

자폐스펙트럼장애 진단 및 치료를 위한 감성 컴퓨팅 기술 동향 분석*

Trend Analysis of Affective Computing Technology for Diagnosis and Therapy of Autistic Spectrum Disorder

윤현중** · 정성엽***†

Hyun Joong Yoon** · Seong Youb Chung***†

대구가톨릭대학교 공과대학 기계자동차공학부 메카트로닉스전공**
Faculty of Mechanical and Automotive Engineering, Catholic University of Daegu**

충주대학교 공과대학 기계공학과***
Department of Mechanical Engineering, Chungju National University***

Abstract

It is known that as many as 1 in 91 children are diagnosed with an autistic spectrum disorder, and the incidence rate of the autistic spectrum disorder is much higher than that of cancer in Korea. It is necessary to develop a novel technology to sense their emotional status and give proper psychological diagnosis and therapy, since the children with autistic spectrum disorder usually do not express their own emotional status. This article presents the state-of-the-arts on the affective computing technologies that include recognition of emotional status through bio-sensing and virtual affective agent modeling, and then proposes a novel system architecture for diagnosis and therapy of autistic spectrum disorder. The diagnosis and therapy system of autistic spectrum disorder is composed of bio-sensing module, virtual environment module with affective agents, and haptic interface module. The architecture proposed in this paper will enhance the objectivity to diagnose autism spectrum disorders, and enable continuous treatment in daily life.

Keywords : affective computing, emotion sensing, affective agents, autism, autistic spectrum disorder

요약

자폐스펙트럼장애는 91명당 1명이 문제를 보인다고 보고되었으며 이는 우리나라 암 발생률보다도 높은 수준이지만, 국내에서는 제대로 된 진단 및 치료가 이루어지고 있지 않아 사회적으로 심각한 복지 사각지대에 있다. 자폐스펙트럼장애 아동의 경우 자신의 정서 상태를 제대로 표현하지 못하여 기존의 치료 및 교육 방법에 제약이 많기 때문에, 장애 아동의 정서를 실시간으로 인지하여 활용할 수 있는 새로운 개념의 치료 시스템의 개발이 요구된다. 본 논문에서는 생체신호 감지를 통한 정서 상태 인지 기술 및 가상 감성 에이전트(agent) 모델링 기술을 포함한 감성 컴퓨팅 기술에 대하여 기술 동향 분석 결과를 제시하고, 새로운 자폐스펙트럼장애 진단 및 치료를 위한 시스템 구성방식을 제안한다. 제안된 시스템은 뇌파 등의 생체신호로부터 자폐아동의 정서 상태를 인지하기 위한 생체신호 감지 모듈, 가상현실 환경에서 자폐아동이 감성 에이전트와

* 본 논문은 2009학년도 대구가톨릭대학교 연구비 지원에 의한 것임.

† 교신저자 : 정성엽 (충주대학교 공과대학 기계공학과)

E-mail : sychung@cjnu.ac.kr

TEL : 043-841-5124

FAX : 043-841-5120

사회적 상호작용을 하면서 다양한 진단 및 치료 시나리오를 수행하기 위한 가상 감성 에이전트 환경 모듈, 역감 교류(haptic interface)장치를 이용하여 자폐아동의 행동 입력이 가능하게 하고, 힘 반력을 자폐아동에게 전달해 주기 위한 역감 교류 모듈로 구성된다. 본 논문에서 제안한 시스템을 통해 자폐스펙트럼장애를 객관적으로 진단할 수 있으며, 생활 속에서 지속적인 치료를 가능하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 감성 컴퓨팅, 정서 감지, 감성 에이전트, 자폐, 자폐스펙트럼장애

1. 서론

자폐증이란 약 3세 이전부터 언어 표현 및 이해, 어머니와의 애착 행동, 사람들과의 놀이에 대한 관심이 저조해지는 양상으로부터 시작하여, 3세 이후엔 또래에 대한 관심의 부족, 반복행동, 놀이행동의 심한 위축, 인지 발달의 저하 등이 함께 나타나는 발달상의 장애이며, 전반적 발달장애라고도 한다. 좁은 의미의 자폐증은 미국에서 150명당 1명꼴로 발생하며 가벼운 증상의 아동들까지 포함하는 자폐스펙트럼장애의 경우에는 91명당 1명까지도 문제점을 보인다고 한다 (ISAAC Foundation, 2010). 이는 2002년 국립암센터 자료에 의거한 우리나라 암 발생률 562명당 1명 보다 높다(국립암센터, 2010). 우리나라의 경우 2009년 현재 보건복지가족부에 12,954 명의 자폐증 관련 환자가 등록되어 있으나(보건복지가족부 정책통계포털자료, 2009), 세계적 역학조사 결과를 토대로 하면 자폐스펙트럼장애의 경우 국내에 약 10만~15만 명의 환자가 존재할 것으로 예상된다. 국내에서는 정확한 자폐아 실태조사조차 이루어지고 있지 않아 자폐아 문제는 사회적으로 심각한 복지 사각지대에 있다.

자폐스펙트럼장애의 치료 방법으로는 교육프로그램, 상호의사소통의 강화, 청각훈련, 행동수정, 식사조절, 약물, 음악요법, 물리치료, 작업치료, 감각통합, 시각요법 등이 알려져 있으나, 서로 다른 증상 정도를 가지고 있는 각 아동마다 적합한 치료 방법을 찾기가 어렵다. 일반적으로 부모가 항상 아이를 지켜보며 증상을 관찰하고 전문기관의 도움을 받아 언어표현, 근육운동, 사회성 강화, 상호의사소통 강화 등을 지도해주어야 하므로 치료에 소요되는 경제적, 사회적 비용이 크다. 또, 자폐스펙트럼장애 아동의 경우 자신의 정서 상태를 제대로 표현하지 못하여 치료 및 교육에 제약이 많다. 실제로 자폐스펙트럼장애 아동이 치료 프로그램 참여 중 소리를 지르는 경우 좋아서 소리를 지르는 것인지 흥분해서 소리를 지르는 것인지 임상

의는 알기 힘들다.

본 논문에서는 자폐스펙트럼장애의 진단 및 치료에 감성 컴퓨팅 기술을 새롭게 접목하기 위하여, 이와 관련하여 현재까지 연구되어 온 기술들의 동향을 분석하고 새로운 진단 및 치료 시스템 구성을 제시하는 것을 목적으로 한다. 여기서 감성 컴퓨팅이란 인간의 감성 발현 절차를 이해하고 이를 컴퓨터에 적용하여 감성 지능을 부여하기 위한 기술을 의미한다. 즉, 자폐 아동들의 생체신호로부터 정서 상태를 인지하고 가상의 감성 에이전트(virtual affective agent)와 상호작용하는 기술은 자폐아동의 초보적 상호작용 진단 및 치료에 응용될 수 있을 것이다. 여기서 가상 감성 에이전트란 소프트웨어적으로 구현되는 가상의 개체로서, 인간-컴퓨터 사이의 보다 자연스러운 상호작용을 위한 감성 모델 및 감성 발현 절차 알고리즘을 포함한다. 그림 1은 생체신호 감지 모듈, 가상 감성 에이전트 환경 모듈, 역감 교류 모듈로 구성된 자폐스펙트럼장애 치료 시스템의 예상 구성도를 보여준다. 자폐스펙트럼장애 치료 시스템은 치료 프로그램 콘텐츠에 따라 가상의 감성 에이전트와 역감 교류 장치 및 생체신호 센서를 이용한 교감을 통해 자폐스펙트럼장애 아동의 치료를 돕는다.



