

# 뉴럴 네트워크와 브레인 컴퓨팅

김 응 수

선문대학교 공과대학 전자통신공학부

eskim@omega.sunmoon.ac.kr

## Neural Nets and Brain Computing

EungSoo Kim

Division of Electronics & Communications

Sunmoon Univ.

### 요 약

뇌는 신경세포로 이루어진 거대한 시스템이다. 이러한 뇌의 특징은 자기조직 시스템이면서 외계의 정보구조에 맞추어서 자신의 능력을 높일 수 있다는 것이다. 또한 뇌는 병렬정보처리 방식을 대폭적으로 채용한 시스템으로서 제어기구가 전체적으로 분산되어있다. 이러한 뇌의 동작은 구조적으로 안정적이며 그 구성소자가 어느정도 파괴되더라도 우수한 동작특성을 유지할 수 있다. 이것은 뇌에 있어서 정보가 거시화 및 분산화되어 있다는 증거이며, 연상기억과 내용 어드레스 기억 등과 같은 탁월한 기억방식을 실현할 뿐만 아니라 망각능력도 가지고 있다. 현실의 뇌 그 자체를 조사하는 것이 어려운 상황에서는 뇌에 관한 여러 가지 모델을 만들고 이 모델을 구체적으로 상세히 조사함으로써 현실의 뇌를 이해하고자하는 방법이 중요시된다. 본 강연에서는 이러한 구성적 방법론의 필요성 및 뇌의 생리학적 측면, 뇌의 모델로서의 측면 그리고 신경회로망의 발전단계와 뇌 과학의 세계적 연구동향에 관하여 살펴본다.

### 1. 뇌 연구의 필요성

뇌는 신경세포로 이루어진 거대한 시스템이다. 이러한 뇌의 특징은 무엇보다도 자기조직 시스템이면서 외계의 정보구조에 맞추어서 자신의 능력을 높일 수 있다는 것이다. 또한 뇌는 병렬정보처리 방식을 대폭적으로 채용한 시스템으로서 제어기구가 전체적으로 분산되어있다. 이러한 뇌의 동작은 구조적으로 안정적이며 그 구성소자가 어느정도 파괴되더라도 우수한 동작특성을 유지할 수 있다. 이것은 뇌에 있어서 정보가 거시화 및 분산화되어 있다는 증거이며, 연상기억과 내용 어드레스 기억 등과 같은 탁월한 기억방식을 실현할 뿐만 아니라 망각능력도 가지고 있다. 뇌의 동작은 단순 계산의 속도, 정도, 양으로 비교하면 현재의 전자계산기의 능력에 크게 뒤지지만, 그 유연성으로 보면 전자계산기의 능력을 훨씬 뛰어넘는 탁월함을 가지고 있다. 뇌와 전자계산기를 그 구성요소로 비교해 보면, 뇌는 대략  $1.4 \times 10^{10}$  개의 신경세

포를 구성요소로 가지며, 이 수는 대형 계산기의 논리소자의 수보다 훨씬 많다. 또한 소자간의 결합은 긴밀하며 하나의 세포가 10만개의 소자와도 결합하여 여기에서 입력을 동시에 받아들이기도 한다. 그러나 계산기의 연산소자가 동시에 받아들이는 입력의 수는 이것과 비교하여 대단히 작다. 한편 뇌에 있어서 소자의 집적도는 계산기의 집적회로나 고집적회로와 견주어 훨씬 높은 편이며 소비전력도 극히 적다. 다른 한편 신경세포의 동작속도는 계산기와 견주어 많이 느리지만 뇌의 기억용량은 계산기의 그것과 비교되지 않을 정도로 크다. 그러나 구성요소만을 비교함으로써는 뇌와 계산기의 차이는 분명해지지 않는다. 양자는 기본적인 정보처리 양식이 다르기 때문이다. 계산기는 인간이 설계하고 만들어 낸 것이기에 그 정보처리 양식은 잘 알려져 있지만 뇌의 경우는 아직 거의 무지의 상태에 있다. 생리학, 심리학, 수학, 공학 등을 포함한 넓은 영역의 연구자들에게 뇌는 중요한 연구과제로 되어있다. 생리학자는 예

