

# 소프트 컴퓨팅 기법을 이용한 인공 두뇌 모델

## Artificial Brain Model Using Soft Computing Method

김성주, 김종수, 김용민\*, 전홍태  
중앙대학교 전자전기공학부

\* 충청대학 컴퓨터학부

Seong-Joo Kim, Jong-Soo Kim, Yong-Min Kim\*, and Hong-Tae Jeon  
School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang university  
Dept. of Computer Science, Chung-Cheong University  
E-mail : ksj1212@ms.cau.ac.kr

### 요 약

가장 완벽한 지능형 모델로 알려져 있는 두뇌는 인공 지능을 구현하기 위해 이해되어야 하는 많은 내용을 지니고 있다. 하지만, 현재까지는 두뇌의 생물학적인 정보처리 메커니즘은 극히 일부분에서 밝혀졌고 대부분의 내용은 추측이나 가정으로 설명되고 있다. 이미 밝혀진 두뇌의 정보처리 메커니즘에 기반한 정보처리 시스템은 다양한 응용 분야에 활용되어 지금의 시스템보다 월등한 성능을 보일 것으로 예상된다. 이에, 본 논문에서는 두뇌의 생물학적 흐름을 카테고리 별로 정리하였으며 이를 구현할 수 있는 소프트 컴퓨팅 기법을 소개한다. 다양한 소프트 컴퓨팅 기법을 이용하여 구현된 인공 두뇌 모델은 정보처리 과정에서 자율적이며, 효과적인 정보처리 성능을 보여줌을 알 수 있다. 이는 인공 지능 시스템의 새로운 도약에 필요한, 정형화된 모델로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

시스템 제어 문제에 있어서 정보의 처리 및 전달은 제어기에서 담당하는 역할이며, 고전 제어의 경우 다양한 처리를 통해 입력에 대한 의미를 정의하고 이를 기반으로 출력을 제어하는 과정을 수행하였다. 결국, 입력은 특성을 분석하는 의미로 사용되며 적절히 처리된 입력은 출력을 결정하는 정보가 되고 정보에 대한 해석은 출력을 결정하는 요소가 되는 것이다.

공학적인 의미에서 살펴본다면 위와 같이 입력, 출력, 제어기에 대한 의미를 설명할 수 있지만, 생물학적으로 입력을 분석하고 정보를 처리하거나 전달하며 출력을 제어하는 모델인 두뇌의 정보처리 메커니즘에 비교한다면 현재의 공학적인 정보처리 방식 및 제어기의 성능은 극히 미약한 수준이라고 할 수 있다. 이런 이유에서 최근

많은 공학자들은 생물학적인 뇌의 정보처리 개념에 대한 규명을 시도하고 있으며, 실제 공학적인 모델로 개발하여 설명하고 구현하는 연구를 진행하고 있다. 향후에는 뇌정보처리 메커니즘에 기반한 감각정보 및 감정정보를 통한 새로운 개념의 정보융합 기술을 토대로 인지와 행동을 구현할 것으로 예상된다. 하지만, 기존의 다양한 정보처리 분야[1-5]에서의 감각정보 처리 기술, 감성 인식 등 감정 평가 기술은 통합된 모델로 활용하기에는 부족한 면이 존재한다. 다시 말하면, 뇌의 정보처리는 입력에서부터 정보의 처리 및 가공을 통해 출력을 도출하는 과정이 통합된 구조에 의해 일괄적으로 처리된다는 특징이 있는 반면에 현재의 공학 기술은 뇌의 기능 중에서 극히 일부분을 공학적인 모델로 마련하는 수준에 그친다는 것이다. 결과적으로 뛰어난 감각 인식 기술이 개발되어도 개발 성과가 인간과 같은 수준으로 감

각에 대한 반응을 지능적으로 결정할 수 있는 능력은 부재하다는 것이다. 그렇기 때문에, 감각정보 처리 기술과 감정 평가 기술 등을 통합하여 처리할 수 있으며 처리된 결과를 판단 기준으로 사용하는 정보처리 모델을 설계해야 한다. 이로써 정보인식에 대한 결과들을 상위 수준의 정보로 전달하여 출력에 반영되도록 하는 모델을 마련할 수 있다. 개발된 모델은 향후 향상되는 감각처리 또는 감정정보 처리 기술을 접목하여 출력을 도출하는 과정을 발전시킬 수 있는 토대가 될 것이다.

