

신경회로망을 이용한 통신시스템의 지능제어

金 聖 洙, 公 聖 坤
崇實大學校 電氣工學科

I. 서 론

다가오는 정보사회의 실현을 위해서는 문자, 음성, 정지영상, 동영상 및 데이터와 같은 다양한 종류의 멀티미디어 신호들을 하나의 통신 네트워크를 통해서 전송할 수 있어야 하며, 이를 위한 통신망으로 광대역 종합정보통신망(Broadband Integrated Services Digital Network; B-ISDN)이 실현단계에 접어들고 있다. 광대역 종합정보통신망은 통신망의 디지털화와 고속화에 의해 멀티미디어의 트래픽과 수요에 대응함으로써 가입자에게 다양한 형태의 서비스를 제공할 수 있는 기반을 마련해 주고 있다. 그러나 점차 다양하고 복잡해져가는 수요자의 요구사항을 충분히 만족시키기 위해서는 통신망의 디지털화 및 고속화와 함께 통신망의 지능화가 필수적으로 이루어져야 한다. 지능적인 통신망이란 네트워크의 물리적 구조와 무관한 제어환경을 통하여 가입자에게 다양한 종류의 서비스를 신속하게 제공할 수 있는 통신 시스템을 의미한다.

지금까지 발표된 많은 연구결과들을 통하여 신경회로망은 점차로 복잡, 다양해지고 있는 통신시스템의 지능제어에 많은 가능성을 보여주고 있다.^[1, 2, 19] 신경회로망은 학습기능을 통하여 수시로 변화하는 조건에 적응성을 가지고 있으며 대규모 병렬처리로 인한 계산시간의 감소와 분산구조에 의한 시스템 성능의 강인성에 의해 통신시스템의 제어에 효과적으로 사용될 수 있다. 특히 신경회로망의 최적화와 예측능력은 수시로 변화하는 환경에서 최적의 결정이 필요한 경우에 널리 적용되고 있다. 통신시스템의 지능제어에 적용되고 있는 신경회로망 구조는 다층구조 신경회로망과 최적화 및 연상기억장치에 많이 적용되는 홉필드 신경회로망으로 구별될 수 있다. 다층 신경회로망은 패턴분류기로 학습시켜 변화하는 통신시스템의 상태에 대해 적당한 판단을 할 수 있는 제어기에 사용되었으며 홉필드 신경회로망은 매우 빠른 계산능력을 이용하여 실시간의 계산이 필요한 최적화 문제에 적용되어 비교적 좋은 결과를 보여주고 있다.

신경회로망은 ATM 네트워크의 호 연결수락 제어 및 링크용량 제어와 같은 트래픽 제어문제,^[1, 13, 14] 다단상호접속망의 최적 경로배정 문제,^[6~10] 적응 채널 등화기^[11, 12] 문제, 그리고 이동통신망에서의 채널할당^[15~18] 등에 적용되어 가능성을 보여 주었다. 본 고에서는 이상과 같은 통신 시스템의 지능제어를 위한 신경회로망의 적용에 관하여 살펴보기로 한다.

II. ATM 네트워크에서의 트래픽 제어

B-ISDN의 핵심기술인 비동기 전송방식(Asynchronous Transfer Mode; ATM)은 전송하려고 하는 정보를 일정한 크기의 ATM셀로 나누고, 전송할 데이터의 양에 따라 채널의 전송속도를 가변적으로 변화시키는 통계적 다중화 방식을 사용한다. 비동기 전송방식은 다양한 멀티미디어 신호들이 혼재되어 있으며 이용자들의 사용형태가 일정하지 않으므로 네트워크의 상태에 따라 호 설정 요구를 거부하거나 링크용량을 적응적으로 제어하는 방법으로 적정 수준의 서비스 품질을 지속적으로 유지하도록 해 주어야 한다.

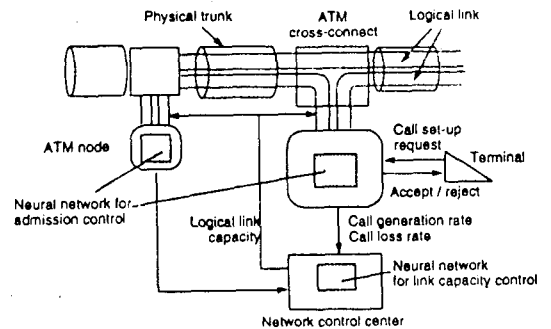
기존의 ATM 네트워크의 서비스 품질(Quality of Services; QOS)제어의 접근 방식은 가능한 모든 상황에 대해 네트워크의 상태를 조사하고 나서 제어 알고리즘과 변수를 결정하였다. 이러한 트래픽 제어 방법은 각 네트워크의 상태에 따라 매우 효과적일 제어가 가능하지만 여러 가지 단점들을 가지고 있다. 우선 다양한 신호를 포함하는 멀티미디어 트래픽을 평가하기 위한 완전한 모델을 찾아 내기가 매우 어렵고, 가능한 모든 트래픽 상황을 상정한다는 것은 거의 불가능하다. 이러한 접근 방법은 기존에 제공되는 서비스들이나 앞으로 제공되어질 새로운 서비스들의 트래픽 특성이 변화하면 적용되기 어려우며, 트래픽 제어기들도 각각 독자적으로 설계되기 때문에 다양한 제어 준위에서 제어기능들을 최적으로 통합하기는 매우 어렵다.

