

기능성 자기 공명 영상을 이용한 뇌공학 최신 연구 현황

고려대학교 | 석흥일* · 조성식 · 이성환**

1. 서론

인류 과학에서 미지의 영역으로 남겨져 있는 뇌 분야에 대해 세계의 관심이 집중되고 있는 가운데 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서는 뇌의 구조 및 기능에 대한 근본 원리를 이해하고, 이를 바탕으로 뇌기능을 모방한 새로운 기술 개발을 위해 많은 투자와 연구를 수행하고 있다. 미국 국립과학재단(NSF)은 2002년 인간 수행능력 향상을 미래 과학기술의 궁극적 목표로 삼고 Nano-Bio-Info-Cogno(NBIC) 기술들의 융합을 강조하였으며, 미국 국립공학학술원(NAE)이 2008년 제시한 미래 공학의 14대 대 도전¹⁾(그림 1)은 건강 정보 과학의 진보, 뇌 역공학, 가상 현실 증강, 개인 학습 개발을 포함시켜 뇌 연구의 중요성을 부각시키고 있다. 유럽의 경우 미국의 NBIC 보고서를 기초로 작성된 보고서(2004년 9월)에서 “Converging Technologies for the European Knowledge Society (CTEKS)”를 유럽 미래 과학기술의 틀로 제시하면서 유럽 각국에 뇌 연구 거점을 확보하고, 이들 국가들을 중심으로 뇌 연구 분야에 집중적으로 투자하고 있다. 한편, 일본은 뇌의 세기(Century of Brain)를 주창하고 “뇌과학 프로젝트”를 육성하고 있으며, 현재 설립중인 국제과학기술연구소(Okinawa Institute of Science & Technology)에서의 15개 연구 분야 중 2/3를 뇌 분야에 할당하고 있다.

국내에서는 1998년 뇌 연구 촉진법이 통과되어 국가적인 차원에서 지원이 시작되어 KAIST에 과학기술부의 지원으로 뇌과학연구센터를 설립하여 뇌과학사업을 진행해 오고 있다. 또한 2008년 9월 22일 산학연

* 학생회원
 ** 중신회원
 † 본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 세계 수준의 연구중심대학육성사업(WCU)으로부터 지원받아 수행되었습니다(R31-2008-000-10008-0).

1) National Academy of Engineering: <http://www.engineeringchallenges.org/>



그림 1 미국 국립공학학술원이 제시한 미래공학의 14대 대 도전

전문가 약 360여명이 참여한 신성장동력기획단(단장: 서남표 KAIST 총장)이 5년, 10년 후 우리 경제를 이끌어 갈 새로운 성장 동력을 발굴하여 정부에 제안한 ‘국가신성장동력비전과 발전전략’에서 제시한 22개의 신성장 동력(표 1) 중 로봇과 헬스케어 분야는 뇌 연구와 밀접한 연관성이 있다. 인간의 뇌정보처리 메카니즘을 모방한 인지 로봇 기술의 개발을 통해 세계 로봇 산업 3대 강국 실현에 기여할 수 있으며, 알츠하

표 1 ‘국가 신성장동력 비전과 발전전략’에서 제시한 22개의 신성장 동력

6대 분야	22개 신성장동력
에너지·환경	무공해 석탄에너지, 해양 바이오 연료, 태양전지, 이산화탄소 회수 및 자원화, 연료전지 발전 시스템, 원전 플랜트
수송시스템	Green Car, 선박·해양 시스템
New IT	반도체, 디스플레이, 차세대 무선통신, LED 조명, RFID/USN
융합신산업	로봇, 신소재-나노 융합, IT 융합 시스템, 방송통신 융합미디어
바이오	바이오 신약 및 의료기기
지식서비스	소프트웨어, 디자인, 헬스케어, 문화콘텐츠

