

두뇌 기능 구현을 위한 뇌 정보처리의 공학적 해석

Scientific Analysis of Brain-Information processing for Function Generation of Brain

임성빈, 최우경, 김성주*, 하상형, 전홍태
중앙대학교 전자전기공학부
*(주)멀티채널랩스

Seong-Bin Lim, Woo-Kyung Choi, Seong-Joo Kim*, Sang-Hyung Ha,
Hong-Tae Jeon

School of Electrical & Electronic Engineering, Chung-Ang university

*MultiChannel Labs Co., Ltd.

E-mail : biny98@korea.com

요 약

현존하는 정보처리 시스템 중에서 가장 뛰어난 성능을 지니고 있는 것은 인간의 두뇌라고 할 수 있다. 두뇌의 정보처리 메커니즘을 보다 정확하게 구현할 수 있는 시스템은 입력에 대한 정확한 인지 능력, 상황 판단 능력, 학습 및 추론 능력, 출력의 결정 능력 등의 성능 구현은 물론이며, 감정과 비교될 수 있는 시스템의 상태를 평가하여 판단 및 결정에 적용함으로써 매우 뛰어난 지능형 시스템이 될 수 있다. 이러한 뇌 정보처리 시스템의 구현에 앞서 본 논문에서는 생물학적인 대뇌 피질의 구조를 살피고 정보의 처리 영역을 고찰하고 정보의 흐름을 소개하였으며 이를 바탕으로 뇌 정보처리 메커니즘을 공학적인 측면에서 해석해 보았다. 특히, 뇌 영역의 기능 및 구조적인 특징, 정보의 처리과정 등을 공학적으로 해석하였으며 이는 뇌의 기능을 모방한 공학적인 모델을 구현하는데 있어서 기초가 될 것이다.

Key words : Artificial Intelligence, Brain Science, Learning, Inference

I. 서론

생물학적 뇌 정보처리 메커니즘을 보다 정확하게 구현할 수 있는 시스템은 입력에 대한 정확한 인지 능력, 상황 판단 능력, 학습 및 추론 능력, 출력의 결정 능력 등의 성능 구현은 물론이며, 감정과 비교될 수 있는 시스템의 상태를 평가하여 판단 및 결정에 적용함으로써 매우 뛰어난 지능형 시스템이 될 수 있다[1].

공학적인 의미에서 살펴본다면 정보 처리 과정을 입력의 처리, 정보의 전달, 제어 입력의 결정에 대한 의미로 정의할 수 있지만 생물학적으로 입력을 분석하고 정보를 처리 및 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 뇌 정보처리 메커니즘에 기반한 감각 정보 및 감정 정보를 통한 새로운 개념의 정보융합 기술을 토대로 인지와 행동을 구현할 것으로 예상되지만 기존의 다양한 정보처리 분야에서의 감각정보 처리 기술, 감성 인식 등 감정 평가 기술은 통합된 모델로 활용하기에는 부

죽한 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[1].

그렇기 때문에, 감각정보 처리 기술과 감정평가 기술 등을 통합하여 처리할 수 있으며 처리된 결과를 판단 기준으로 사용하는 체계하는 정보처리 모델을 설계해야 한다. 이에, 본 논문에서는 생물학적인 두뇌의 정보처리 메커니즘을 해석하고 공학적인 개념의 정립과 정보처리 흐름을 규명하고 정의하였으며, 이는 뇌의 기능을 모방한 정보처리 모델을 구현하는데 있어서 기초가 될 것이다.

II. 본론

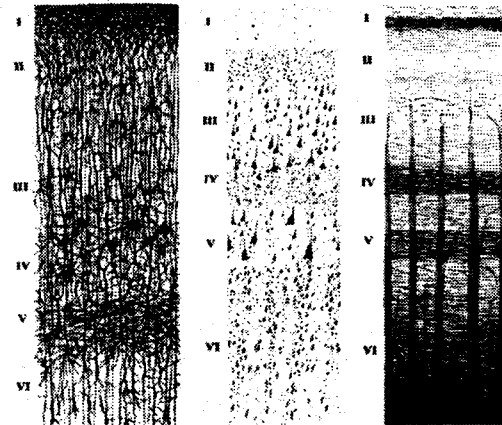
뇌의 정보처리 메커니즘은 현재까지 밝혀진 바에 의하면 수평, 수직 방향의 신경조직들에 의해 이루어지며 상호간의 연관성이 매우 높고 각기 독립적인 성격도 강하다[2]. 생물학적으로 살펴본 뇌의 구성 요소는 여러 신경조직들로 표현되는 조직들과 조직들이 모여 이루어진 단일한 덩어리 형태의 영역으로 구분할 수 있다. 조직을 이루고 있는 세포들은 다양한 형태를 띠고 있으며 기능도 매우 다양한 것으로 알려져 있다. 또한, 조직의 세포들은 상호 연결되어 신호를 전달하는데 그 전달 방식은 매우 다양하다. 이렇게 다양한 세포들의 연결과 정보처리를 근간으로 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.

