

신경회로망과 퍼지 인지 맵(FCM)을 이용한 대뇌피질의 정보처리 모델

Information Process Model of Cerebral Cortex Using Neural Network and Fuzzy Cognitive Map

서재용, 김성주*, 연정흠*, 전홍태*
한국기술교육대학교 정보기술공학부
*중앙대학교 전자전기공학부

Jae Yong Seo, Seong Joo Kim*, Jung Heum Youn*, and Hong Tae Jeon*
School of Information and Technology, Korea Univ. of Tech. and Edu.

*School of Electrical and Electronics Eng., Chung-Ang University
(ksj1212@ms.cau.ac.kr)

ABSTRACT

신경생리학적으로 밝혀진 바에 의하면, 대뇌의 시상에서 분포한 일차 감각영역에서 감각 정보를 수집한다. 수집된 감각 정보는 과거 기억과의 비교를 통해 인식되고 인식된 정보는 일차 운동영역으로 전달되어 행동으로 나타난다.

수집된 감각 정보를 판단하는 기관은 감각 연합 영역으로 알려져 있으며, 과거 정보를 통해 비교하여 판단하는 방식이다. 하지만, 과거 기억 정보로 존재하지 않는 새로운 감각 입력에 대해서는 대뇌피질 내의 파페츠 회로를 통해 새로이 기억하게 된다. 이 과정에는 변연계의 편도체(Amygdala)의 감정 반응을 이용하여 강한 감정 반응을 유도하는 감각 입력에 대해서는 강한 기억을 하게 되고, 반대의 경우에는 약한 기억을 하게 되는 특징이 고려된다. 본 논문에서는 기억되지 않은 새로운 감각 자극에 대해 감정 반응 정도에 따라 기억되는 정도의 변화를 관찰할 수 있는 모델을 제시하고자 한다. 이 모델은 대뇌피질의 정보 처리 및 감각 학습 과정을 인공적으로 구현하는 과정에 바탕이 될 것이다.

Keywords : Cerebral Cortex, Neural Network, Information Process, Fuzzy Cognitive Map, Intelligent Learning

1. 서론

1870년 이후로 독일로부터 시작한 임상실험 등을 통하여 대뇌기능이 거시적 또는 미시적으로 임상실험을 통해 어느 정도 밝혀졌고, 공학적으로는 1940년 초부터 학습이론 및 신경회로망 이론을 사용하여 두뇌의 기능을 모델링하기 시작하였다. 이런 공학적인 부분에서는 특히 전문가시스템(expert system) 분야에서 활성화되었고, 이는 현재 인간이 하고 있는 여러 가지 전문적인 작업들을 컴퓨터가 대신할 수 있도록 하는 것이었다.

이와 같은 전문가시스템의 경우, 대뇌피질에서의 감각 정보 처리 과정을 시각의 처리 및 청각 정보의 처리 등과 같이 별개로 나누어서 또는 통합하여 감각 즉, 주변 환경을 인지하는 과정을 구현하고 있다. 하지만, 이러한 정보 처리 과정의 구현으로는 감각 인지에 따른 인간의 복잡하고 다양한 행동 결정 과정을 구현하기에는 어려움이 존재한다. 이에, 본 논문에서는 감각 정보의 처리 과정과 행동 결정의 과정에 인간의 감정을 고려한 학습을 제안하고자 한다. 감각 기관을 통해 수용된 감각 정보에 의한 단편적이고 정해진 행동 결정이 아닌 인간

의 감정 상태를 고려한 행동 결정을 학습하도록 하여 보다 인간의 실제 판단 및 추론과 유사한 수준의 행동 결정을 구현하고자 한다. 이 과정에 인공 신경망을 사용한 학습을 이용하여 감각 학습 모듈과 감정 학습 모듈, 그리고 통합 학습 모듈을 설계한다.

II. 본 론

알려진 바에 의하면 인간의 대뇌는 두개골의 대부분을 점유하고 있으며 대뇌표면에는 수많은 구(sulcus), 열(fissure), 회전(gyrus)을 형성하고 있다. 반구의 표층, 즉 피질은 회백질이고, 이것을 대뇌피질(cerebral cortex)이라고 하며, 그 표면적은 약2,300cm²이다(그림 1). 그림1은 52개의 영역으로 분류될 수 있는 대뇌피질을 대표적 기능으로 분류하여 표시한 것이다. 대뇌피질 중에 함유되어 있는 신경세포의 총수는 약 수십억이나 되며 여섯 개의 층으로 구분된다(그림 2).

