

뇌와 IT의 융합

박주현 (삼성SDS)

I. 서론

인간의 삶의 질을 높이기 위한 IT를 비롯한 여러 과학 분야는 해마다 눈부신 성장을 지속해왔다. 이러한 성장은 현재의 삶의 모습을 획기적으로 변화시킬 수 있는 파괴력이 내제되어 있다. 최근 의료, 조선, 바이오, 자동차, 나노 기술, 농업 등 여러 과학 분야와 IT를 융합하여 새로운 환경을 구축하려는 융합(Convergence)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기본적으로 Convergence는 각 영역이 갖고 있는 특징을 서로 연결하여 집에서 휴대용 의료기기, 모바일 등을 통해 원격으로 의료 서비스를 받거나, 토양의 특성을 데이터베이스화 하여 농업의 자동화를 실현 시키는 등 기존에 존재하지 않았던 새로운 형태의 미래 모습을 가능하게 한다.

뇌공학, 즉 뇌와 IT의 융합은 뇌가 정보를 처리하는 원리와 구조를 이해하고 이를 실세계와 지능적으로 상호작용하는 인공 시스템에 구현하는 기술을 연구하는 학문을 일컫는다. 뇌에 대한 이해를 통해 질병을 예방 및 관리할 수 있고, 생각만으로도 사물이나 기기를 제어할 수 있기 때문에 차세대 핵심 기술 중 하나로 예측되고 있다.

이에 정부는 2017년 뇌 연구 분야 세계 7위 진입을 목표로 2008년부터 단계적으로 ‘제 2차 뇌 연구 촉진 기본 계획’을 수립하여 10년간 1조 5천억원을 투자할 계획이다. 뇌신경생물, 뇌인지, 뇌 신경계질환은 이미 추진되었고, 올해 IT융합 뇌 원천 기술 개발 본격 추진하며, 지난 4월 신규 과제 공모를 마감하였다. “뇌신경정보기반 능동 상호 작용인터페이스 기술”로 다양한 생체 정보의 뇌 기능적 분석과 이를 통해 감정 및 의도를 파악하는 핵심 원천 기술을 2015년까지 개발 완료하고, 이를 통한 기술 경쟁력 확보를 목표로 한다.

본 학회지에서는 뇌와 IT의 융합이 밀접하게 연관되어 있는 뇌 시뮬레이션과 뇌파와 IT기술 융합에 대한 동향을 살펴보고자 한다.

II. 뇌의 구조와 원리

뇌와 IT의 융합은 기본적으로 뇌의 구조와 원리에 대한 이해를 바탕으로 한다. 본 장에서는 뇌의 중요 부위의 위치와 기능을 이해하고, 신경세포와 각 부위들이 어떤 방식으로 정보를 주고 받

는지 간단하게 살펴보도록 한다.

1. 뇌의 구조와 기능

뇌의 중요 구조와 기능은 다음과 같다.

뇌는 크게 대뇌(전두엽, 측두엽, 두정엽, 후두엽)와 소뇌로 구분 지어질 수 있는데, 대뇌피질이란 대뇌 표면을 구성하는 회백질 세포층으로 감각의 종합 및 고도의 지적기능을 담당하기 때문에 뇌공학 분야에서 중요한 연구 대상이다.

- 전두엽(Frontal Lobe)

대뇌반구 전방 부분으로 기억력 및 사고력을 담당한다. 동기부여, 집중, 인간성, 도덕성 등을 담당한다.

- 측두엽(Temporal Lobe)

청각피질이라는 청각 조절 중추가 있어 정보 처리를 담당하며, 인지 및 기억 기능이 있다.

- 두정엽(Parietal Lobe)

외부로부터 오는 정보를 조합하는 곳으로 어떤 것을 생각해서 만들어내는 역할을 한다.

- 후두엽(Occipital Lobe)

시각 피질이라는 시각 조절 중추가 있어 물체의 움직임이나 형태, 위치 등을 분석한다.

