

신경망과 신경망모형화의 몇가지 문제

김 용 윤

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《오늘 세계는 경제의 지식화으로 전환되고있으며 우리앞에는 나라의 경제를 지식의 힘으로 장성하는 경제로 일신시켜야 할 시대적과업이 나서고있습니다.》

(《위대한 김정일동지를 우리 당의 영원한 총비서로 높이 모시고 주체혁명위업을 빛나게 완성해 나가자》 단행본 20~21페이지)

지식경제강국을 건설하기 위하여서는 최첨단돌파전을 힘있게 벌려 나라의 전반적과학기술을 하루빨리 세계적수준에 올려세우고 인민경제 모든 부문에서 과학기술과 생산을 밀착시켜 우리의 자원과 기술로 생산을 늘이며 나아가서 설비와 생산공정의 CNC화, 무인화를 적극 실현하여야 한다. 그리고 나라의 전반적기술장비수준을 세계적수준으로 끌어올리고 지식경제시대의 요구에 맞는 경제구조를 완비하며 현실발전의 요구에 맞게 주체사상을 구현한 우리 식의 경제관리방법을 연구완성하여야 한다. 특히 과학과 기술의 급속한 발전에 기초한 인민경제의 과학화, 정보화가 힘있게 추진되고있는 현실은 그에 맞게 모든 부문의 생산기술공정과 생산방법, 경제관리를 보다 새로운 과학적토대위에 올려세울것을 요구한다.

21세기의 조종과학을 대표하게 될 첨단 학문분야인 지능조종학의 중요한 구성부분을 이루고있는 신경조종은 신경망리론에 기초한 조종으로서 생산공정과 생산방법, 경제관리를 정보산업시대의 요구에 맞게 새로운 과학적토대위에 올려세우고 보다 현대화하는데서 중요한 자리를 차지한다.

그러므로 신경생리학적견지에서 본 신경세포의 구조와 동작특성을 수학적으로 표현한 신경세포와 신경망의 수학적모형을

작성하는 문제를 바로 해결하는것이 무엇보다 중요하다.

사람의 뇌신경계통은 수백억개의 신경세포들이 호상 결합되어 거대한 망형태를 이루고있는 복잡한 대규모정보처리체계이다.

고급한 정보처리체계인 뇌신경계통은 다른 정보처리체계들과는 근본적으로 다른 특징을 가지고있기때문에 고도로 지능화된 정보처리를 진행할수 있다.

뇌신경계통의 정보처리체계의 특징은 우선 턱값작용특성, 포화특성, 흥분성 등으로 특징지어지는 비선형요소인 방대한 신경세포들을 구성요소로 하며 이러한 신경세포들이 시냅스에 의해 호상 결합되어 하나의 거대한 망을 형성하고 그 결합세기의 변화에 의하여 정보를 보관, 처리하고 있는것이다.

뇌신경계통의 정보처리체계의 특징은 또한 정보처리방식에서 병렬분산적이고 계층적모듈구조를 가지고있으며 적응, 학습, 자체조직화능력을 가지고있는것이다. 뇌신경계통은 망의 구조적특성과 병렬분산적인 정보처리방식에 의거하고있기때문에 신경세포자체의 동작속도는 느리지만 전체로서의 정보처리속도는 비상이 빠르다.

사람은 태어나서부터 모든 지식과 정보를 가지게 되는것은 아니다. 성장과정에 주어진 환경에 적응하면서 학습하고 일반화하는 과정을 통하여 각종 정보를 기억하고 해당하는 처리를 진행할수 있는 능력을 소유하게 된다. 학습, 적응, 자체조직화능력은 뇌신경계통의 가장 중요한 특징의 하나로써 신경망리론에서 매우 큰 역할을 한다.

뇌신경계통의 정보처리방식을 모방하여 새로운 정보처리기구를 만들면 직렬정보처리방식의 제한성을 극복하고 패턴인식(문자인식, 화상인식, 음성인식 등), 식별 및

진단(기계고장, 목표식별 등), 경제예측과 동정, 경제조종 및 최량화 등 많은 문제들을 성과적으로 해결할수 있다.

인공신경망은 사람의 뇌신경계통의 정보처리원리를 공학적으로 모방한 정보처리 체계로서 비선형입출력관계를 표현할수 있는 여러개의 인공신경세포들이 결합무게에 따라 인공적으로 결합되어 병렬분산적으로 정보처리를 진행할수 있게 만든 망이다. 이 인공신경망을 간단히 신경망이라고 부른다.

신경망의 동작과정은 크게 학습과정과 동작(실행)과정으로 나눈다. 학습과정은 주어진 문제의 요구에 맞게 학습을 통하여 결합무게를 수정해나가는 과정 즉 환경에 적응시키는 과정이며 실행과정은 학습이 완료된 후 신경망을 동작시켜 주어진 입력 신호에 대한 출력신호를 얻어내는 과정 즉 해당한 정보처리를 진행하는 과정이다.