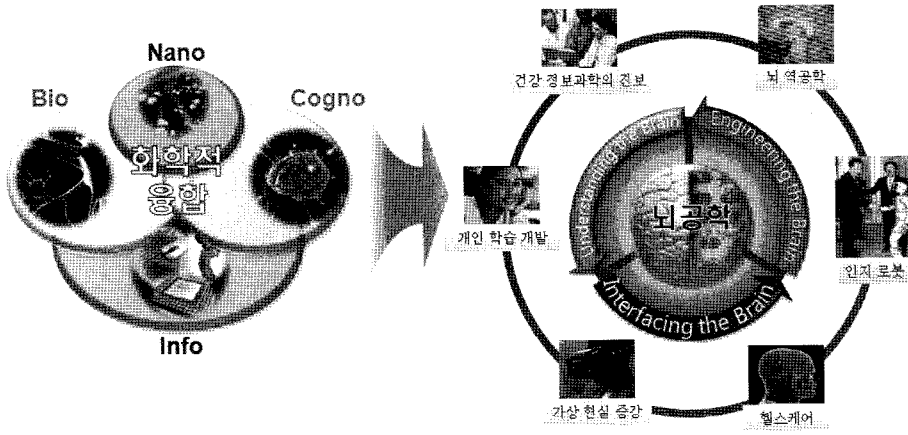


그림 2 다양한 학문들의 화학적 융합을 통한 뇌 연구

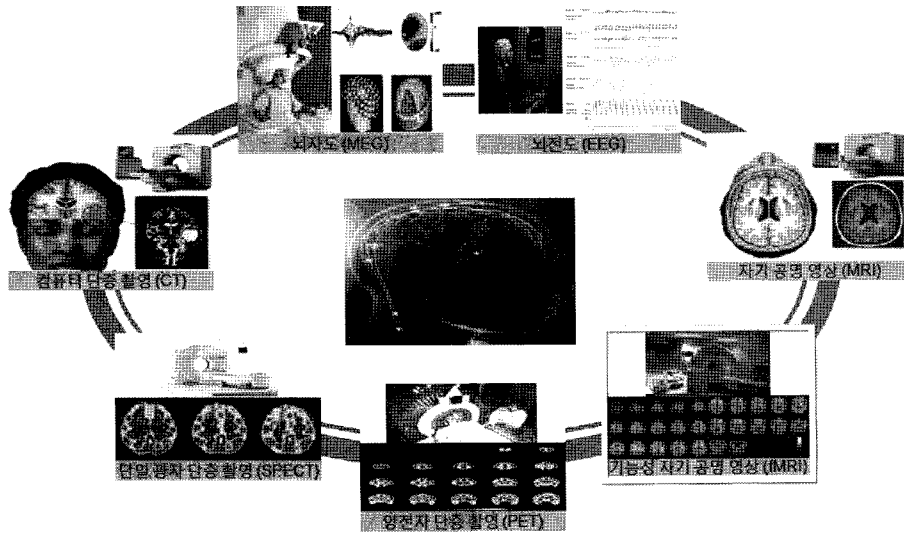


그림 3 뇌의 구조적, 기능적 활동 측정 도구

이며, 파킨슨병, 우울증과 같은 뇌질환을 조기에 진단 및 예측하는 기술을 개발함으로써 헬스케어 서비스 선도국가 실현에 기여할 수 있다.

전 세계적으로 뇌 연구를 미래 사회에 엄청난 부를 창출하는 ‘황금알을 낳는 거위’로 부각시키고 있다. 이와 발맞추어 생명공학, 심리학, 정보공학 등 다양한 학문들을 서로 융합하여 뇌공학²⁾(Brain Informatics)과 같은 새로운 학문을 개척하여 뇌 연구를 수행하고 있으며, 그 결과 급격한 진보를 보이고 있다.

본 글에서는 뇌의 구조적, 기능적 이해를 위한 도구로써 사용되는 다양한 뇌 활동 측정 방법들을 중심으로 살펴본다. 특히, 최근 들어 많은 연구에서 널리 활용되는 fMRI에 대해 자세히 살펴보고, 이를 이용한 최신 연구 결과들을 설명하며, 향후 연구 방향을 제

시한다.

2. 뇌 기능 분석 도구

2.1 뇌의 구조적, 기능적 활동 관측 방법

인간의 뇌를 이해하기 위해서는 뇌의 구조와 기능들을 살펴볼 수 있는 도구가 필요하다. 이를 위해 뇌의 구조적, 기능적 특징들을 관측할 수 있도록 개발된 많은 기법들(그림 3)이 존재한다. 뇌의 해부학적 구조는 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT)과 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)을 이용하여 측정이 가능하다. 뇌의 기능적 활동을 측정하는 도구는 뇌가 활동을 하면서 발생하는 전기 신호 또는 전기 신호의 변화에 따른 자기장 신호를 통한 직접 측정 방법(MEG, EEG)과 뇌가 활동하면서 소비하는 물질의 흐름 등을 통한 간접적 측정 방법(PET, SPECT, fMRI)으로 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 뇌자도(MagnetoEncephaloGraphy, MEG): 뇌의 전

2) 뇌의 고수준정보처리 구조와 원리를 이해하고, 이를 바탕으로 실세계와 지능적으로 상호작용하는 인공 시스템을 구현하는 기술 연구

기 신호에 의해 생성되는 자기장을 측정하는 방법

- 뇌전도(ElectroEncephaloGraphy, EEG): 두피에 전극봉(electrode)을 부착하여 뇌 활동에 의한 뉴런들의 발화를 통해 생성되는 전기 활동을 측정하는 방법
- 양전자 단층 촬영(Positron Emission Tomography, PET): 방사성 동위 원소를 포함한 방사성 의약품을 체내에 투입하여 의약품의 이동 경로 또는 축적되는 부분을 관측하여 뇌 활동을 측정하는 방법
- 단일 광자 단층 촬영(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT): 감마선을 방출하는 방사성 의약품을 피실험자에게 투여한 후 뇌에서의 의약품 이동 경로를 촬영하여 뇌 활동 변화를 측정하는 방법
- 기능성 자기 공명 영상(functional MRI, fMRI): 뇌신경 세포들이 활동하면 산소 소비량이 증가하고, 이를 보충하기 위해 그 부분의 혈류량이 증가한다는 사실에 착안하여 뇌 활동을 측정하는 방법

뇌의 기능적 활동을 관측하기 위한 방법들은 공간 해상도와 시간 해상도의 관점에서 각각 장단점을 가진다(그림 4). 전기 또는 자기 신호를 직접적으로 관측하는 EEG, MEG의 경우 시간 해상도는 매우 높은 반면 공간 해상도는 매우 낮다. 이와 반대로 간접적 측정 방법들은 공간 해상도가 매우 높아 뇌의 세부 위치에서의 기능적 측면들을 살펴볼 수 있는 반면 시간 해상도가 낮아 뇌의 빠른 활동 변화를 관측하기에는 부적합하다.

