

## 특 집

# 바이오사인에 기반한 HCI 및 서비스 로봇에의 응용

변 증 남, 한 정 수

한국과학기술원전자전산학과 전기및전자공학전공

## I. 서 론

컴퓨터 기술 및 인공지능의 발전으로 현재 개발되고 있는 여러 로봇들은 우리가 예전에 상상해왔던 로봇들을 점점 닮아가고 있다. 인간처럼 두 발로 걸고 자기의 본능에 따라 행동하며 인간과 자유로운 의사소통이 가능하며 순간순간의 자기 감성을 표현할 수 있는 지능적인 로봇. 상황에 적절한 자기 감성의 표현을 위해서 로봇은 상대방 사람의 감정이나 의도를 잘 이해해야만 한다. 마치 사람들 사이에서 대화를 통해 다른 상대방의 상태를 파악하는 것과 마찬가지로이다. 특히 로봇이 신체적인 장애를 가진 장애인을 상대할 때는 더더욱 상대방의 감정이나 의도의 파악은 필수적이다.

인간과의 상호작용이 원활한 로봇을 개발하기 위해서는 이전에 설계/제작된 많은 시스템들의 기계중심적인 원리가 아니라 인간중심적인 원리를 따라야만 한다. 기계 중심적인 원리로 설계된 많은 시스템에 있어 사람들은 불명확(uncertain)하고 부정확(imprecise)하고 애매할(fuzzy)뿐만 아니라 일관적이지 않은 존재로 취급되었다. 따라서 그러한 시스템을 잘 사용하기 위해서 인간들은 어떻게 하면 인간적인 요소를 줄일 수 있는지에 대해서 배워야만 했다. 예를 들면 모든 기계들을 사용하는 데 있어 복잡한 조작 순서들을 기억하여 정확하고 일관적일 수 있도록 명령을 내리는 것 등이다. 즉 많은 부분을 인간들이 기계에 맞춰서 행동해 왔다.

하지만 인간 중심적인 원리로 설계/제작될 앞

으로의 많은 시스템들은 기존의 시스템들과 여러 가지 면에서 차이가 있을 것이다. 기존에 제작된 많은 시스템들은 인간의 관점에서보면 디자인은 인간 친화적이지 않으며 너무 복잡하게(complex) 보이고 너무 굳어있으며(rigid) 너무 기계적(mechanical)이다. 게다가 인간의 감정이나 기분을 전혀 이해할 수 없었다. 따라서 앞으로 제작될 많은 시스템들은 인간 친화적인 디자인과 인간 친화적인 상호작용 및 인터페이스를 반드시 가져야 할 것이다.

인간과 로봇이 좀 더 밀접하게 생활을 공유하게 됨으로써 로봇은 사람들의 더 애매한 부분을 접하게 되지만 또한 인간들이 표현하는 제스처, 목소리, 얼굴표정 같은 많은 유용한 정보를 접할 수 있다. 이러한 정보는 인간과 인간 사이의 상호작용에서 중요한 역할을 하는 것처럼 앞으로 인간과 로봇사이에서도 중요하게 사용될 것이다. 또한 로봇은 인간의 생체신호(뇌파, 근전도 등)를 통해서도 인간의 감성을 파악할 수 있다. 이러한 바이오사인(biosign)의 인지를 통한 감정 및 의도파악 기능은 인간 친화적인 상호작용 및 인터페이스 개발에 필수적이며 이것을 바탕으로 인간 중심적인 시스템을 개발할 수 있다. 하지만 제스처, 목소리, 얼굴표정, 생체신호는 때때로 불명확하고 부정확하고 애매하게 표현되며 이러한 애매한 정보의 효율적인 처리를 위해 소프트 컴퓨팅 기술을 효과적으로 사용할 수 있다.

본 논문에서는 2장에서 여러 종류의 바이오사인의 특징에 대해서 살펴본다. 3장에서는 인간기계 상호작용 시스템에 있어서 여러 형태의 신호들의 흐름에 대해서 언급한다. 소프트 컴퓨팅 기

술을 이용하여 바이오사인을 효과적으로 인식할 수 있는 구조에 대해 4장에서 제안한다. 제스처 기반의 HCI, 생체신호 기반의 HCI, 감정기반의 HCI 등의 응용 예들을 5장에서 소개하고 본 논문을 마무리한다.