그림 1. 자폐스펙트럼장애 치료 시스템의 예상 구성도

2. 관련 기술 동향 분석

2.1. 감성 컴퓨팅과 신경행동장애 진단 및 치료

감성 컴퓨팅을 신경행동장애 진단 및 치료에 응용한 기존 연구들은 크게 가상현실을 이용한 연구와 감성 로봇을 이용한 연구로 나눌 수 있다. 표 1은 감성 컴퓨팅을 이용한 신경행동장애 치료의 대표적 사례들을 보여준다.

가상현실을 이용한 심리치료 방법은 주로 미국을 중심으로 활발히 연구되고 있다. Rizzo 외(2005)는 그림 2와 같은 가상 교실(virtual classroom)을 제안하여 감성 컴퓨팅 기술이 심리치료에 이용될 수 있는 가능성을 보였다. 가상 교실은 정신질환을 겪고 있는 아이에게 제어된 자극을 주어 치료를 할 수 있는 시스템이다. Rizzo 외(2005)는 주의력결핍 과잉행동장애(attention deficit/hyperactivity disorder, ADHD)의 진단 및 치료법에 관한 초기 임상 실험 결과를 발표하고, 설문문을 통해 기존의 방법에 비해 가상현실을 이용한 방법이 좀더 객관적이며 신뢰할 수 있는 방법이 될 수 있음을 증명하였다. 최근에는 이러한 결과를 바탕으로 인지 기능에 대한 진단 외에, 사회불안장애, 발달/학습 장애를 가지고 있는 아이들에 대한 지진 대처 능력 학습 등과 같은 신경행동장애 진료 및 치료 방법에 관해 연구하고 있다. 이 외에 미국의 Virtual Reality Medical Center(2010)는 가상현실을 이용하여 대중 연설 공포증, 거미 공포증, 광장 공포증, 사회성 부족, 학교 공포증과 같은 심리학적인 질병을 치료하는 방법을 개발 하였으며, 전쟁 후 외상스트레스 증후군, 고통 저감 등에 관한 치료법을 가상현실 기술에 기초하여 활발한 연구를 수행하고 있다.

최근에는 감성을 느끼고 표현하는 로봇을 이용한 심리치료에 대한 연구도 다수 찾아볼 수 있다. 일본 산업기술총합연구소(AIST)에서는 치매 환자들을 위한 바다표범 모양의 로봇 파로(Paro)를 개발하여 판매하고 있다(Paro Therapeutic Robot, 2010). 파로는 학습 기능이 있어 자신의 이름을 기억하여 이용자가 이름을 부를 때 반응할 수도 있으며 살아있는 생물처럼 행동한다. 벨기에의 ANTY사는 시각, 청각, 감각 센서를 갖추어 어린이들과 상호작용을 할 수 있는 코끼리 모양의 감성 로봇 프로보(Probo)를 제작하였다(Probo Project, 2010). 이 로봇은 화난 표정, 기쁜 표정, 두려운 표정 등 다양한 얼굴 표정을 지을 수 있어 병원에

서 장기간 치료를 받는 어린이들에게 외로움을 덜어 주고 사회적 상호작용 기술을 익히는데 도움을 줄 것으로 예상된다. 한국전자통신연구원에서는 놀람, 기쁨, 슬픔 등 감성 표현이 가능한 코알라 로봇 코비(Coby)를 개발하였다. 이 로봇은 신체 접촉을 통해 이용자에게 정서적 안정과 흥미를 주어 심리적 안정감이 필요한 환자의 치료에 활용될 것으로 기대된다(한국전자통신연구원, 2007). 영국의 Hertfordshire 대학 컴퓨터 과학과의 적응 시스템 연구 그룹에서는 감성 로봇이 자폐아동의 교육 또는 심리치료에 미치는 영향에 대한 연구를 1998년부터 진행하고 있다(Aurora Project, 2010). 자폐아동은 장난감과 같은 대상을 가지고 놀거나 혼자 있을 때 가장 편안한 정서 상태를 유지하기 때문에 감성 로봇은 자폐아 치료에 유용하게 사용될 수 있다. 로보타(Robota), 피키(Pekkee), 멜(Mel), 카스파(Kaspar)로봇은 오로라 프로젝트를 통해서 개발된 감성 로봇으로서, 대화 중 순서 바꾸기, 모방 게임 등을 통해 기본적인 사회적 상호작용 기술들을 학습하는 데 이용된다.



그림 2. 가상 교실(Rizzo 외, 2005)

표 1. 감성 컴퓨팅 기술을 활용한 심리치료 기술

분류	연구내용	연구그룹
가상현실을 이용한 심리치료	<ul style="list-style-type: none"> 가상교실을 활용한 주의력결핍 과잉행동장애 진단 및 치료법 사회불안장애 진단 및 치료법 신경행동장애 진단 및 치료법 	Rizzo 외 (미국)
	<ul style="list-style-type: none"> 대중 연설 공포증 치료법 거미 공포증 치료법 광장 공포증 치료법 사회성 부족 및 학교 공포증 치료법 전쟁 후 외상 스트레스 증후군 치료법 	Virtual Reality Medical Center (미국)
로봇을 이용한 심리치료	치매 환자를 위한 로봇 개발·파로(Paro)	AIST (미국)
	아동의 사회적 상호작용을 위한 로봇 개발·프로보(Probo)	ANTY (벨기에)
	신체접촉을 통한 심리적 안정감 유도 로봇 개발·코비(Coby)	ETRI (한국)
	자폐아동의 교육 및 심리치료를 위한 로봇 개발(오로라 프로젝트)·로보타(Robota), 피키(Pekkee), 멜(Mel), 카스파(Kaspar)	적용시스템 연구 그룹 (영국)

2.2. 생체신호 감지 및 감성 정보 인지 기술

생체신호의 감지를 통하여 인간의 감성 정보를 인지하는 기술의 세부 기술로는 정서와 관련된 생체신호 감지 기술, 데이터 수집 및 패턴 인식 기술, 정서 상태 인지 기술 등이 있다.