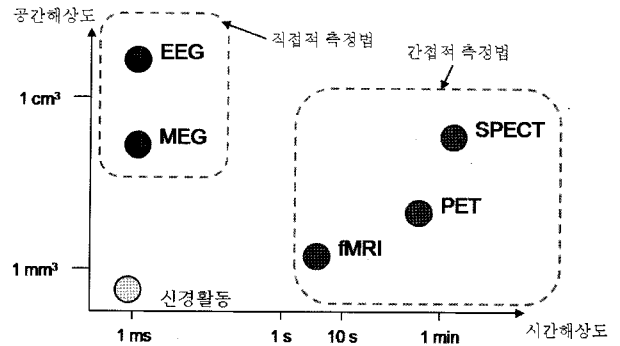


그림 4 뇌의 기능적 활동 관측 방법들의 시간/공간 해상도

2.2 fMRI 영상의 특징

fMRI 영상은 이미 널리 보급된 MRI 영상 장비를 이용하여 뇌의 해부학적 구조 영상과 기능적 활동 영상을 동시에 획득할 수 있다는 장점을 가진다. PET이나 SPECT와 달리 뇌의 기능적 활동의 측정을 위해 방사선 동위 원소와 같은 약물을 투여할 필요가 없어 안전하며 반복적으로 실험을 수행할 수 있다. 시간 해상도와 공간 해상도(fMRI: 1.5×1.5mm, PET: 4×4mm, SPECT: 6×6mm)가 상대적으로 높아 뇌를 연구하는 연구자들에게 널리 이용되고 있으며, 이는 그림 5에 나타난 바와 같이 뇌 관련 세계 유명 저널에 게재된 논문 수의 변화 통해 알 수 있다.

fMRI 영상의 뇌 활동 측정 원리에 대해 좀 더 자세히 살펴보자. 뇌가 인지 기능을 수행하면 해당 인지 기능을 담당하는 뇌의 특정 부분에서의 신경 세포 활동이 증가하게 된다. 세포 활동의 증가로 조직 내에서는 많은 양의 산소와 에너지를 필요로 하며, 일시적인 혈류량의 증가를 통해 산소 헤모글로빈의 비율이 높아지게 된다. 이는 산소를 빼앗긴 주변 뇌영역

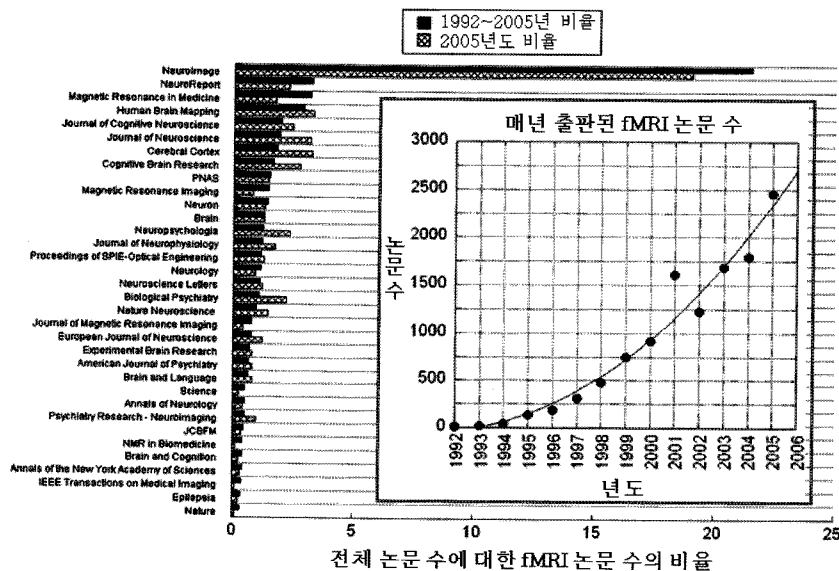


그림 5 세계 유명 저널에 게재된 fMRI 기반 뇌 연구 논문 수의 변화[1]

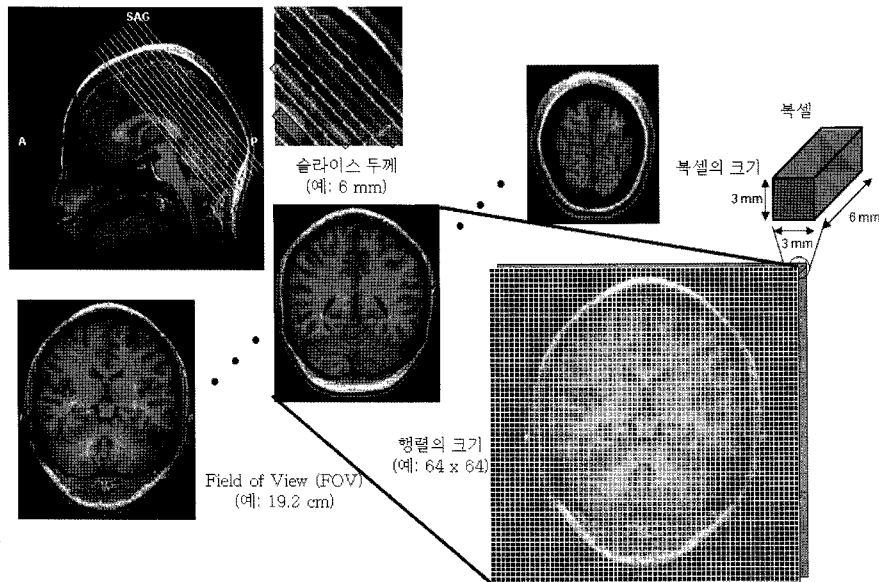


그림 6 fMRI 영상의 구조[2]

