

신경회로망-퍼지 논리 이론을 이용한 ATM망에 대한 효율적인 트래픽 제어 기법의 해석

이 배 호[†] · 한 성 일^{††} · 원 용 관^{†††}

요 약

통계적 다중화 방법을 이용하는 ATM 기술에 기반을 둔 B-ISDN망은 다양한 멀티미디어 서비스를 지원한다. 멀티미디어 서비스들은 다양한 서비스 품질과 대역폭을 요구하므로, ATM망은 폭주상태를 막기 위해 트래픽 제어와 폭주제어가 필요하다. 또한 ATM망의 가장 큰 장점인 다양한 서비스 수용의 융통성과 망 자원의 이용 효율을 높일 수 있는 융통성을 지닌 통계적 다중화 방법이 요구된다. 본 논문에서는 트래픽 제어와 관련된 기존의 알고리즘 등을 비교 분석한 후, 연결 수락 제어와 셀 다중화 방법에 중점을 두어 이와 관련된 사용 파라미터 제어, 대역폭 예측 방법, 폭주 제어와의 상호관계를 고려하였다. 이에 신경회로망과 퍼지 논리 제어를 사용하는 새로운 방법의 ATM 트래픽 제어를 설계하였다. 제안된 트래픽 제어기는 성능이 우수하다고 평가된 기존의 제어기들과 다양한 관점에서 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 기존의 제어기들보다 성능이 우수함을 보여주었다.

Analysis of Efficient Traffic Control Techniques for ATM Networks

Bae-Ho Lee[†] · Seong Il Han^{††} · Yong Gwan Won^{†††}

ABSTRACT

B-ISDN network based on ATM technology using statistical multiplexing method supports various multimedia services. Because these multimedia services require both the quality of service and the bandwidth, ATM networks need the efficient traffic and congestion control methods to avoid congestion. Also, it is necessary to use statistical multiplexing method having flexibility for both supporting various services and maximizing the utilization of network resources. In this paper, after we compared and analyzed existing algorithms related to the traffic control methods, then we presented an ATM traffic control mechanism. It is focusing on connection admission control and cell multiplexing methods. Also, we considered the interfaces with other control mechanisms such as usage parameter control, bandwidth prediction, and congestion control method. We proposed a novel ATM traffic control mechanism using the neural networks and fuzzy logic theory. We simulated the proposed traffic controller compared with the existing controllers. Simulation results showed that the proposed traffic controller outperform the existing controllers.

*본 연구는 1997년 한국 학술진흥재단의 지방대 육성과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

† 정 회 원: 전남대학교 컴퓨터공학과

†† 준 회 원: 전남대학교 전자공학과

††† 정 회 원: 한국통신 전송기술연구소

논문접수: 1997년 8월 5일, 심사완료: 1997년 11월 24일

1. 서 론

비동기 전송 방식(Asynchronous Transfer Mode: ATM)은 전송 정보를 53 바이트의 일정한 크기의 셀로 나누고, 전송할 데이터의 양에 따라 채널의 전송 속도를 가변적으로 변화시키게 된다. 이를 위해 사용되는 기술이 통계적 다중화(Statistical Multiplexing) 방식이며 초고속망에서 멀티미디어 서비스들을 효율적으로 통합시키는 핵심 기술이다. 멀티미디어 서비스는 본래 버스트 트래픽 특성을 지니며, 다양한 서비스 품질(QoS)과 대역폭을 요구하기 때문에 ATM 망은 이를 만족시키고 망 내의 자원을 효율적으로 공유하여 폭주상태를 막기 위해서는 호 설정 단계나 정보 전송 단계에서의 트래픽 제어와 폭주 제어가 필요하다. 특히, 망의 폭주상태를 사전에 방지하기 위하여 연결 수락 제어(Connection Admission Control: CAC)와 사용 파라미터 제어(Usage Parameter Control: UPC)와 같은 두 가지 상호보완적인 제어 방법이 사용된다 [1, 2].