이에, 본 논문에서는 생물학적인 두뇌의 정보처리 메커니즘을 해석하고 공학적인 개념의 정립과 정보처리 흐름을 규명하고 정의함으로써 출력에 반영할 수 있는 구조의 설계를 통해 최종적으로는 뇌 정보처리 메커니즘에 기반한 레이어를 설계하여 범용으로 사용될 수 있도록 하고자 한다. 본 논문에서 설명되는 레이어 구조는 공학적인 분야는 물론 생물학적 뇌 연구에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 생물학적 뇌정보처리 메커니즘

뇌의 정보처리 메커니즘은 현재까지 밝혀진 바에 의하면 수평, 수직 방향의 신경조직들에 의해 이루어지며 상호간의 연관성이 매우 높고 각기 독립적인 성격도 강하다[6]. 생물학적으로 살펴본 뇌의 구성 요소는 여러 신경조직들로 표현되는 조직들과 조직들이 모여 이루어진 단일한 덩어리 형태의 영역으로 구분할 수 있다. 조직을 이루고 있는 세포들은 다양한 형태를 띠고 있으며 기능도 매우 다양한 것으로 알려져 있다. 또한, 조직의 세포들은 상호 연결되어 신호를 전달하는 데 그 전달 방식은 매우 다양하다. 이렇게 다양한 세포들의 연결과 정보처리를 근간으로 영역을 이루게 되고 영역은 또다시 다른 영역과 복잡한 구조로 연결되어 있으며 많은 정보들을 동시에 처리하는 것이다. 한마디로 표현한다면, 두뇌의 구조는 매우 복잡하게 연결되어 있고 그 안에서 이루어지는 정보처리는 방식과 범위에 있어서 매우 광범위하다고 할 수 있다.

### 2.1 대뇌피질의 대표적 구조

대뇌피질은 모두 층판 구조를 하고 있으며, 동형피질(isocortex)은 표면쪽에서부터 백색질 쪽으로 I층에서 VI층까지 6개의 층으로 구분할 수 있다. I층은 분자층(molecular layer)이라고 하며, II층은 외과립층(external granular layer), III층은 외피라미드층(external pyramidal layer), IV층은

내과립층(internal granular layer), V층은 내피라미드층(internal pyramidal layer), VI층은 다형층(multiform layer)이라고 한다. VI층 바깥쪽으로는 대뇌백색질(cerebral white matter) 또는 수질중심(medullary center)이 있으며 이 부분에는 대뇌피질에서 나오거나 대뇌피질로 들어가는 축삭 다발이 위치해 있다(그림 1).

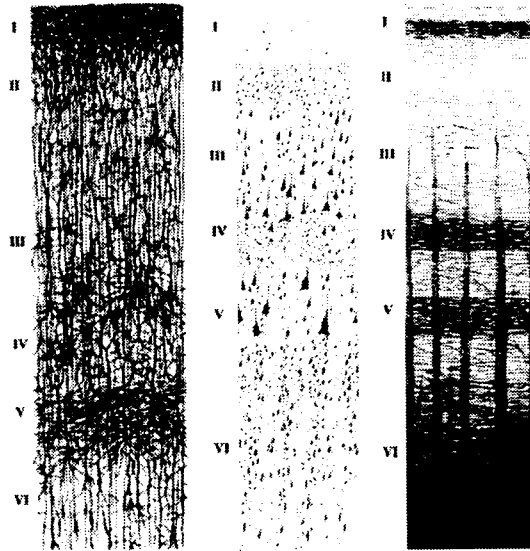


그림 1. 대뇌피질의 다층구조

Fig. 1. Multi-layer structure of cerebral cortex

### 2.2 피질구조에 따른 정보처리 흐름

대뇌피질로 들어오는 섬유는 시상에서 들어오는 시상피질섬유(thalamocortical fiber)와 다른 피질 부위에서 들어오는 피질간섬유 그리고 시상을 통하지 않고 피질하구조에서 직접 대뇌피질로 들어오는 시상외피질하섬유가 있다(그림 2).

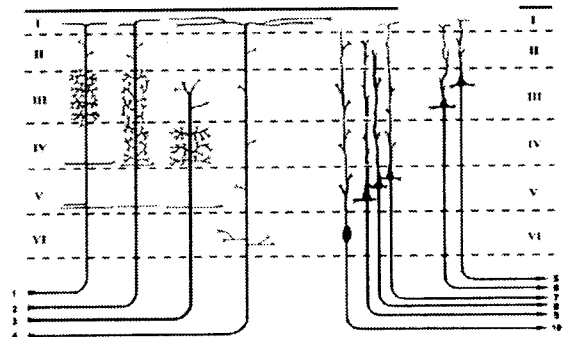


그림 2. 대략적인 대뇌피질 구심섬유의 종지층과 원심신경원의 위치

Fig. 2. Approximated positions of the end of afferent fiber and neuron of cerebral cortex

### 3. 뇌정보처리의 기능적 해석

그림 3에 보이는 바와 같이 대뇌피질은 크게 세 가지 영역으로 구분된다. 감각영역은 감각피질을 의미하며 시각, 청각, 체감각 등에 대하여 각기 감각에 적합한 처리를 1-4차 영역을 마련하여 진행하는 기능을 수행한다. 여기서 주의해야 할 것은 감각에 대한 처리가 높은 수준에서 이루어지는 개념이 아니라는 점이다. 감각피질에서 일어나는 감각 처리는 낮은 수준에서의 개념으로 각각의 감각에 대한 특징을 표현할 수 있는 범위 내에서 진행되며 진행 방식은 감각의 종류에 따라 다르다.