## II. 바이오사인(Biosign)

사람들 사이에서 서로간의 상호작용은 언어를 이용한 대화를 바탕으로 이루어지지만 그 보다도 더 많은 부분이 비언어적인 커뮤니케이션을 통해 이루어진다<sup>[1][2]</sup>. <그림 1>은 사람들 사이의 대화에서 언어가 차지하는 비율을 나타내고 있으며 <그림 2>는 메시지 전달의 매체를 나타낸다. 놀랍게도 제스처나 얼굴표정 등 비언어적인 것들에 의한 정보의 전달이 훨씬 더 많음을 알 수 있다.

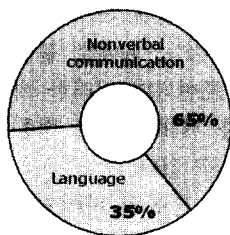
바이오사인은 인간으로부터 측정 가능한 특정 의미를 내포하고 있는 다양한 형태의 신호이다. 예를 들면, 손 제스처나 몸짓, 뇌파나 근전도 등의 생체 신호, 얼굴 표정, 목소리, 눈의 응시방향 등이다. 이러한 여러 형태의 바이오사인으로부터 사람들 사이의 상호작용에서처럼 상대 인간의 감정이나 의도/목적을 추측할 수 있다.

바이오사인의 유용성에도 불구하고 측정된 바이오사인으로부터 인간의 감정이나 의도/목적을 파악하는 것은 쉽지 않다. 대표적인 바이오사인 처리의 어려운 점을 언급하면 다음과 같다. 손 제

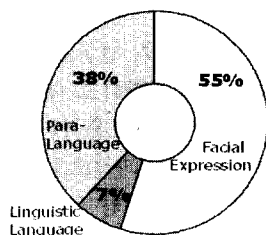
스처의 경우에는 제스처의 시작과 끝이 명확하기 않다는 점, 의미 없는 손 동작의 이동이 의미있는 제스처로 해석될 수 있다는 점, 손 동작의 이동속도가 일정하지 않아 측정된 손 제스처가 일정한 샘플링 속도를 갖지 않는다는 점, 사람에 따라 같은 제스처라도 차이가 날 수 있으며 동일한 사람의 동일한 제스처라도 매번 같지 않다는 점 등이다. 얼굴표정의 특징은 데이터의 차원이 매우 높고 얼굴표정 인식을 위한 각 종 특징들이 서로 연관되어 있으며 복잡하다는 것이다. 또한 얼굴표정은 애매하며 해석하는 데 있어 주관적인 요소들을 많이 포함한다. 뇌파나 근전도 같은 생체신호들은 시간영역에서 매우 복잡한 형태를 가지며 역시 고차원의 정보를 갖는다. 게다가 비정상적인 신호특성을 가지며 노이즈에 매우 민감하다. 이러한 비정상적이고 애매하며 수학적으로 모델링하기 힘든 여러 바이오사인으로부터 인간의 감정이나 의도/목적을 파악하는 것은 앞으로 개발될 많은 감성로봇들이 가져야 할 기본적인 기능이라고 할 수 있다.