인간의 정서를 인지하기 위해서는 주로 카메라 영상, 음성, MRI(Magnetic Resonance Imaging)를 분석하는 연구가 많다. Bartlett 외(2003)는 짧은 시간 동안의 표정을 보고 정서를 판단할 수 있는 방법을 제안하였다. 무감정, 노여움, 역겨움, 무서움, 기쁨, 슬픔, 놀람의 7가지 감성을 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 구분하였으며, 소니의 아이보(AIBO), ATR 사의 RoboVie, CU 애니메이터 등 다양한 플랫폼에 적용하여 제안된 방법의 유효성을 검증하였다. Nwe 외(2003)는 은닉 마코프 모델(hidden Markov model)을 이용한 정서 인지 방법을 제안하여 노여움, 역겨움, 공포, 즐거움, 슬픔, 놀람의 6가지 정서를 음성 정보를 통하여 평균 78%의 정확도로 구분하였다. Metallinou 외(2008)는 표정과 음성의 두 정보를 동시에 이용한 다중 센서 정서 인지 방법을 제안하여 독립적인 정보를 사용할 때 보다 정서 인지 성능이 높아짐을 보였다. 이와 같이 표정과 음성을 통한 정서 인지 기술은 감성 로봇에 적용이 될 정도로 발전하고 있으나 Bos(2006)가 지적한 바와 같이 정서의 간접적 표상이기 때문에 대상의 상태에 따라 왜곡될 수 있는 문제점을 가지고 있다.

이에 반하여 생체신호를 이용한 정서 인지 방법은 뇌파(electroencephalogram, EEG), 혈액량 펄스(blood volume pulse, BVP), 호흡(respiration), 피부전기전도성(skin conductance, SC), 심전도(electrocardiogram, ECG), 근전도(electromyogram, EMG), 체온(skin temperature, SKT) 등과 같은 생리학적으로 발현되는 신호를 이용하기 때문에 좀 더 객관적인 판단이 가능하다. 또한 MRI와 같은 신호를 측정하기 위해서는 고가의 장비가 필요하다는 단점이 있다. 따라서 가정에서 손쉽게 자폐아동을 교육하고 치료하기 위해서는 생체신호를 이용한 감성인지 접근 방법이 좀 더 효과적일 것이다.

생체신호를 통하여 정서를 인지하는 경우는 생체신호에서 정서와 관련이 있는 특징을 추출하고, 추출된 정보를 정서에 대응시키는 작업을 통해 정서를 인지한다. 최근의 연구 동향은 판단할 수 있는 정서의 종류를 다양화하고 판단 성능을 높이는 데 주력하고 있

다. Picard 외(2001)는 근전도, 혈액량 펄스, 피부전기전도성, 호흡 신호를 이용하여 무감성, 노여움, 증오, 슬픔, 플라토닉 사랑, 로맨틱한 사랑, 기쁨, 경외심의 8가지 정서를 구분하는 방법을 제안하였다. 그들은 한 사람을 대상으로 하여 반복적인 측정을 통해 생체신호의 특징들이 측정 날짜에 따라 다른 특성을 가지는 것을 알아내었으며, 이것을 보정하는 방법을 제안하여 동일인에 대해서는 81% 정도의 신뢰도를 가지는 정서 인지가 가능함을 보였다. Broek 외(2009)는 세 지점의 얼굴 근전도와 피부전기 반응 신호를 이용하여 무감성, 긍정, 부정, 복합 정서의 4가지 정서를 구분하는 연구를 수행하였다. 이 때 근전도에 대해서는 평균, 표준편차, 절대오차, 분산, 첨도(kurtosis), 왜도(skewness)를 사용하였으며, 피부전기 반응에 대해서는 왜도를 특징으로 사용하였고, 특징 구분을 위해서 k-NN(k-Nearest Neighbors), SVM, NN(Neural Networks)을 적용하였다. 이러한 방법을 통하여 23명을 대상으로 각각 61%, 59%, 56%의 정확도로 4가지 정서를 구분하였다. Kulic과 Croft(2005)는 생체신호를 이용하여 인간과 로봇의 상호작용을 불안이라는 감성의 측면에서 파악하였다. 이때 사용한 생체신호는 심전도, 피부전기전도성, 근전도 신호이며, 정서 인지는 퍼지추론을 이용하였다. 퍼지추론의 입력 값으로 심박수, 심박의 가속도 성분, 피부전기전도성, 피부전기전도성의 변화율, 근전도의 반응을 이용하였으며 -1에서 +1사이의 값으로 규격화(normalize)한 값을 사용하였다. 이 연구는 사람에게 불안감을 덜 주는 로봇의 운동이 존재함을 증명하여 로봇의 운동을 설계할 때 인간의 정서를 고려하는 것이 유용함을 보였다.

인간의 정서는 간뇌를 둘러싸고 있는 변연계에서 발현되며, 뇌의 인지 과정과 밀접한 관계가 있기 때문에 중추신경계의 지표인 뇌파는 정서 상태를 인지하는 데 있어 다른 생체신호보다 유리한 장점을 가진다(Takahashi, 2004). Müller 외(1999)는 우측대뇌반구에서 측정한 뇌파의 감마파가 IAPS(International Affective Picture System; Center for the Study of Emotion and Attention, 1999)의 자극에 반응한다는 것을 실험을 통해 증명하였으며, 특히 부정적인 정서와 관련이 있음을 보고하였다. Schaaff와 Schultz(2009)는 이마에 밴드 형태의 뇌파 장치를 고안하여 4 지점에서 뇌파를 측정하였으며, 이 값을 이용하여 즐거움, 무감정, 불쾌함의 세 가지 정서를 66.7%의 정확도로 구분하였다. 한 사람을 대상으로 하였으며, 구분은 SVM 방법을 적용