CAC는 연결 설정 단계에서 연결 설정을 요청한 호와 기존의 망에 연결된 호 모두에 대해 요구된 서비스 품질이 보장될 때만 새로운 연결을 수락한다. 지금까지 제안된 ATM망에서의 연결 수락 제어 방법은 크게 2가지로 분류된다 [3-8, 17-19]. 첫 번째는 사용자 트래픽의 파라미터 모델을 적용하는 방법이다. 이는 각 호가 트래픽 행위의 적합한 묘사의 제공을 요구하거나, 트래픽을 측정하여 모델에 적합시킨 후 이 모델로부터 셀 손실률 등을 추론하게 된다. 셀 레벨에서 같은 트래픽 표현자(descriptor)들에 의해 특성을 나타내는 호들을 같은 종류로 분류하는 CRR(Class Related Rule) 방법을 사용하여 필요한 대역들을 같은 종류별로 미리 할당한 후 호 접수요구가 있을 때 해당 서비스의 필요 대역이 잔여 대역을 초과하는지의 여부를 조사하여 호를 수락하는 방법을 제시하였다 [3]. 다중화된 버스트의 양으로 요구품질의 성능을 평가하고 새로운 호를 포함해서 현재 망내에 유지되고 있는 호들을 위한 버스트 수의 총합이 어떤 특정 값보다 작은 경우 새로운 호를 허용하는 버스트 모델을 사용하여 사용자에 의해 지정되는 트래픽 파라미터들이 셀 손실률의 상한을 얻는데 사용되며, 이를 통하여 호 수락 여부를 결정하는 방법을 제시하였다

[4, 5]. 두 번째는 연결 설정의 결정을 위하여 망내의 성능을 측정하는 방법이다. 다양한 호들이 망 자원을 공유할 때, 주된 망의 수행 파라미터(전송지연, 셀 손실률, 시간 변이 등)가 관찰되고, 그것들의 관계가 신경회로망의 구조에 학습되어 호의 연결 설정 여부를 결정하는 방법을 제시하였다 [6]. 연결 설정 여부를 결정하기 위해 제공된 트래픽 특성, QoS, 실제 망 동작의 성능 측정을 사용하는 신경회로망 제어 방법을 제시하였다 [7].

앞서 제시된 CAC 방법들을 분석해 보면 트래픽을 실제로 측정하여 보다 정확한 파라미터를 얻을 수 있으며 연결 수락시 망내의 성능을 향상시킬 수 있는 이 두 가지 방법의 장점을 동시에 고려한 효율적인 연결 수락 제어 방법이 아직까지 제안되지 않았다. 그러나, 좋은 성능을 지닌 CAC방법이라 할지라도 연결 설정시 협상된 계약을 준수할 경우에만 올바르게 동작할 수 있다. 따라서, 각 소스가 협상된 파라미터를 준수하고 있는지 확인하기 위하여 이를 감시하는 UPC가 필요하다. UPC는 연결 설정 과정에서 협상된 파라미터들의 위반 검출 및 대응되는 행위를 잘 조처함으로써, 현재 사용중인 다른 연결들의 서비스 품질에 영향을 줄 수 있는 행위들로부터 망 자원을 보호하기 위한 것이다. 지금까지 제안된 알고리즘을 분석해보면, UPC는 크게 리키 버킷(Leaky Bucket: LB)과 그것의 변형된 알고리즘, 윈도우에 기반한 알고리즘으로 분류된다 [9-15]. 두개의 신경회로망중 첫 번째 것은 위반하지 않은 이상적인 트래픽의 확률밀도함수(Probability Density Function: PDF)를, 두 번째 것은 호의 지속기간동안 제공된 실제 트래픽 PDF 특성을 학습하도록 훈련시켜 이를 비교하여 실제 트래픽의 PDF가 이상적인 트래픽의 PDF를 위반했을 때 여러 신호가 발생하는 2개의 상호 연결된 신경회로망을 사용하는 트래픽 감시 방법을 제안하였다 [10]. 퍼지 신경회로망 사용에 의해 검출된 셀 도착률을 통하여 버퍼를 지닌 리키 버킷 메커니즘의 토큰 생성률을 동적으로 갱신하는 방법을 제안하였다 [11]. 기존의 EWMA(Exponentially Weighted Moving Average) 알고리즘에 퍼지 논리 제어를 적용하여 구현의 용이성, 높은 반응도, 높은 선택도 등의 기본 요구사항을 만족시키는 UPC를 제안하였다 [12]. 그러나, 기존의 알고리즘들을 분석하여 보면 UPC 자체의 성능 향상과 전체

트래픽 제어기의 성능 향상, 그리고 구현의 용이성을 동시에 고려한 효율적인 방법을 동시에 제안하지는 못했다.