신경회로망은 학습데이터의 학습을 통하여 복잡

한 입출력 관계를 우리가 원하는 정도만큼 근사화시킬 수 있다. 이러한 학습 능력은 관찰된 트래픽으로부터 뽑아낸 QOS를 평가하는 함수를 추출하고 통신서비스들의 다양한 형태와 상황의 변화에 적용할 수 있는 ATM 트래픽제어 시스템을 구성할 수 있게 해 준다. 신경회로망의 다른 능력으로는 다수의 변수와 복잡한 제약조건을 가지는 조합 최적화 문제에 대해 근사 최적해를 신속하게 찾아낼 수 있는 능력을 가지고 있으므로 ATM트래픽 제어에 응용될 수 있다.

신경회로망을 기반으로한 ATM 트래픽 제어기의 특징들은 다음과 같다.^[19] 첫째, 정확한 정보는 네트워크의 동작에서 얻을 수 있으므로 신경회로망 제어기의 설계 과정에서는 트래픽 특성들에 대한 정확한 정보가 필요하지 않다. 따라서 실제 망과 설정한 모델이 정확하게 일치하지 않는 경우에도 적용이 가능하다. 둘째, 중요하고 정확한 정보를 관측된 데이터에서 자동적으로 추출한다. 셋째, 제어의 정확도는 학습에 따라 증가한다. 즉 신경회로망은 학습되지 않은 상황에 직면했을 때 상황에 적응하기 위해서는 긴 시간이 필요하지만 지속적으로 학습하면 신속하게 적응하여 잘못 제어하는 경우가 줄어들게 된다. 넷째, 제어기는 변화하는 상황, 성능의 특징, 요구사항에 적응할 수 있으며 다양한 네트워크의 구조에 융통성있게 적용할 수 있다.

신경회로망을 이용한 ATM 트래픽 제어기의 예로 적응 호 연결수락제어와 적응 링크용량 제어를 생각할 수 있다. <그림 1>은 연결수락 제어와 링크용량 제어 사이의 관계를 나타내고 있다. 링크용



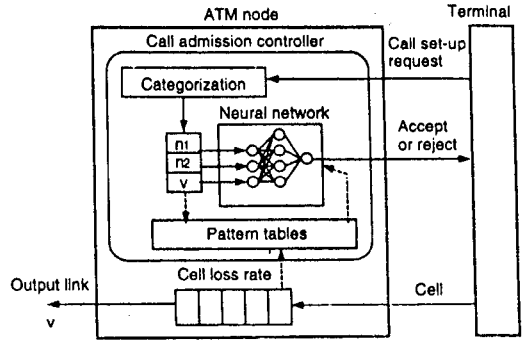
<그림 1> 연결수락제어와 링크용량 제어

량 제어는 관측된 트래픽에 따라 링크에 특정한 용량을 부여함으로써 호 손실률을 제어한다. 연결수락 제어는 어떤 용량을 가진 링크에 다중화될 수 있는 호의 최대수를 결정한다. 호 연결수락 제어를 위한 신경회로망은 링크에 대한 호 손실률을 추정하는데 이용될 수 있다.

1. 호 연결수락 제어

호 연결수락 제어(call admission control)란 호 연결 요구가 접수되면 이미 연결된 호들에 의해서 요구된 QOS를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 새로운 호의 수락 여부를 결정하는 것이다. 사용자가 호 연결을 위해서 목적지의 주소, 필요한 QOS, 서비스의 종류, 트래픽의 특성들을 담고 있는 호 연결 요구를 ATM 노드에 신청하게 되면 ATM 노드는 요구되는 조건에 따라 링크를 설정하고 이미 연결된 호들과 새로운 호에 의해서 망의 QOS가 만족되면 호를 설정하고 반대의 경우 거절하는 방법으로 제어를 하게 된다. 따라서 망의 QOS의 측정은 매우 중요한 문제이다.