- 소뇌(Cerebellum)

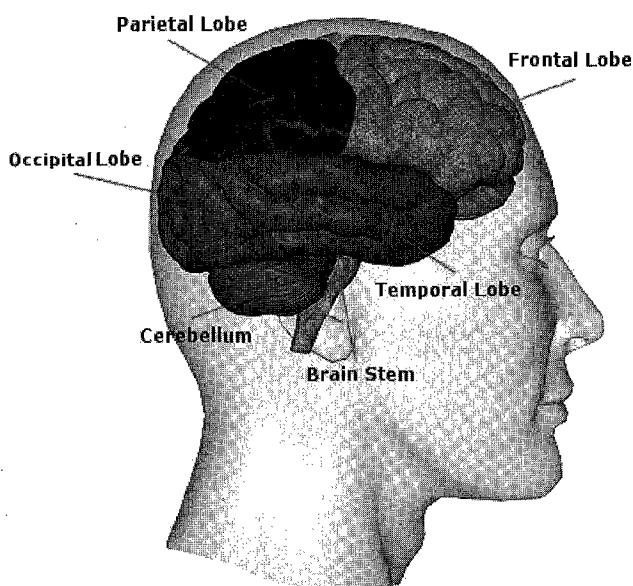
몸의 운동 기능과 평형 감각을 조절한다.

뇌의 신경을 이해하는데 있어 가장 핵심은 뉴런과 시냅스이다. 뉴런은 자극을 받게 되면 전기를 발생시켜 정보를 전달하게 된다. 이때 발생하는 전기를 활동전위라고 부른다. 뉴런이 다른 세포로부터 정보를 받는 부분을 수상돌기, 다른 세포로 정보를 전달하는 부분을 축삭돌기, 돌기 사이에 신호를 전달하는 부분을 시냅스라고 한다. 인간의 행동은 뉴런 사이의 상호 연결이 얼마나 적절하게 형성되었는가에 달려있기 때문에 뉴런과 시냅스의 원리와 형성과정을 이해하는 것은 매우 중요하며, 이 과정을 시뮬레이션 하기 위해 다양한 시도들이 이뤄지고 있다.

2. 뇌파

뇌를 이해하기 위한 대표적인 방법은 뇌파를 측정하는 것이다. 환자의 심리적 상태, 의식 상태, 수면 장애 등을 판단하는데 뇌파는 오래전부터 활용되어 왔다. 뇌파는 단순히 측정하는 것에서 그치는 것이 아니라 유도 뇌파를 통해 대상자의 안정감을 조절하는데 도움을 줄 수 있게 하거나, IT 기술과 결합하여 생각으로 사물이나 기기를 제어하는 것을 가능하게 한다.

뇌파는 뇌의 전기적인 활동을 두피의 표면 전극을 활용해 비침습적으로 측정된 전기신호를 말한다. 뇌파는 매우 복잡한 패턴으로 진동하는 파형 형태를 보이며, 파워 스펙트럼 분석이라 하여 뇌파를 주파수에 따라 분석하는 방법을 이용



〈그림 1〉 뇌의 구조-〈Center for Neroskills〉

한다. 흔히, 들을 수 있는 알파파, 베타파 등의 명칭은 이러한 주파수에 따라 분류한 뇌파의 종류이다.