표 2 fMRI 영상을 이용한 뇌기능 측정 실험 패러다임의 장·단점[3]

실험 패러다임	장점	단점
블록-디자인	- 뇌활성 검출력이 좋음 - 뇌상태 변화 관측에 용이함 - fMRI 영상 분석이 쉬움	- 추정력이 나쁨 - 혈액동학적 반응의 형태 변화에 둔감함 - 실험을 위해 선택된 과제에 영향을 많이 받음
사건-관련	- 추정력 ³⁾ 이 좋음 - 기준 신호로부터의 변화를 찾기가 용이함 - 매우 융통성 있는 분석 전략임	- 뇌활성 검출력이 떨어짐 - 혈액동학적 반응의 예러에 민감함
혼합	- 뇌활성 검출과 추정에 효율적인 결합 방식임 - 일시적 뇌 활동과 지속적 뇌 활동을 분리할 수 있음	- 영상 분석이 어려움

에서의 헤모글로빈에 비해 더 높은 신호를 보이게 된다. 이 신호를 BOLD(Blood Oxygen Level Dependency) 신호라 하며, fMRI는 이를 측정하여 특정 인지 기능을 수행하는 뇌영역을 분석할 수 있도록 한다. fMRI에서 관측되는 BOLD 신호는 실제 뇌신경활동보다 몇 초 정도의 지연시간을 가지고 나타하며, 신경 활동을 끝마친 뒤에 곧 기저 상태로 복원하는 특성을 가진다. 이런 특성을 시간 함수로 표현한 것을 혈액동학적 반응 함수(Hemodynamic Response Function, HRF)라 한다.

fMRI는 그림 6에 보여진 바와 같이, 뇌를 슬라이스 단위로 나누어 한 번에 뇌 전체를 촬영한다. 각 슬라이스에서의 BOLD 신호를 2차원 영상으로 표현하고, 각 슬라이스를 결합하여 3차원 뇌 영상을 구성한다. 한 번에 3차원 영상을 촬영하고 이를 시간의 흐름에 따라 반복적으로 촬영하기 때문에 fMRI 영상은 4차원 데이터로 표현된다. 3차원 영상에서 뇌의 일부분을 표현하는 최소 단위를 복셀(Voxel)이라 하며, 일반적으로 하나의 복셀은 3mm×3mm×6mm에 해당하는 뇌 영역을 나타낸다. 뇌의 기능적 특성을 3차원 공간에

서의 국소적 복셀 단위로 살펴볼 수 있다는 것은 두 피에서 관측되는 신호만을 사용하여 뇌의 기능 활동 근원지를 역으로 찾아가는 EEG, MEG 방법과 대비되는 특징이다.

2.3 fMRI 영상을 이용한 뇌 기능 측정 실험 방법

이번 장에서는 뇌의 인지 기능에 대한 정보 획득을 위한 실험 방법 또는 패러다임에 대해 살펴본다. fMRI 영상 분석을 통해 뇌의 기능을 규명하기 위해서는 연구 가설을 효율적으로 증명할 수 있는 실험 패러다임을 수행하여야 한다. 실험 패러다임은 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있으며, 각 실험 패러다임의 장·단점은 표 2와 같다.

- 블록-디자인(Block-design): 특정 과제와 비교(통제) 과제를 각각 하나의 블록으로 설정하고 반복적으로 수행하면서 BOLD 신호의 변화를 관측함

3) 추정(Estimation): 시간 흐름에 따른 복셀의 활동 패턴 변화를 측정하는 것



그림 7 마음을 읽는 보안 시스템, Molintent[4]

으로써 각 과제와 관련된 뇌신경 활동 영역을 획득하는 실험 방법. BOLD 신호의 변화주기와 주어진 과제와의 상관관계가 높은 곳을 검출함으로써 해당 부위가 해당 과제의 수행에 대한 기능을 관여하는 부분이라고 결론 내림

- 사건-관련(Event-related): 실험으로 주어지는 사건에 대한 뇌 활동이 단기간에 발생한다는 것을 가정함. 각 사건과 사건 사이에는 수십 초의 자극간 간격이 있음. 사건은 반복적 패턴을 가지고 제공되는 것이 아니라 무작위로 제공됨. 이는 많은 자극을 반복적, 연속적으로 제공하는 블록-디자인과 다름. 최근 두각을 보이는 실험 방법으로 EEG나 MEG로 측정된 신호와의 상관관계 분석이 용이하여 정확한 뇌 활성 부위에 대한 공간적, 시간적 정보를 얻는데 많이 활용되고 있음
- 혼합(Mixed): 실험을 위한 자극이 일정한 블록 단위로 제공되나, 각 블록 내에서는 다양한 사건들이 무작위로 발생함

3. fMRI 영상 기반 뇌 연구 기술 동향 및 활용 가능성

2008년 9월 24일 미국 폭스 뉴스 등의 해외 언론에서는 미국 정부가 테러 신무기로 “마음을 읽는 보안 시스템(Molintent)(그림 7)”을 개발하여 시험 가동하였다는 기사를 보도하여 화제가 된 바 있다. Molintent는 Malicious(악의 있는)와 Intent(의도)의 합성어로서, 카메라 및 각종 센서를 사용하여 지나가는 사람의 심박, 호흡, 체온 등을 확인하여 악의를 지닌 테러리스트를 탐색하는 기계 장치이다. 흥분 상태를 분석하면 범죄자나 테러리스트를 찾아낼 수 있다는 미국국토안보부의 기대 속에 만들어진 Molintent는 “사람의 심장 박동 수는 호전적 의도 뿐 아니라 다양한 원인이 종합되어 변화한다”는 여러 연구자들의 반박

에도 불구하고 실제 현장에서의 사용에 많은 논란이 되고 있다.