ATM 링크는 155 Mbps 이상의 대용량이므로 하나의 ATM 링크에 여러 개의 사용자 트래픽 소스를 다중화시키며, 이는 User Network Interface(UNI)의 입력단에서의 셀 다중화에 의해 행해진다. 효율적인 셀 다중화 알고리즘은 사용자 트래픽의 셀 전송지연변이(Cell Delay Variation), 셀 손실률 등을 최소화시켜 사용자의 QoS를 만족시키고 시스템의 성능을 향상시키는 중요한 역할을 하게 된다. 따라서, 실제로 이용 가능한 대역폭 이상으로 대역폭을 할당하여 기존의 통신망보다 현저하게 향상된 성능을 제공하여 망의 이용률을 극대화시킬 수 있는 효율적인 통계적 셀 다중화 방법이 필요하다. 기존의 셀 다중화 알고리즘[16]으로는 FIFO(First In First Out), RR(Round Robin), LTRB (Least Time to Reach Bound), MBEA (Most Behind Expected Arrival), GR(Golden Ratio) 등이 있으며, 이들은 모두 특정 시스템에만 적용되는 sub-optimal한 해결책을 제시할 뿐이며, 실시간 처리를 위한 서버의 빠른 스케줄링 시간을 고려하지 않고 있다. 연결 수락의 판단에는 대역폭 예측 방법 또한 매우 중요하다. 예측된 대역폭은 사용자 트래픽의 QoS를 만족시킬 수 있도록 충분히 커야 하며, 대역폭의 낭비를 최소화할 수 있을 만큼 적어야 하므로, 이를 만족시키는 대역을 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 지금까지 제안된 대역폭 예측 문제를 해결하고자 하는 여러 접근법은 크게 다음과 같이 4가지로 분류된다 [18, 19].

- 큐잉 모델에 의한 접근법
- 유체 흐름 근사법(Fluid Flow Approximation)
- 정규 근사법(Gaussian Approximation)
- 시뮬레이션에 의한 접근법

큐잉 모델은 최적화 도구가 아니라 분석적 도구이므로 다중화되는 트래픽들에 대하여 주어진 QoS를 만족하는 최적의 대역을 정해야 하는 단점이 있다. 그리고 유체 흐름 근사법은 통계적 다중화의 효과를 감안하지 못하는 한계성이 있으며, 정규 근사법은 버퍼의 완충효과를 무시하고 있으므로 실제 대역 소요량

에 비해 conservative한 결과를 초래한다. 또한 시뮬레이션에 의한 접근법은 극히 낮은 셀 손실률을 요구하는 서비스들에 대하여 이에 상응하는 결과를 얻는데 컴퓨터 수행시간상 어려움이 존재한다. 따라서 앞서 언급한 단점들을 보완할 새로운 알고리즘이 필요하다.

ATM망이 갖는 중요한 특징, 즉 고속의 링크 속도, 다양한 서비스 요구 사항, 그리고 앞으로 지원할 것으로 기대되고 있는 다양한 트래픽 특성 등은 폭주 제어 측면에서 보면 복잡한 알고리즘이 필요하게 된다. 기존의 알고리즘들로는 선택적으로 셀을 탈락시키는 방법, FCN(Forward Congestion Notification) 방법, BCN(Backward Congestion Notification) 방법 등이 있다. 기존의 알고리즘들을 분석해보면 예방적 제어와 반응적 제어 방법을 모두 적용하는 효율적인 알고리즘이 아직 제안되지 않았다. ATM망에서는 멀티미디어 소스의 특성 때문에 정확한 트래픽에 대한 정보를 미리 예측할 수 없으므로 실제 트래픽 제어에서 사용하는 협상된 트래픽 파라미터들의 정확한 값을 알기가 어렵다. 따라서 이러한 정확하지 않은 트래픽 파라미터 값에 대한 제어를 위하여 퍼지 논리 제어의 적용이 필요하다 [2, 8]. 또한, 망과 사용자 트래픽의 제어를 위한 정확한 정보는 네트워크 동작에서 얻을 수 있으므로 신경회로망 제어기의 설계 과정에서는 트래픽 특성들에 대한 정확한 정보가 필요치 않다. 따라서 실제 망과 설정한 모델이 정확하게 일치하지 않는 경우에도 적용이 가능하며, 중요하고 정확한 정보를 관측된 데이터에서 자동적으로 추출하며, 제어의 정확도는 학습에 따라 증가하며, 제어기는 변화하는 상황, 성능의 특징, 요구사항에 적용할 수 있다. 아울러 다양한 네트워크의 구조에 융통성 있게 적용할 수 있도록 신경회로망의 적용이 필요하다 [6, 7].