델타파는 0.2-3.99Hz 영역의 뇌파로 깊이 잠든 상태나 혼수상태일 때 발생한다. 쉼타파는 4-7.99 Hz 영역의 뇌파로 얇은 잠에 빠질 때 발생하며, 성인보다는 어린이에게 더 많이 나타나는 경향이 있다. 알파파는 8-12.99 Hz 영역의 뇌파로 긴장 이완과 같은 편안한 상태에서 주로 나타난다. 알파파는 눈을 뜨고 물체를 주시할 경우에는 억제된다. 전두엽에서 가장 작게 관찰되며, 두정엽과 후두엽에서 가장 크게 기록된다. 베타파는 12-29.99Hz영역의 뇌파로 주로 전두엽에서 많이 나타나며, 깨어 있을 때, 말할 때, 복잡한 계산을 할 때와 같이 모든 의식적인 활동을 할 때 나타난다. 즉, 일상적인 활동을 위한 긴장 상태의 뇌파를 의미한다. 감마파는 30-50Hz 영역으로 베타파보다 더 빠르게 진동하는 형태로 정서적으로 초조한 상태이거나 긴장이 지나쳐 흥분한 상태, 추리, 판단 등 고도의 인지정보 처리 시 나타난다.

III. 뇌 시뮬레이션과 IT

인간의 뇌를 제대로 이해하려면 뉴런과 시냅스의 형성 원리와 기능을 밝히는 기술이 핵심이다. 인간의 시각, 청각, 후각 등의 모든 행위는 신경세포의 전압 펄스를 생성하는 과정에서 비롯되며, 사고, 기억, 생각 등은 신경 세포간 만나는 시냅스의 3차원 연결 형태이기 때문이다. 만약, 신경세포와 시냅스의 연결 형태를 모두 파악할 수 있다면 뉴런과 시냅스의 잘못된 연결을 파악하여 정신분열증이나 우울증과 같은 뇌질환 치

유도 가능하게 될 것이다. 하지만, 1000억 개의 뇌 신경세포(대뇌피질의 신경세포 160억개)와 뉴런당 수천-2만 개로 추정되는 시냅스의 구조와 연결을 파악하기란 매우 어려운 일이다. 기업 및 학계에서는 이러한 과정을 시뮬레이션 하여 뇌의 원리를 파악하려고 하는 연구를 진행하고 있다. 하지만 엄청난 양의 연산을 필요하기 때문에 슈퍼 컴퓨터의 컴퓨팅 파워와 데이터를 분석하는 알고리즘, 시각화 등 고도의 IT기술이 병행이 되어야만 하는 분야이다.

1. 블루 브레인 프로젝트(Blue Brain Project)

스위스의 로잔 연방 공대(Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL)는 대뇌신피질에 초점을 맞춰 뇌의 구조와 원리를 역공학하여 그대로 3차원 시뮬레이션으로 만드는 프로젝트를 추진하였다. IBM의 지원을 받아 슈퍼 컴퓨터인 Blue Gene을 이용하여 진행되었고, 2007년 1단계 프로젝트를 마치고 2단계 프로젝트가 진행 중이다. 인간의 언어, 학습, 기억 등 고도의 사고능력을 담당하는 대뇌신피질의 상세한 지도를 구축하고, 신경피질의 명령을 받는 신체의 모든 기관을 살펴볼 수 있는 전기가 될 것으로 기대를 모으고 있다.

2. 버추얼 쥐 뇌 프로젝트

미국의 IBM 알마덴 연구소와 네바다 대학은 슈퍼 컴퓨터 Blue Gene/L를 이용해 쥐의 뇌 신경세포 50%와 시냅스를 가상 시뮬레이션으로 구축하였다. 뇌의 움직임은 800만개의 뉴런과 뉴런 당 6,300개의 시냅스를 연결하여 실시간으

로 분석할 수 있는 ‘버추얼 쥐 뇌’ 를 구현한 것이다. 쥐를 뇌를 실시간으로 분석할 수 있다면 인간 뇌의 분석에도 활용할 수 있을 것이다.