표 2. 정서 인식을 위한 생체신호 및 응용

생체신호	특징	응용사례
뇌전도 (EEG)	<ul style="list-style-type: none"> • 뇌의 전기적 활동을 신경·생리적으로 측정하는 것으로 사람의 머리카락이나 대뇌 피질에 전극을 붙여 측정 • 주파수대 별로 구분 <ul style="list-style-type: none"> - 델타파 : 3Hz 이하의 주파수대로 서파수면(slow-wave sleep) 상태에 있거나 뇌에 손상이 있는 경우 나타나며 유아에게 많이 나타남 - 세타파 : 4~7Hz의 주파수대로 졸음 상태나 기억 재생 등 뇌의 기능이 내면으로 향할 때 주로 나타남 - 알파파 : 8~12Hz의 주파수대로 깨어 있으나 마음이 편한 상태에서 주로 나타나며 고난이도 기술을 구사해야 하는 운동 선수가 준비 상태에 있을 때에도 관찰됨 - 베타파 : 12~30Hz의 주파수대로 활동 중이거나 고민 또는 집중할 때 관찰되며, 특히 16~20Hz는 학습을 할 때, 19~32Hz는 불안을 동반한 정서적 긴장 상태일 때, 24~36 Hz는 주로 부정적인 생각을 반추할 때 관찰됨 - 감마파 : 38~40Hz 주파수대로 대상의 다른 측면을 하나로 묶어서 지각하거나 떨어지지 않기 위해 균형을 잡을 때 관찰됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 베타파가 인간의 정서 및 인지 프로세스와 관련(Ray와 Cole, 1985) • 범불안장애(Generalized Anxiety Disorder, GAD)를 가진 환자는 부정적인 정서를 보통 사람보다 더 크게 느끼는 것을 감마파의 변동을 관찰하여 검증하였으며, 치료 후에 감마파의 변동이 같은 자극에 대해 줄어드는 것을 확인하였음. 이것을 통해 감마파가 범불안장애 환자의 치료 효과 관찰에 유용하게 사용될 수 있음을 검증함(Oathes 외, 2008)
심전도 (ECG)	<ul style="list-style-type: none"> • 심장 수축활동의 표시로 전기적 거동을 측정 • 급속 전극을 인체의 가슴, 팔, 다리에 부착하여 심장 박동시 생성되는 전기적 신호를 증폭하여 측정 • 측정된 심전도 파형을 분석하여 심장과 관련된 질병을 진단하는데 주로 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 심전도 신호와 호흡 신호가 공포, 화남, 슬픔, 행복과 같은 정서의 구분에 사용될 수 있는 가능성을 보여주었으며, 그림과 같은 자극의 개인 편차를 극복하기 위하여 회상에 의한 자극을 이용하여 객관성을 높임(Rainville 외, 2006)
근전도 (EMG)	<ul style="list-style-type: none"> • 근육활동 또는 특정 근육의 긴장 정도를 나타냄 • 인체의 피부 표면에 전극을 부착하거나 침상전극을 근육에 꽂아 근육의 전기적 활동을 측정 • 일반적으로 신경이나 근육과 관련된 진단의 보조 검사 방법으로 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 안면 근전도 신호를 이용하여 제품 디자인 시 평가자의 감성 반응 이용(Benedek와 Hazlett, 2005) • 자기 평가법에 의한 정서 분류의 오류를 보완하기 위해 얼굴 근전도 신호를 이용하여 거미에 대한 공포감을 정량화하였으며, 혐오감이 거미 공포증과 연관성이 있음을 증명(Jong 외, 2002)
혈액량 펄스 (BVP)	<ul style="list-style-type: none"> • 혈관에 흐르는 혈액의 양을 측정 • 발광부와 포토센서로 구성된 광혈량계(photoplethysmograph, PPG)을 피부에 붙여 반사되는 빛의 양을 이용하여 측정 	<ul style="list-style-type: none"> • 피시험자 얼굴의 열화상 이미지를 활용하여 정서 상태를 관찰 할 수 있는 가능성을 보였으며, 특히 스트레스와 이마의 혈액 양과 관련이 있음을 실험적으로 보임(Puri 외, 2005)
체온 (SKT)	<ul style="list-style-type: none"> • 모세혈관은 긴장이 되면 수축하여 피부온이 감소 • 피부 전기 전도성과 마찬가지로의 외부 요인에 의해 좌우됨 • 반응 속도가 늦음 	<ul style="list-style-type: none"> • 4개월 이후의 유아가 크게 웃는 경우에 얼굴 중 코의 온도가 떨어지는 것을 확인하였으며, 이 시기부터 미소와 웃음에 대한 정서의 분화가 일어나기 시작함을 실험적으로 증명하였음(Nakanishi와 Imai-Masumura, 2008)
피부전기 전도성 (SCR)	<ul style="list-style-type: none"> • 스트레스나 다른 자극에 의하여 피부의 전기전도성의 변화가 생기는 것을 측정 • 화난 상태나 공포에 질린 상태 등을 구별할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 비정상적인 피부전기전도성이 우울증과 관련됨(Dawson 외, 1985; Ward와 Doerr, 1986) • 피부전기전도성 신호의 크기 및 요동이 공포의 정도와 비례하여 선형적으로 증가되는 것을 실험적으로 확인(Fusar-Poli 외, 2009)

하였다. 많은 전극을 사용하지 않아 정확도가 높지 않지만, 소수의 뇌파 신호를 가지고도 여러 정서를 구분할 수 있는 가능성을 보였다는 데 의의가 있다.

표 2는 생체신호의 특징과 정서 인지 응용 사례를 보여준다. 자폐스펙트럼장애 진단과 치료를 위해서는 다양한 정서의 인지가 필요하다. 표 2에서 볼 수 있듯

이 심전도 신호는 공포, 화남, 슬픔, 행복과 같은 정서를 구분하는 데 유용하게 사용될 수 있으나 아직까지 70% 정도의 정확도를 보이고 있어 추가적인 연구가 필요하다. 뇌파 신호의 경우는 5가지의 주파수 대역에 따라 다양한 정서 상태를 알아낼 수 있는 가능성을 보이고 있으며, 최근에 정서 인지 분야에 활용하기 위

표 3. 인간의 감성 생성 프로세스의 대표적인 컴퓨팅 모델

이름	참고문헌	심리학적 정서 모델	주요 내용
ACRES(Artificial Concern Realization System)	Frijda & Swagerman(1987)	Frijda's 관계실현 이론	컴퓨터가 인간의 감성과 같은 발현 절차를 모사할 수 있는지 관계실현 이론에 근거하여 구현
Affective Reasoner	Elliott(1992)	Ortony's 정서이론	기본적인 정서와 정서로부터 유도되는 행동을 갖는 에이전트 시스템 제시
OZ Project	Reilly(1996)	Ortony's 정서이론	신뢰성 있는 감성/사회성 에이전트를 위한 시스템 구성 제시
EMA(Emotion and Adaptation)	Gratch & Marsella(2004); Marsella & Gratch(2009)	Ortony's 정서이론	자율 감성 에이전트 구현을 위한 일반적인 평가 및 대응 구조 제시
FLAME(Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions)	El-Nasr 외(2000)	Ortony's 정서이론; Roseman의 이벤트 평가 모델	퍼지 로직을 이용한 컴퓨터 감성 모델링 방법 제시

해 연구가 활발히 진행 중이다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 자폐아동 생체신호 감지 시스템의 구조를 보여주고 있다. 생체신호 감지 시스템은 다음의 두 부분으로 나뉜다.

- 자극을 위한 시나리오 모듈 : 다섯 가지 기본 정서(두려움, 슬픔, 즐거움, 노여움, 혐오감)를 자극할 수 있는 시나리오로 구성된 가상 환경을 의미하며, 시나리오는 의료적 검증을 거쳐 신뢰도를 확보함
- 정서 인지 모듈 : 뇌파, 심전도, 근전도, 혈액량 펄스, 체온, 피부전기전도성 등의 다중 생체신호 측정 시스템 외에, 신뢰성 있는 신호를 추출하기 위한 잡음 제거 및 정서와 관련된 신호를 추출하기 위한 구간 검출 과정 등 전처리 알고리즘, 전처리 과정을 거친 생체신호에서 정서의 특징을 포함하는 신호를 찾아내는 특징추출 알고리즘, 특징을 이용하여 정서를 판단하는 알고리즘으로 구성됨