본 논문에서는 트래픽 제어기들뿐만 아니라 트래픽 제어 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 기존의 트래픽 제어 방법에 신경회로망과 퍼지 논리 제어를 이용하는 새로운 개념의 트래픽 제어기를 설계하였다. 본 논문의 내용은 2절에서는 제안된 트래픽 제어 시스템 및 연결 수락 제어기에 대한 설명, 3절에서는 신경회로망과 퍼지 논리 제어 적용, 4절에서는 성능 측정 및 결과, 5절에서는 결론에 대하여 기술한다.

2. 트래픽 제어 시스템 및 연결 수락 제어기

2.1 트래픽 제어 시스템

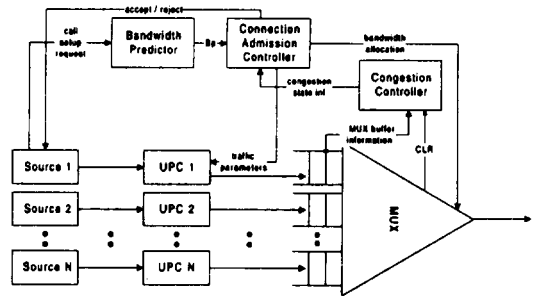
본 논문에서 제안한 트래픽 제어 시스템은 여러 제어기들이 상호작용하며 (그림 1)에 나타나있다. 새로운 호가 소스 트래픽 표현자와 QoS를 신호 메시지 형태로 망에 신고하여 연결 설정을 요구하였을 때 수행하는 각 제어기들과 전체 시스템의 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 대역폭 예측기: 연결수락 상태에서, 기존에 연결 설정된 소스와 연결 설정을 요구한 모든 소스에 셀 손실률과 전송지연을 만족시키는 최소의 대역폭을 예측한다.
- 연결 수락 제어기: 대역폭 예측기에서 측정된 대역폭과 폭주 제어기에서 출력되는 망의 폭주정도에 기초하여 망의 실제 사용 가능한 대역폭을 비교한 후 연결 수락 여부를 결정하며, 연결이 수락되었을 경우 사용 파라미터 제어에서 필요한 트래픽 파라미터를 결정하고, 예측된 대역폭을 소스에 할당한다.
- 사용 파라미터 제어기: 연결 수락시에 결정된 트래픽 파라미터로 소스에 대한 on-line 측정을 통하여 위반된 트래픽을 검출해내며, 그에 해당되는 조치를 취하게 된다.
- 셀 다중화기: 사용 파라미터 제어를 거쳐 전송 중인 소스들을 하나의 전송링크로 다중화시키는 역할을 하며, 각 소스에 대한 셀 손실률과 셀 전송지연을 보장하기 위하여 측정 윈도우내의 각 소스에 대한 버퍼의 크기와 점유시간을 측정하여 Hopfield 신경회로망 제어를 사용한다.
- 폭주 제어기: 망의 셀 손실률, 다중화기 버퍼 상태, 다중화기 버퍼의 변화율과 같은 망 상태 정보로부터 정확한 망의 상태를 진단하여 출력신호를 발생시키며, 이는 연결 수락 제어시 고려될 중요한 파라미터이다.