3. 뉴런 연결의 매핑

만약 두뇌의 연결 구조를 그림으로 매핑하여 미세한 구조까지 전체 다이어그램으로 그려낼 수 있다면, 잘못된 신경 세포의 연결을 찾아 자폐증이나 정신분열증 등의 뇌질환의 원인 규명 및 치료법 개발이 가능할 것이다. 1970년대 *C. elegans*라는 10년에 걸쳐 만든 302개의 뉴런의 연결 다이어그램은 과학적 가치가 매우 높아, 현재 학계의 바이블로 인식되고 있으며, 발견한 과학자 세 명은 2002년 노벨생리의학상을 수상하였다. 1000억개가 넘는 뇌의 신경세포의 수를 감안하면 인간의 뇌를 시뮬레이션 하는 것이 어떤 작업인지 짐작할 수 있을 것이다.

독일의 신경학자 Winfried Denk는 새로운 고감도 영상 기술과 기계-학습 알고리즘을 개발하여 뉴런의 전체 구축 과정을 자동화하려고 한다. 만약 기존의 표준 작업으로 작업을 할 경우, 30억 명이 수년에 걸쳐 작업을 하더라도, 뉴런의 작은 기능 단위인 단일피질 열들의 연결 다이어그램 정도를 그릴 수 있을 것이라고 한다.

뇌를 시뮬레이션 하는 것은 하드웨어적인 컴퓨팅 파워, 연산을 효율적으로 처리할 수 있는 알고리즘, 빠른 영상 처리 기술이 필수적으로 동반되어야 한다. Winfried Denk의 연구는 인간의 뇌 세포 연결 상태를 모두 재현하려면 현재 기술의 100만 배 빠른 영상처리 및 알고리즘이 필요하다고 한다. 이러한 뇌의 원리를 파악하게 되면 또 다른 이론과 검증이 가능하게 될 것이기 때문에 뇌와 IT영역의 선순환적인 시너지 효과를 기

대할 수 있는 영역이라 할 수 있다.

IV. 뇌파와 IT의 융합

1. 뇌파와 IT 융합

인간의 신체에는 미약하지만 무수한 전기 신호가 발생하고 있다. 최근 인체에 흐르는 전기로 충전하는 카드 또는 유무선 인프라가 아닌 인간의 몸에 흐르는 전류를 이용해 데이터를 전송시키는 기술이 마이크로소프트사, ETRI 등 기업 및 연구소에 의해 개발되고 있다. 또한 일본의 스쿠바 대학, 한양대학교, 카이스트 등 신체가 움직일 때 발생하는 전기 신호를 감지하여 신체의 근력을 끌어올리는 방법에 대한 연구 등 인체에 흐르는 전기는 다양한 분야에서 응용되고 있다.

뇌와 IT를 융합하는 방식은 크게 침습형과 비침습형으로 나눌 수 있다. 침습형은 뇌에 전극을 꽂아 뇌 신경의 반응을 보다 정확하게 측정하는 것이 가능하지만, 의료 기술이 필요하므로 쉽게 적용하기 힘들다. 하지만 비침습형은 머리에 뇌파 측정 센서를 부착하여 측정 기기에 연결만 하면 뇌파 측정이 가능하기 때문에 적용하기는 용이하지만, 침습형에 비해 정확한 측정이 어렵다는 단점이 있다.

앞서 살펴본 바와 같이, 뇌파는 인간이 처한 의식 및 감정 상태에 따라 그 반응이 다양하게 나타나지만, 움직임에 따라서도 반응이 다르게 나타나는 특징이 있다. 머리에 뇌파 측정 센서를 부착한 후, 눈을 감고 있으면 비교적 잔잔하던 파형이 눈을 뜨면 파형의 변동폭이 커지는 것을 볼 수 있는데 이는 눈을 뜰 경우 잡파가 발생하게 되기 때문이다. 또한 같은 움직임이라 할지라도 사

람마다 뇌파는 다르게 나타나는 경향을 보인다.