신경회로망은 실제 동작하는 노드에서 얻은 자료를 가지고 호 연결수락 영역을 학습한다. 연결수락 영역은 망을 평가하여 모델링하여 얻은 결과가 아니고 학습을 통한 결과이기 때문에 알려진 트래픽 상황에서는 에러에 영향을 적게 받는다. 따라서 새로운 서비스로 인한 트래픽의 변화도 단지 신경회로망에 새로운 트래픽상황을 입력하여 주는 것으로 해결된다. (그림 2)는 신경회로망을 이용한 적응 호 연결수락 제어기의 구조의 예를 보여준다. 신경회로망은 여러 종류의 호 n_1, \dots, n_k 와 링크용량 v 를 입력으로 하여 0과 1사이의 결정값을 출력한다. 결정값은 어떤 순간에 연결된 호의 조합이 연결수락 범위내에 존재하는지를 나타낸다. 신경회로망의 학습을 위해 각 노드에서 호의 종류에 따라 연결된 호의 수를 측정하여 셀의 손실률을 계산하고 관측된 데이터는 학습을 위해 패턴 테이블에 저장한다. 이때 패턴 테이블에 저장된 패턴들은 정해진 QOS를 만족하는지 못하는지를 구별하여 저장된다. 신경회로망의 학습을 위해 저장되는 패턴들은 현재 상황에 정확히 대응하기 위해서 비교적 근



(그림 2) 신경회로망을 이용한 호 연결수락 제어기의 구조^[14]

래의 정보를 가지고 학습을 하게 되며 새로운 호 연결 요구가 들어오게 되면 신경회로망 제어기는 망의 전체 상태를 파악하여 호를 연결할지 거절할지를 결정하게 된다.

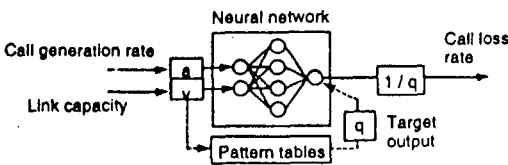
신경회로망을 이용한 호연결 수락제어 방법은 호의 전송지연이나 손실률 등에 따라 새로운 호의 연결 가능성을 판단한다. 기존의 연결수락 제어 알고리즘이 수학적 모델을 세우고 그것의 분석으로 해를 찾는 방법이라면 신경회로망을 이용한 연결수락 제어 알고리즘은 망의 현재 상태에 바탕을 두고 망의 상태를 지속적으로 감시하여 새로운 호의 연결 여부를 판단한다는 것이다. 신경회로망을 이용하여 호 연결수락 제어문제를 해결하기 위해서는 다층 신경회로망을 오차역전파(backpropagation) 알고리즘을 이용하여 학습시키는 방법을 고려할 수 있다.^[13, 14] ATM 네트워크의 호 연결수락 제어기로는 트래픽 특성이 변화하더라도 새롭게 관측된 트래픽 상황에 대한 정보를 학습하여 점진적으로 제어기의 특성을 변화시키는 신경회로망을 이용한 적응 호 연결수락 제어기가 적절하다고 할 수 있다.

2. 적응 링크용량 제어

링크란 ATM 네트워크의 각 준위에서 접속점간의 연결을 말하며 종단간의 정보전달의 접속(connection)을 구성하는 정보전달의 최소단위이다. 수락제어가 망에 다중화될 수 있는 최대의 호를 선택

하는데 비해서 링크용량 제어는 ATM 망의 논리 링크나 가상 경로에 각각 적당한 용량을 할당함으로써 망 차원에서 QOS를 일정하게 유지해 준다. 트래픽이 링크에 주어진 때 요구되는 링크의 용량은 망에서 요구하는 호 손실률에 의해 결정된다. 만일 신경회로망 제어가 학습에 의해서 허용영역이 변화한다면 링크의 수용량도 변화하고, 이에 따라 호 손실률도 변화하게 된다. 따라서 호 손실률은 적응적으로 변화하게 된다. 기존의 통신망에서의 호 손실률은 호의 발생률, 링크에 다중화되는 호의 수, 평균 지속시간 등에 따라 결정되어졌으나 ATM 네트워크에서는 링크에 다중화되는 호의 수는 호 연결수락 제어에 의해 결정되며 멀티미디어 서비스의 지속시간은 아직 확실히 정해지지 않은 상태이다.

호 손실률은 링크 제어에 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 정확한 링크용량 제어를 위해 호 손실률을 계산하는데 신경회로망을 이용할 수 있다. (그림 3)은 ATM 망에서의 호 손실률을 평가하는데 신경회로망을 이용한 예이다. 신경회로망은 링크의 용량과 관측된 호 발생율을 입력으로 호 손실률을 평가한다. 신경회로망은 각 노드에서 발생된 호와 손실된 호의 수를 측정하여 패턴 테이블에 저장하고 저장된 패턴을 이용한 학습이 끝나면 비교적 정확한 호 손실률을 얻을 수 있다. 신경회로망을 이용해서 얻어진 호 손실률은 링크용량 제어기에 이용되어져 링크의 용량이 망의 QOS를 만족시킬 수 있게 해 준다. 링크용량 제어는 물리적인 전송망의 용량과 논리적인 링크를 평가하는 문제이며, 주어진 목적함수를 최소화 하는 최적화 문제로 생각할 수 있으며, 전체 망을 가장 적절하게 이용하기 위해서는 호 수락제어와 링크 용량 제어가 함께 운용되어야 한다.