본 논문에서는 뇌의 기능과 내부의 정보처리 방식을 이해하기 위해 생물학적인 뇌의 개념과 구조를 보다 세분하여 살펴보고자 한다. 생물학적으로 밝혀진 뇌의 전반적인 구조 및 특징[2]을 모두 살펴보는 것은 그 내용이 너무 방대하기 때문에 본 논문에서 정의하고 공학적으로 해석할 필요가 있는 부분에 대해서 그 내용을 정리하였다.

2.1. 대뇌 피질 층판 구조

대뇌피질은 모두 층판 구조를 하고 있으며,

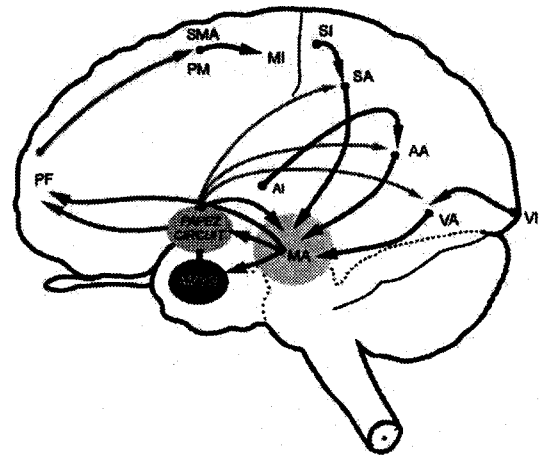
동형피질(isocortex)은 표면 쪽에서부터 백색질 쪽으로 I층에서 VI층까지 6개의 층으로 구분할 수 있다. I층은 분자층(molecular layer)이라고 하며, II층은 외과립층(external granular layer), III층은 외피라미드층(external pyramidal layer), IV층은 내과립층(internal granular layer), V층은 내피라미드층(internal pyramidal layer), VI층은 다형층(multiform layer)이라고 한다. VI층 바깥쪽으로는 대뇌백색질(cerebral white matter) 또는 수질 중심(medullary center)이 있으며 이 부분에는 대뇌피질에서 나오거나 대뇌피질로 들어가는 축삭 다발이 위치해 있다<그림 1>.



< 그림 1. 대뇌피질의 다층구조 >

2.2. 생물학적인 뇌 정보처리 메커니즘

대뇌피질에서 이루어지는 정보처리 과정을 영역과 흐름 측면에서 설명하면 <그림 2>와 같이 표현할 수 있다.



< 그림 2. 대뇌피질의 개괄적 정보흐름 >

일차감각영역에서 일차 분석이 이루어지고 감각연합영역에서 과거의 경험과 비교 분석되어

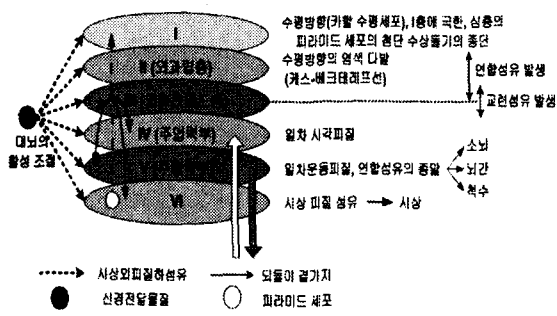
각각의 감각에 대한 최종 인식이 이루어진다. 다중감각연합영역(MA)에서 최종 분석된 시각 자극, 청각 자극, 체감각 자극이 종합되며, 최종적으로 사물의 인식이 이루어진다. 인식된 정보는 전전두엽피질(PF)에서 행동에 대한 예지와 판단을 수행하고 보완운동영역(SMA)과 전운동영역(PM)에서 운동에 대한 세세한 계획을 수립한다. 이는 일차운동영역(MI)을 거쳐 반응으로 전환된다. 만약, 다중감각연합영역 부분에 와서도 과거 경험에 없는 새로운 자극의 경우에는 변연계의 파페츠회로를 거쳐 새로운 기억회로에 들어간다. 또한, 과거 경험에서 중요했던 자극은 편도체복합체(AMYG)로 들어가 감정을 동반한 후에 전전두엽피질과 운동영역을 거쳐 특정한 행동 반응으로 나타난다. 이 때, 새로 기억되는 기전에서도 중요하다고 생각되는 것은 편도체복합체를 통해서 파페츠회로로 감정을 더해지게 되어 기억을 강화하는 과정을 거친다. 기억회로를 거친 정보는 연합영역에 저장되어 이후의 입력에 대한 반응을 결정하는 과정에 사용된다[3].