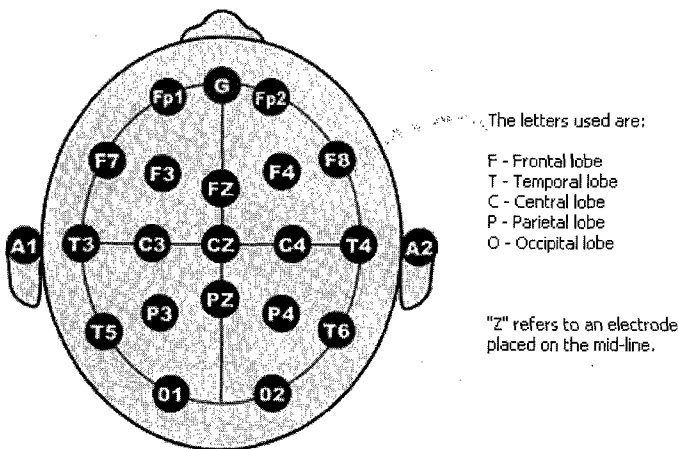
2. 전극 배치법

비침습형으로 뇌파 측정을 할 경우, 뇌파 측정 센서를 부착할 수 있는 위치는 정해져 있다. 이는, 뇌의 위치에 따라 발생하는 뇌파의 특징이 다르기 때문에 목적에 맞는 위치에 센서를 부착해야 원하는 상태의 뇌파를 파악할 수 있기 때문이다. 따라서 뇌파 측정을 위한 전극 배치법에 대해 잠시 살펴보고자 한다.

머리에 전극을 부착하는 방식으로는 Jasper에 의해 제창된 국제 10-20% 전극배치법(International 10-20 electrode system)이 널리 쓰이고 있다.

10-20% 전극배치법은 머리의 원주선을 생각하면서 좌우를 각각 10%, 20%, 20%로 구획을 나눠 전극을 배치하는 방법이다. 두피 전극은 총 19개, 컷볼 전극 (A1, A2) 2개로 구성되어 있고 각 전극 위치간 거리는 3-4cm정도 이다.

위 그림의 각 전극 위치를 나타내는 기호를 보면 우측 뇌의 위치는 짝수(2, 4, 6, 8), 좌측 뇌의 위치는 홀수(1, 3, 5, 7), 그리고 중앙은 'Z'로 표시된다. 알파벳은 뇌의 부위를 표시하는 것으



〈그림 2〉 국제 10-20% 전극 배치법-〈Immrama Institute〉

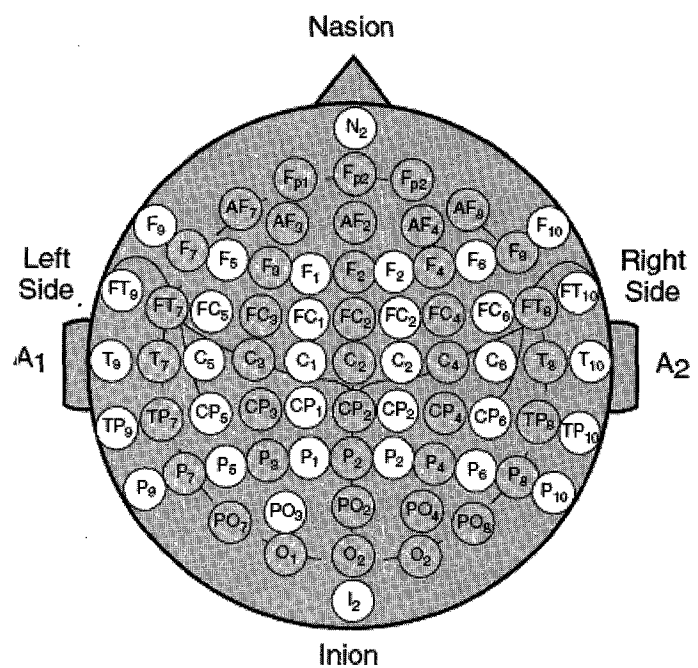
로 다음의 위치를 의미한다.