뇌신경계통의 정보처리과정을 반영하자면 먼저 신경세포를 모형화하고 다음 그에 기초하여 신경망전체를 모형화하여야 한다.

신경세포의 입출력관계를 반영하는 모형을 작성하기 위하여서는 신경세포의 다음과 같은 동작특징들을 고려하여야 한다.

우선 신경세포의 공간적가산과 시간적가산을 반영하여야 한다. 즉 막전위의 변화를 여러개의 입력신호들의 영향의 합으로 결정하도록 하여야 하며 이미 있던 입력신호의 영향은 잠시동안 지속되면서 이후에 들어오는 입력신호의 영향과 합해지게 하여야 한다.

또한 턱값작용, 불응기, 피로, 가소성에 대하여 고려하여야 한다. 신경세포의 출력은 막전위가 어떤 턱값에 도달하기 전까지는 발생하지 않는다. 이것은 입출력관계가 비선형으로 되고있다는것이다. 턱값은 신경세포의 흥분에 의해 변화된다. 절대불응기는 턱값이 ∞ 에 올라간 기간으로 볼수 있다. 턱값은 흥분이 계속됨에 따라 다시

장기적인 변화를 더듬어 찾는다. 학습이나 기억은 결합세기의 변화에 의하여 진행된다.

신경세포의 이와 같은 특성을 전부 고려해야 신경세포의 동작을 가능한껏 정확히 반영한 모형을 작성할수 있다.

신경세포를 비교적 단순한 의미에서 보면 여러개의 입력과 하나의 출력을 가지는 그림 1과 같은 정보처리소자로 모형화할수 있다.

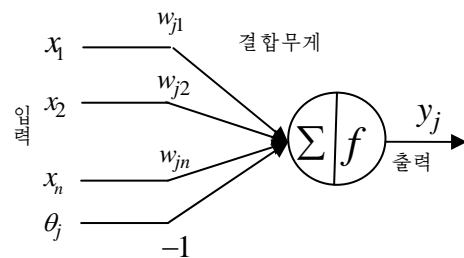


그림 1

j 째 신경세포가 n 개의 신경세포들로부터 입력신호 x_i ($i=1, n$) 들을 받는다고 하고 w_{ji} ($i=1, n$) 를 i 째 신경세포로부터의 결합무게(시냅스결합의 세기), u 를 막전위 변화량, θ 를 흥분의 턱값, y_j 를 j 째 신경세포의 출력신호라고 하자. 흥분성인 경우에는 $w_{ji} > 0$ 이고 억제성이면 $w_{ji} < 0$ 으로 한다.

신경세포모형은 신경세포의 동작특징을 고려하여 시냅스, 가산기, 비선형신호변환기로 구성하는것이 좋다.

시냅스는 다른 신경세포들로부터 입력신호를 받아들이는 결합부로서 그 결합세기를 특징짓는 결합무게를 가진다. i 째 신경세포의 출력(x_i)은 결합무게 w_{ji} 와 곱해져서 j 째 신경세포에 입력된다.

가산기에서는 n 개의 신경세포들의 출력신호에 해당 결합무게가 곱해진 모든 입력신호들이 더해진다. 이때 입력신호의 총합(즉 막전위)은 다음과 같다.

$$u_j = \sum_{i=1}^n w_{ji} x_i$$

이것은 신경세포의 공간적가산을 고려한것이다. 만일 턱값작용을 고려한다면 내부전위(막전위에서 턱값을 뺀 차)는 다음과 같이 표시된다.

$$u_j = \sum_{i=1}^n w_{ji} x_i - \theta$$

비선형신호변환기에서는 가산기에서 얻어진 입력신호들의 총합 즉 내부전위에 따라서 해당한 출력신호를 내보내는데 보통 비선형함수 $f(u)$ 로 표시한다. 이 함수를 활성화함수 또는 출력함수라고 한다.

신경세포의 대표적인 출력함수들로는 다음과 같은 함수들을 들수 있다.

$$f(u) = au \quad (\text{비례함수}) \quad (1)$$

$$f(u) = \begin{cases} 1, & u \geq 0 \\ -1, & u < 0 \end{cases} \quad (\text{부호함수}) \quad (2)$$

$$f(u) = \begin{cases} 1, & u > \frac{1}{k} \\ ku, & -\frac{1}{k} \leq u \leq \frac{1}{k} \\ -1, & u < -\frac{1}{k} \end{cases} \quad (\text{포화함수}) \quad (3)$$

$$f(u) = \begin{cases} 1, & u \geq 0 \\ 0, & u < 0 \end{cases} \quad (\text{계단함수}) \quad (4)$$

$$f(u) = \frac{1 - \exp(-u/T)}{1 + \exp(-u/T)} \quad (\text{쌍곡함수}) \quad (5)$$

$$f(u) = \frac{1}{1 + \exp(-u/T)} \quad (6)$$

문제의 특성에 따라 위의 출력함수들중의 하나를 선택하여야 한다. 특히 함수 (5)와 (6)이 많이 리용되는데 그 경사도는 파라미터 T 의 값에 의존한다. 파라미터 T 의 값이 아주 작으면 $u=0$ 근방에서의 경사도가 매우 커지는데 이때 함수 (6)은 함수 (4)와 근사해지고 함수 (5)는 함수 (2)와 근사해진다.

