

생체정보를 이용한 유비쿼터스 심리상태 인식 모델 연구

정회원 전 기 환*, 최 형 진**

A Study on Ubiquitous Psychological State Recognition Model Using Bio-Signals

Ki-hwan Chon*, Hyung-jin Choi** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 다양한 생체신호들을 이용하여 심리상태와 생체정보를 판별하고, 외부환경 정보와 함께 이용자의 현재 상황을 인식하여 그에 맞는 적절한 서비스를 제공하는 생체정보기반 상황인식시스템(Bio-Signal Context aware system :BSC)을 설계하고 구현한다. 본 논문에서 구현한 생체정보기반 상황인식시스템은 센서를 통하여 측정된 뇌파(EEG), 심전도(ECG), 피부전도도(GSR) 등의 생체신호들로부터 특징들을 추출하고 분석하였으며, 분석된 결과를 입력받아 평온, 집중, 긴장, 우울의 네 가지 심리상태를 판별하였다. 판별된 심리상태의 결과와 함께 심박변이도(HRV), 피부전도도, 체온 등의 생체신호로부터 분석된 생체 상황정보, 그리고 외부 환경의 상황정보로부터 이용자의 현재 상황을 추론하고 인식하여 현재 생체 상황에 맞는 적절한 서비스를 제공하였다.

Key Words : Bio-signals, Context-aware system, EEG, HRV, GSR

ABSTRACT

In this paper, various physiological signals of humans were measured and analyzed to inference their psychological state and biological information, and Bio-Signal Context aware system (BSC), which recognizes the current context of its users as well as the information of exterior environment and offers the service appropriate for them, was designed and implemented. The BSC extracts and analyzes the features from bio-signals, such as the measured electroencephalogram (EEG), electrocardiogram (ECG), and galvanic skin response (GSR), with its different sensors, has the input of the analyzed results, and discriminates four psychological states of rest, concentration, tension and melancholy. In addition to the results of the discriminated psychological states, the information of biological condition analyzed from the user's bio-signals, for example, heart rate variability (HRV), Galvanic skin response (GSR) and body temperature, and the information of external environment related to the user's are collected to offer the service fit for the user's present biological condition by inferring and recognizing the user's present situation.

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)에 의학을 접목하여 재택에서 건강관리를 하고 언제, 어디서나 병원과 네트워크로 연결할 수 있는 유비쿼터

스 헬스케어(ubiquitous healthcare) 시스템이 최근에 주목받고 있다. 그 중에서 가장 활발한 연구가 진행되고 있는 분야가 생체신호를 기반으로 하는 유비쿼터스 의료 응용 기술과 공학에 기반을 두고 의학이나 생명과학 분야를 융합하기 위한 의공학 기술

* 한림성심대학 의료기기정보과 (khchon@hsc.ac.kr)

** 강원대학교 컴퓨터과학과 인공지능연구실(choihj@kangwon.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-11-532, 접수일자 : 2009년 11월 1일, 최종논문접수일 : 2010년 1월 25일

들이다.

생체신호 기반 컴퓨팅은 뇌파(EEG), 심전도(ECG), 안구전도(EOG), 근전도(EMG)와 같은 생체신호를 분석하고 그 의미를 파악하여 진단 및 치료의 첨단 도구로 활용하는 것이다. 노약자나 장애인이 컴퓨터를 보다 손쉽게 이용하게 하거나 생체신호만으로 전동 휠체어와 같은 의지 보조 도구의 구동을 제어할 수 있도록 하며, 인간의 현재 상태를 시스템 스스로 파악하여 적절한 서비스를 제공함으로써 보다 쾌적한 삶을 살 수 있도록 한다.

또한 감성 및 심리 치료 분야를 확장하여 이와 관련된 연구 기술을 일반 생활에 접목하여, 보다 쾌적한 삶의 환경을 구축하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 인간의 감성 분류에 대한 연구와 컴퓨터나 기계 스스로 인간의 상태를 파악하고 분석하여, 그에 맞는 적절한 서비스나 치료방법을 제시하는 연구는 현재까지 미흡한 수준이다¹⁾.

본 논문에서는 뇌파, 심전도, 피부전도도(GSR) 등의 생체신호들로부터 평온, 집중, 긴장, 우울과 같은 네 가지 심리상태를 인식하여 판별하였다. 심리상태를 추론하기 위하여 측정된 데이터로부터 특징벡터를 추출하고, 추출된 정보를 분류하고 인식하기 위하여 신경회로망을 적용하였다. 신경회로망으로 많이 사용되고 있는 오류 역전파 학습 알고리즘은 우수한 성능에도 불구하고 학습속도가 느리고 지역 최소점에 빠질 수도 있는 단점을 가지고 있기 때문에 본 논문에서는 비지도 학습과 지도학습의 복합 구조를 갖는 신경회로망인 RBFN(Radial Basis Function Network)을 적용하였으며, RBFN의 은닉층 학습을 위하여 비지도 경쟁학습 구조인 SOM을 적용하여 성능을 향상시켰다. 또한 인체의 미세한 변화에도 생체신호는 다양하게 변화하므로, 한 가지 생체신호의 변화에 의하여 감성이나 심리상태를 파악하기 보다는 여러 가지 생체신호들을 복합적으로 측정 및 분석하여야 한다. 그러나 생체신호의 분석과 관련된 많은 수의 연구가 뇌파나 심전도 등의 생체신호 중 한 가지만을 연구 대상으로 하고 있다²⁾. 본 논문에서는 생체신호의 변화에 따른 심리상태의 변화를 보다 정확하게 측정하고 분석하여 결과의 정확도를 높이기 위하여 뇌파, 심전도, 피부전도도를 복합적으로 측정하고 분석하기 위한 모델을 제시하였다.

인식된 네 가지 심리상태 판별 정보와 함께 외부 환경 정보를 부가하여 이용자의 현재 상황을 인식하고 현재의 상황에 맞는 서비스를 제공하는 생체

정보기반 상황인식 시스템(Bio-Signal Context aware system: BSC)을 설계하고 구현하였다.

본 논문의 연구 내용은 유비쿼터스 시대에 인간의 심리 상태와 생체상황을 자동으로 감지하여 그에 알맞은 서비스를 제공하는 로봇이나 전자제품, 자동차, 의료기기 등에 적용이 가능하며, 특히 의료 분야에서 정신질환이나 뇌와 관련된 질환인 알츠하이머, ADHD(Attention Deficit Hyperactivity Disorder: 주의력 결핍 과대 행동장애) 등의 환자 뇌파나 생체신호 분석을 통하여 질병의 상태를 파악하고 치료에 도움을 줄 수 있을 것이다.