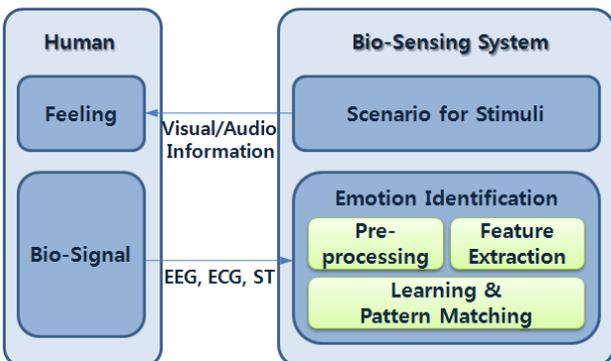


그림 3. 생체신호 감지 시스템

2.3. 가상 감성 에이전트 모델링 기술

인간의 감성 발현 절차를 설명하기 위하여 많은 심리학적 모델이 제시되어 왔다. 특히 감성 발현 절차의 컴퓨터 모델에 영향을 준 심리학적 모델 이론에는 Ortony 외(1988)의 정서 이론, Frijda(1987)의 관계 실현 이론(concern realization theory), Oatley와 Jenkins (1996)의 정서에 대한 상호작용 이론(communicative theory of emotions), Roseman(1990)의 이벤트 평가 모델(event-appraisal model), Scherer(1987)의 정서 구성 이론(componential theories of emotion) 등이 있다. 이 중에서 Scherer의 정서 구성 이론을 제외하고는 모두 Arnold와 Gasson(1954)이 제안한 평가 이론(appraisal theory)에 기반을 두고 있다. 대부분의 심리학 관점의 기존 모델은 특정 정서만을 고려하므로 전반적인 정서 작용에 대한 모델을 제시하는데 실패했지만, 이벤트 평가 모델은 인간의 정서가 다양한 외부 이벤트 같은 환경 조건이나 동기와 같은 내부적 조건에 의하여 선택되어지는 일종의 정신적 상태로 정의될 수 있다는 새로운 시각을 제시하는 점에서 중요하다.

정서 평가 이론은 인간의 정서를 평가와 대응(appraisal & coping)의 관계로 본다. 여기서 평가란 외부 자극에 대하여 주변 상황을 가늠하는 기능을 의미하며 대응이란 평가에 대한 응대를 의미한다. 평가 이론에서는 평가와 대응이 정서적 행동을 받쳐주는 기초가 될 뿐 아니라 인지 절차에 중요한 역할을 한다고 보고 있다. 즉, 인간은 외부 자극이 가해지면 자신이 처해있는 외부 환경, 잠재적인 목표, 믿음, 의도, 동기에 따라 평가를 내리고, 평가의 결과로 정서가 발현되어 생리적인 반응을 보이며, 대응 단계를 거쳐 행

등을 취하게 되는 것이다.

실제로 Frijda와 Swagerman(1987)의 ACRES(Artificial Concern Realization System) 등을 제외하고 대부분 기존의 감성 발현 절차의 컴퓨터 모델은 이벤트 평가 모델을 기반으로 개발되었는데, 그 중에서도 특히 Ortony 외(1988)의 감성 발현 절차의 심리학적 모델을 기반으로 개발된 모델들이 다수를 이루고 있다. 이는 Ortony의 정서 이론 모델이 컴퓨터상에서 구현이 용이하도록 설계되었기 때문인 것으로 보인다. 표 3은 인간의 감성 발현 절차에 대한 대표적인 컴퓨터 모델을 비교한 것이다.

앞에서 기술했듯이 감성 발현 절차의 컴퓨터 모델에 영향을 준 대부분의 심리학적 모델은 Arnold와 Gasson(1954)이 제안한 평가 이론에 기반을 두고 있다. 반면 감성 모델링과 관련해서 컴퓨터 과학 관점에서 보면, 복잡하고 상호작용적인 프로그램을 향상시키기 위한 지능 에이전트에 대한 연구가 진행되어 왔다. 예를 들면 감성 모델을 보유하고 있는 에이전트는 사용자의 심리상태, 감성, 취향을 더 효과적으로 이해할 수 있으며 사용자의 의도에 맞게 에이전트 자신을 진화시킬 수도 있다(Elliot, 1992; Maes, 1997). 소프트웨어적으로 구현되는 에이전트는 에이전트 간의 사회적 상호작용이나 의사소통을 용이하게 만들기 위하여 감성을 사용할 수도 있으며(Dautenhahn, 1998), 협동 로봇이나 인간-로봇 상호작용에서 협업이 가능하게 할 수도 있다(Shibata 외, 1996).

에이전트에 인위적인 감성 발현 절차를 포함시키기 위해서는 이벤트 평가 모델과 같은 감성 발현 절차에 대한 심리학적 모델을 적용하는 것이 요구된다. 감성 에이전트를 구현하기 위한 필요조건은 다음과 같다(Maria와 Zitar, 2008).

- 인지 모듈(cognition module) : 인지 모듈은 환경과 외부 자극을 평가하고 인지하기 위해 유연하게 설계되어야 함
- 정량적 모듈(quantitative module) : 인위적으로 생성되는 감성의 강도를 계산하기 위한 모듈
- 감성 상태 모듈(affective state module) : 성격(personality), 감수성(sensitivity), 느낌(feeling), 기분(mood) 등 에이전트의 감성 상태를 포함해야 함
- 목표 모듈(goals module) : 목표란 에이전트가 궁극적으로 원하는 일련의 행동 목록을 의미하며, 같은 자극에 대해서 에이전트의 목적에 따라 다

른 감성 상태가 발현될 수 있음

- 학습 및 적응 모듈(learning and adaptability module) : 동적으로 변하는 외부 환경에 대하여 학습하고 적응하기 위한 모듈이 포함되어야 함

3. 신개념의 자폐스펙트럼장애 진단 및 치료 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 감성 컴퓨팅 기술을 이용한 자폐스펙트럼장애 진단 및 치료 시스템(그림 1 참조)은 최소한 아래와 같은 모듈을 포함한다.

- 생체신호 감지 모듈 : 뇌파 등의 생체신호를 감지하여 자폐아동의 정서 상태를 인지하기 위한 모듈
- 가상 감성 에이전트 환경 모듈 : 가상현실 환경에서 자폐아동이 감성 에이전트와 사회적 상호작용을 하면서 다양한 진단 및 치료 시나리오를 수행하기 위한 모듈
- 역감 교류 모듈 : 역감 교류 장치를 이용하여 자폐아동의 행동 입력이 가능하게 하고, 힘 반력을 자폐아동에게 전달해 주기 위한 모듈

이와 같이 구성된 자폐스펙트럼장애 진단 및 치료 시스템은 자폐아동이 가상 환경에서 감성 에이전트와 상호작용하면서 사회적 상호작용 및 의사소통 기술 증진 시나리오를 수행할 수 있다. 또 역감 교류를 이용하여 자신의 아바타(avatar)를 조작함과 동시에 필요 시에는 힘 반력의 물리적 자극을 자폐아동에게 주는 것도 가능하다는 특징이 있다. 또한 치료 시나리오를 수행하면서 자폐아동의 생체신호를 분석하여 자폐아동에게 발현되는 정서 상태를 인지하여 관찰하고, 정량적으로 측정된 정서 상태 데이터는 전문의에게 온라인으로 보내주어 보다 객관적으로 자폐아동의 상태를 진단하고 치료하는 데 응용될 수 있다.