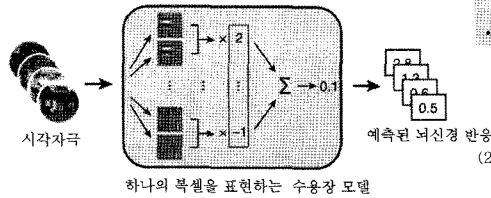
Molintent의 사용이 논란이 되는 것은 사람의 마음을 읽어낸다는 도덕성의 문제도 있겠지만, 실제로 사람의 마음을 읽는다는 것 자체에 대한 의구심이 더 큰 이유가 될 것이다. Molintent는 사람의 마음을 읽었다기보다는, 사람의 마음 상태에 따라 고려될 수 있는 심박, 호흡, 체온 등의 부가정보만을 고려한 방법이기 때문이다. 그렇다면, 실제로 인간의 생각을 읽을 수 있는 방법은 없을까? 마음을 “정보를 수집, 처리, 보관하는 뇌의 고등기능”으로 정의할 때, 우리가 뇌의 기능 또는 활동을 데이터로 표현할 수 있다면 마음을 읽는 것이 가능하지는 않을까? 최근 세계 최고의 권위를 자랑하는 학술지인 Nature와 Science에 fMRI 뇌영상을 분석하여 사람의 마음을 읽어내는 패턴인식 기반 기술에 대한 연구 결과가 보고되어 관련 학계의 관심이 집중되고 있다.

패턴인식 기반의 fMRI 영상 분석 방법과 이와 관련하여 최근 활발하게 연구되고 있는 Mind-Reading 기술, 뇌 활성화 영역 예측 기술, fMRI 기반 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 기술의 최근 연구 동향에 대하여 살펴보자.

3.1 fMRI 영상을 이용한 Mind-Reading

University of California, Berkeley의 J. Gallant 교수 연구팀은 사람이 다양한 객체의 사진을 보는 동안 촬영된 fMRI 데이터를 분석하여 실제 사람이 보고 있는 영상을 알 수 있도록 하는 뇌신호 분석 기법에 대한 결과[5]를 2008년 3월 Nature지를 통해 발표하였다. J. Gallant 교수 연구팀이 제안한 방법은 사람이 충분히 많은 양의(1750개) 일반적인 자연 영상을 보고 있는 동안 촬영된 fMRI 영상을 이용하여 복셀들의 뇌신경반응을 예측 가능한 수용장(Receptive-field) 모

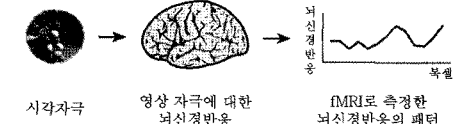
1 단계: 모델 추정
각각의 복셀에 대한 수용장 모델 추정



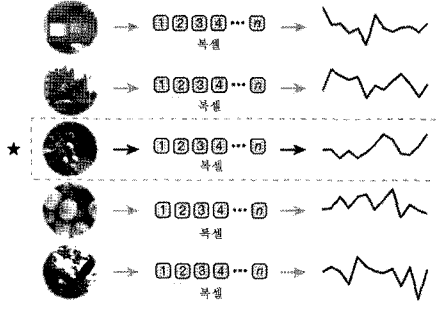
- 1730가지의 자연 영상을 보는 동안 촬영된 시각영역 (V1, V2, V3)의 fMRI 영상을 사용
- Gabor 웨이블릿 파라미터 기반의 수용장 모델 구축

- 120가지의 자연 영상을 보고 있는 동안 촬영된 fMRI 영상을 사용하여 상등 테스트
- 촬영된 fMRI 영상과 수용장에 의해 예측된 fMRI 영상을 비교하여 가장 유사한 영상을 찾아 사용자가 실제로 본 영상을 찾음

2 단계: 시각 자극에 대한 Mind-Reading
(1) fMRI를 사용하여 영상 자극에 대한 뇌신경반응 측정



(2) 사전에 정의된 자극에 사용할 영상에 대한 뇌신경 반응을 수용장 모델을 사용하여 예측



(3) 2단계의 (1)번 그림의 과정에서 측정된 뇌신경반응의 패턴과 (2)번 그림의 과정에서 예측된 뇌신경반응 패턴을 비교하여 가장 유사한 영상(★)을 실제 사람이 본 자극으로 선택

그림 8 수용장 모델 기반의 Mind Reading 방법[5]