- F(Frontal Lobe, 전두엽)
- P(Parietal Lobe, 두정부엽)
- C(Central Lobe)
- T(Temporal Lobe, 측두엽)
- O(Occipital Lobe, 후두엽)

또 다른 전극 배치법으로는 MCN(Modified Combinatorial Nomenclature) 전극 배치법이 있다.

MCN 전극 배치법은 10-20% 전극 배치법보다 더 촘촘하고 복잡한 배치 위치를 가진다. 중앙으로부터 좌, 우로 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 구획을 나눠 전극을 배치하며, 우측 뇌는 짝수(2, 4, 6, 8, 10), 좌측 뇌는 홀수(1, 3, 5, 7, 9)로 표기하는 등 기본적인 표기 방식은 10-20% 전극 배치법과 비슷하다.

뇌파를 측정할 때, 이러한 전극 배치법에 해당하는 모든 위치에 꼭 전극을 붙일 필요가 없다.



〈그림 3〉 Modified Combinatorial Nomenclature-〈Interpreting EEG functional brain activity〉

보유한 뇌파 센서가 전극 배치법의 모든 위치에 부착할 수 있는 개수가 부족할 경우도 있기 때문에, 뇌파 측정 시, 필요한 목적에 따라 배치를 하면 된다. 가령, 뇌의 고도의 정보처리 능력에 대해 연구하는 경우, 전두엽 부위를 더 포함하거나, 이완, 수면 등 대뇌피질에 관한 연구일 경우, 전 전두엽을 제외시키는 것이 좋다. 이는 눈의 움직임이 잡파를 많이 발생시키기 때문이다.

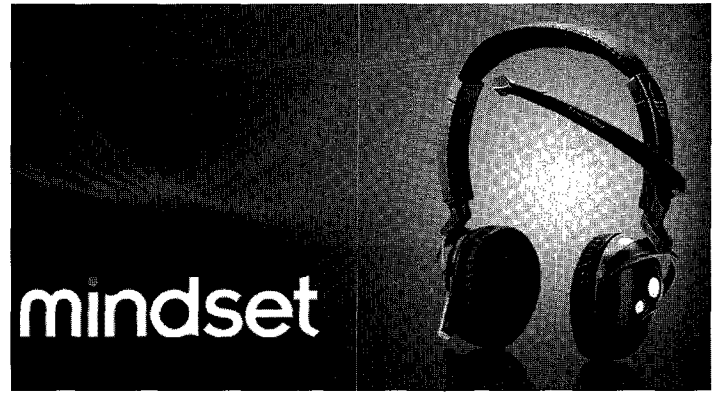
이러한 방식으로 뇌파 센서를 이용하여 뇌파를 측정하려면 뇌파 측정기가 있어야 한다. 인간의 신체에서 발생하는 전기 신호는 매우 미약한 편이어서 계측기로 그대로 사용하기 어렵기 때문에 신호를 증폭시킨 후, 잡파를 필터링 하는 과정이 필요하다. 그리고 이 신호를 디지털 신호를 변환하여 주는데 이 때 얼마나 정확하게 분해하느냐에 따라 데이터의 정확도가 달라질 수 있다. 변환된 디지털 신호를 디스플레이에 표시하여 사용자로 하여금 뇌파 신호를 분석할 수 있게 한다.

3. 적용 사례

뇌파를 이용하면 생각만으로 기기를 조작하는 것이 가능해진다. 비침습형의 경우는 머리에 센서만 부착할 수 있으면 다양한 응용이 가능하며, 본 장에서는 현재까지 뇌파를 이용한 응용 사례에 대해 살펴보고자 한다.

가. Neurosky

미국 Neurosky는 MindSet이라는 뇌파 측정이 가능한 헤드셋을 상용화하였다. 헤드셋은 이마 앞쪽에 접촉할 수 있는 뇌파 측정 센서와 블루투스 헤드셋 기능이 결합되어 있어 뇌파로 기기를 제어하면서 친구와 이야기를 나누거나 음악을 듣는 것이 가능하다.