또한 생체정보를 센서로 감지하고 분석한 후, 분석된 정보로부터 치료 방안을 제시하거나 직접 치료를 지시하는 유비쿼터스 병원이나 유비쿼터스 헬스케어 시스템 분야의 연구에 기여할 것으로 기대된다.

II. 생체신호 획득 및 분석

2.1 실험 도구

뇌파, 심전도, 피부전도의 생체신호를 측정하기 위하여, 본 논문에서는 Biopac사의 MP150을 사용하였으며, 측정된 값을 저장하고 분석하기 위하여 Pentium IV PC와 AcqKnowledge 3.8.1을 사용하였다. 생체신호들을 측정하고 저장하기 위한 개발환경은 표 1과 같으며, 생체정보기반 상황인식 시스템의 개발 환경은 표 2와 같다. 상황인식을 위한 온톨로

표 1. 생체신호 측정 및 판별 모듈 개발 환경

생체신호측정 도구	Biopac MP150, 각종 생체신호 측정용 센서
소프트웨어	AcqKnowledge 3.8.1, MicroSoft Visual C++ , MATLAB
하드웨어	Pentium IV computer

표 2. 생체정보기반 상황인식 시스템 개발 환경

	하드웨어	Pentium IV PC
온톨로지 구축	온톨로지 언어	OWL(W3C recommendation)
	온톨로지 구축도구	protege 3.2
	온톨로지 플러그인	OWLviz
	오류 검사 추론 엔진	racer
온톨로지 추론	프로그래밍 언어	Java
	추론 엔진	Jena
	프로그래밍 툴	eclipse

지 플러그인으로는 OWLviz를 사용하였고 오류 검사 추론 엔진으로는 racer를 첨부하여 사용하였다. racer는 구축된 온톨로지에 오류가 있는지를 검사하며, 결과에 대한 추론을 위해 추론 엔진은 Jena를 사용하였다.

2.2 생체신호 측정 방법

임상의학이나 뇌와 관련된 많은 연구에서 심리상태를 설정하기 위하여 플로리다 대학의 Peter Lang 박사가 개발한 국제정서사진체계(IAPS)를 사용하고 있다. 그러나 사진의 특성상 시각적인 정보만을 제공하고 있으며, 제작된 지 10여년이 지난 문제를 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 시청각 자료를 통하여 시각과 동시에 청각적인 자극도 동시에 제공하여 보다 자연스러운 심리상태를 만들어서 실험하고자 하였다.

실험은 20~27세 사이의 남녀 25명을 대상으로 하였으며, 실험 전 자율신경계와 감정에 영향을 줄 수 있는 커피, 담배, 약, 술의 섭취를 하지 못하게 하였고, 실험 전에 생체신호측정 방법과 심리상태 설정에 대하여 기본 사항을 충분히 숙지하도록 하였다. 각 심리상태를 측정하기 전 10분을 준비상태로 하였으며, 자극을 준 후 5분 측정, 10분 휴식하고 다시 측정하였으며, 날짜와 시간을 달리하여 총 5회 측정하였다. 생체신호 측정 개시 후, 처음 일정 시간은 심리상태의 준비기간으로 간주하여 실제 시스템에 사용한 생체신호는 측정 후 20초 이후의 것을 사용하였다.

체온은 실험을 시작하기 전에 측정하였으며, 실험 후 질문을 통하여 실험 중 심리상태에 대한 주관적인 평가를 하여 설정된 심리상태가 피실험자가 느끼는 심리상태에 적합한지를 조사하였다.

본 논문에서는 심리상태로 평온, 집중, 긴장, 우울의 네 가지 심리 상태를 설정하고 측정하였는데, 네 가지 심리상태를 선정한 이유는 다음과 같다.

첫째, 평온 상태는 모든 심리상태의 기본이고 기준이 되는 긍정적이고 안정된 상태이다.

둘째, 집중상태는 최근 뇌에 대한 다양한 연구가 진행되고 있는데 그중에서 뉴로 피드백을 통한 집중력 강화 훈련에 많은 연구가 진행되고 있으며, 관련 제품도 다양하게 출시되고 있다. 따라서 집중상태의 판별은 향후 뇌 과학 관련 연구나 제품 개발에 적용될 수 있을 것이다.

셋째, 긴장 상태로 심리적이나 신체적으로 긴장상태가 되면 교감신경 대 부교감 신경의 균형이 깨

져 다양한 변화가 인체에서 발생하는데, 긴장상태에서 벗어나기 위한 생체 변화를 감지할 수 있으며, 윤택하거나 불쾌할 때에도 긴장상태가 될 수 있다.

넷째, 우울 상태는 평온한 상태의 반대되는 부정적 상태로 스트레스, 우울증 치료 등의 의학적 관점에서 진단 및 치료 전문가 시스템을 구축하기 위한 선행연구로 활용하기 위해서이다.

각 상태에서의 생체신호 측정 방법은 다음과 같다.

- 1) 평온 상태는 시청각 자극 없이 눈을 감고 무념무상의 편안한 상태를 만든 후 측정하였다.
- 2) 집중 상태는 정신을 집중할 수 있도록 수학 암산 문제를 주고 머릿속으로만 암산을 하도록 한 후 측정하였다.
- 3) 긴장 상태를 시뮬레이션하기 위하여 시청각 자극을 동시에 줄 수 있는 영화를 시청각 하도록 하였다. 그 중 첩보영화에서 주인공의 추격 장면, 자동차 추격 장면과 공포영화에서 좀비에 추격당하는 장면, 추리 스릴러 영화를 피실험자의 의견을 설문조사 한 후, 각 영화들을 다양하게 조합하여 보여주면서 측정하였다.
- 4) 우울 상태는 주관적인 설문조사와 선정된 우울하고 슬픈 영화중에서 피 실험자가 직접 선택하도록 하였다. 우울한 감정을 유발하는 음악을 들려준 후에 각 생체신호들을 측정하였으며, 측정 후 다시 설문조사를 하였다.