텔을 구축하였다. 학습된 수용장 모델은 한 장의 영상이 주어졌을 경우, 이 영상을 Gabor 웨이블릿[6]에 적용시켜서 생성된 요소들에 대한 가중합에 의해 fMRI 상의 단일 복셀의 신경반응을 예측한다(그림 8의 1단계 참고). 이렇게 학습된 모델을 이용하여 다음의 세 단계에 의해 Mind Reading을 수행하게 된다. 첫 번째 단계에서는 특정 영상이 보여지는 동안 fMRI 영상을 촬영하여 해당 자극에 대한 뇌영상을 획득한다(그림 8의 2단계-(1)번 그림 참고). 두 번째 단계에서는 사전에 이미 가지고 있는 자극 영상에 Gabor 웨이블릿을 적용하고, 이를 학습된 수용장 모델에 적용하여 해당 자극에 대해 예측된 fMRI 영상을 획득한다(그림 8의 2단계-(2)번 그림 참고). 이 단계에서 획득한 fMRI 영상은 실제로 촬영된 영상이 아닌 Gabor 웨이블릿에 의해 분석된 영상 특징을 고려하여 예측되

어진 fMRI의 활성화 영상이다. 세 번째 단계에서는 1 단계에서 획득한 실제 fMRI 영상을 2단계에서 예측한 fMRI 영상과 비교하여 가장 유사한 자극으로 결정하여 실제 사람이 어떤 영상을 본 것인지를 판별한다. J. Gallant 교수 연구팀이 제안한 수용장 모델 기반의 Mind Reading 방법은 최대 92%의 인식률을 보였다.

3.2 fMRI 영상을 이용한 뇌활성화 영역 예측

J. Gallant 교수 연구팀이 시각 자극에 대한 뇌신경 반응을 예측하는 연구를 수행한 반면, Carnegie Mellon 대학의 T. Mitchell 교수 연구팀은 12가지 부류에 속한 60개의 단어 자극이 주어졌을 경우의 뇌신경반응을 예측하는 기술[7]을 개발하여 2008년 5월 Science에 보고하였다. T. Mitchell 교수 연구팀에서 발표한 기술은 사람이 해당 단어 자극이 주어졌을 경우 활성

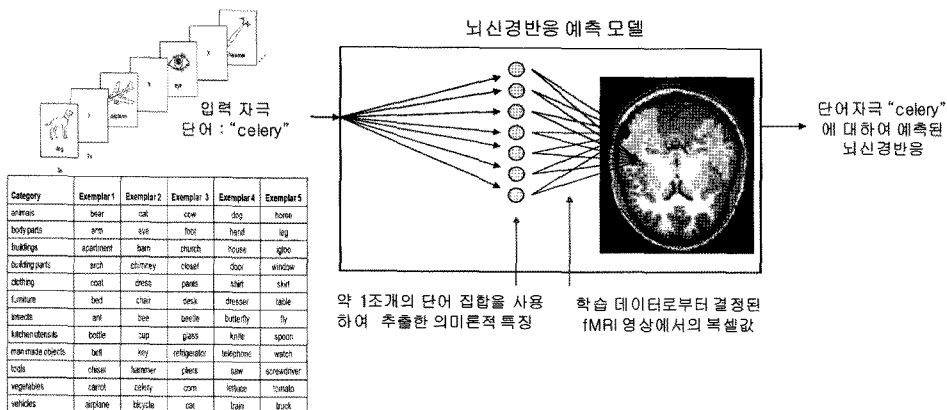


그림 9 단어 자극에 대한 뇌신경반응 예측 방법[7]

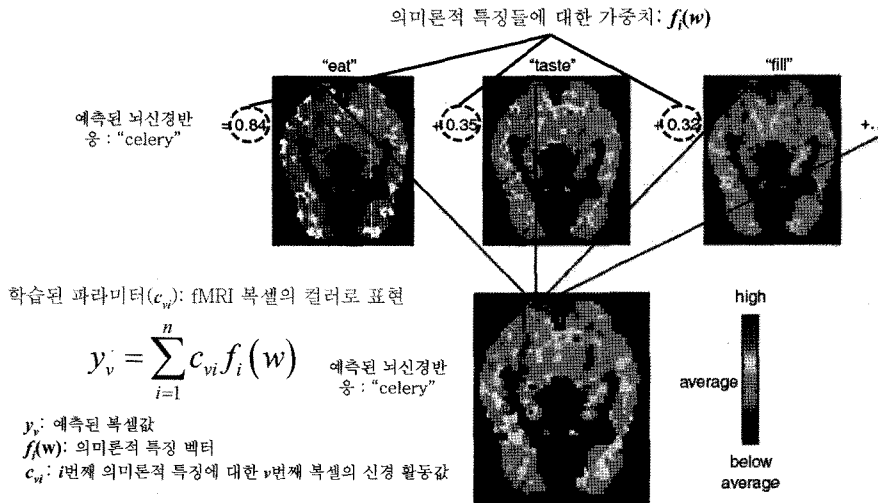


그림 10 "celery"에 대한 뇌신경반응 예측에 의해 획득한 fMRI 영상[7]

화 되는 fMRI 영상을 예측하기 위하여 25개의 동사 (see, hear, listen, taste, smell, eat, touch, rub, lift, manipulate, run, push, fill, move, ride, say, fear, open, approach, near, enter, drive, wear, break, clean, clean) 자극에 대한 fMRI 영상의 선형 조합으로 표현하였다 (그림 9). 실제로 단어 "celery"의 fMRI 영상을 예측하기 위해 제안된 방법을 사용하여 "eat", "taste", "fill" 등의 단어 자극에 대한 영상의 선형 결합으로 예측한 영상과 실제 촬영한 "celery"라는 단어 자극에 대한 fMRI 영상은 높은 상관관계(그림 10)를 보여 학계의 많은 관심을 받고 있다.