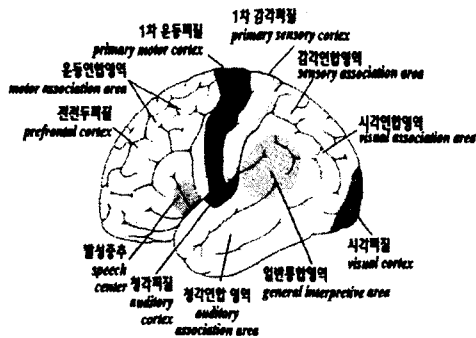


그림 1. 대뇌피질 구조

본 논문에서는 1차적으로 시각과 청각 기관에 의해 획득된 감각 정보로부터 행동을 판단하는 과정에서 인공 신경회로망을 통해 다중 감각 정보 처리과정을 구현한다. 이에 그림 1의 구조에서 감각 피질(시각피질, 청각피질)과 연합피질(시각연합 영역, 청각연합 영역) 그리고 운동피질(운동연합 영역)을 인공 신경회로망의 각 모듈로 정의하고 구성하였다.

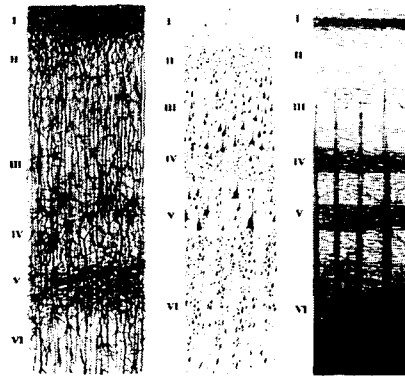


그림 2. 대뇌피질의 미세구조

2.1 인공 신경망을 이용한 대뇌피질 모델

대뇌에서의 정보처리 과정은 감각정보 수집, 연합에 의한 행동 추론 및 판단, 운동 명령의 세 가지 과정으로 크게 분류할 수 있다.

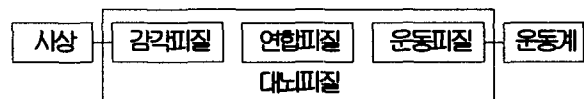


그림 3. 대뇌피질의 기능별 구조

그림 3을 참고로 살펴보면 시상은 각 감각 기관(눈, 귀, 코, 혀 등)과 연결되어 각 기관으로부터 감각 정보를 대뇌피질에 전달하는 기능을 담당한다. 또한, 운동계는 각 운동 기관(다리, 팔, 목 등)과 운동 신경을 통해 연결되어 있으며 감각정보(근육의 상태 등)를 대뇌피질에 전달하며 대뇌피질의 명령은 전달받아 운동하는 기능을 담당한다. 각각의 감각 정보에 대한 처리과정은 모듈 형태의 신경망을 통해 구현하였다[5].

대뇌피질은 시상으로부터 받아들인 감각 정보를 감각피질 영역에서 분석한 후에 연합피질에서는 분석된 감각 정보를 언어적 형태로 재해석한 후에 행동에 대한 추론을 행한다. 이후 행동피질에서는 행동에 필요한 운동 기관을 설정하여 운동계에 행동 명령을 하달하는 기능을 담당한다.

이와 같은 흐름이 대뇌피질에서 행동을 추론하고 결정하는 과정이다. 이전 기억으로 저장되지 않은 새로운 형태의 감각이 입력되는 경우 대뇌피질의 파페츠 회로를 이용하여 새로운 기억으로 저장하고 감각에 대한 추론을 가능하게

하는 방법으로 새로운 자극에 대한 기억을 수행한다. 파페츠 회로의 동작을 조절하는 곳을 변연계의 편도체(amygdala)라고 한다. 편도체에서는 감각이 입력되는 순간 감정의 반영 정도를 판단하여 파페츠 회로에서 새로운 입력을 기억하는 방식을 결정하도록 자극한다.