본 논문에서는 뇌파의 경우 ECI Electro-Cap을 사용하여 측정하였으며, 전극의 측정 위치는 국제 뇌파 학회에서 제시한 10-20 전극법(ten-twenty electrode system)^[3]을 적용하여 좌우 전두부 인 F3, F4, 좌, 우 중두부인 T3, T4, 좌, 우 후두부인 O1, O2로 하였다. 뇌파 중에서 델타파는 수면 중인 상태 이외에서 측정되는 경우는 뇌질환을 앓고 있는 경우가 대부분이라고 알려져 있기 때문에 측정대상에서 제외하였으며, 알파, 베타, 세타, 감마파 만을 측정 대상으로 하였다. 뇌파의 sampling rate는 200Hz로 하였으며, 필터링 후 실제 사용할 뇌파의 주파수 범위는 0.5~50Hz로 하였다. 심전도는 표준 지 유도법을 사용하였으며, 피부전도도의 경우 양극 부착법을 적용하여 Biopac사의 SS3A 센서를 검지와 중지 사이에 붙여 측정하였다.

2.3 생체신호 분석 방법

본 논문에서는 뇌파의 시계열 신호 특성을 주파수 특성으로 변화하기 위하여 고속 푸리에 변환(fast

fourier transformation) 연산을 적용하여 각 파형의 주파수 대역별 파워스펙트럼 밀도(power spectrum density)를 구하였다. 푸리에 변환은 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하는데, 모든 주파수 영역 해석의 기초가 되며, 주어진 임의의 파형을 서로 다른 주파수를 가진 정현파의 합으로 나타내는 것이다. 이 때, 이 정현파의 주파수와 크기를 알면 각 주파수 영역의 크기, 즉 스펙트럼을 알게 된다⁴⁾.

심전도의 경우, 측정된 심전도 신호로부터 심박 변이도(Heart Rate Variability: HRV) 값을 추출하여 심리상태 판별의 입력 정보로 사용하였다. 심박 변이도란 하나의 심장주기로부터 다음 심장 주기 사이의 변이를 측정하는 것으로서, 끊임없이 변화하는 심혈관계 제어 메커니즘에 있어 R-R 간격의 변이 특성을 관찰하고 심장박동의 변화 추이를 정량화 한 것이다⁵⁾⁶⁾⁷⁾.

본 논문에서는 HRV의 값으로 부터 질병의 유무나 만성적 질환 보다는 HRV의 주파수 영역 분석으로부터 현재의 스트레스 상태를 파악하여 뇌파의 인식 결과와 함께 심리상태를 인식하기 위한 분석 자료로 활용하였다. 시계열 데이터의 HRV 신호로 부터 고속 푸리에 변환을 적용하여 주파수 영역으로 변환하였고 주파수 영역별로 LF, HF값을 추출하였다.

피부전도도의 경우 진폭을 특징 변수로 사용하기 위하여 지정된 구간 내의 진폭의 영교차율과 평가 구간의 평균 및 표준편차를 구하여 각 심리상태의 분석 도구로 활용하였다. 피부전도도의 신호는 심리 상태가 평온하거나 흥분이 없을 때는 진폭이 크지 않으며, 즐거운 기분이나 불쾌한 기분 등으로 흥분상태에 있을 때에는 감정의 변화로 인하여 교감 신경이 활발하게 활성화되어 신호의 진동이 발생하게 되고, 그러한 신호의 진동이 지속적으로 발생하기 때문에 평온한 심리 상태보다 영교차율이 매우 크다.

III. 심리상태 판별 모듈 설계

3.1 심리상태 판별을 위한 인식 기법

본 논문에서는 오류 역전과 학습 알고리즘에 비하여 수렴속도가 빠르고 간단한 구조로 되어 있으며, 비지도 학습과 지도학습의 복합구조로 구성되어 두 가지 방법의 장점을 모두 가지고 있는 RBFN을 적용하여 심리상태를 판별하였다. RBFN은 비지도 학습과 지도학습, 모두를 가지고 있는 복합 신경망이다. 입력층, 은닉층, 출력층의 세 개의 층으로만 구

성되어 있고, 입력층과 은닉층에는 연결강도를 갖지 않으며, 은닉층은 RBF 노드들로 구성되어 있다⁸⁾.

RBFN에서 은닉층의 목적은 학습 패턴들을 유사한 패턴의 클러스터로 묶는 것인데, 일반적으로 은닉층의 학습에는 k-means 알고리즘이나 비교적 단순한 클러스터링 알고리즘을 적용한다. 그러나 잘못된 클러스터링은 출력층에 대하여 잘못된 입력 값이 구성되므로 전체적으로 RBFN의 성능을 저하시키게 된다⁹⁾.

본 논문에서는 은닉층에서 학습을 위하여, 소속도가 가장 큰 노드를 승리 노드로 선택하여 출력층으로 전달하는 학습구조인 SOM 신경망을 적용하였다.

RBFN에서의 은닉층에서 출력층으로의 학습은 지도학습이며, 본 논문에서는 출력층에서의 학습으로 최소 평균 자승(least mean squares) 방법을 사용하였다. 본 논문에서는 전형적인 RBFN의 구조를 변경하여 새로운 RBFN 모형을 제안하며, 제안하는 RBFN의 학습 모형에 관한 설명은 아래와 같다.

- 1) 입력층과 은닉층의 학습은 SOM 학습 알고리즘에 의하여 이루어지며, SOM의 출력층이 전체 RBFN의 은닉층이 된다.
- 2) 은닉층의 각 클러스터들 중에서 승리 뉴런을 가지고 있는 노드를 현재 클러스터의 대표노드로 한다.
- 3) 은닉층과 출력층 사이에서의 학습은 최소평균 자승 알고리즘으로 학습한다.
- 4) 은닉층과 출력층의 노드들은 완전연결구조이나, 은닉층과 출력층의 학습동안 출력 값과 목표 값을 비교하여 역전파 할 때에는 현재 클러스터의 대표 노드만 연결강도인 가중치를 조정하도록 한다.

전형적인 RBFN의 은닉층과 출력층은 완전연결 구조로 되어 있으나, 본 논문에서는 그 구조를 변형하여 전체 학습 횟수와 학습 속도를 향상 시킬 수 있도록 하였다. 즉, SOM 학습 알고리즘에 의하여 승리 뉴런과 이웃 뉴런들이 비슷한 연결강도를 가지게 되었기 때문에, 은닉층과 출력층의 학습은 은닉층의 클러스터들 중에서 승리 뉴런을 가지고 있는 대표노드만 출력층의 노드와의 연결강도를 역전파하면서 조절하도록 하였다.