3.1. 자폐스펙트럼장애 진단 시스템 구성

자폐스펙트럼장애를 진단하는 대표적인 방법으로는 ICD-10(세계보건기구의 국제 질병분류)과 DSM-IV(미국정신의학회의 정신장애의 진단 및 통계 편람)가 있다. 우리나라에서는 주로 DSM-IV를 따르고 있는데,

DSM-IV는 사회적 상호작용의 질적인 손상, 의사소통의 질적인 손상, 제한되고 반복적이며 진부한 형태의 행동, 흥미, 활동에 대해 문제점을 판단하여 자폐스펙트럼장애를 진단하는 방법이다. 이 때 전문의는 각 항목에 대해서 적절한 자극을 주고 자폐아동의 반응을 관찰하게 된다.

본 논문에서 제안하는 자폐스펙트럼장애 진단 시스템은 가상현실 내에서 가상 에이전트를 통해서 자극을 준 후 자폐아동의 정서 변화 반응을 관찰하여 자폐스펙트럼장애 정도를 분석함으로써, 전문의의 최종 진단을 보조하는 역할을 한다. 자폐스펙트럼장애 진단 시스템의 시스템 구성은 그림 4와 같으며 가상 에이전트 환경 모듈, 역할 교류 모듈, 생체신호 감지 모듈, 감성 정보 분석 및 진단 모듈로 구성된다.

사용자(자폐 진단 피대상자)는 가상 환경에서 아바타로 표현되며 가상 에이전트 시스템과 사회적 상호작용을 하게 된다. 이 때 사회적 상호작용을 위한 시나리오는 DSM-IV 항목 중 사회성 평가를 위한 방법에 의거하여 제시된다. 사용자가 모니터를 보면서 가상 에이전트와 사회적 상호작용을 하면서 가상 에이전트 또는 가상의 사물과 신체적 접촉이 일어날 경우, 사용자는 역할 교류 장치를 통하여 적절한 힘과 촉감을 직접 느낄 수 있다. 또, 아바타는 정상아동과 자폐아동의 감성 모델을 갖고 있기 때문에, 주어진 시나리오에 대하여 정상아동 또는 자폐아동에 따라 발현되는 정서 상태를 미리 예측할 수 있게 된다. 사용자가 실제 느끼는 정서는 시스템에 연결된 생체신호 감지 모듈에 의해 생체신호 분석을 통하여 인지되며, 사용자가 실제 느끼는 정서와 감성 모델을 비교하여 자폐스펙트럼장애 여부를 판별하게 된다.

3.2. 자폐스펙트럼장애 치료 시스템 구성

그림 5에서 보이듯이 자폐스펙트럼장애 치료 시스템은 진단 시스템과 유사하게 구성되지만, 각 가상 에이전트들이 고유의 감성 모델을 가지고 있어 현실과 유사한 사회적 상호작용 상황을 시뮬레이션 할 수 있다는 점에서 차이가 있다. 즉, 치료 시스템에서 가상 에이전트들은 고유의 감성 모델을 가지고 사용자의 심리상태, 감성, 취향을 더 효과적으로 이해할 수 있으며 사용자의 의도에 맞게 에이전트 자신을 진화시킬 수도 있다. 따라서 고유의 감성 모델을 갖는 가상 감성 에이전트들은 주어진 시나리오대로 움직이는 것

이 아니라 아바타의 행동에 따라 인터랙티브하게 감성을 갖고 행동하게 되는데, 이러한 신뢰성 있는 사회적 가상 에이전트 기술은 자폐아동이 현실에서 다른 사람들과 상호작용하는 것과 유사하게 느낄 수 있도록 도와준다. 자폐스펙트럼장애 치료 시스템은 자폐아동의 장애 영역을 파악하여 집중적인 교육 및 치료가 가능하도록 하며, 전문의에게 정량적 데이터를 제공함으로써 전문의가 치료에 필요한 의사결정을 내릴 수 있도록 보조할 수도 있다.

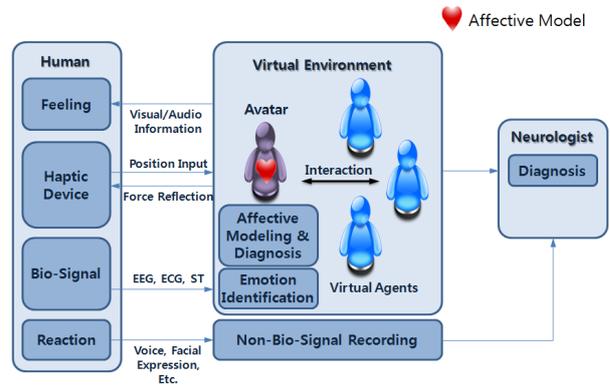


그림 4. 자폐스펙트럼장애 진단 시스템 구성

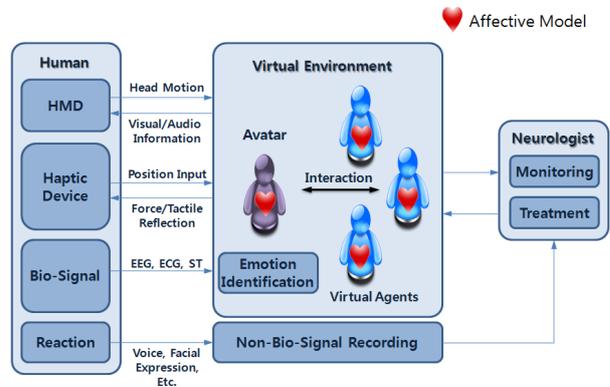


그림 5. 자폐스펙트럼장애 치료 시스템 구성
(HMD : Head-Mounted Display)

4. 논의

본 논문은 감성 컴퓨팅 기술에 대한 동향 분석을 통해 자폐스펙트럼장애 아동의 진단 및 치료에 응용 가능한 새로운 감성 컴퓨팅 시스템 구성을 제안하였다. 제안된 방법은 이미 심리 치료 분야에서 적용되어 활용되고 있는 가상현실 기술에 생체신호 감지를 통한 정서 인지 기술과 감성 에이전트 기술을 유기적으로 융합함으로써 보다 객관적이고 효과적인 진단 및