(그림 3) 신경회로망을 이용한 호 손실률 추정

이상에서 살펴본 것과 같이 트래픽 제어는 복잡하고 다양한 제어를 위해서 호 제어 차원 뿐만이 아니라 호의 전송과 전체 망 차원의 제어가 필요하다. 망의 효율적인 트래픽 제어를 위해서는 하나의 제어 방법만을 사용하기 보다는 다양한 조건들을 함께 고려하는 전체적인 제어가 필요하며 매우 복잡한 제어기의 설계가 요구된다. 신경회로망을 이용한 제어는 멀티미디어 서비스의 복잡하고 변화하는 트래픽 특성에 대한 적응적인 제어를 할 수 있다. 따라서 이상에서 살펴본 바와 같이 신경회로망을 이용하는 제어기를 사용한다면 적응성과 함께 오차에 대해 유연성을 가지는 제어기의 설계가 가능하다.

III. 다단 상호 접속망의 최적경로배정

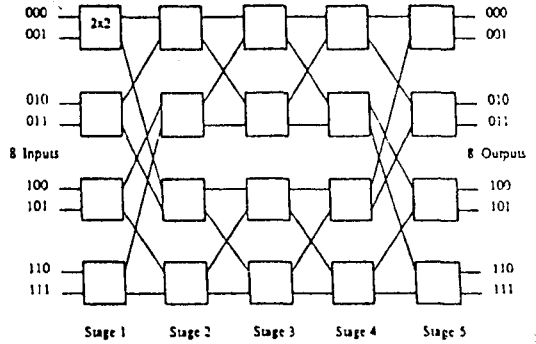
다단 상호 접속망(Multistage Interconnection Network; MIN)은 컴퓨터의 프로세서와 메모리간의 데이터 전송을 위한 상호 연결망으로 통신망이나 병렬처리 및 분산시스템에서 널리 적용되어져 왔고 최근 ATM 네트워크의 데이터 교환을 위해서 다양하게 연구되고 있다. 다단 상호 접속망은 여러 개의 크로스바 스위치를 계층적으로 연결하여 구성된 스위치 망으로서 크로스바 스위치에 비해 스위치의 이용율을 높이고 입출력간에 여러 개의 경로를 만들 수 있다. 이러한 장점에도 불구하고 MIN은 데이터교환시 내부경로가 중복됨에 따라 발생하는 내부충돌과 출력단자의 중복에 의한 출력 충돌 등이 발생할 수 있다. MIN이 최대 수율을 얻기 위해서는 셀들의 충돌을 배제하기 위한 경로배정이 요구된다. MIN에서의 최적 경로배정은 다수개의 해를 가지고 있는 해집합에서 최적의 해를 선택하는 조합최적화 문제로 생각할 수 있다. 경로배정을 요구하는 호에 따라 손실 없는 경로를 배정해주기 위해서는 비교적 많은 계산량이 필요하며 통신망의 특성상 정보를 즉시 전달해 주어야 하는 스위칭 문제는 빠르고 정확한 해를 찾기 위해서 대규모의 연산을 병렬적으로 빠르게 처리할 수

있는 신경회로망의 적용이 적합한 분야라 할 수 있다.