3.2 심리상태 판별 모듈의 구조

그림 1은 본 논문에서 설계하고 구현한 심리상태 판별 모듈의 구조도이다. 전극 위치별 뇌파의 측정

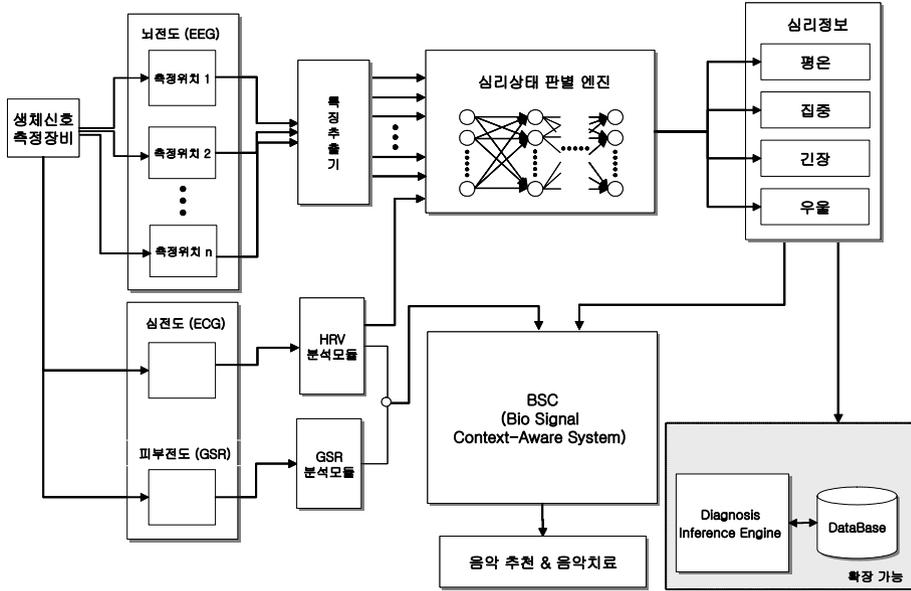


그림 1. 심리상태판별 모듈의 구조

값으로부터 특징추출기를 통하여 추출된 뇌파 특징 값과 HRV 분석 모듈로부터 분석된 HRV값이 심리상태 판별 엔진에 입력되어 평균, 집중, 긴장, 우울의 심리상태를 인식하고 판별하게 된다. 심박변이도인 HRV 정보와 피부전도도인 GSR 정보는 BSC에서 이용자의 생체변화의 상황 정보로 사용된다.

IV. BSC의 설계

4.1 상황정보

본 논문에서 상황은 생체 상황정보와 외부환경 상황정보로 정의하였다.

4.1.1 생체상황정보

본 논문에서 상황을 추론하기 위하여 사용한 정보는 표 3과 표 4와 같다. 표 3은 본 논문에서 사용한 이용자의 생체상황 정보를 나타내며, 표 4는 이용자의 현재 주변 환경에 대한 외부환경 상황정보이다.

본 논문에서는 이용자의 생체상황 정보로 심리상태, 피부전도도, 체온을 사용하였다. 심리상태에 따라 피부전도도의 값이 변화하며, 피부전도도는 외부의 자극의 유무를 판별하는 척도로 하였다.

심리상태에 대한 상황 정의는 심리상태 판별 모듈의 결과인 평균, 집중, 긴장, 우울의 상태가 입력되며, 심박변이도는 주파수 분석 값인 LF, HF가 입

력되어 현재의 스트레스 정도를 나타낸다. 피부전도도는 식(1)과 같이 평온한 상태의 평균값을 기준으로 하여 현재의 값에서 평온한 상태의 값을 감산하

표 3. 이용자의 생체상황 정보

	상황 정보	수집처	상태 정의
생체 상황 정보	심리상태	신경망	평균/집중/긴장/우울
	심박변이도	계측센서	연속 값 : 스트레스
	피부전도도	계측센서	연속 값 : 자극
	체온	계측센서	28℃~44℃

표 4. 외부환경 상황 정보

	상황 정보	수집처	상태 정의 및 기준	속성
외부 환경 상황	기온	주변센서	최저기온/평균기온/ 최대기온	연속값
	습도	주변센서	습함/적당/건조	연속값
	조명	조명센서	밝음/적당/어두움	켈빈(k)
	날씨	인터넷	맑음/흐림/눈,비	범주형
	계절	시스템	봄/여름/가을/겨울	범주형
	시간	시스템	오전/오후/밤/새벽	숫자

여 줌으로서 현재의 상태를 판정하는 기준으로 하였다.

$$GSR = \text{current } GSR - \text{resting } GSR \quad (1)$$

체온은 일반적으로 정상 상태를 유지하기 때문에 심리상태에 큰 영향을 미치지 않으나, 큰 자극이나 질병에 의하여 변화될 수 있기 때문에 생체상황 정보로 추가하여 모델링 하였으며, 일반적인 심리상태에서는 현재의 측정된 체온 값을 입력하여 저장 되도록 하였다.

4.1.2 외부환경 상황정보

외부환경 상황 정보는 표 4와 같이 이용자에게 직접 영향을 줄 수 있는 기온, 습도, 조명, 날씨, 계절, 시간을 사용하였다.

본 논문에서는 생체상황 정보나 외부환경 상황 정보는 상황과 주변 여건에 따라 추가 및 삭제가 가능하도록 시스템을 설계하고 구현하였다.

4.1.3 음악의 분류

본 논문에서는 김수진^[10]이 제안한 음악치료의 관점에서 음악을 분류하는 기법을 적용하였는데, 분위기 위주의 음악 추천뿐만 아니라 긴장, 우울 등과 같은 심리적 상태를 완화시켜줄 수 있는 음악을 추천하도록 시스템을 설계하였다. 표 5는 상황에 따른 추천 음악의 분류를 보여주고 있다.

표 5. 상황에 따른 추천 음악의 분류

상황	음악의 분위기
상황 A	밝은 음악, 경쾌한 음악
상황 B	잔잔한 음악, 감미로운 음악, 낭만 음악
상황 C	부드러운 음악, 밝은 음악, 사색 음악
상황 D	화려한 음악, 부드러운 음악, 자연 음악
상황 E	밝은 음악, 상쾌한 음악, 경쾌한 음악
상황 F	슬픈 음악, 잔잔한 음악, 상쾌한 음악
상황 G	밝은 음악, 부드러운 음악, 자연 음악

4.2 BSC의 구조

BSC는 생체정보와 외부환경 정보로부터 상황을 인식하고 이용자의 현재 상황에 맞는 적절한 서비스를 제공하는 시스템으로, 그림 2는 본 논문에서 설계하고 구현한 BSC의 구조도이다. 지금까지 연구된 상황인식 시스템들은 지정된 공간에서 상황을 발생하는 객체들을 식별하는 일과 식별된 객체들에서 발생하는 상황의 인식에 주된 초점을 두고 있다^[11]. 이러한 연구를 바탕으로 하여 본 논문에서는 상황인식 수준을 좀 더 향상시키기 위하여 상황인식 시스템의 구조를 여러 개의 모듈로 나누어 설계하였으며, 각 모듈마다 기능별로 별도로 구성하여 종속성을 가능한 배제하였고 상황 데이터베이스를 두어 각각의 이용자 개인에 대한 상황 정보를 데이터베이스화하고 이력관리를 하여, 개인화된 상황정