2.2 연결 수락 제어기

연결 수락 제어 방식 중 간단한 방법은 최대 전송률로 자원을 할당하는 방법이며, 트래픽의 버스트가 커질 경우 망 자원에 대한 효율성은 저하된다. 따라서 높은 자원 이용도가 요구되는 ATM 자원 관리의 목적을 위하여 통계적 다중화에 기반한 연결 수락 제어 기법의 전개가 필요하다. 연결 수락 제어기는 구

현이 간단해야 하고, 실시간 처리가 가능하여야 한다. 아울러, 트래픽의 예측할 수 없는 변화에 대하여 강건해야 하며, 다중화 이득의 극대화 관점보다는 요구되는 서비스의 품질을 충분히 보장하면서 적절한 다중화 이득을 얻는 관점으로 수행되어야 한다. 따라서, 연결 수락 제어는 다른 트래픽 제어의 여러 기능들간의 상호관계를 충분히 고려하여 설계되어야 한다. 본 논문에서는 사용자 소스의 on-line 측정을 통해 망의 상태 및 소스 트래픽의 계약 위반 여부를 정확히 파악하고, 또한 이의 실시간 처리를 위하여 신경회로망을 사용하며, 통계적 다중화 방식을 고려하는 망상태 함수를 산출하여 연결의 수락/거절을 결정하는 3단계의 새로운 연결 수락 제어 방법을 제안한다.



(그림 1) 트래픽 제어 시스템 모델 (Fig. 1) Traffic Control System Model

2.2.1 연결 수락 제어의 기능

연결 수락 제어의 기능은 ATM망에 새로운 연결이 요구되었을 때 QoS를 만족하는 대역폭 할당 등의 충분한 자원이 망내에 확보되어 있고 이미 접속된 연결들의 QoS를 저하시키지 않을 때 이 연결을 수락한다. 연결 수락 제어기는 소스 트래픽 표현자와 QoS에 관한 신호 메시지 형태의 정보들을 이용하여 다음 사항을 결정한다.

- 호의 연결 요구에 대한 수락 혹은 거절
- UPC에 필요한 트래픽 파라미터들
- 망 자원의 할당

2.2.2 제안된 연결 수락 제어 방법

(1) 초기 연결 설정 단계 (호 단위의 제어): 대역폭

예측 및 연결 설정 여부 결정

초기 단계에서는 소스의 연결 설정 요구시 소스가 트래픽 표현자와 QoS 파라미터를 망에 신고하면 이에 해당하는 대역폭을 계산하여, 호의 수락/거절 여부를 결정한다. 대역폭은 트래픽 데이터를 off-line으로 측정한 후 이를 역전파 신경회로망에 학습시켜 셀 손실률과 전송지연을 만족시키는 최소의 대역폭을 on-line으로 예측한다. 만약 연결이 수락되었다면 CAC는 트래픽 감시를 위한 트래픽 파라미터를 결정하고, 소스의 트래픽 전송지연과 셀 손실률을 만족시키는 예측된 최소 대역폭을 할당한다. 트래픽 감시를 위하여 제안된 알고리즘에서는 최대 전송률, 평균 전송률, burst tolerance, 전송 지연과 같은 소스 트래픽 파라미터와 버퍼를 갖는 리키 버킷 알고리즘에 사용되는 파라미터로 이미 사용된 입력 버퍼의 크기, 입력 버퍼의 변화량, 다중화기에서의 사용된 버퍼의 크기를 사용한다. 전송지연은 다중화기에서의 버퍼에서의 대기 시간을 말하며, 이는 버퍼의 크기에 직접적으로 비례한다. 셀 손실률은 셀들이 다중화되기 전까지 손실된 개수와 전체 셀의 전송 개수의 비로 나타내어진다.

(2) 동적 재협상 단계 (셀 단위의 제어): 사용 파라미터 제어

셀 단위의 제어에서는 호의 지속기간동안 호가 망에 신고한 트래픽 파라미터로부터 사용자 트래픽에 관해 버킷의 리키율을 통하여 다음 경우를 고려하여 이를 계속 감시한다.

① 소스가 계약을 준수하고 있는 경우

■ 특정 단위시간에 자신에게 할당된 자원을 거의 사용하지 않는 경우:

즉, 버킷이 거의 비어있는 경우에는 자신에게 할당된 자원이 다시 필요해질 때까지 다른 소스에 게 자동적으로 할당되며, 이는 리키율이 감소함을 의미한다.