## III. 인간 기계 상호작용 시스템에서의 신호 흐름

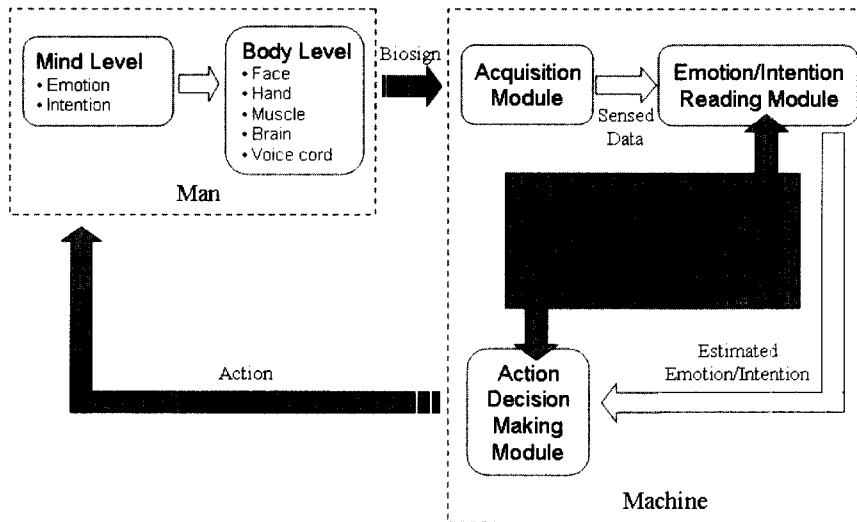
<그림 3>은 제안된 인간과 기계/로봇 사이의 신호의 흐름이다. 정신 레벨(Mind level)에서의 감정과 의도는 육체 레벨(Body level)에서 다양한 바이오사인의 형태로 표현된다. 다양한 센서를 통해 기계/로봇 쪽의 데이터 획득 부분에서 측정된 바이오사인들은 감정/의도 해석 모듈의 입력으로 전달된다. 이렇게 해석된 인간의 감정/의도를 바탕으로 로봇은 상황에 맞게 자기의 감성을 표현하거나 특정 행동을 취할 수 있다. 부정확하고 애매한 여러 바이오사인을 효과적으로 다루기 위해서 감정/의도 해석 모듈과 행동 결정 모듈에서 소프트 컴퓨팅 기법의 사용은 필수적이다.



<그림 1> 사람들 사이의 대화에서 언어의 비율<sup>[1]</sup>



<그림 2> 사람들 사이의 대화에서 메시지 전달의 매체<sup>[2]</sup>



〈그림 3〉 인간과 기계 사이의 신호의 흐름

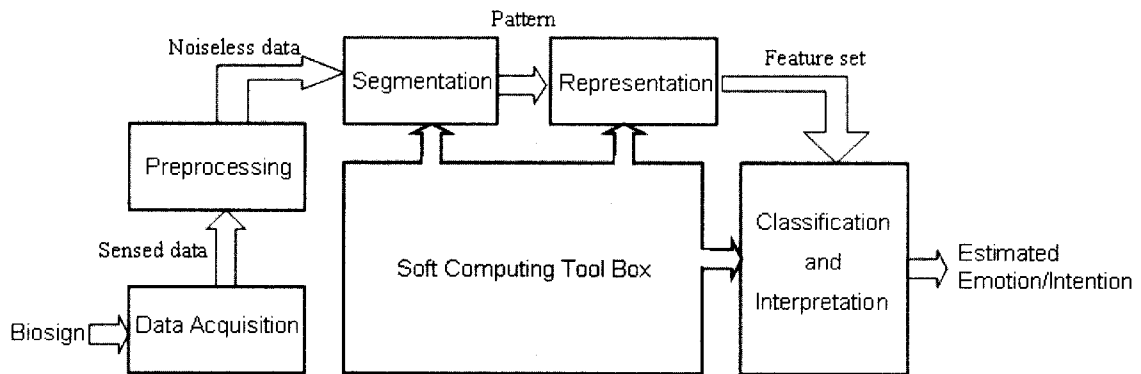
#### IV. 소프트 컴퓨팅 기법에 기반한 감정/의도 파악구조

소프트 컴퓨팅 기법은 바이오사인 같은 애매하고도 부정확한 정보를 다루는 데 있어 탁월한 성능을 가진다. 〈그림 4〉는 소프트 컴퓨팅 기법을 바탕으로 제안하는 감정/의도 파악 구조이다.