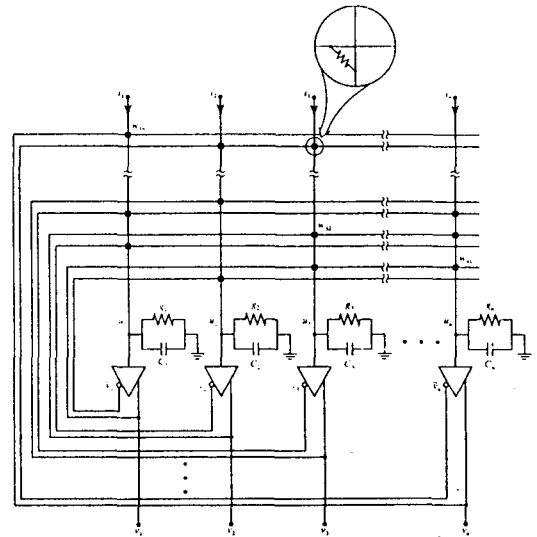
최적 경로배정을 위한 신경회로망의 응용으로 승자승(winner-take-all) 방식의 신경회로망이 적용될 수 있다.^[5] 승자승 방식의 신경회로망을 이용한 경로 배정시, 한 단(stage)에서 하나의 뉴런이 활성화 되면 이 뉴런과 관련한 다른 뉴런은 활성화 되지 못하는 구조로 접속망 상호간의 충돌이 없는 경로의 배정이 가능하다. 홉필드 신경회로망을 이용한 방법으로는 에너지 함수를 다단 상호 접속망의 경로 설정조건에 맞도록 설정하여 줌으로서 에너지 함수가 최소가 되는 경로를 선택할 수 있도록 해주는 방법이 주로 이용되고 있다.^[5~9] Brown 등은 반얀(banyan) 네트워크의 경로 배정에 신경회로망을 적용하였으며^[6] Troudet 등은 $N \times N$ 의 크로스바 스위치에서 패킷을 전송할 수 있는 신경회로망을 고려하였고^[8] Hakim 등은 베네스망에 신경회로망을 적용하여 경로배정을 실시하였다.^[9] <그림 4>는 8×8 베네스 네트워크와 에너지 함수를 최소화함으로써 최적경로의 배정이 가능한 홉필드 신경회로망의 기본구조를 나타내고 있다.

홉필드 신경회로망을 사용하는 경우 제약조건을 미리 정의하여 계수들을 문제의 특성에 맞게 미리 설정해 주어야 하는 등의 문제와 종종 최적의 해에 수렴하지 못하는 등의 문제를 가지고 있으나 근사 최적해를 빠른 시간에 찾아낼 수 있는 장점을 가지고 있다. 승자승 방식의 신경회로망은 특정한 계수를 설정하지 않고도 바로 경로배정 문제에 쉽게 적용할 수 있다는 잇점을 가지고 있으며 홉필드 신경회로망은 하드웨어 기술의 발전에 따라 실제로 구현이 용이한 장점을 가지고 있다. 이러한 신경회로망 기술은 스위치망의 경로 배정시 항상 최적의 해를 구하는 것은 아니지만 속도 문제에 있어서 현재 이용되고 있는 소프트웨어 기술에 비해 유리한 위치를 차지하고 있다. 그 밖의 방법으로는 최적화 기법의 하나인 시뮬레이티드 어닐링을 응용한 스위칭 방법^[10]도 고려할 수 있다.

시뮬레이티드 어닐링^[21] 방법은 상태의 전이에 확률적인 요소를 도입함으로써 초기값의 영향을 거의 받지 않고 해공간(solution space)을 탐색하



(a)



(b)

<그림 4> a) 8×8 베네스 네트워크 [9]

b) 홉필드 신경회로망의 구조

여 근사최적해를 비교적 빠른 시간내에 찾아낼 수 있는 최적화 방법이다. 시뮬레이티드 어닐링은 메트로폴리스 알고리즘에 기초한 상태의 전이를 확률적으로 행하는 알고리즘과 온도 변수를 변화시켜 주는 어닐링 계획으로 이루어진다. 하나의 입출력에 대해서 다수의 경로가 존재하는 다단상호 접속망에서 내부충돌이 발생하지 않는 경로를 배정하는데 시뮬레이티드 어닐링 방법을 적용하기 위해서 하나의 입출력에 대해 가능한 상태들을 미리

결정하고, 각 스위치의 이용여부에 따라 에너지함수를 계산하여 충돌이 없는 경로를 배정하는 방법으로 경로 배정을 실시하였다.^[22] 언제나 최적 경로를 찾을 수 있는 반면 방대한 계산량을 필요로 하는 완전탐색(exhaustive search) 알고리즘방법에 비해 시뮬레이티드 어닐링기법은 비교적 빠른 시간내에 근사최적해를 찾아낼 수 있다. 반면에 경사탐색(greedy search) 알고리즘은 빠른 시간내에 해를 찾아 낼 수 있지만 국소최적해에 빠질 가능성이 있으므로 항상 최적해를 얻을 수 없다는 단점이 있다.