3.3. 뇌 정보처리의 해석 및 정의

뇌의 정보처리는 대부분 뇌의 영역 전반에서 상호 협조적이며 유기적인 관계로 연관되어 진행된다. 인간의 경우에는 뇌의 대뇌피질 영역에서 주요 정보처리가 이루어지며 생물학적으로는 6개의 층으로 구분된다.

각 층간의 연결은 뇌의 신경조직에 의해 연결되어 있으며, 각 층은 특별한 기능을 수행하고 있는 것으로 밝혀져 있다[2].

이를 그림으로 설명하면 그림 3과 같이 도식화할 수 있다.



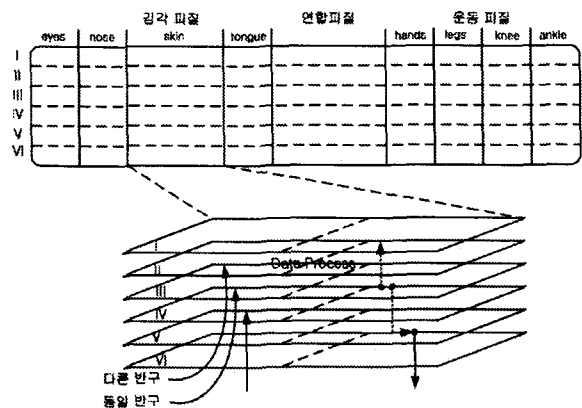
< 그림 3 대뇌피질 6층 구조의 해석 및 정의 >

<그림 3>에서는 대뇌피질의 영역과 정보의 흐름을 수평 방향으로 분류하는 동시에 수직 방향으로 분류하여 설명한 그림이다.

수평 방향으로는 대뇌피질의 영역은 크게 감각, 연합, 운동피질로 구분되어 있으며 각 피질

은 감각호문쿨로스, 운동호문쿨로스에서 분류된 바와 같이 영역이 해당하는 생체 기관과 일치하도록 구분할 수 있다. 또한, 각 영역은 감각의 처리에 필요한 특징을 추출하는 영역이 별도로 존재할 것으로 여겨진다. 예를 들면, 시각에 대한 정보를 처리하는 감각피질은 '눈'과 연결되어 있는 부분일 것이며, 여기에는 색상, 형태, 움직임 등의 특징을 처리하는 영역이 각기 존재할 것이다. 따라서 수평 방향으로 나누어진 영역의 수직 방향으로의 정보 흐름을 정리하면 <그림 4>와 같이 확장된 그림으로 표현이 가능하다. 이는 대뇌피질 6층의 각 영역에서 처리하는 정보의 종류 및 연결되는 신경의 종류 등을 종합하여 해석한 것이다.

<그림 4>는 생물학적인 뇌 정보처리 흐름을 해석하여 각 층의 역할에 따른 흐름을 표현한 것이다. 이는 공학적인 해석을 거쳐 정보를 전달하는 흐름으로 이해될 수 있다.