■ 특정 단위시간에 자신에게 할당된 자원 만큼만을 적절히 사용하는 경우:

제어 조치가 필요 없으므로 리키율을 변화시키지 않는다.

② 소스가 계약을 위반한 경우

■ 소스가 특정 단위시간에 자신에게 할당된 자원 이상이 필요할 경우:

버킷이 모두 채워진 상태로 이는 채널의 사용 가능한 용량이 있으면 그 만큼 리키율을 증가시키고, 만약 용량이 가득찬 경우에는 다중화기에서의 사용 가능한 버퍼의 크기에 따라서 위반된 셀을 탈락시킬 것인지, 전송시킬 것인지를 결정하게 된다.

(3) 셀 다중화 단계: Hopfield 신경회로망을 이용한 셀 다중화 방법

셀 다중화 단계의 제어에서는 멀티미디어 트래픽은 대기로 인한 지연보다는 셀 손실률에 더 민감하기 때문에 셀 다중화기의 주된 파라미터로서 셀 손실률과 셀 전송지연 변이를 사용한다. 또한 병렬 처리와 최적화 능력을 지닌 Hopfield 신경회로망을 적용하여 이 두 파라미터들을 최소화하여 이용률을 증가시키고 사용자의 QoS를 만족시키는 새로운 스케줄링 알고리즘을 사용한다.

3. 신경회로망과 퍼지 논리 제어의 적용

3.1 역전파 신경회로망을 이용한 대역폭 예측기

매우 상이한 트래픽 특성들을 갖는 다양한 통신 서비스들의 트래픽을 전달하는 데 있어서의 융통성이 바로 ATM망의 주요 이점이다. 따라서 이러한 가능성을 충분히 살려 제공하는 서비스의 품질 요구 수준을 보장해줄 수 있도록 하기 위해 발생하는 각 호 또는 다중화된 트래픽 흐름에 소요될 대역을 적절히 할당하여야 한다. 호 설정 요구시 사용자는 그 호의 비트율 및 버스트성 등의 트래픽 특성들과 셀 손실률이나 셀 지연시간 등의 필요한 서비스 품질을 신호 메시지를 통해 망에 알려준다. 그러면 망은 새로운 연결에 소요될 대역을 계산하고 할당 가능한 대역이 충분한지를 판단하여 그 연결 수락 여부를 결정한다. 대역 할당 방식은 고속인 ATM망에서의 실시간 응용이 가능하고 효율적이어야 하므로 학습기능을 통하여 수시로 변화하는 조건에 적응성을 가지고 있으며 대규모 병렬처리로 인한 계산시간의 감소와 분산구조에 의한 시스템 성능의 강인성에 의해 통신 시스템의 제어에 효과적으로 사용될 수 있는 역전파 신경회로망을 이용하였다. 일단 받아들여진 호에 대해서는 그 허용 셀 손실률과 셀 지연 변이 등의 서비스 요구

품질을 만족시켜야 한다.

본 논문에서 제안한 역전파 신경회로망을 이용한 대역폭 예측 방법은 하나의 사용자 소스에 대하여 대역폭을 예측하지 않고 기존에 연결된 호들이 차지하는 대역폭과 새로운 연결이 수락되었을 시에 차지하는 전체 대역폭을 예측하게 되며, 연결 수락 제어에서는 이 예측된 값과 사용 가능한 망 전체 대역폭과의 크기를 판단하여 새로운 호의 수락/거절 여부를 결정한다. 트래픽 파라미터들과 소스의 개수에 따라 UPC와 셀 다중화기를 거쳐 전송링크로 전송된 셀들이 차지하는 전체 대역폭이 신경회로망을 off-line으로 학습시키는 데이터이며, 학습된 신경회로망은 실시간 처리를 위해 on-line으로 대역폭을 예측하게 된다.

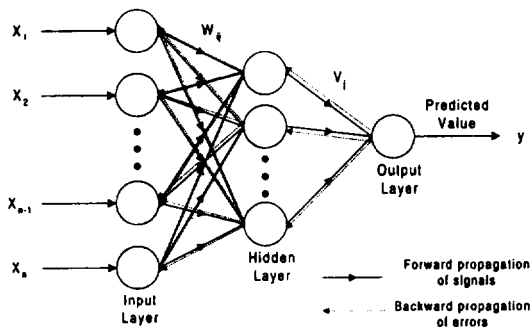
사용된 신경회로망의 입력과 출력은 다음과 같다 (그림 2).