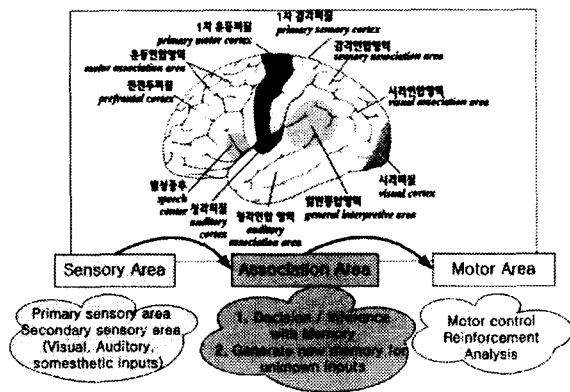


그림 3. 대뇌피질의 기능 정의

Fig. 3. Definition of functions in the cerebral cortex

본 논문에서는 대뇌피질의 생리학적 분석 및 특징에 대한 규명 결과를 공학적으로 이용하기 위해 신경회로망을 이용한 공학적 모델을 제시하였다. 공학적 모델은 크게 세 가지의 모델로 구분할 수 있다. 첫 번째는 감각에 대한 인식 및 학습을 진행하기 위한 기본적인 감각 인식 및 학습 모델이고, 두 번째 모델은 첫 번째 모델에서 학습된 결과를 연합하기 위한 감각연합영역 모델이며, 세 번째는 이전 기억 내용에 없는 새로운 감각에 대한 인식을 진행하고 새로운 기억을 생성할 수 있는 파페츠 회로 모델을 개발하였다.

## 4. 공학적 모델

### 4.1 인공 대뇌피질 모델

본 논문에서는 그림 4와 같은 시각/청각 인식 및 학습 모델을 마련하였으며, 부수적으로 필요한 기억 정보 관리 흐름과 운동에 대한 모델을 동시에 제안하였다.

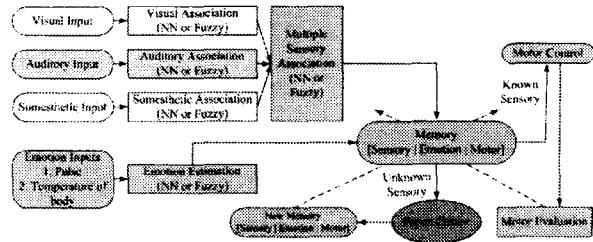


그림 4. 인공 대뇌피질 모델

Fig. 4. Artificial cerebral cortex model

인공 대뇌피질 모델에서는 감각 처리 모듈과 다중의 감각을 연합하는 모듈을 통해 인식 및 학습을 진행한다. 여기에는 다중 신경회로망을 기반으로 하는 모듈과 신경회로망을 사용하였다.

기억 내용에 대한 검색 및 확장을 모델링하기 위해 감정 요소를 정의하여 사용하였다. 또한, 새로운 감각에 대한 기억 내용의 생성에는 생리학적으로 밝혀진 변연체에 존재한다고 알려져 있는 파페츠 회로의 기능이 필요하며 이를 위해서는 Adaptive Resonance Theory(ART)를 사용하여 구성하였다. ART를 이용하여 메모리의 관리 또한 가능하게 된다. 파페츠 회로의 기능은 주로 감정적인 요인을 평가하여 감각 인식에 영향을 미치며 이는 행동을 결정하는 단계에도 영향을 미친다.

공학적으로는 입력과 출력의 관계가 특정 규칙이나 조건에 고정되어 있는 경우가 대부분이지만 생물학적 개념의 감정을 고려한 감각 인식 과정을 공학적으로 응용한다면 상황에 따른 유동적인 출력을 도출할 수 있게 된다.

본 논문에서는 생물학적으로 규명된 다양한 기능들을 포괄하여 공학적인 모델로 제시하고자한다.

### 4.2 대뇌피질 레이어

대뇌피질의 기능적 영역을 살펴보면 감각을 처리하는 영역, 감정을 평가하는 영역, 학습을 진행하는 영역 그리고 운동을 계획하고 진행하는 영역으로 크게 구분할 수 있다.