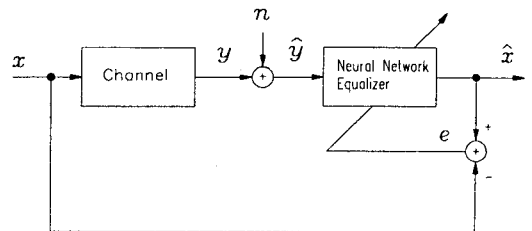
IV. 부호간 간섭의 제거를 위한 적응 채널 등화기

데이터 통신망은 물리적인 통신채널을 통해서 고속으로 손실없이 정보를 전달할 수 있어야 한다. 고속의 전송망들은 채널간의 간섭이나 잡음 등에 매우 민감한 특성을 가진다. 따라서 선형 및 비선형 정보의 혼재로 인한 간섭을 제거하여 송신단에서 보낸 원 신호를 수신단에서 정확히 얻기 위해서는 효과적인 채널 등화(channel equalization)가 필요하다. 채널의 왜곡은 채널의 주파수 응답이 일정한 이득과 선형 위상특성을 가지는 이상적인 응답에서 벗어날 때 발생하는 시간지연에 의한 선형 왜곡과 열화에 의한 잡음, 임펄스 잡음 및 복조, 변조와 주변채널 사이의 간섭에 의해 발생하는 비선형 왜곡으로 나누어지며, 주파수의 변환과 감쇄 등으로 인해 비선형의 성질을 가진다. 시간지연의 영향으로 전송되는 정보가 그 시간 영역밖에 정보가 있는 것처럼 보이게 되는 현상은 부호간 간섭(intersymbol interference; ISI) 현상이라고 부른다. 부호간 간섭 현상은 전화상의 에코현상이나 무선 통신시 여러 개의 채널에 약간씩 다른 크기와 지연 현상이 발생하는 것으로 생각할 수 있다.^[12] 적응 등화기는 등화기의 구조, 즉 적응 알고리즘과 학습의 유무 등에 의해 특징 지어진다. 적응 등화기는 왜곡된 신호를 복원하기 위해서 FIR이나 격

자구조를 가지는 필터를 사용해서 비교적 계산량이 적고 구조가 간단한 선형등화기와, 선형 등화기의 단점을 보완해 주기 위한 비선형 등화기 등으로 나누어질 수 있다.

신경회로망을 이용한 등화기로서 구조가 크게 복잡하지 않은 오차역전파 학습 알고리즘을 이용한 다층 신경회로망이나 RBF(radial basis function)함수를 사용한 신경회로망을 이용하여 비교적 좋은 성능의 신호 검출기를 설계할 수 있다.^[11, 12] 신경회로망을 이용한 등화기는 학습에 시간이 걸리는 단점이 있지만 지연된 채널의 출력과 원래 전송된 신호간의 차이를 학습하여 비선형 문제를 해결하는데 기존의 방법에 비해 좋은 결과를 보여주고 있다. 이외에도 자기 조직 형상지도(self-organizing feature map)를 이용한 신경회로망이나 순환형 신경회로망을 이용한 결과^[11] 등이 모두 좋은 결과를 보여주고 있다. 따라서 보다 복잡한 상황에서도 신경회로망은 유리한 정보를 제공할 수 있으며 앞으로의 이용가능성 또한 매우 크다고 할 수 있다.

(그림 5)는 신경회로망을 이용한 적응 채널 등화기의 구조를 나타낸다. 학습단계에서는 이미 알고 있는 신호를 전송하고 원래 신호와 수신단에서 측정된 신호와의 오차를 줄이도록 신경회로망을 학습시킨다. 학습과정이 끝나면 학습된 신경회로망을 채널 등화기로 사용하여 채널의 영향을 감소시킬 수 있도록 한다. 채널의 출력 $\hat{y}[t]$ 은 잡음 $n[t]$ 와 채널의 출력 $y[t]$ 의 합으로 생각할 수 있으며, 잡음 $n[t]$ 를 제거하여 원래의 신호를 찾아내는데 신경회로망을 이용할 수 있다.



(그림 5) 신경회로망을 이용한 적응 채널 등화기^[11]

V. 이동통신에서의 채널할당

이동통신에서 기지국에 채널을 할당할 때는 통화의 품질과 채널의 이용 효율이 충분히 기준 이상이 되도록 채널을 할당해 주어야 한다. 기존의 채널할당 방법은 크게 고정할당, 동적할당 및 혼합할당 방식으로 나눌 수 있다. 고정할당 방식은 각 기지국에서 사용할 채널을 미리 예상하여 사용이 가능한 주파수들을 고정적으로 각각의 기지국에 배정하여 수요의 변화와 무관하게 채널을 배정하는 방법이다. 동적 채널 할당 방식은 호 연결 요구에 따라 서로간의 간섭을 일으키지 않는 범위내에서 이용중인 모든 채널을 고려하여 채널들을 시간적으로 재할당하는 방법이고 혼합 할당 방식은 고정할당 방식과 동적 할당 방식을 혼합하여 일부채널은 고정시키고 나머지는 필요에 따라 적절히 할당하여 사용하도록 하는 방법으로 고정 채널할당 방식에 비해 효율적이나 구현에 어려움이 따른다.