■ 신경회로망의 입력:

- VBR에 대한 VC의 개수
- PCR(Peak Cell Rate)
- SCR(Sustainable Cell Rate)
- Burst Tolerance
- Delay Constraint

■ 신경회로망의 출력:

- 새로운 호를 수락했을 경우 예측된 전체 대역폭



(그림 2) 대역폭 예측을 위한 역전파 신경회로망
(Fig. 2) Backpropagation Neural Network for Bandwidth Prediction

3.2 퍼지 논리 제어를 이용한 트래픽 Policer

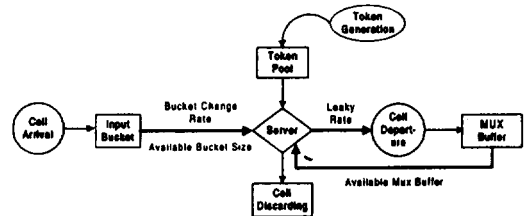
일단 호가 망에 수락되면, 트래픽 파라미터들은 사

용자와 망 사이에 계약이 설정되고 호의 지속 기간동안 이 파라미터 값들은 강화된다. 비록 소스는 망과 파라미터를 협상하지만 멀티미디어 소스의 특성 때문에 정확한 트래픽에 대한 정보를 미리 예측할 수 없으므로 실제 트래픽 감시 메커니즘에서 사용하는 협상된 트래픽 파라미터들의 정확한 값을 알기가 어렵다. 따라서 이러한 정확하지 않은 트래픽 파라미터 값에 대한 제어를 위하여 퍼지 논리 제어를 사용하였다.

트래픽 감시 메커니즘에 필요한 3가지 특성을 제시하고 있다 [12, 13].

- 위반 트래픽 상황을 발견할 수 있는 능력
- 위반 파라미터에 대한 신속한 반응도
- 하드웨어로 실현할 수 있을 만큼 단순한 제어구조

본 논문에서 제안한 트래픽 감시 메커니즘은 퍼지 논리 제어에 기반을 둔 추론 규칙에 의해 버퍼를 가진 리키 버킷 알고리즘의 리키율(Leaky Rate: L_R)을 동적으로 갱신한다 (그림 3). 이 퍼지 리키 버킷 (FLB) 메커니즘은 패킷화된 음성, 정지 화상 같은 버스트 트래픽 소스에 대해 연결 수락 단계에서 협상된 전송률(λ_s)을 준수하도록 제어한다. FLB는 과거에 협상된 파라미터를 준수하는 셀에 대해서는 계약을 위반하지 않는 한 전송시키며, 위반된 셀에 대해서는 채널의 상태를 간접적으로 나타내는 다중화기의 사용 가능한 버퍼 용량에 따라서 셀의 전송여부를 결정한다. 소스의 행위와 채널의 상태를 나타내는 파라미터들과 FLB 제어 변수들은 언어적 변수와 퍼지 집합들로 구성되며, 반면에 제어 조치는 퍼지 조건 규칙의 집합에 의해 표현된다. 사용된 소스의 행위를 나타내기 위한 파라미터들은 입력 버퍼 크기 (B_S), 버퍼의



(그림 3) 퍼지 리키 버킷 메커니즘
(Fig. 3) Fuzzy Leaky Bucket Mechanism

변화량 (B_R), 다중화기에서의 버퍼의 크기 (M_B)이다. 이 파라미터들은 소스와 채널 상태에 대한 현재 제어 정도를 나타내며, FLB 입력을 구성하는 3개의 언어변수이다. FLB의 출력은 리키율의 변화량 (L_R)을 나타내는 언어 변수이다. 제어규칙과 변수의 term sets을 구성하는 퍼지 지식 기반은 적절한 수준의 성능이 관찰될 때까지 계속 파라미터의 값을 변화시키면서 결정하였다.

입력 변수는 다음과 같다.