3.3 fMRI 영상을 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)

뇌를 통하여 기계, 컴퓨터, 로봇 등을 제어하는 BCI 기술[8]은 뇌신호만을 이용하여 외부장치를 제어할 수 있도록 하는 최신 기술로, fMRI 등의 뇌영상 장비

에 비해 휴대가 용이한 EEG나 MEG를 이용하여 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 EEG와 MEG는 공간해상도(Spatial Resolution)가 낮아 뇌신호를 측정하여 정밀한 제어를 요하는 분야로의 적용에 한계가 있기 때문에, 일부에서는 fMRI를 사용한 BCI 기술에 대해 연구하고 있다. 일본 Honda 기술연구소와 국제전기통신기초기술연구소(ATR)에서는 fMRI를 이용한 실시간 로봇 팔 제어 기술[9]을 지난 2005년에 발표하였다. 개발된 기술은 fMRI 뇌영상 정보를 분석하여 실시간으로 인간이 원하는 손의 움직임을 로봇이 그대로 표현 가능하게 하는 로봇 제어 시스템 기술이다. 이 시스템은 사용자가 fMRI 장치에 누워서 실제로 손의 모양을 가위, 바위, 보 모양으로 취하면, 이때의 뇌영상을 촬영하여 손의 움직임 제어와 관련된 뇌영역을 추출한다. 추출된 뇌영역에서 가위, 바위, 보 손모양에

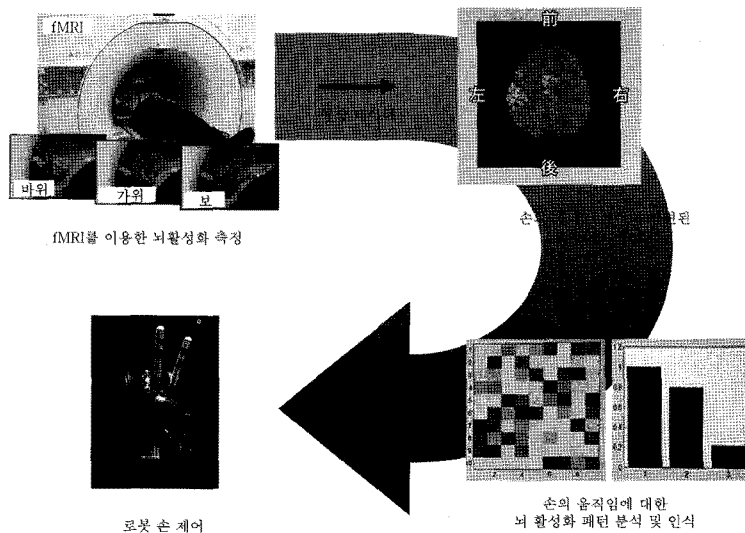


그림 11 일본 Honda 기술연구소, ATR의 fMRI 기반 실시간 로봇 팔 제어 기술

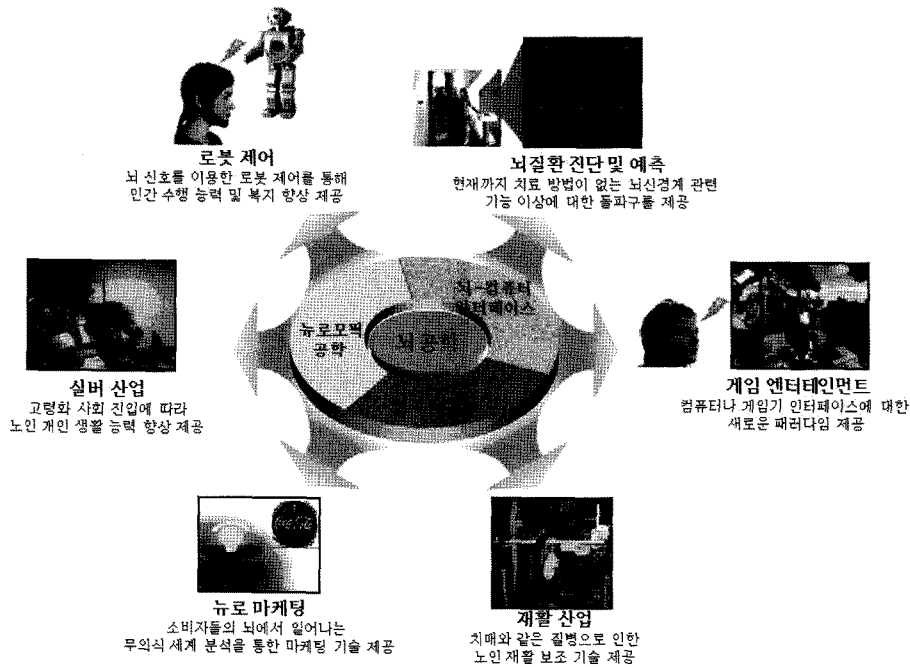


그림 12 뇌공학 분야의 기대효과 및 활용분야

대한 손의 움직임의 뇌 활성화 패턴을 분석 및 인식하여 최종적으로 로봇 손의 모양을 사람이 취하고 있는 손모양과 같은 형태로 조작하게 된다(그림 11). 개발된 시스템은 사용자의 동작에 대하여 약 5~7초간의 지연 시간을 가지면서 패턴 인식기의 분류 과정을 거쳐야 하는 제약 사항이 따르지만, 사람의 동작을 그대로 표현할 수 있는 매우 정교한 인터페이스로 관련 분야에 관심을 받고 있다.