일반적인 채널할당의 조건은 호가 들어올 때 지속적으로 연결해 줄 수 있는 확률을 높이고 채널간이나 신호간의 간섭은 매우 작게 해 줄 수 있어야 한다. 이러한 조건을 만족시키기 위해서 지형과 지역에 따라 예상되는 트래픽 밀도, 주변 채널이나 동일채널을 사용하는 기지국 등의 위치 선정 등은 매우 중요한 설계 변수가 된다. 기존의 무선 통신망에서는 채널의 재사용을 위해 동일한 주파수를 이용하는 육각형 형태의 구조를 이용하여 주파수를 재할당하는 방법들이 이용되어졌으나 전파는 장애물에 의한 반사, 감쇄에 따른 전파의 전파상태나 지역에 따른 트래픽 밀도 등이 매우 불규칙하므로 정확한 해를 찾기가 매우 어렵다. 채널할당 문제는 제한된 색을 가지고 인접한 부분에는 같은 색을 칠하지 않도록 하는 그래프 칼라링(graph coloring)문제와 매우 유사한 형태를 가지고 있는 조합최적화 문제이다. 따라서 채널 사용의 점진적인 변화나 기지국간의 서로 다른 요구사항 등을 모두 만족시키기 위해서 채널할당 조건을 비용함수로 생각하여 비용을 최소화 하는 문제로 생각한다면 비용함수에 기지국간의 요구사항이나 변화된 사항

을 고려하여 문제를 해결할 수 있다.

채널 할당을 위해서 신경회로망을 이용하는 방법으로 홉필드 신경회로망을 이용하는 방법^[18]이 주로 제시 되어지고 있다. 채널 할당시 동일 채널 간섭, 동일 기지국 간섭, 인접기지국 간섭 등의 제약 조건을 고려하여 각 기지국의 주어진 채널 요구량을 만족하도록 홉필드 신경회로망의 제약 조건을 설정하여 문제해결을 시도하였다. 그러나 복잡한 조건을 가지는 문제에서 최적의 값을 얻지 못하는 경우가 종종 발생하는 문제가 있다. 그 외에도 최적해를 구하는데 유용하게 이용되는 시뮬레이티드 어닐링 방법을 이용하여 정적인 채널할당과 동적인 채널할당을 구현하는 문제^[17]와 기지국의 신설시 위치선정을 위해 관찰된 트래픽을 정보로 자기조직 지도를 이용함으로써 기지국의 위치와 출력 등을 적절히 결정하는 문제^[16] 등도 찾아 볼 수 있다.

VI. 결 론

이상에서 신경회로망을 이용한 통신 시스템의 지능제어에 대하여 개괄적으로 고찰하여 보았다. 다가올 정보화 사회의 통신 시스템은 멀티미디어 정보를 기반으로 하는 다양한 형태의 비정형 정보들을 처리하여야 하고 앞으로 새로운 서비스들을 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 무엇보다도 통신 시스템의 지능화가 이루어져야 한다. 따라서 통신 시스템에 인간의 정보처리 능력을 구현하여 효과적으로 정보를 처리하고 가입자에게 다양한 서비스를 제공하여 서비스의 품질을 높이려는 것이 현재의 연구추세라 할 수 있다. 이에 따라 신경회로망을 이용하여 상황의 변동에 대해 적응성을 가지는 융통성있는 통신 시스템을 구현하고자 하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

신경회로망은 트래픽특성이 변화하더라도 신경망의 학습능력을 이용하여 적응적인 제어가 가능하기 때문에 ATM 네트워크의 호 연결수락 제어와 링크용량 제어와 같은 트래픽 제어문제에 적용

되어질 수 있으며 새롭게 개발되어지는 서비스들을 지속적으로 수용할 수 있다. 신경회로망은 이동통신망의 채널할당과 같은 문제에 적용되어 망의 손실이나 서비스의 단절 등을 최소화하여 통신망의 효율적인 운용이 가능하다. 신경회로망의 빠른 처리능력은 다단상호 접속망과 같이 실시간의 처리가 요구되는 최적 경로배정 문제에 적용될 수 있으며, 신경회로망의 비선형성은 기존의 복잡한 알고리즘에 의해 구현되던 채널 등화기와 같은 문제를 비교적 간단한 연산 소자들을 이용하는 신경회로망을 이용하여 구현할 수 있다.