본 논문에서는 이를 규격화된 도구로 제시하고자 그림 4와 같은 레이어를 설계하였다. 레이어 구조는 각 층마다 특정한 기능을 수행하도록 정의하였으며 그 흐름은 생물학적인 정보처리의 원리에 충실하여 구현하였다.

현재 많은 분야에서 밝혀진 공학적인 정보처리 모델 및 기술들을 이용하여 그 내용을 적용하거나 새로운 기술을 접목한 모델로 발전시키는 과정에 본 논문에서 제시한 대뇌피질 레이어는 매우 중요한 역할을 할 것이다.

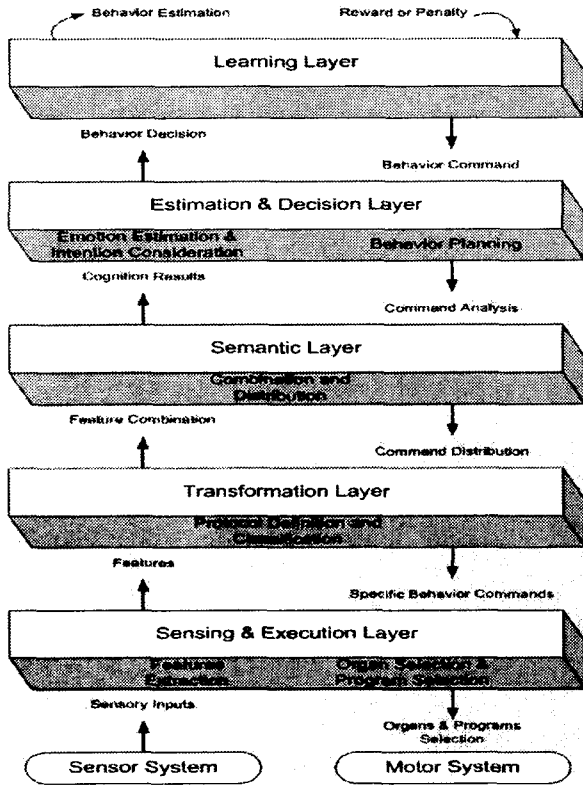


그림 5. 인공 대뇌피질을 위한 레이어 구조  
 Fig. 5. Layer structure for artificial cerebral cortex

현재 본 논문에서 제안한 레이어 구조를 적용하여 기억 내용에 대한 검색 및 생성 실험을 진행하고 있으며, 각종 감각에 대한 처리는 논문[7-9]으로 이미 발표된 바 있다.

### 5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 다양한 입력에 대한 처리와 시스템의 자가 학습을 통한 성장형 시스템의 설계에 핵심으로 사용될 수 있는 공학적인 모델을 생물학적인 뇌 정보처리 매커니즘에 기반하여 구현하였다. 구현된 모델의 핵심 흐름을 정리하고 표준화한 형태의 레이어를 제시함으로써 향후 관련 연구의 토대를 제공하였다.

또한, 각종 감각처리, 운동 계획 및 실행에 따른 평가, 자율 학습의 개념에 응용하여 실험을 진행할 수 있을 것으로 기대된다.

### 6. 참고문헌

[1] Korner, E., Matsumoto, G., "Cortical architecture and self-referential control for brainlike computation," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol 21, Issue : 5, 2002, pp. 121-133.  
 [2] Amit Konar, *Artificial Intelligence Modeling of*

*the Human Brain*, CRC Press, 1999.

[3] Brian A. Wandell, Abbas El Gamal, and Bernd Girod, "Common Principles of Image Acquisition Systems and Biological Vision," *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, no. 1, pp. 5-17, Jan. 2002.  
 [4] Karl Friston, "Learning and Inference in the Brain," *Neural Network*, vol. 16, pp.1325-1352, 2003.  
 [5] Samir Shah and Martin D. Levine, "Visual Information Processing in Primate Cone Pathway - Part I: a Model," *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, vol. 26, no. 2, pp.259-274, Apr. 1996.  
 [6] 이원택, 박경아, *의학신경해부학*, 고려의학, 1996.  
 [7] 김성주, 김용민\*, 김성현\*\*, 전홍태, "감정을 고려한 감각 정보 처리 학습", *한국퍼지및지능시스템학회 학술대회 논문집*, Vol. 13, No. 1, pp. 225-228, 2003.  
 [8] 김병관, 김성주, 조현찬, 전홍태, "감정변화가 행동에 미치는 영향을 고려한 모델", *한국퍼지및지능시스템학회 학술대회 논문집*, Vol. 13, No. 1, pp. 69-72, 2003.  
 [9] 서재용, 김성주, 연정흠, 전홍태, "신경회로망과 퍼지 인지 맵(FCM)을 이용한 대뇌피질의 정보처리 모델", *한국퍼지및지능시스템학회 학술대회 논문집*, Vol. 13, No. 1, pp. 73-77, 2003.