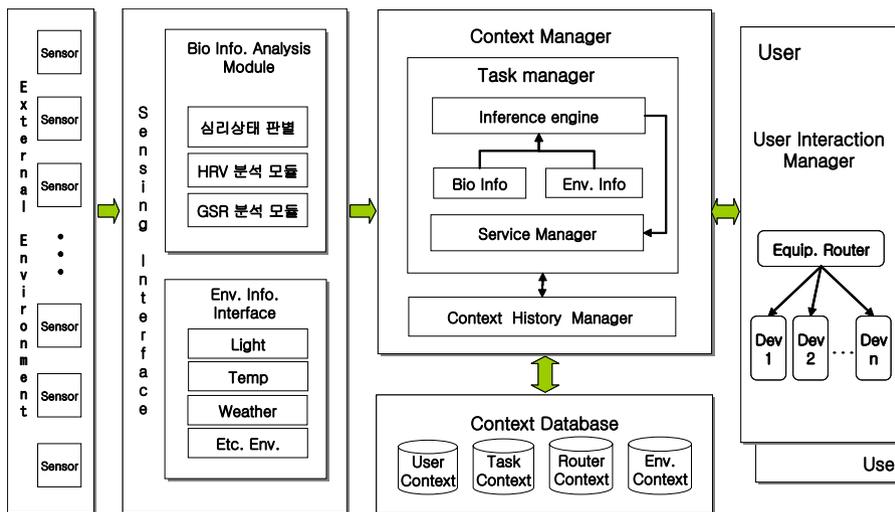


그림 2. BSC의 구조

보 서비스를 수행할 수 있도록 하였다.

4.2.1 생체 상황정보 미들웨어 모델링

본 논문에서 제안한 생체정보기반 상황인식 시스템은 미들웨어로서 환경 모델링(environment modeling), 작업 모델링(task modeling), 라우터 모델링(router modeling), 이용자 모델링(user modeling)으로 각각 구성하여 모델링하였다.

1) 환경 모델링

환경모델링은 물리적 공간에서 사용 가능한 자원과 센서들을 통하여 상황 정보를 추출하도록 설계하였다. 그림 2에서 센싱 인터페이스 부분(sensing interface part)은 생체신호로부터 생체상황 정보를 분석하는 생체정보 분석 모듈(bio-signal information analysis module)과 외부환경 정보를 받아들이는 외부환경 인터페이스 모듈(environment interface module)로 나누어져 있다. 생체정보 분석 모듈은 뇌파와 심전도로부터 심리상태 판별 모듈에 의해서 인식되어 판별된 네 가지 심리상태와 HRV, GSR, 체온 등의 생체상황 정보를 추출한다.

외부환경 인터페이스 모듈은 기온, 습도, 날씨, 시간 등의 여러 외부환경 상황정보를 추출한다. 이러한 센서에서 추출된 상황 정보를 추론 엔진에 전달하여 보다 효율적이고 이용자가 원하는 서비스가 이루어 질 수 있도록 한다.

2) 작업 모델링

작업 모델링 모듈은 센싱 인터페이스 부분에서 추출된 생체정보와 외부환경 정보를 이용하여 이용자에게 제공할 서비스를 추론하는 부분이다. 상황 관리자 모듈(context manager module)은 생체정보기반 상황인식 시스템의 가장 중요한 부분으로 센싱에 의해 추출된 상황 정보를 육하원칙의 정보로 산출해 내는 모듈이다.

작업 관리자 모듈(task manager)의 추론엔진(inference engine)은 현재 추출된 상황정보와 유사한 상황정보를 추론하기 위하여 상황 이력 매니저(context history manager)로부터 데이터베이스에 저장되어 있는 각종 상황 정보들을 추출한다. 추론엔진은 현재 상황정보와 유사한 정보를 추출하기 위하여 유사도 함수를 적용하여 현재의 상황과 유사한 상황의 이용자 클래스를 구하였으며, 이용자 클래스에서 가장 많이 서비스된 음악을 추천 음악으로 선정하도록 하였고 제공하는 서비스 아이템은

쉽게 변경이 가능하도록 하였다.

3) 라우터 모델링

라우터 모델링은 생체정보기반 상황인식 모델의 작업 단위에서 수행할 서비스들에 대한 인터페이스와 관련된 부분을 지원한다. 상황 관리자에서 처리된 결과 정보를 적절한 기기(device)에 보내는 역할을 하는 모듈이다. 상황 관리자에서 처리된 결과 정보는 음향기에 작업관리자 모듈의 추론엔진에서 추론된 상황정보에 따라 작동 명령을 전달한다. 라우팅의 기본 원리는 상황인식기에서 처리한 결과 정보에서 기기 ID를 판별하여 원하는 기기에 해당되는 명령을 전달한다.

4) 이용자 모델링

이용자 모델링은 BSC에 등록된 사용자들의 정보에 대한 모델링이다. 이용자 정보는 이용자의 인적 사항과 이용자의 음악 취취 이력 정보 등이 데이터베이스에 저장되어 있다.

4.2.2 생체정보기반 상황인식 가상공간 모델링

본 논문에서 설계한 BSC의 상황정보들은 온톨로지 언어인 OWL을 사용하여 표현하였으며, 상황정보는 클래스, 객체, 속성 등의 값으로 표현한다. 객체는 사람, 장소, 서비스 등이 될 수 있으며, 속성은 관계를 나타낸다. 객체와 속성의 관계는 방향성을 갖는 화살표로 표시하며, 그 의미를 표현하는 이름을 갖는다. 생체정보 기반 상황인식 시스템은 심리상태를 기반으로 하는 생체상황 정보가 중심이 되며, 외부상황 정보와 함께 음악을 서비스하도록 하였다.

1) 생체정보 기반 상황 가상공간 모델

본 논문에서는 Protege를 이용하여 생체상황 OWL 온톨로지를 구축하였다. 온톨로지를 구축하기 전에, 먼저 본 논문에서는 그림 3과 같이 생체정보기반 상황인식 가상공간을 모델링하고 설계하였다.