4. 결론

현재 21세기 과학기술의 궁극적 목표는 신체적·심리적·사회적 측면에서의 인간의 수행 능력 향상(Human Performance)이며 위한 연구를 진행하는 것이며, 이를 위한 핵심 기술인 뇌공학 분야에 대하여 각국의 연구 기관에서 다양한 연구 계획을 수립하는 등, 전 세계적으로 뇌 연구에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 뇌공학이란 뇌의 고등 정보처리 구조와 원리를 이해하고, 이를 실세계와 지능적으로 상호작용하는 인공 시스템에 구현하는 기술을 연구하는 분야로, 인간의 뇌 또는 마음의 본질적 특성을 탐구하고, 정보와 지식을 획득·구성·활용하는 뇌정보처리 특성을 연구하는 인지 뇌과학, 뇌신경신호를 측정·분석하여 외부기기를 제어하고, 인간의 의사를 외부로 전달하는 방법을 연구하는 뇌-컴퓨터 인터페이스, 뇌의 정보처리과정 및 인지과정 메카니즘에 대한 이해를 바탕으로 뇌의 기능들을 모사하는 시스템을 구현

하는 뉴로모픽 공학 등의 다학제간 연구가 융합된 최신 학문 분야이다. fMRI 영상 분석 기술은, 이러한 뇌공학 분야에서도 뇌의 정보처리과정 및 인지 과정 메카니즘의 이해에 활용될 뿐만 아니라, 기존의 인공지능/패턴인식 기술이 접목되어 많은 분야에 활용될 수 있을 것이다(그림 12). 생각으로 움직이는 휠체어, 인공 보조 팔/다리 등의 개발을 통해 재활 및 실버 산업에 직접적으로 활용될 수 있다. 또한, 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술의 개발을 통해 기계나 게임기 조작에 대한 패러다임의 변화가 예상되며, 특히 뉴로모픽 공학과 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술을 기반으로 한 컴퓨터 게임과 재활 응용 시스템 개발로 게임 시장 및 의료 산업시장에 큰 영향을 미칠 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] P. Bandettini, "Functional MRI Today," International Journal of Psychophysiology, Vol. 63, No. 2, pp. 138-145, Feb. 2007.
- [2] <http://psychology.uwo.ca/fmri4newbies/Tutorials.html>
- [3] S. Huettel, A. Song, and G. McCarthy, Functional Magnetic Resonance Imaging, Sinauer Associates, 2004.
- [4] <http://kr.ibtimes.com/article/popnews/20080925/3522049.html>
- [5] K. Kay, T. Naselaris, R. Prenger, and J. Gallant, "Identifying Natural Images from Human Brain Acti-

- vity," Nature, Vol. 452, pp. 352-356, Mar. 2008.
- [6] T. Lee, "Image Representation using 2D Gabor Wavelets," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, pp. 959-971, 1996.
- [7] T. Mitchell, S. Shinkareva, A. Carlson, K. Chang, V. Malavve, R. Mason, and M. Just, "Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns," Science, Vol. 320, pp. 1191-1195, May 2008.
- [8] M. Lebedev and M. Nicolelis, "Brain-Machine Interfaces: Past, Present and Future," Trends in Neuroscience, Vol. 29, No. 9, pp. 536-546, 2006.
- [9] <http://world.honda.com/news/2006/c060524New-BrainMachine/>
- [10] D. Cox and R. Savoy, "Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) - Brain Reading: Detecting and Classifying Distributed Patterns of fMRI Activity in Human Visual Cortex," NeuroImage, Vol. 19, pp. 261-270, 2003.
- [11] Y. Kamitani and F. Tong, "Decoding the Visual and Subjective Contents of the Human Brain," Nature Neuroscience, Vol. 8, No. 5, pp. 679-685, May 2005.
- [12] J. Haynes and G. Rees, "Predicting the Orientation of Invisible Stimuli from Activity in Human Primary Visual Cortex," Nature Neuroscience, Vol. 8, No. 5, pp. 686-691, May 2005.



석흥일

2004 부경대학교 멀티미디어공학과(학사)
 2004~2005 Computer and Vision Research Center,
 University of Texas, Austin 방문 연구원
 2007 부경대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2008~현재 고려대학교 컴퓨터·통신공학부 박사과정

관심분야: 기계학습, 뇌공학, 컴퓨터 시각 등
 E-mail : hisuk@image.korea.ac.kr



조성식

2006 배재대학교 정보통신공학과(학사)
 2008 고려대학교 컴퓨터학과(석사)
 2008~현재 고려대학교 컴퓨터·통신공학부 박사과정

관심분야: 컴퓨터시각, 인간행동분석, 뇌공학 등
 E-mail : sscho@image.korea.ac.kr



이성환

1984 서울대학교 계산통계학과(학사)
 1986 KAIST 전산학과(석사)
 1989 KAIST 전산학과(박사)
 1989~1995 충북대학교 컴퓨터과학과 조교수
 2001~2002 MIT Brain and Cognitive Sciences 학과 방문교수

1995~현재 고려대학교 컴퓨터·통신공학부 정교수
 관심분야: 패턴인식, 컴퓨터 시각, 뇌공학 등
 E-mail : swlce@image.korea.ac.kr

NVRAMOS 2009 Spring

- 일 자 : 2009년 4월 23~25일
- 장 소 : 제주하얏트리젠시호텔
- 주 최 : 한국정보과학회
- 문 의 : 조직위원장 원유집 교수 02-2220-0579