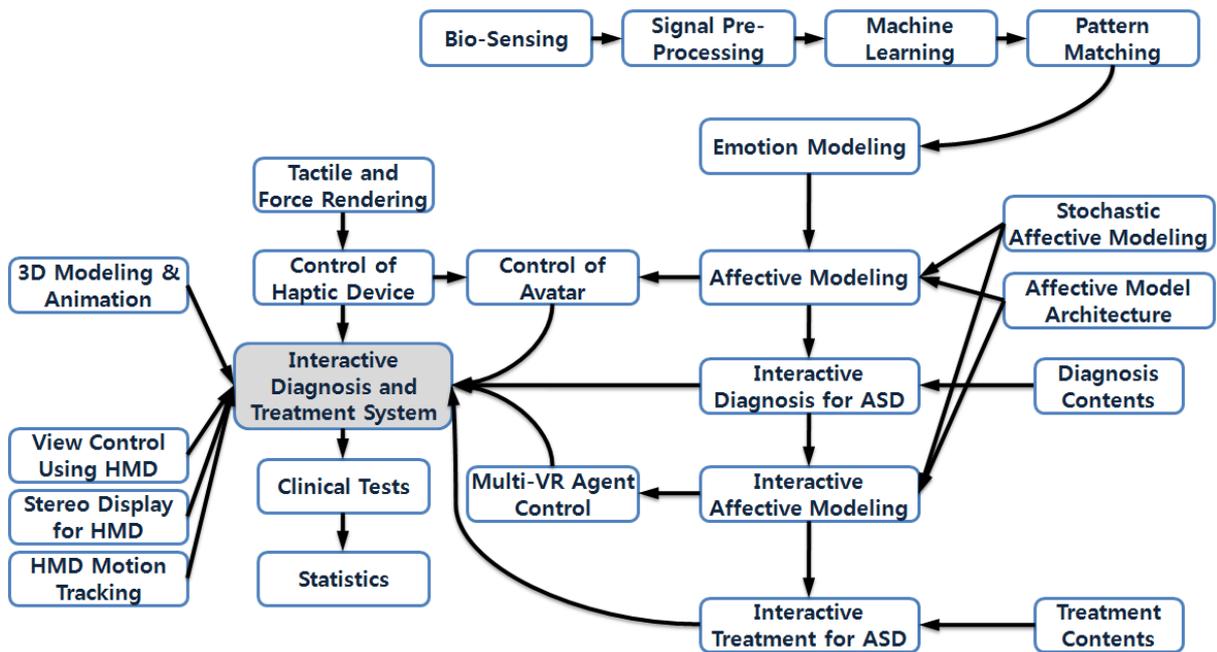


그림 6. 자폐스펙트럼장애 진단 및 치료 시스템 구현을 위한 기술 체계도 (ASD: Autistic Spectrum Disorder)

치료 환경을 제공해 주는 데 특징이 있다. 그림 6은 본 논문에서 제안하는 자폐스펙트럼장애 진단 및 치료 시스템의 구현을 위한 상세 기술 체계도를 나타내는 것으로 생체신호 계측을 통해 정서를 인지하고 모델링된 감성을 이용하여 자폐아동의 정서상태의 변화를 파악한다. 또한 가상 에이전트는 가상현실 및 역감 교류 기술을 통해 진단 콘텐츠에 따라 자폐스펙트럼장애를 진단하고 치료 콘텐츠를 활용하여 자폐아동을 인터랙티브하게 치료한다.

감성 컴퓨팅 기술을 활용하여 자폐스펙트럼장애 치료에 응용한 대표적 사례는 MIT의 Picard 교수 연구 그룹의 사례에서 찾을 수 있다. Madsen 외(2008)는 모바일 컴퓨터와 카메라를 이용하여 자폐아동들의 얼굴에 나타나는 정서를 분석하는 장치를 개발 하였는데, 이 장치는 대상 아동 얼굴 표정의 카메라 영상을 실시간으로 분석하여 동의, 집중, 부정, 관심, 생각, 혼란의 6 단계의 정서 상태로 구분하는 표정 분석 시스템이 탑재되어 있다. 그러나 이와 같이 카메라 영상을 이용하여 인간의 정서를 분석하는 방법은 지역, 문화, 환경 등 개인차가 크기 때문에 정확하게 정서 상태를 인지하는 것은 어렵다.

감성 컴퓨팅 기술을 자폐스펙트럼장애 아동의 진단 및 치료에 보다 효과적으로 응용하기 위해서는 다양한 생체신호를 이용하여 자신의 정서 상태를 제대로

표현하지 못하는 자폐아동의 정서를 인지하는 기술이 요구되며, 인지된 정서 정보를 자폐아동의 치료에 적절히 활용하기 위한 감성 에이전트 기술에 대한 깊이 있는 연구가 필요하다. 생체신호 감지는 뇌파를 기반으로 하여 근전도, 심전도, 체온 등과 같이 보조적인 생체신호를 추가적으로 이용한 다중 생체신호 감지가 유용할 것으로 보이며, 휴대용 뇌파 밴드와 같이 일상 생활에 불편함이 없는 소형 장치가 개발되고 있어 생체신호를 이용한 정서 상태 인지는 더욱 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대가 된다. 정서 상태 인지와 관련된 기존 기술 분석결과 생체신호를 통해 정서의 구분이 가능함을 알 수 있었으나, 구분이 가능한 정서의 종류가 즐거움, 무감성, 불쾌함과 같이 몇 종류의 정서로 제한되며 신뢰도 측면에서도 만족할만한 성과는 보이고 있지 않다. 따라서 정서의 종류를 다양화할 필요가 있으며 신뢰도를 높이는 것이 추후 연구 과제로 남아있다.

감성 발현 절차 모델링의 경우 기존의 모델들은 특정한 상황에서 이미 정해진 방법으로 외부 작용에 반응을 하도록 디자인 되어 있어, 개인간차 또는 개인내차에 대한 적응성이 떨어진다는 단점이 있다. 일련의 이벤트에 대한 에이전트의 동적인 행동은 시시각각 변화하는 환경에 다르게 응답해야 하는데, 이는 인간의 감성 발현 절차에서 과거의 기억이나 경험에 의한

학습이 중요한 역할을 하기 때문이다(LeDoux, 1996). 따라서 과거에 경험했던 일련의 이벤트나 다른 에이전트와의 상호작용으로부터 학습하는 기능을 포함하는 신뢰성과 적응성을 가지고 있는 에이전트의 개발이 요구된다.