앞에서 알수 있는것처럼 막전위는 신경세포 i 의 흥분상태(즉 x_i)와 결합무게

w_{ji} 를 곱한것들의 선형합과 턱값에 의하여 결정된다. 신경세포가 흥분하는가 흥분하지 않는가는 u_j 가 정인가 부인가에 따른다. 계단함수가 출력함수인 경우에는 u_j 가 정이면 1(흥분), 부이면 0(즉 정지)을 취한다. 출력함수로 편속함수를 리용하면 신경세포의 흥분정도(전기적신호의 빈도)에 대한 정보를 표현할수 있다. 이 경우에 신호의 가장 높은 빈도가 1이 되도록 신호를 표준화하여 입출력신호들이 0과 1사이의 실수값을 취하도록 한다.

신경망모형은 뇌신경계통의 구조를 고려하여 구조상 여러가지로 갈라볼수 있는데 크게는 신경세포들의 결합형식에 따라 계층형신경망과 호상결합형신경망으로 나눈다.

계층형신경망은 신경세포들이 일정한 층형태로 배열되어있으면서 층들사이에서 신호가 규정된 한 방향으로만 전달되는 신경망 즉 거꾸편계가 없는 신경망이다. 그러므로 계층형신경망은 입력층, 중간층, 출력층으로 구성된다.

중간층은 여러개일수도 있다.

계층형신경망에서는 신경세포들사이의 신호전달이 입력층으로부터 출력층방향으로만 진행되기때문에 입력층신경세포들의 입력이 일단 결정되면 순차적으로 린접한 다음층의 신경세포들에도 신호가 전달되게 된다. 그러므로 여기에서는 동적특성과 관련한 문제보다도 입출력사이의 관계를 밝히는것이 기본문제로 나선다.

호상결합형신경망은 망을 구성하고있는 신경세포들사이의 신호전달이 계층형에서와 같이 규정된 한 방향으로만 진행되는것이 아니라 반대방향으로도 진행되는 신경망 즉 거꾸편계가 있는 신경망이다. 이 신경망은 호상결합의 세기가 대칭인가 아닌가에 따라 대칭형과 비대칭형으로 나눈다. 호상결합형신경망을 리용하면 동적특성에

대하여 밝혀낼수 있다.

신경망모형을 마디와 방향이 붙은 가지로 구성된 망을 나타내는 신호흐름그래프를 가지고 간단히 표시할수 있다.

신호흐름그래프에서 신호는 가지의 화살표방향으로 흐른다. 가지에는 시냅스가지와 활성화가지가 있다. 시냅스가지는 선형입출력관계를 반영한다. 즉 시냅스가지로 신호 x_i 가 들어오면 결합세기 w_{ji} 를 고려하여 $u_j = w_{ji}x_i$ 로 주어지는 신호가 나온다. 활성화가지에서는 입출력관계가 $y_j = f(u_j)$ 로 표현되는 비선형관계로 주어진다.

마디의 입력신호는 가지를 거쳐 그 마디로 들어오는 모든 신호들의 대수적합

$$u_j = \sum_{i=1}^n w_{ji}x_i \text{ 와 같다.}$$

마디에서 갈라져나가는 모든 신호들은 다같다.

신호흐름그래프를 리용하여 신경세포의 모형을 만들면 그림 2와 같다.

신호흐름그래프로 표현된 간단한 거꾸결합형신경망의 모형은 그림 3과 같다.

그림 3에서 n 은 시점, $x_i(n)$ 은 입력신

호, $u_j(n)$ 은 중간신호, $y_j(n)$ 은 출력신호이며 A, B 는 각각 바른연계, 거꾸연계선형연산자이라고 하자.

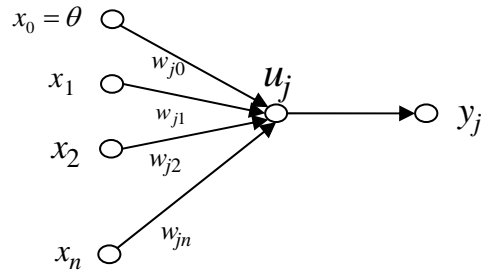


그림 2

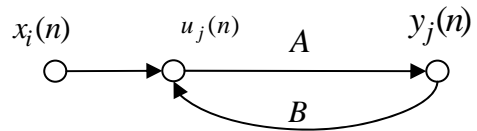


그림 3

그러면 입출력관계는

$$u_j(n) = x_i(n) + B(y_j(n))$$

$$y_j(n) = A(u_j(n))$$

로 주어진다. 그러므로

$$y_i(n) = \frac{A}{1 - AB} [x_i(n)]$$

이다.