전부터 뇌의 구조를 조사하여 왔으며 뇌가 신경세포로 이루어지는 거대한 회로망이라는 사실을 밝혔다. 1950년대에 개발된 미소전극법은 신경세포 내부의 전위를 직접 측정할 수 있도록 하였으며 이에 따라 신경세포의 기본적인 동작이 1960년대에 거의 완전히 해명되었다. 또한 신경세포의 결합모양이나 뇌의 대략적인 구조도 밝혀져 왔다. 그러나 개개의 신경세포의 동작이 해명되었다고 하더라도 시스템으로서의 뇌의 논리가 이해되는 것은 아니다. 뇌와 같은 복잡한 계층 시스템에 있어서는 소자 레벨의 논리로부터 시작하여 논리레벨을 구성하고 이를 모듈로 구성하는 시스템 논리가 논의되고 있다. 전자계산기의 경우를 살펴보면, 그 구성요소인 반도체 트랜지스터의 동작을 안다고 하더라도 그것으로 전자계산기의 정보처리 양식을 알 수는 없다. 계산기는 트랜지스터를 결합한 회로로서 기본 논리소자를 만들고, 이 논리소자를 결합하여 연산회로를 만들고 이것에 제어회로나 기억회로 등을 결합시켜 전체로서 복잡한 시스템을 완성하고 있다. 여기에 계산의 방식을 정하는 소프트웨어를 올린다. 그렇지만 소프트웨어에 따라 전혀 다른 정보처리 양식을 실현시킬 수 있다. 따라서 계산기에 있어서의 정보처리 논리를 알기 위해서는 소자의 동작뿐만 아니라 논리회로, 기본연산, 시스템 구성 및 그것에 덧붙여서 소프트웨어의 방식과 시스템 전체를 계층적으로 이해하지 않으면 안된다. 전자계산기에 전극을 몇 개 꽂아 몇군데의 전압을 측정하더라도 그곳에서 일어나는 계산의 양식 - 소프트웨어 프로그램의 성질 - 을 알 수 있는 것은 아니다. 뇌의 경우도 마찬가지로 전극을 꽂는것만으로 뇌의 정보처리 양식의 전모를 알 수 있는 것은 아니다. 뇌의 동작을 논함에 있어서 다음과 같은 레벨을 살펴보자. 첫째, 세포막의 화학적 및 전기적 기초과정의 레벨. 둘째, 신경세포의 동작 레벨. 셋째, 신경회로망에 의한 정보처리의 단위과정 레벨. 넷째, 신경회로망을 결합한 시스템 레벨. 다섯째, 사고양식 등의 소프트웨어 레벨 등이다. 각 레벨의 동작은 그 앞의 레벨에 기초를 두고 있다. 따라서 신경회로망의 동작은 신경세포의 동작을 기초로 설명되지 않으면 안된다. 이 레벨에서는 신경정보처리의 단위과정을 이루는 기본적인 동작이 문제로 된다. 그러나 신경회로망 레벨에서의 정보처리는 그것 자체가 몇 단계의 계층을

내부에 포함하고 있다. 이 위에 신경회로망 전체를 통괄하는 시스템 레벨, 즉 전체의 제어를 담당하는 레벨이 있다. 또한 뇌라고하는 하드웨어 위에 있는 창조적인 발상이나 사고의 전개 형태를 논의하는 소프트웨어 레벨이 이어지고 있다. 현재의 신경정보과학은 이러한 레벨을 종합적으로 고찰하는 경지에는 이르지 못하고 있다. 생화학, 생리학, 해부학의 연구는 막이나 세포레벨과 뇌 시스템의 극히 대략적인 구조정도만을 밝혔다. 그러나 신경회로망의 레벨에서는 신경정보처리의 기본과정이 무엇인지 아직 밝히지 못하고 있다. 심리학적 연구도 신경정보처리의 각종의 외적인 특성을 밝히고는 있으나 회로망 및 시스템 레벨의 논의와는 쉽게 결부되지 못하고 있다. 한편 계산기 과학에서는 지적인 동작을 계산기 소프트웨어에 의해 실현시키고자 하는 인공지능 연구가 행해지고 있다. 추상적 사고를 다루는 레벨에 있어서는 하드웨어의 차이에도 불구하고 뇌와 계산기는 같은 논리에 따르는 가능성이 있으며, 이 의미로부터 인공지능과 뇌 이론의 교류를 지향하는 움직임이 있으나 현재까지 구체적인 성과는 없는 형편이다.

## 2. 신경회로망 모델 연구의 필요성

현실의 뇌 그 자체를 조사하는 것이 어려운 상황에서는 뇌에 대한 다양한 모델을 만들고 이 모델을 상세히 조사함으로써 현실의 뇌를 해명하려는 방법이 중요시 된다. 이것을 구성적 방법이라고도 하며 공학자들이 즐겨 쓰는 방법이다. 모델을 만드는 방법으로서 다음 두가지의 극단을 생각할 수 있다. 하나는 생리학적 해부학적 지식에 될 수 있는대로 충실히 따라서 뇌의 특정부위의 회로망 모델을 만들고, 이 회로망에 대한 정보처리 이론을 탐구해 간다는 것이다. 이 방법으로 소뇌 모델, 망양체 모델, 해마 모델 등이 만들어져 있다. 또 다른 극단은 특정의 정보처리 기능에 착안하여 이 기능을 실현하는 신경회로망 모델을 만들어 가는 방법이다. 연상기억 모델, 개념형성 모델, 식별결정 모델 등이 이 방법으로 만들어졌다. 많은 경우 모델의 동작은 복잡하며 수학적 해석이 어려우므로 계산기에 의한 시뮬레이션으로 그 성질이 조사되고 있다. 그러나 시뮬레이션의 결과는 파

라메터의 선택방법에 따라 달라지는 경우가 있으므로 이것만으로는 신경정보처리에 있어서 무엇이 본질적인가를 밝히기가 어려울 때가 많다.