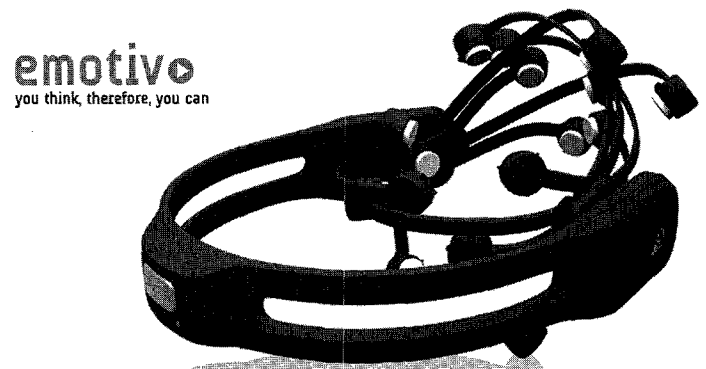
〈그림 4〉 MindSet-〈Neurosky〉

MindSet은 주파수에 따른 뇌파를 판독하여 사용자 뇌의 편안함 및 집중도를 측정할 수 있고, 이를 핸드폰, 컴퓨터 등에서 사용가능한 디지털 형태로 데이터를 변환시켜 게임 및 교육 어플리케이션에 응용하고 있다.

나. Emotiv System

Emotiv System은 뇌파 기록 장치 헤드셋을 쓰고 소프트웨어를 제어할 수 있는 시스템을 개발하여 상용화 중이다.

Emotive Systems는 헤드셋에 다수의 센서를 부착하여 뇌파를 검출하여 각종 디바이스를 제어할 수 있는 환경을 제공한다. 생각으로 게임을 하거나, 화면의 아바타가 사용자의 얼굴 표정에 따라 반응하는 등 다양한 어플리케이션으로 응용되고 있다.



〈그림 5〉 Emotiv Systems의 헤드셋-〈Emotive Systems〉

다. Honda

일본 기업 Honda는 뇌파를 이용하여 로봇이나 각종 기기를 제어하는 연구를 진행하고 있다. 혼다의 인간형 로봇 아사모는 헬멧 모양의 전용 장치를 사용자가 부착하고, '오른손', '왼손', '다리', '혀' 등 신체 중에 일부를 생각하면 로봇이 90% 이상의 정확도로 해당 부위를 움직이게 되는 방식이다.

Honda는 이 기술에 독자적인 알고리즘을 적용하였다고 하였는데, 첫째는 특성이 다른 두 종류의 뇌계측 기법을 조합한 것이다. NIRS (Near-Infrared Spectroscopy)는 근적외광을 두피주변에 조사하고 이로부터 반사되는 근적외광으로 뇌의 혈류 변동을 예측하는 방식이다. NIRS는 대뇌피질의 뇌 활동을 파악하는 뇌 기능화상 검사의 하나로, 전자장의 외부 간섭을 받지 않기 때문에 공간 분해 능력이 높아 수~수십 밀리미터 단위의 계측이 가능하지만, 지연시간이 길고, 시간 분해 능력이 낮은 단점이 있다. 이에 반해 뇌파는 전기 현상을 측정하기 때문에 수ms로 시간 분해 능력은 높지만 비침습적 측정 방식이므로 공간 분해 능력이 낮다는 단점이 있다. Honda는 이 두 가지 방식의 고유 판별 기법을 응용하여 서로의 결점을 보완시켜 정확도를 높



〈그림 6〉 4장의 카드 중 한 장을 선택하여 이미지를 떠올림(오른손, 왼손, 발, 혀)



〈그림 7〉 오른손을 올리는 로봇 아사모

였다.