본 논문에서 제안한 심리상태 판별 모듈로부터 판정된 평온, 집중, 긴장, 우울의 네 가지 심리상태 정보와 HRV, GSR 분석모듈로부터 분석된 값들로부터 현재의 생체상황 정보에 맞는 적절한 생체상황을 정의하였다. 피부전도도를 통한 자극의 유무는 평온한 상태에서 측정된 피부전도도의 값과 현재 상황에서 측정된 값을 비교하여 결정하였다. 생체상황정보와 외부환경 상황정보를 바탕으로 그림 4의

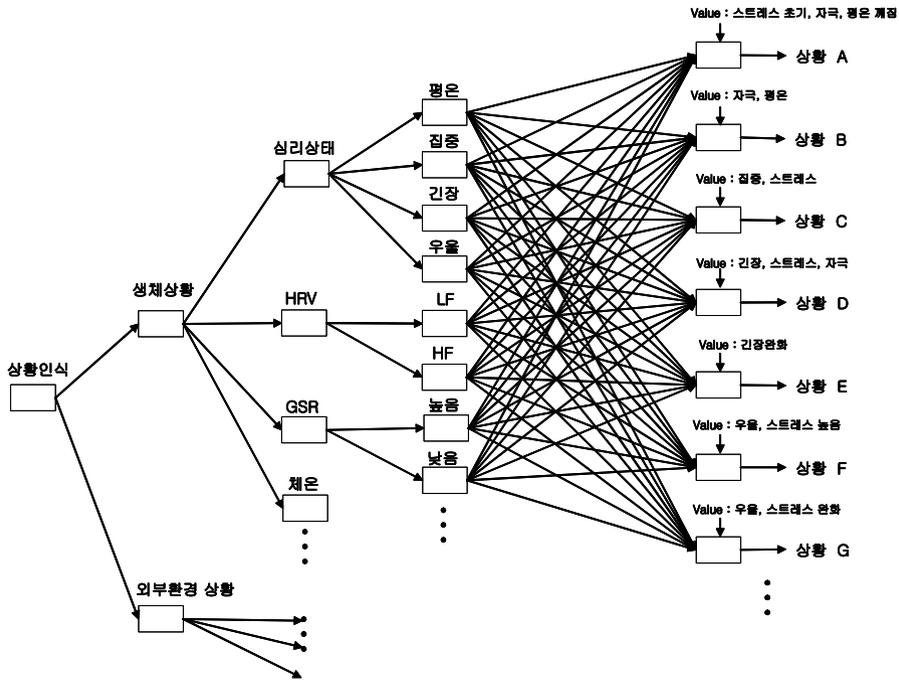


그림 3. 생체정보 기반 상황인식 가상공간 모델

생성 규칙을 적용하여 현재의 이용자의 상황에 적절한 음악을 제공하도록 설계하였다.

- 2) 생체 상황정보 생성 규칙
생체상황 정보에 대한 온톨로지를 구축하기 위해

여 그림 4와 같이 생체신호의 변화요인 및 그 특성을 이용하여 규칙을 찾아내고, 이를 알고리즘 형태로 표현하였다. 심리상태 판별 모듈로부터 판별된 네 가지 심리상태와 HRV 분석 모듈과 GSR 분석 모듈로부터 분석된 값으로부터 그림 4의 생성 규칙

```

if (심리상태 = 평온) then
  if ( HRV = LF ) and ( GSR = 높음) then
    생체 상태의 변화 (스트레스 초기, 자극, 평온 깨짐)           → 생체상황 A
  if ( HRV = HF ) and ( GSR = 높음) then
    생체 상태의 변화(자극이 있지만 평온상태)                   → 생체상황 B
  . . .
endif
else if (심리상태 = 집중) then
  if ( HRV = LF ) and ( GSR = 높음) then
    생체 상태의 변화(집중 상태, 스트레스, 자극)               → 생체상황 A
  if ( HRV = LF ) and ( GSR = 낮음) then
    생체 상태의 변화(집중 상태 , 스트레스 )                   → 생체상황 C
  . . .
endif
else if (심리상태 = 긴장 ) then
  . . .
endif
else if (심리상태 = 우울 ) then
  . . .
endif
. . .
    
```

그림 4. 생체 상황정보 생성 규칙

을 바탕으로 하여 현재의 생체 상황 정보를 추론하고 인식하였다. 인식된 각각의 생체상황에 맞는 적절한 서비스를 하기 위하여 음악을 체계적으로 분류하였으며, 생체상황은 추가 및 확장이 가능하도록 설계하였다.

V. 실험결과

5.1 심리상태 판별 모듈 결과

5.1.1 생체신호 측정 결과

본 논문에서 분석된 뇌파의 평균 상태는 임상적으로 알려진 것과 같이 알파파가 우세하였고, 세타파도 활성화되었으며, 베타파와 감마파는 낮게 형성되어 나타났다. 집중 상태는 베타파가 활성화되고 알파파와 세타파는 감소한 것을 알 수 있었다. 긴장 상태에서는 세타파와 베타파가 활성화되었으며, 우울 상태에서는 각 파형이 혼재되어 나타났다.

HRV의 경우, 평온이나 집중 상태 보다 긴장과 우울 상태의 HRV 값이 큰 것을 볼 수 있었으며, 평온 상태와 집중 상태에서 LF와 HF가 균형을 유지하고 있으나, 긴장 상태나 우울 상태에서는 LF의 값이 HF의 값보다 더 큰 값을 가짐으로서 그 균형이 깨진 것을 알 수 있었다.

피부전도도의 경우에는, 심리상태 간 차이를 분석하여 보면 안정된 상태인 평온과 집중의 평균값은 큰 차이를 보이지 않았으나, 자극이 주어지는 긴장이나 우울의 값은 안정 상태인 평온이나 자극이 비교적 없는 집중과는 차이가 커서 확연한 구분이 가능하였다.

5.1.2 심리상태판별 결과

본 논문의 실험에서 심리상태 판별 모듈의 판별 엔진을 위한 입력벡터의 구조는 전두엽, 측두엽, 후두엽의 각각의 알파, 베타, 세타, 감마파의 뇌파와 심전도, 뇌파의 각 파형별 비율 등의 14개로 구성되며, 은닉층에서의 노드는 49개, 출력층의 노드는 네 가지 심리상태를 나타내는 4개로 하였다.

측정된 뇌파로부터 획득된 실험 데이터는 1인당 5회 × 4가지 심리상태 × 대뇌피질 위치별 뇌파인 전두엽, 측두엽, 후두엽의 세 부위 × 알파, 베타, 세타, 감마의 네 가지 뇌파 중에서 각 뇌파별로 70개의 특징벡터를 추출하였으며, 전체 실험 데이터는 25명의 것으로 구성하였다.