데이터 획득 부분에서 각종 바이오사인을 획득한다. 데이터 획득을 위해 마이크, 카메라, 데이터 획득 장갑, 동작 획득 장치, 생체신호 증폭기 등을 사용할 수 있다. 이렇게 획득된 바이오사인

은 전처리 과정을 거치면서 신호의 질(S/N)이 향상된다. 노이즈가 제거된 연속된 바이오사인에서 필요한 신호만을 분리해 내는 과정이 세그멘테이션(segmentation) 과정이다. 시간적인 세그멘테이션은 연속적인 시간 신호에서 필요한 부분의 신호를 찾는 과정이며 공간적인 세그멘테이션은 주위 배경환경과 섞여 있는 신호에서 의미 있는 신호를 추출해 내는 과정이다.

세그멘테이션 과정을 거쳐 얻어진 각각의 단위 바이오사인들은 컴퓨터의 효과적인 처리를 위해 적절한 형태로 변환시켜야 한다. 이 과정에서 각 단위 바이오사인들로부터 필요한 특징들을 추출



〈그림 4〉 소프트 컴퓨팅 기법에 의해 제안한 감정/의도 파악 구조

〈표 1〉 대표적인 소프트웨어 컴퓨팅 기법의 특징

소프트 컴퓨팅 기술	퍼지 논리이론	신경망	진화연산	러프 집합이론
응용 분야	Rule Induction	Learning	Optimization	Rule Reduction
Segmentation	○	○	△	×
Representation	○	△	△	○
Classification/Intepretation	○	○	○	△

하게 된다. 이렇게 추출된 특징들을 이용하여 입력된 신호가 어떤 신호인지를 분류(classification)하게 되고 분류된 신호가 어떤 의미를 갖는지 의미를 부여(interpretation)할 수 있다.

세그멘테이션 과정과 특징을 추출하는 과정, 패턴을 분류하고 해석하는 과정에서 각 종 소프트웨어 컴퓨팅 기법을 상호유기적으로 사용할 수 있으며 대표적인 소프트웨어 컴퓨팅 기법의 특징은 〈표 1〉에 정리하였다.



〈그림 5〉 손제스처를 이용한 HCI의 한 예

## V. 응용 시스템

### 1. 손제스처 인식에 기반한 HCI<sup>[3][4]</sup>

인간과 기계의 상호작용 수단으로서 현재 광범위하게 사용되고 있는 키보드나 마우스의 부자연스러움을 극복하기 위해 많은 장치들이 개발중이며 특히 인간에게 자연적이고 친화적인 방법의 하나로서 손제스처 인식 방법이 주목받고 있다.

현재 우리가 개발한 손제스처 인식 시스템은 손운동, 손모양, 손방향을 모두 포함한 연속적인 손제스처를 인식할 수가 있다. 사람마다 다른 패턴을 가질뿐더러 같은 사람이라도 매번 달라지는 손모양과 손방향을 인식하기 위해서 퍼지 최대-최소 신경망(Fuzzy Min-Max Neural Network)을 사용하였으며<sup>[3][4]</sup>, 시간-공간에 대해 복잡하고 변화가 심한 데이터를 가지는 손운동을 인식하기 위해서 퍼지 논리(Fuzzy Logic)과 은닉마르코프 모델(Hidden Markov Model)을 사용하였다<sup>[5]</sup>. 〈그림 5〉는 손제스처를 이용하여 가상 세계의 인체 아바타를 움직이게 하는

HCI의 한 예로서, 이와 같이 손제스처 인식시스템을 이용하여 컴퓨터에 명령을 내리거나 물체를 만지거나 옮기는 등의 조작을 할 수 있다.

### 2. 사용자의 근전도 신호에 기반한 HCI<sup>[6]</sup>

뇌파를 이용한 BCI(brain-computer interface), 근전도를 이용한 의수 등 사용자의 생체신호에 기반하여 많은 시스템들이 성공적으로 개발되고 있다. 하지만 생체신호는 사람에 따라 많은 차이점을 나타내는데 이러한 차이에 따른 패턴 분류의 사용자 의존성을 최소화 하기 위해서 Fuzzy C-Means 알고리즘과 러프 집합 이론을 이용하여 사용자 독립적인 특징을 찾는 알고리즘을 제안하였다<sup>[6]</sup>.