정확도 향상을 위해 사용된 두 번째 기술은 SLR(Sparse Logistic Regression)이다. 로지스틱 회귀(Logistic Regression)은 선형판별 분석의 일종으로 'Yes/No'로 2가지 값을 판별하는데 사용한다. SLR은 로지스틱 회귀를 Bayesian 추정 범위로 확장시킨 기법이며, 불필요한 특징량은 선형판별분석의 가중치를 0으로 두어 극소수의 특징량만 추출할 수 있어, 뇌 계측처럼 특징 벡터의 차원이 매우 높고 불필요한 특징량이 많이 포함된 경우에 유용하다.

V. 결 론

지금까지 뇌의 구조와 뇌파의 특성, 그리고 적용 사례 등에 살펴보았다. 아마 가까운 미래에는 텔레파시처럼 생각만으로 사물을 조절하거나 타인과 생각을 주고받는 일이 일상이 되는 날이 올 것이다.

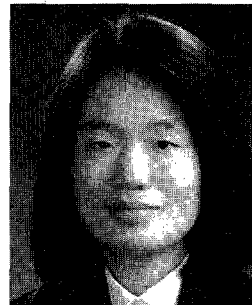
뇌공학은 어느 한 영역의 연구 분야에서만 연구한다고 성과가 나올 수 있는 분야가 아니다. 뇌파처럼 머리에 전극을 부착하는 침습형이든지, 전극을 뇌에 삽입하는 침습형이든지 뇌의학 지식과 기술이 바탕이 되어야 한다. 또한 뇌의 미세한 전기 신호를 보다 섬세하게 파악하기 위해서

는 뇌파 측정 장비의 증폭기와 필터기, 디지털 변환기의 성능이 향상 되어야 한다. 현재, 연구 목적으로 쓰이고 있는 뇌파 측정기는 수천만원 대의 고가인데다 부피도 휴대하기에 너무 크다. 휴대성이 좋은 뇌파 측정기는 정확도가 떨어지고, 부착 가능한 센서의 수도 적다. 따라서, 뇌파를 활용한 다양한 기기 및 소프트웨어가 보편화가 되려면 뇌파 측정기의 정확도 및 휴대성의 발전이 필수적으로 요구된다. 또한 IT 영역에서는 신호처리 알고리즘에 대한 연구를 지속하여 뇌파들 간의 상관관계 및 신호 의미 해석의 정확도를 향상시키는 연구와 동시에 다양한 어플리케이션과 결합하여 새로운 서비스 또는 솔루션을 창출해 낼 수 있어야 한다.

사실 뇌에 대한 연구는 반세기 전부터 지속되어왔지만 본격적인 연구가 시작된 것은 20년정도이다. 이는 뇌 영상 촬영 기술, 뇌 실험 기술, 뇌 모니터링 등의 기술이 발전되어 뇌에 대한 관측 및 실험이 보다 용이해졌기 때문이다. 따라서 각 영역의 연구의 발전은 서로간의 선순환 구조를 발생시키며 뇌공학의 발전 속도는 점차 빨라질 것으로 예상된다.

- [4] <http://www.laxtha.com/>
- [5] <http://world.honda.com/ASIMO/>
- [6] <http://www.emotiv.com/>
- [7] <http://www.neuroskills.com>
- [8] <http://www.immrama.org>

저자소개



박 주 현

2005년 2월 연세대학교 컴퓨터산업공학 학사
2005년 2월~현재 삼성SDS 정보기술연구소

주관심 분야 : Communication & Connectivity,
Convergence

참고문헌

- [1] 차원용, 한국을 먹여 살릴 녹색융합 비즈니스, pp.203-228, 2009.04.
- [2] 박문호, 뇌 생각의 출현, pp.90-106, 165-178, 2008.12.
- [3] Malek Adjouadi, Mercedes Cabrerizo, Ilker Yaylali, Prasanna Jayakar, Interpreting EEG functional brain activity - Potentials, IEEE, 2004.