SOM 네트워크의 초기 이웃반경은 (1, 20) 사이

에서 임의로 하였으며, 초기 학습률은 0.1~0.9의 범위에서 단계별로 다양하게 적용하였다.

학습률은 이웃반경과 함께 프로그램이 진행됨에 따라 학습률 감소 수식과 이웃 반경 감소 수식에 의하여 점차 감소하게 된다. 출력층에서의 학습단계는 오차율을 0.001로 설정하였다.

표 6과 그림 5는 본 논문에서 제안한 시스템의 각 심리상태별 전체 인식률을 1000, 2000, 5000, 10000번 반복한 결과의 인식률 평균 값과 인식률 비교 그래프를 타 시스템과 비교한 것이며, 본 논문에서 제안한 시스템이 타 시스템에 비하여 인식률이 향상되었음을 보여주고 있다.

본 논문에서의 실험결과를 보면, 뇌파나 심전도 등의 생체신호로 심리상태를 판별하는 경우, 현재까지 생체신호들의 정형화된 패턴이 없기 때문에 심

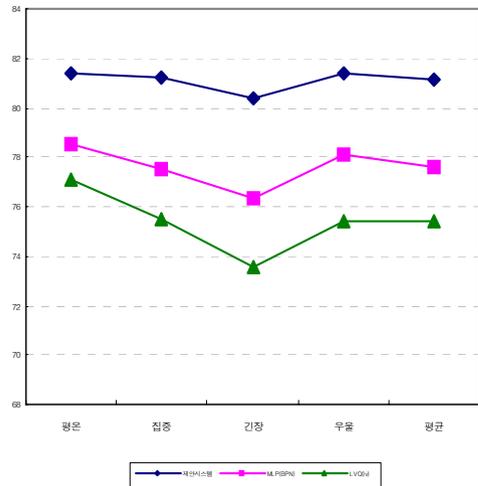


그림 5. 심리상태별 인식률 비교

표 6. 심리상태별 인식률

심리상태	제안시스템	MLP(BPN)	LVQ
	인식률(%)	인식률(%)	인식률(%)
평온	81.4	78.5	77.1
집중	81.2	77.5	75.5
긴장	80.4	76.3	73.6
우울	81.4	78.1	75.4
평균	81.1	77.6	75.4

리상태를 판별하는 것이 얼굴이나 음성 인식 보다 어렵다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서는 각 심리상태에 대한 인식의 정확도를 높이기 위하여 심전도 값과 함께 뇌파의 각 심리상태에서의 우세파의 비율과 측정위치에 따른 특징 값에 가중치를 추가하였다.

감성정보나 심리상태의 분류 성공률과 인식률을 보다 더 높이기 위해서는 다양한 연령, 성별, 직업 등의 많은 사람들로 부터 뇌파나 심전도 등의 생체 신호들을 측정하여 각 생체신호별 패턴 데이터베이스를 구축하여야 한다. 또한 생체신호들로부터 현재보다 더욱 정확하고 많은 특징을 추출하기 위한 다양한 기법들이 연구되고 제안되어야 한다.

5.2 생체정보 온톨로지 구축 결과

판별된 심리상태를 포함한 생체상황 정보를 받아들이는 부분과 그에 따른 음악 추천 서비스 모듈은 생체상황 정보 인식 규칙에 의해 서로 연관된다. 그림 6은 OWLviz 플러그인을 이용하여 구축된 온톨로지 구조를 그림으로 보여주고 있다.

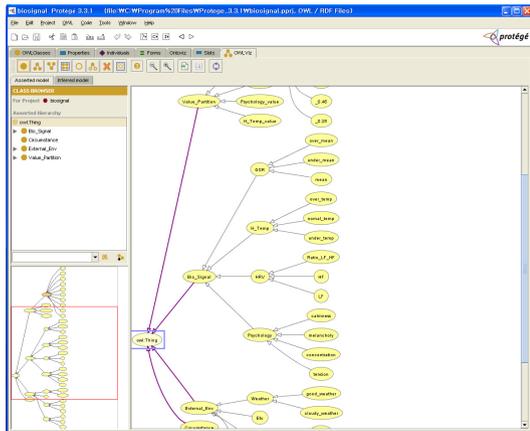


그림 6. 생성된 온톨로지 구조

5.3 BSC에 의한 상황추론 결과

그림 7은 생체상황 A를 추론한 결과를 보여주고 있다. 생체상황 A는 평온한 상태에서 외부 소음이나 자극에 의하여 스트레스를 받기 시작하는 상황이며, 추천 음악으로는 밝은 음악과 경쾌한 음악이다. 심리상태 판별 시스템으로부터 심리정보를 바탕으로 추론된 생체정보와 외부환경 정보를 종합하여 추천할 음악들을 선택하고 시스템 내에서 정해진 우선순위에 따라 음악들을 추천하게 된다.

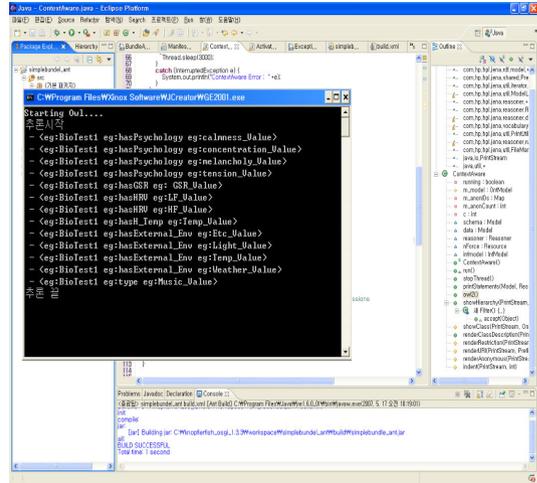


그림 7. 생체상황 정보 추론 결과

VI. 결 론

유비쿼터스, 의료 및 공학적 기술을 융합하여 일상 생활공간에서 건강관리 및 삶의 질을 높이기 위한 다양한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 기계 중심의 컴퓨팅 환경에서 인간의 심리나 생체정보를 자동으로 파악하여 그에 맞는 적절한 서비스를 제공하거나 건강, 질병 등을 체크하여 진단 및 치료를 적극적으로 하려는 인간중심의 유비쿼터스 환경에 대한 연구들이 계속되고 있다.