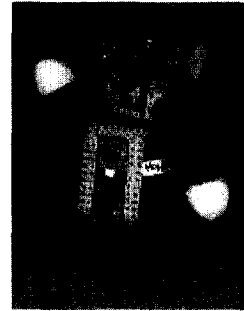
피험자 집단에서 기본 동작에 따라 얻어진 근전도 신호로부터 근전도 신호처리와 관련한 기존의 연구에서 주로 사용되었던 특징들을 추출한다. 각 기본 동작마다 이렇게 추출된 특징들은 Fuzzy C-Means 알고리즘을 이용하여 각 특징 분포에 따른 구간과 각 클래스와의 상관관계를

설정할 수 있다. 이렇게 설정된 특징 구간과 각 클래스의 상관관계를 러프 집합의 입력으로 사용하여 사용자에게 덜 의존적인 특징 집합들을 찾을 수 있다. 찾아진 여러 개의 최소 특징 집합에서 각 클래스간의 특징들의 분리도를 측정하여 가장 좋은 최소 특징 집합을 선택할 수 있다. 찾아진 최소 특징 집합을 퍼지 최대-최소 신경망의 입력으로 하여 학습 후 정의된 기본동작에 한해 사용자에게 관계없이 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다. 근전도 신호를 척수 손상 장애인을 위한 로봇 팔의 입력원<sup>6)</sup>이나 중증 마비 환자를 위한 전동 휠체어 제어기의 입력원<sup>7)</sup>으로 성공적으로 사용하였다.

### 3. 사용자의 행동 패턴에 기반한 감정 모니터링 로봇<sup>8)</sup>

사람처럼 로봇이 상대방의 내적인 상태를 이해하고 또 로봇 스스로가 내적 표현을 함으로써 사람과 자연스럽게 커뮤니케이션을 한다면 사용자와 자연스러운 커뮤니케이션을 할 수 있고 친화적인 상호작용이 가능하다. 이때 사람의 내적 상태를 이해하고 내적 표현을 할 수 있는 요소가 바로 "감정"이다. 따라서 우리는 "감정"이라는 요소를 이용하여 사람에게 도움을 줄 수 있는 서비스 로봇의 모델을 제시하였다.

먼저 사람이 나타나게 되면 로봇은 사람의 감정을 유추하기 위해 사람에게 먼저 임의의 행동을 취한다. 로봇이 취한 행동을 보고 사람은 감정을 나타내는 행동을 하게 되며, 로봇은 이 반응으로부터 사용자의 감정 상태를 인식하게 된다. 이때 로봇은 사용자의 감정 상태에 영향을 미칠 수 있는 환경 정보도 같이 획득하여 사용자의 감정 상태를 추론하는데 사용한다. 감정 상태의 추론은 신경망 구조를 설계하여 구현 되었으며 추론된 감정 상태에 따라 현재 사용자가 좋아하는 행동을 결정하고 이를 수행하게 된다. 마지막으로 로봇은 사용자의 현재 기분에 맞는 행동을 결정하여 행동을 한 후에 사용자의 만족도를 관찰하여 그 만족 여부에 따라 로봇이 가지고 있는 사용자에게 대한 정보를 갱신(update)한다. 제안된



〈그림 6〉 개발된 감정 모니터링 로봇

모델은 기존의 수동적 감정 인식 방법과는 달리 로봇이 먼저 행동을 취함으로써 능동적으로 사용자의 감정을 인식하도록 하였으며 학습을 통하여 로봇이 구조화 되지 않은 환경에서 사용자의 감정 상태나 취향을 배워 나갈 수 있는 구조를 가지고 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 사람들 사이에서 상호원활한 상호작용을 위해 중요한 역할을 하는 바이오사인 및 그 특징에 대해서 언급하였다. 불명확하고 애매하게 표현되는 많은 바이오사인으로부터 상대방의 감정이나 의도/목적을 효과적으로 추출하기 위해 소프트 컴퓨팅 기법에 기반한 구조를 제안하였다. 또한 이 구조에 기반하여 제스처나 근전도, 사용자의 감정을 인식하는 몇몇 성공적인 사례에 대해서 언급하였다.