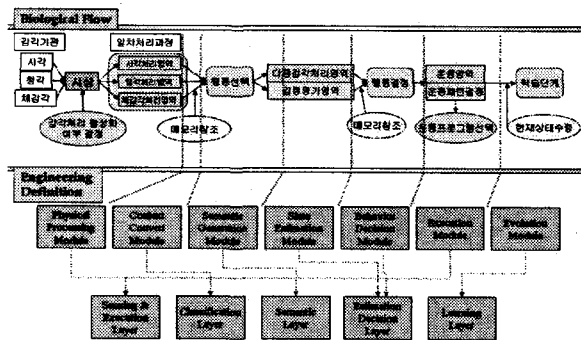


< 그림 4. 수평-수직 방향 정보 흐름 >

3.4. 뇌 구조 전반의 흐름에 대한 공학적 정의

생물학적인 정보처리 흐름의 과정을 모방하기 위해 각 흐름 단위의 세부 처리 모듈을 마련하게 되는데 정보처리의 흐름은 하위 수준의 처리 단계부터 상위 수준의 처리 단계까지 각각 처리하는 정보의 종류 및 처리 방식의 차이를 통해 구분하게 된다. 공학적인 개념에서 보면 하위 수준의 정보처리는 언어적으로 통용되는 의미의 정보가 아닌 신호나 기호 수준의 정보처리를 말하는 것이며 상위 수준의 인간의 언어적인 개념에서 통용되는 수준의 처리를 말한다. 즉, 시각 정보에 대한 처리를 수행한다면 언어적인 개념의 빨간색에 해당하는 것은 상위 수준을 의미하며, RGB 또는 화소 개념의 처리는 하위 수준의 처리를 의미하는 것이다. 이와 같이 정보처리 전반에 걸쳐 그 영역과 흐름을 하위 수준에서 상위 수준으로 분류하고 그 사이에 존재하는 흐

를 공학적으로 정의하는 것이다. 따라서 공학적 모델은 하위 수준의 처리 모듈, 중위 수준의 처리 모듈, 상위 수준의 처리 모듈이 각각 존재하고 각 모듈 사이의 흐름을 정의하여 완성하게 된다. 흐름은 크게 통합과 분산의 개념으로 정리할 수 있다. 감각 정보 및 감정 정보에 대한 인식 또는 인지 과정을 살펴보면, 하위 수준으로 분류되는 세부 모듈에서 처리된 정보들은 상위 수준으로 올라가면서 통합되는 과정으로 설명이 가능하다. 반대로 행동의 결정에서 동작의 구현까지의 과정은 상위 수준의 행동 명령이 세부 운동 기관의 실제 동작 명령으로 분산되면서 전달되는 개념으로 설명할 수 있다. 시스템 측면에서 살펴본다면, 세부적인 특징에 대한 처리 결과가 융합되어 의미를 지니는 정보로 발전해 가는 흐름과 언어적 의미의 명령이 분산되어 출력 시스템의 입력 신호로 전달되는 흐름으로 정의할 수 있다. 시스템을 통해 구현하는 과정에는 정보의 흐름과 관련된 전송 데이터의 형식, 송수신단의 프로토콜 정의, 정보의 분류 표시 등이 마련되어야 한다.



< 그림 5. 생리학적 기능의 공학적 정의 >

<그림 5>는 생물학적인 정보처리 흐름을 공학적인 개념으로 정의하여 정리한 것이다.

영역의 구분이 아닌 정보처리의 흐름에 따라 생물학적인 정보처리 흐름을 공학적인 세부 모듈을 통해 정의하였으며, 실제 구현을 위해 범용성을 고려한 통합 레이어 형식으로 재정의 하였다.

III. 결론

본 논문에서는 생물학적인 대뇌 피질의 구조를 살피고 정보의 처리 영역을 고찰하였으며 정보의 흐름을 설명하고 생물학적인 뇌 정보처리 메커니즘을 공학적인 측면에서 해석하였다. 특히, 뇌 영역의 기능 및 구조적인 특징, 정보의

처리 과정 등을 공학적인 개념으로 해석하였으며 이는 뇌의 기능을 모방한 공학적 모델을 구성할 수 있도록 접근하는 바탕을 마련한 것이다.

감사의 글 : 본 연구는 뇌신경정보학 연구사업에 의해 지원받았습니다.

IV. 참고문헌

- [1] 김종수, 김성주, 김성현, 김용민, 전홍태, “지능형 정보처리 모듈 설계”, 한국퍼지 및 지능시스템 학회 2004년 추계학술대회, pp.419-414
- [2] 이원택, 박경아, *의학신경해부학*, 고려의학, 1996.
- [3] 김성주, 김용택, 서재용, 전홍태, “신경회로망을 이용한 파페츠회로 구현”, 한국퍼지 및 지능시스템 학회 2002년 추계학술대회, pp.175-178.
- [4] S. McKenna, S. Gong and Y. Raja, Modelling facial colour and identity with gaussian mixtures, *Pattern Recognition*, Vol. 31, No. 12, pp. 1883-1892, 1998.
- [5] Y. Raja, S. McKenna and S. Gong, *Colour model selection and adaptation in dynamic scenes*, European Conference on Computer Vision, Freiburg, Germany, 1998.
- [6] Y. Raja, S. McKenna and S. Gong, *Segmentation and tracking using colour mixture models*, Asian Conference on Computer Vision, Hong Kong, 1998.
- [7] R. C. Nelson, “Qualitative detection of Motion by a Moving Observer,” *International Journal of Computer Vision*, Vol. 7, No. 1, pp. 33-46, 1991.