스템즈(주) 연구소장
- 2012~2017년 광주보건대학교 겸임교수
- 2018~현재 조선대학교 조교수

<관심분야>

인공지능, 빅데이터, 감성공학, IoT