생체신호 측정 장치가 소형화되고, 다중 센서 장치를 통해 감성 인지의 신뢰도를 높인다면, 본 논문에서 제안한 시스템 구성을 통해 자폐스펙트럼장애를 객관적으로 진단할 수 있으며, 생활 속에서 지속적인 치료가 가능하게 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 국립암센터 (2010). <http://www.ncc.re.kr/>
- 보건복지가족부 정책통계포털 (2009). <http://stat.mw.go.kr/>
- 한국전자통신연구원 (2007). ETRI, 감성로봇 코비, 래비 첫 개발 http://www.etri.re.kr/bbs/view.etri? b_board_id=ETRI06&b_idx=2247
- Arnold, M. B. & Gasson, S. J. (1954). Feelings and emotions as dynamic factors in personality integration. *In M. B. Arnold (Ed.), The Human Person: An Approach to an Integral Theory of Personality*. New York: Ronald Press.
- Aurora Project (2010). <http://www.aurora-project.com/>
- Bartlett, M. S., Littlewort, G., Fasel, I., & Movellan, J. R. (2003). Real time face detection and facial expression recognition: development and applications to HCI. *Proc. CVPR Workshop on Computer Vision and Pattern Recognition for Human-Computer Interaction*, 6-11.
- Benedek, J. & Hazlett, R. L. (2005). Incorporating facial EMG emotion measures as feedback in the software design process, *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2-7.
- Bos, D. O. (2006). EEG-based emotion recognition, [Online]. Available: http://hmi.ewi.utwente.nl/verslagen/capita-selecta/CS-Oude_Bos-Danny.pdf.
- Broek, E. L., Lisy, V., Westerink, J., Schut, M. H., & Tuinenbreijer, K. (2009). Biosignals as an advanced man-machine interface, *International joint conference on biomedical engineering systems and technologies*, 15-24.
- Center for the Study of Emotion and Attention. (1999). International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective rating. *NIMH-Center for the Study of Emotion and Attention*, University of Florida, Gainesville, FL.
- Dautenhahn, K. (1998). The Art of designing socially intelligent agents: Science, fiction and the human in the loop. *Applied Artificial Intelligence Journal, Special Issue on Socially Intelligent Agents*, 12(7-8), 573-619.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Braaten, J. R. (1985). Diagnostic utility of autonomic measures for major depressive disorders, *Psychiatry Research*, 15, 261-270.
- El-Nasr, M. S., Yen, J., & Ioerger, T. R. (2000). FLAME - Fuzzy logic adaptive model of emotions. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3), 219-257.
- Elliot, C. (1992). *The Affective Reasoner: A Process Model of Emotions in a Multi-Agent System*. Institute for the Learning Sciences, Evanston, IL: Northwestern University, Ph. D. Dissertation.
- Frijda, N. H. & Swagerman, J. (1987). Can computers feel? Theory and design of an emotional system. *Cognition and Emotion*, 1(3), 235-257.
- Fusar-Poli, P., Landi, P., & O'Connor, C. (2009). Neurophysiological response to emotional faces with increasing intensity of fear: A skin conductance response study, *Journal of Clinical Neuroscience*, 16(7), 981-982
- Gratch, J. & Marsella, S. (2004) A domain-independent framework for modeling emotion. *Journal of Cognitive Systems Research*, 5(4), 269-306.
- ISAAC Foundation (2010). Facts about autism, <http://theisaacfoundation.org/facts-about-autism/>
- Jong, P. J., Peters, M., & Vanderhallen, I. (2002). Disgust and disgust sensitivity in spider phobia: facial EMG in response to spider and oral disgust imagery, *Journal of Anxiety Disorders*, 16, 477-493.
- Kulic, D. & Croft, E. (2005). Anxiety detection during human-robot interaction, *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 616-621.
- LeDoux, L. (1996). *The Emotional Brain*. New York: Simon & Schuster.
- Madsen, M., el Kaliouby, R., Goodwin, M., & Picard, R.

- W. (2008). Technology for just-in-time in-situ learning of facial affect for persons diagnosed with an autism spectrum disorder. *in Proceedings of the 10th ACM Conference on Computers and Accessibility (ASSETS)*, Oct. 13-15, 2008, Halifax, Canada.
- Maes, P. (1995). Artificial life meets entertainment: Lifelike autonomous agents. *Communications of the ACM Special Issue on Novel Applications of AI*, 38(11), 108-114.
- Maria, K. A. & Zitar, R. A. (2008). *Emotional agent modeling, in simulation and modeling: Current technologies and applications*. New York: IGI Publishing.
- Marsella, S. C. & Gratch, J., (2009). EMA: A Process model of appraisal dynamics. *Cognitive Systems Research*, 10, 70-90.
- Metallinou, A., Lee, S., & Narayanan, S. (2008). Audio-visual emotion recognition using gaussian mixture models for face and voice, *IEEE International Symposium on Multimedia*, 250-257.
- Müller, M. M., Keil, A., Cruber, T., & Elbert, T. (1999). Processing of affective pictures modulates right-hemispheric gamma band EEG activity, *Clinical Neurophysiology*, 110, 1913- 1920.
- Nakanishi R. & Imai-Matsumura, K. (2008). Facial skin temperature decreases in infants with joyful expression, *Infant Behavior and Development*, 31(1), 137-144.
- Nwe, T. L., Foo S. W., & Silva, L. C. (2003). Speech emotion recognition using hidden Markov models, *Speech Communication*, 41(4), 603-623.
- Oathes, D. J., Ray, W. J., Yamasaki, A. S., Borkovec, T. D., Castonguay, L. G. Newman, M. G., & Nitschke, J. (2008). Worry, generalized anxiety disorder, and emotion: evidence from the EEG gamma band, *Biological Psychology*, 79(2), 165-170.
- Oatley, K. & Jenkins, J. M. (1996). *Understanding Emotions*. Backwell.
- Ortony, A., Clore, G., & Collins, A. (1988). *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Paro Therapeutic Robot (2010). [http://probo.vub.ac. be/](http://probo.vub.ac.be/)
- Picard, R. W. & Goodwin, M. (2008). Innovative technology: The future of personalized autism research and treatment, *Autism Advocate*, First Edition, 50(1), 32-39.
- Picard, R. W., Vyzas, E., & Healey, J. (2001). Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state, *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(10), 1175-1191.
- Puri, C., Olson, L., Pavlidis, L., Levine, J., & Starren, J. (2005). StressCam: non-contact measurement of users' emotional states through thermal imaging, *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1725-1728.
- Probo Project (2010). <http://probo.vub.ac.be/>
- Rainville, P., Bechara, A., Naqvi, N., & Damasio, A. R. (2006). Basic emotions are associated with distinct patterns of cardiorespiratory activity, *International Journal of Psychophysiology*, 61(1), 5-18.
- Ray, W. J. & Cole, H. W. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228(4700), 750-752.
- Reilly, W. S. (1996). *Believable Social and Emotional Agents*. Ph. D. Dissertation, School of Computer Science, Carnegie Mellon University.
- Rizzo, A. A., Klimchuk, D., Mitura, R., Bowerly, T., Buckwalter, G. B., Kerns, K., Randall, K., Adams, R., Finn, P., Tarnanas, I., Sirbu, C., Ollendick, T. H., & Yeh, S. C. (2005). A virtual reality scenario for all seasons: The virtual classroom, *Proceedings of the 11th International Conference on Human Computer Interaction*, Las Vegas, USA, July 22-27.
- Roseman, I. J., Jose, P. E., & Spindel, M. S. (1990). Appraisals of emotion-eliciting events: Testing a theory of discrete emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(5), 899-915.
- Schaaff, K. & Schultz, T. (2009). Towards emotion recognition from electroencephalo- graphic signals, *Proceedings of International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, Amsterdam, Netherlands.
- Scherer, K. (1987). Toward a dynamic theory of emotion: The component process model of affective states. *Geneva Studies in Emotion and Communication*, 1(1), 1-98.
- Shibata, T., Inoue, K., & Irie, R. (1996). Emotional robot for intelligent system - Artificial emotional creature

project. *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication*, Tokyo, Japan, 466-471.

Takahashi, K. (2004). Remarks on emotion recognition from bio-potential signals, *IEEE international conference on industrial technology*, 3, 1138-1143.

Virtual Reality Medical Center (2010). <http://www.vrphobia.com/>

Ward, N. G. & Doerr, H. O. (1986). Skin conductance: a potentially sensitive and specific marker for depression, *Journal of Nervous Mental Disorder*, 174, 553-559.

원고접수 : 10.03.22

수정접수 : 10.06.10

게재확정 : 10.06.30