다시 말하면, 새로운 자극은 학습을 통한 기억으로 존재해야만 반응을 결정할 수 있는 데, 새로운 자극에 대한 기억 정도(단기 기억 또는 장기 기억)는 새로운 자극과 동시에 편도체에 입력되는 흥분 정도에 의해 결정된다. 일반적으로는 새로운 자극이 입력되어도 감정 변화(흥분 정도)가 편도체에 입력되지 않는 자극이라면 기억되지 않고 무시되기도 한다.

그러므로 새로운 자극에 대한 기억을 생성하기 위해서는 편도체 내에 유입되는 자극의 정도를 고려하여 감정 변화를 동시에 고려하지 않으면 안 된다.

이에 본 논문에서는 신경회로망을 통한 감각 인지 모델과 퍼지 인지 맵(fuzzy cognitive map)을 이용하여 새로운 자극에 대해 흥분 정도를 고려하여 기억하는 정보 처리 인공 모델을 제시하고자 한다.

2.2 퍼지 인지 맵

상호 간의 영향을 미치는 정도를 고려하여 관계의 균형을 이룰 수 있도록 성장하는 방법으로 제안된 퍼지 인지 맵은 원인과 결과라는 상호 관계의 개념을 이용하는 방법으로 하나의 결과에 여러 원인이 작용하는 경우에 유용한 방법이다[6]. 퍼지 인지 맵의 일반적 구조는 그림 4와 같다.

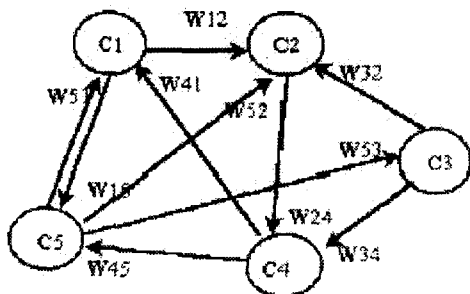


그림 4. 일반적인 퍼지 인지 맵 구조

그림 4에서 각 셀(C1-C5)은 변수들이며 이러한 변수들은 상호 간의 원인과 결과의 관계를 지니고 있다. 또한, 연결 간에는 영향정도를 수치로 결정한 가중치 값이 존재한다.

이 경우, 각 셀들의 종합적인 관계를 고려하지 않아도 최초 각 셀의 가중치에 의해 특정한 값들에 대한 수렴을 이루는 방향으로 셀 값을 수정하게 된다. 이 과정에서 각 셀은 원인에 의한 결과를 도출하고 반복하여 결과는 다시 원인에 영향을 미치는 방식으로 상호 셀 값을 조정하여 결국 최종적으로는 특정한 셀 값으로 조정이 되며 해당 가중치를 만족하는 전체 평형 상태가 된다. 이로써 초기 입력 값을 이용하여 원인, 결과의 방향을 반복적으로 수행한 최종 결과를 알 수 있다.

본 논문에서는 일반적인 퍼지 인지 맵을 편도체의 기능 구현에 적용할 수 있는지를 판단하고자 한다.

3. 신경망을 이용한 감정고려 행동 결정 실험

감정을 고려하여 새로운 감각에 대한 새로운 기억을 작성하는 과정을 담당하는 대뇌피질의 편도체 모델은 퍼지 인지 맵을 사용한 그림 5와 같다.

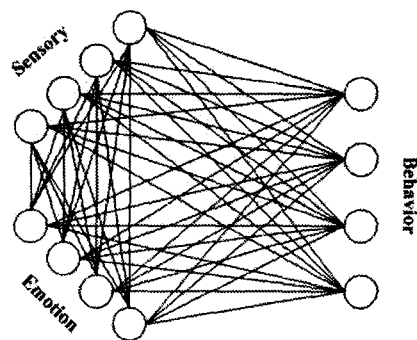


그림 5. 퍼지 인지 맵 구조

그림 5에서 감각(Sensory), 감정(Emotion), 행동(Behavior)은 각각 상호간의 인과관계를 지니고 있다. 예를 들면, 어떤 감각입력이 특정 감정에 미치는 영향 정도가 각 연결의 가중치로 결정되어 있다. 그리고 각 연결의 가중치를 고정한 상태에서 감각과 감정에 대한 입력을 정해준다면, 해당 입력에 적합한 행동을 유발하도록

록 노드의 셀 값이 변경되어 일정한 값으로 수렴하게 된다. 그 결과 수렴된 셀 값은 각각의 연결 강도에 의해 상호간의 관계가 수렴 상태를 알 수 있고, 이로써 결정된 셀 값과 고정된 가중치를 이용하여 특정한 감각에 대한 감정상태를 고려하여 새로운 기억을 수행할 수 있다.