신경회로망은 통신 시스템의 제어뿐만 아니라 음성, 문자, 그리고 영상인식 등과 같은 문제에 잠재적인 해결능력을 보여주고 있다. 이를 통하여 휴먼 인터페이스를 용이하게 하는 지능형 단말장치를 구현할 수 있다. 또한 신경회로망은 영상신호와 같이 처리해야 할 데이터가 많은 신호를 적응적으로 압축하는 문제에도 적용되어 데이터량을 줄이는 것도 가능하다.^[23] 따라서 신경회로망은 앞으로 다가올 정보화 사회에 있어 종합적인 통신 서비스의 질을 향상시키는 데 있어 중요한 역할을 담당하게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. J. T. Morris and B. Samadi, "Neural networks control of communications system," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 5, No. 4, 639~650, July 1994.
- [2] 이종호, "신경회로망의 통신계통 응용," 지능정보시스템, 제2권 제2호, 1993
- [3] H. E. Rauch and T. Winarske, "Neural networks for routing communication traffic," *IEEE Control Systems Magazine*, 26~31, April, 1988.
- [4] Su-Ling Lee and Shyang Chang, "Neural networks for routing of communication networks with unreliable components," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 4, No. 5, 854~863, Sept. 1993.
- [5] T. X. Brown, "Neural networks for switching," *IEEE Communication Magazine*, Vol. 27, 72~81, Nov. 1989.
- [6] T. X. Brown and Kuo-Hui Liu, "Neural network design of a banyan network controller," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 8, No. 8, 1428~1438, Oct. 1990.
- [7] M. Goudreau and C. Giles, "Routing in random multistage interconnection networks : Comparing exhaustive search, greedy and neural network approaches," *International Journal of Neural Systems*, Vol. 3, No. 2, 125~142, 1992.
- [8] T. Troudet and S. Walters, "Neural network architecture for Crossbar Switch Control," *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, Vol. 38, No. 1, 42~56, Jan. 1991.
- [9] N. Z. Hakim and H. E. Meadows, "A neural network approach to set up the Benes switch," *Proc. of the 10th Annual Joint Conf. of the IEEE Computer & Communications Society (INFOCOM '90)* Vol. 2, 397~402, 1990.
- [10] 공 성근, 김 성수 외, 비동기식 전송방식의 최적경로배정을 위한 지능형 교환 시스템의 연구, '94 통신학술연구과제 최종보고서, 1995
- [11] G. Kechriotis, E. Zervas, and E. S. Manolagos, "Using recurrent neural networks for adaptive communication channel equalization," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 5, No. 2, 267~278, March 1994.
- [12] W. R. Kirkland and D. P. Taylor, "Neural network channel equalization," in Ben Yuhass and Nirwan Ansari, ed., *Neural*

- Networks in Telecommunications, Kluwer Academic Press, 1994.
- [13] A. Hiramatsu, "ATM communication network control by neural networks," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 1, No. 1, 122~130, March 1990.
- [14] A. Hiramatsu, "Integration of ATM call admission control and link capacity control by distributed neural networks," *IEEE J. Selected Areas in Communications*, Vol. 9, No. 9, 1131~1138, Sep. 1991.
- [15] S. Terrill, D. Everitt and M. Palaniswami, "Neural networks for limited channel rearrangement in cellular mobile communication systems," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Neural Networks (ICNN '94)* Vol. VI, 3592~3596, 1994.
- [16] T. Fritch and S. Hanshans, "An integrated approach to cellular mobile communication planning using traffic data presentation by a self organizing feature map," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Neural Networks*, Vol. II, 822-D-822-I, 1993.
- [17] M. Duque-Anton, D. Kunz, and B. Ruber, "Static and dynamic channel assignment using simulated annealing," in Ben Yuhas and Nirwan Ansari, ed., *Neural Networks in Telecommunications*, Kluwer Academic Press, 1994.
- [18] 김경식 외, "이동 통신에서 채널할당 문제를 위한 홉필드 신경회로망 모델," *Proc. of JCEANF '92*, 486~491, 1992
- [19] B. Yuhas and N. Ansari, ed. *Neural Networks in Telecommunications*, Kluwer Academic Press, 1994.
- [20] T. Kohonen, *Self-Organizing Maps*, Springer-Verlag, 1995.
- [21] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, "Optimization by simulated annealing," *Science*, Vol. 220, No. 4598, 671~680, May 1983.
- [22] 김성수, "최적알고리즘을 이용한 다단상호접속망의 경로배정," 숭실대학교 석사학위 논문, 1996
- [23] Seong-Gon Kong, "Adaptive image compression based on fuzzy and neural subimage classification," *International Journal of Intelligent Automation and Soft Computing*, Vol. 1, No. 3, Nov. 1995.

저자 소개



公 聖 坤

1959年 11月 26日生

1982年 8月 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1987年 2月 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1991年 12月 미국 University of Southern California 졸업(공학박사)

1982年 8月~1985年 2月 금성기전 연구원

1985年 8月~1987年 7月 한국전자통신연구소 연구원

1992年 3月~현재 숭실대학교 공과대학 전기공학과 조교수

주관심분야 : 영상 및 신호처리, 퍼지시스템, 신경회로망



金 聖 洙

1970年 2月 5日生

1994年 2月 숭실대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1994年 3月~현재 숭실대학교 공과대학 전기공학과 석사과정

주관심분야 : 최적화, 통신시스템 제어, 신경회로망