인간 중심의 유비쿼터스 환경을 구축하기 위한 다양한 기술 중에서 최근에 주목받고 있는 분야가 생체신호기반 컴퓨팅 기술이다. 본 논문에서는 이러한 생체신호기반 컴퓨팅 기술을 기반으로 유비쿼터스 환경에서 다양한 생체신호를 측정하고 분석하여 이용자의 현재 심리상태와 생체상황을 인식하여 그에 맞는 서비스들을 제공하는 생체신호 기반 상황인식 시스템인 BSC를 제안하였다.

본 논문의 연구 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 뇌파와 심전도, 피부전도도 등의 생체신호를 측정하고 분석하여 평온, 집중, 긴장, 우울의 네 가지 심리상태를 인식하여 판별하는 심리상태 판별 모듈을 설계하고 구현하였다.

측정한 생체신호는 다양한 방법을 통하여 특징을 추출하였고, 추출한 생체신호 특징정보로부터 심리상태를 판별하기 위하여 RBFN을 적용하였다. 심리상태 판별 모듈에서 보다 정확한 심리상태를 인식하기 위하여 입력으로 알파, 베타, 세타, 감마파의 뇌파뿐만 아니라 심전도 정보와 뇌파의 심리상태별

비율을 추가하여 인식률을 높이도록 하였다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 시스템이 타 시스템보다 분류 및 인식 성능이 향상되었음을 보였는데, 제안한 시스템의 평균 분류 성공률은 81.1%로 타 시스템들보다 3.5%~45.4% 높아졌다.

둘째, 판별된 심리상태와 심박변이도, 피부전도도, 체온 등의 생체신호 분석정보를 추가하여 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적용할 수 있는 생체정보기반 상황인식 시스템인 BSC를 설계하고 구현하였다.

BSC는 생체상황 정보와 외부환경 상황 정보를 인식하여 현재의 상황에 적절한 음악을 제공하며, 온톨로지를 사용하여 상황정보를 구축하고 추론하였다. BSC에서 제공하는 음악은 현재의 심리상태를 완화시켜주는 기능뿐만이 아니라 바이오피드백이나 음악치료와 같은 심리 훈련과 치료의 목적을 가지고 있다.

본 논문에서 선정한 심리상태는 분위기에 의한 분류 외에 의료를 포함한 다양한 분야에서 활용될 수 있도록 각 상태가 의미를 가지고 있다. 평온은 건강하고 안정된 심리상태의 기준이 되며, 심리적으로 불안하고 불안정한 상태를 완화시키거나 치료할 수 있는 기준을 제시할 수 있을 것이다. 집중은 집중 상태를 유지하는 음악이나 훈련방법 등을 제시할 수 있고, 긴장은 긴장 상태를 완화시켜 주는 방법이나 범취사사에서 긴장 상태를 측정하는 기법으로 활용될 수 있을 것이다. 우울은 스트레스, 우울증의 치료에 관한 방법이나 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문에서 제안한 BSC를 확장한다면 의료분야에서 정신질환이나 뇌와 관련된 질환인 우울증, 알츠하이머, ADHD 등의 정신질환 및 심리 질환자, 뇌종양과 같은 뇌 질환 환자의 뇌파나 생체신호 분석을 통하여 환자의 상태를 인식하고 적절한 치료 방법을 제시하여 환자에게 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한 생체정보를 센서로 감지하여 센싱된 정보를 바탕으로 진단하거나 치료 방안을 제시하여 주는 유비쿼터스 병원이나 헬스케어 시스템 분야의 연구에 폭 넓게 기여할 것으로 기대한다.

향후 연구과제로는 측정된 생체신호들로부터 인식률을 더욱 높이는 방법에 대한 연구와 측정된 생체신호들로부터 뇌질환이나 심장질환과 관련된 질병을 진단하고 치료방안을 제시하는 유비쿼터스 의료 전문가시스템의 설계 및 구현에 관한 연구가 필요하다. 그리고 생체신호를 수월하게 측정할 수 있는 유무선 센서와 웨어러블 컴퓨팅에 적용할 수 있는

기술 개발 등에 관한 연구도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김진봉, “유비쿼터스에서의 감성정보 인식”, 강원대학교, 박사학위논문, 2005.
- [2] 안홍찬, “인터랙티브 게임을 위한 뉴럴 네트워크 기반 감성인식 시스템”, 중앙대학교 석사학위논문, 2006.12
- [3] 김대식, “임상생리학”, 고려의학, 2004.
- [4] Paul A. Lynn, Wolfgang Fuerst, “Introductory Digital Signal Processing with Computer Applications”, John Wiley & Sons Inc, 2000.
- [5] Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr., “Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction”, *Am J cardiol.* Vol.59, pp.262-264, 1987.
- [6] Larson C.L., Davison R.J., Abercrombie H.C., Ward R.T., Schaefer S.M., Jackson D.C., Holden J.E., Perlman S.B., “Relations between PET-derived measures of thalamic glucose metabolism and EEG alpha power”, *Psychophysiology*, 35(2), pp.162-169, 1998.
- [7] Yoki M., Morita Y., Kimura T., Doya M., Kaneda T., “Effects of trend and term sampling on power spectral analysis of heart rate variability during tracheal intubation”, *Anesthesiology*, 85(3A), A406., 1996.
- [8] J. Moody, C. Darken, “Fast learning in networks of locally-tuned processing units”, *Neural Computation*, Vol.1, pp.281-294, 1989.
- [9] V.T. Sunil Elanayar, Y.C. Shin, “Radial Basis function Neural Network for Approximation and Estimation of Nonlinear Dynamic Systems”, *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol.4, pp.594-603, 1994.
- [10] 김수진, “음악이 정신질환 치료에 미치는 영향에 관한 연구-신경증과 심신증의 음악요법을 중심으로”, 전남대학교 석사학위논문, 1995.
- [11] Gregory Biegel and Vinny Cahill, “A Framework for Developing Mobile, Context-aware Applications,” *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (perCom)*, 2004.

전 기 환 (Kihwan, Chon)

정회원



1998년 3월~현재 한림성심대
학 의료기기정보과 교수
2008년 8월 강원대학교 컴퓨터
과학과 박사
<관심분야> 유비쿼터스 헬스케
어, 의료기기 설계, 생체신
호 분석, RFID/USN

최 형 진 (hyungjin Choi)

정회원



1990년 2월 일본 동경공업대학
정보공학(공학박사)
1990년~1991년 한국전자통신
연구원 선임 연구원
1991년~현재 강원대학교 컴퓨
터과학과 교수
2008년~현재 강원대학교 평생
교육원장

<관심분야> 영상처리, 인공지능, 컴퓨터그래픽스