바이오사인의 인식을 통한 인간의 감정 및 의도/목적 파악 기능은 인간 친화적인 상호작용 및 인터페이스 개발에 필수적인 요소이며 앞으로 개발될 많은 감성로봇이 갖추어야 할 기본적인 기능이 될 것이다.

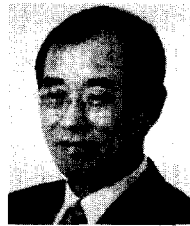
## 감사의 글

본 글의 응용 예의 초고를 작성해 준 김정배, 도준형씨에게 감사의 말씀을 드립니다.

## 참고 문헌

- (1) M. F. Vargas, Louder than words-An Introduction to nonverbal communication, Iowa State University Press, 1987.
- (2) A. Mehrabian, Communication without words, In Joseph A. DeVito, editor, Communication: Concepts and Process, pp. 106-114, Prentice-Hall, Inc., 1971.
- (3) J.-S. Kim, W. Jang and Z. Bien, A Dynamic Gesture Recognition System for the Korean Sign Language (KSL), IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 26, no. 2, pp. 354-359, 1996.
- (4) 김종성, 김경배, 송경준, 민병의, 변증남, "손 제스처 인식을 이용한 실시간 아바타 자세 제어," 전자공학회 논문지 제36권 제6호 1999.
- (5) J.-B. Kim, K.-H. Park, W.-C. Bang, J.-S. Kim and Z. Bien, Continuous Korean Sign Language Recognition using Automata based Gesture Segmentation and Hidden Markov Model, Proc. of ICCAS2001, Jeju National University, Jeju, Korea, October 17-21, 2001.
- (6) J.-S. Han, Z. Bien, et al, New EMG Pattern Recognition based on Soft Computing Techniques and Its Application to Control of a Rehabilitation Robotic Arm, Proc. of 6th International Conference on Soft Computing (IIZUKA2000), pp. 890-897, Iizuka, Japan, Oct. 1-4, 2000.
- (7) J.-S. Han, Dimitar H. Stefanov, Z. Bien, et al, Development of an EMG-based Powered Wheelchair Controller for Users with High-level Spinal Cord Injury, Proc. of ICCAS2001, Jeju National University, Jeju, Korea, October 17-21, 2001.
- (8) J.-H. Do, K.-H. Park, Z. Bien, et al., A Development of Emotional Interactive Robot, Proc. of 32nd ISR2001, pp. 544-549, Seoul, Korea, 2001.

## 저자 소개



卜增 男

1943년 10월 11일생, 1969년 2월 서울대학교 공과대학 전자공학과 (B.S.), 1972년 5월 The Univ. of Iowa, Dept. of Elec. Eng. (M.S.), 1975년 12월 The Univ. of Iowa, Dept. of Mathematics (M.S.), 1975년 12월 The Univ. of Iowa, Dept. of Elec. Eng. (Ph.D), 1977년 7월~현재: 교수-한국과학기술원, 1999년 6월~현재: International Journal of Fuzzy Systems (IJFS)의 Co-Editor in Chief, 1999년 7월~현재: 과학재단지정 우수연구센터 [인간친화복지로봇 시스템 연구센터] 센터장, 2001년 1월~현재: 대한 전자공학회 회장, 2001년 7월~2003년 8월: 국제퍼지시스템 학회 (IFSA) 차기회장, <주관심 분야: Control System Theory: Multiobjective Control, Learning Control, Fuzzy/Intelligent Control, Welfare Robotics and Rehabilitation Engineering Systems, Man-Machine interaction/interface>



韓政秀

1975년 4월 5일생, 1998년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 (B.S.), 2000년 2월 한국과학기술원 공과대학 전기및전자공학과 (M.S.), 2000년 3월~현재: 한국과학기술원 공과대학 전자전산학과 전기및전자공학전공 박사과정 재학중, 2000년 3월~2001년 2월: 한국표준연구원 인간공학그룹 시간제 연구원, <주관심 분야: Biosignal processing, Fuzzy clustering, Pattern recognition, Rehabilitation engineering system >