감각 정보 입력에 대한 행동 추론 과정에서 감정을 고려한 기억과 행동추론을 수행하기 위해 퍼지 인지 맵을 적용하여 제안하고자 하는 구조는 그림 6과 같다.

기억으로 저장된 정보를 이용하여 행동을 결정하는 대뇌의 정보처리 과정은 다층 신경회로망을 통해 처리하도록 구성하였다. 본 논문에서는 사물에 대한 1차 인식과정은 이루어졌다는 가정을 하였고 인식된 색상이나 형태 등을 직접 입력으로 사용하여 감각 인식 과정을 수행하도록 설정하였다. 시각, 후각 정보를 처리하는 모듈은 각각 10개, 10개의 은닉층을 사용한 다층 신경망을 사용하여 구성하였으며, 학습률은 각각 0.015, 0.01로 설정하였으며, 학습 주기는 각각 5000번, 3000번으로 설정하여 학습하였다.

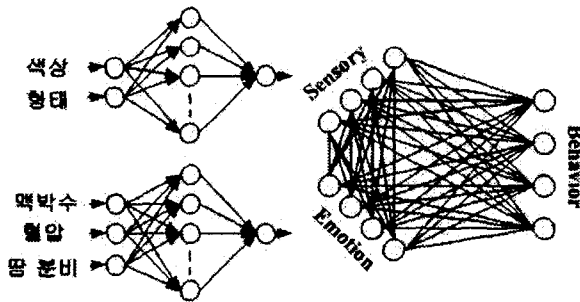


그림 6. FCM을 적용한 감각, 감정 학습에 의한 행동 추론 인공 신경망 구조

입력된 감각 정보를 판단하여 결정하는 행동은 기억에 의존해야 한다. 하지만 기억에 없는 새로운 감각이 입력되었을 때는 올바른 행동을 추론할 수 없고 새로운 기억 내용으로 저장되어야만 이후에 행동 추론이 가능하게 된다. 본 논문에서는 이러한 기능을 담당하는 편도체를 퍼지 인지 맵을 이용한 모델을 제시하였다.

III. 결론

본 논문에서는 인간 두뇌에서의 정보처리 과정을 구현한 공학적 모델에서 기존 기억으로 존재하지 않는 새로운 감각이 입력되었을 경우 새로운 기억으로 저장하는 과정과 행동을 추론하는 과정을 담당하는 편도체의 기능을 퍼지 인지 맵을 이용한 모델로 제시하였다.

하지만, 일반적인 퍼지 인지 맵의 경우 최초 가중치를 고정해야 하는 문제로 인해, 실시간 온라인 문제의 처리에 부적합하며 지역적 최소치에 수렴할 가능성이 내재되어 있어 개선이 요구된다. 이를 위해 셀 값 조정량에 따른 가중치의 조정 방법에 대한 연구를 진행하고 있다.

감사의 글 : 본 연구는 과학기술부의 뇌신경정보학연구사업에 의해 지원받았습니다.

IV. 참고문헌

- [1] Brodmann K., *Vergleichende Localisation- lehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenhau- es*, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1909.
- [2] By Kenji Doya, Hidenori Kimura, and Mitsuo Kawato, "Neural Mechanisms of Learning and Control," *IEEE Control Systems Magazine*, pp42-54, 2001.
- [3] R. K. Elsley, "A learning architecture for control based on Back-Propagation neural network", *Proc. of the IEEE Conf. on Neural Networks*, vol. 2 .pp 587-594. 1988.
- [4] J. A. Freeman, D. M. Skapura, *Neural Networks : Algorithms, Applications, and Programming Techniques*, Addison- Wesley Publishing Company, 1991.
- [5] 김성주, 김용택, 서재용, 진홍태, "신경회로 망을 이용한 파페츠회로 구현", *한국퍼지 및 지능시스템 학회 2002년 추계학술대회*, pp.175-178, 2002.
- [6] C. D. Stylios and R. R. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Map in Modeling Supervisory Control Systems," *Proc. of BASYS*, pp. 325-334, 1998.