뇌는 확실히 대규모이며 복잡한 시스템이다. 그러나 단지 제멋대로 복잡한 것이 아니라 그 가운데에는 공통의 법칙성이 존재할 것이다. 예를 들면 뇌에는 정보처리의 기능단위를 이루는 몇 가지 형식의 신경회로망이 있어서 이것들이 상호 결합되어 복잡한 뇌 시스템을 구성하고 있다고 생각할 수 있을 것이다. 기능단위가 되는 회로망은 각각 전형적인 결합양식을 가지며, 그것이 경우에 따라서 바뀌고 있다. 이 경우, 각 기능단위의 논리와 그것들의 결합양식을 알면 뇌를 통일적으로 이해할 수 있을 것이다. 뇌는 생물진화에 따라서 발전하여 왔다. 이 과정에서 신경세포로 실현할 수 있는 정보처리의 단위과정과 이를 위한 기본 기능단위가 획득되고, 이것이 서서히 복잡해져서 보다 고차의 결합이 만들어지고 시스템으로 되어서 현재의 뇌에 이르고 있다. 따라서 한 번 생물에서 나온 신경정보처리의 논리(양식)은 뇌의 각 부를 공통으로 관통하는 법칙성이 되고 있다. 이와같은 법칙성은 기능단위에 나타날 뿐만 아니라 그 결합방법에 따라 보다 큰 시스템을 만드는 방법에 이르기까지 계층구조의 각 레벨에 존재하고 있다. 구성적 방법에 따른 연구는 개별 모델을 다룰 뿐만 아니라 뇌 전체에 공통으로 존재하는 법칙성을 밝히는 것을 목표로 삼아야 한다. 뇌의 각 부위, 각 기능의 모델이 각각의 형편에 맞는 가정을 따로따로 채용하고 전체로서 통일적인 논리를 가지지 못하면 모델의 타당성도 높아진다고 할 수 없다. 많은 모델이 공통의 논리기반 위에 만들어졌을 때 비로서 전체로서의 신뢰성이 높아질 것이다.

신경회로망의 수학적 이론은 수학적 수법을 써서 뇌에 공통하는 논리의 해명을 목표로 하고 있다. 이를 위해 뇌의 특정부위나 기능에 연연하지 않고, 뇌안에서 많이 나타나는 신경세포의 전형적인 결합양식을 몇 개 만들고, 이와같은 결합을 가진 회로망의 동작을 수학적으로 해석하고 그 가능성을 포괄적으로 조사한다. 이것에 의해 신경정보처리의 단위과정과 그것을 담당하는 기능단위인 신경회로망의 동작원리를 밝히는 것이다. 이와같은 이론은 뇌의 각종의 모델을 만들때에 유력한 지침을 제공할 뿐만 아

니라 뇌 전체의 시스템으로서의 논리를 연구하는데에도 필요한 기초가 될 것이다. 수학적 이론은 해석을 쉽게하기 위하여 본질을 벗어나지 않는 범위내에서 가능한 한 단순한 모델을 이용한다. 물론 현실의 신경회로망은 이 모델에 많은 요소가 첨가된 보다 복잡한 것이다. 그러나 단순한 모델이 복잡한 회로망과 정성적으로는 같은 동작을 실현하며, 따라서 같은 정보처리 양식과 능력을 나타내는 것이라면 이 모델은 충분히 본질을 만족하고 있다고 할 수 있을 것이다. 단순한 모델을 이용하는 수학적 이론에 따르면 계산기 시뮬레이션과는 달리 파라메터 의존성 등을 포함한 계의 전체로서의 동작특성을 체계적으로 이해할 수 있는 잇점이 있다. 물론 수학적 이론만으로 뇌가 해명되는 것은 아니다. 그밖의 보다 실증적인 연구와 결합함으로써 효과가 기대될 수 있으나, 이를 위해서는 신경회로망의 모델에 대한 연구 및 이를 뒷받침할 수학적 이론을 확립해 놓을 필요가 있다. 본고에서는 이러한 배경을 설명하기 위하여 뇌의 기능을 연구할 때 적극적으로 도입되어야 할 구성적 방법론의 필요성을 강조하고자 한다. 또한 뇌의 생리학적 측면과 뇌의 모델로서의 측면 그리고 신경회로망의 발전단계와 뇌 과학의 세계적 연구동향에 관하여 살펴본다.

## 참고문헌

1. 신경회로망의 수리, Sangyo Press, Amari, 1978.
2. 정보처리의 구극에 도전한다, Mita Press, Amari and Matumoto, 1994.
3. 신경회로망 모델과 커넥션니즘, Tokyo Univ. Press, Amari, 1989.
4. 뇌와 컴퓨터, NTT Press, Yamada, 1993.
5. 사람과 컴퓨터, 도서출판 까치, 이인식, 1992.
6. 뇌와 신경으로 배우는 뉴럴 컴퓨터, Tokyo Denki Univ. Press, Aihara, 1988.
7. C로 만드는 뇌의 정보시스템, 도서출판 생능 김 응수, 1996.