- 입력 버퍼 크기: Empty(E), Half(H), Full(F)
- 버퍼 변화량: Decrease(DEC), Increase(INC)
- 다중화기에서의 버퍼 크기: Empty(E), Full(F)

출력 변수는 다음과 같다.

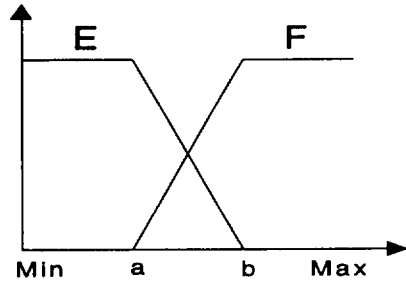
- Leaky rate의 변화량: Negative Big(NB), Negative Medium(NM), Negative Small(NS), Zero(Z), Positive Small(PS), Positive Medium(PM), Positive Big(PB)

각각의 변수에 대한 멤버십 함수는 다음과 같다 (그림 4, 그림 5, 그림 6).

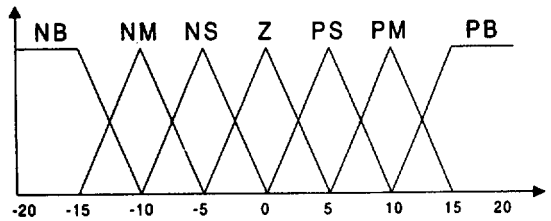
B_R 변수에 대한 멤버십 함수(MF):{-6 -3 3 6}
 M_B 변수에 대한 멤버십 함수(MF):{0 115 345 450}

예를 들어 <표 1>의 11번 규칙은 L_R에서의 멤버십 변수의 값은 리키 버킷 알고리즘을 구현하는데 하나의 클럭을 발생하여 셀 도착 시간 간격을 제어하였

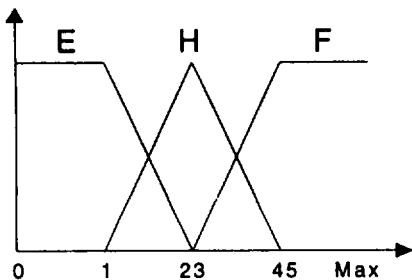
으므로 클럭 시간이다. <표 1>은 지식 기반의 12개 퍼지 조건 규칙들을 나타낸다.



(그림 5) B_R, M_B 멤버십 함수
 (Fig. 5) MF of B_R & M_B



(그림 6) L_R에 대한 멤버십 함수
 (Fig. 6) Membership Function of L_R



(그림 4) B_S 멤버십 함수
 (Fig. 4) MF of B_S

<표 1> 퍼지 리키 버킷의 규칙들
 <Table 1> The Rules of Fuzzy Leaky Bucket

Rule	B_S	B_R	M_B	L_R
1	E	DEC	E	NB
2	E	DEC	F	NB
3	E	INC	E	NM
4	E	INC	F	NM
5	H	DEC	E	NS
6	H	DEC	F	NS
7	H	INC	E	Z
8	H	INC	F	Z
9	F	DEC	E	PM
10	F	DEC	F	Z
11	F	INC	E	PB

*IF (B_S is F) and (B_R is INC) and (M_B is E),
then (L_R is PB).*

버킷이 Empty 또는 Half인 경우는 소스 트래픽이 계약을 잘 준수하고 있는 경우로서 망 상태에 크게 영향을 받지 않으며, 다른 소스 트래픽들이 채널의 사용 가능한 용량을 사용하도록 셀이 손실되지 않는 범위 내에서 리키율을 약간씩 줄여준다. 버킷이 Full일 때는 다중화기의 버퍼에서의 사용 가능한 용량에 따라서 출력이 결정된다. 다중화기의 버퍼가 비어 있는 상태에서는 셀들이 비록 계약을 위반했지만 이를 탈락시키지 않고 전송이 가능하며 버퍼가 가득차 있는 상태에서는 계약시 협상된 전송률 만큼만 전송하도록 한다.

3.3 Hopfield 신경회로망을 이용한 셀 다중화기

ATM의 주요 장점인 다양한 서비스 수용의 융통성과 망자원의 이용 효율을 높일 수 있는 방법으로 통계적 다중화 방법을 사용한다. 통계적 다중화 방식은 다중화되는 트래픽 흐름들의 비트율 변이를 적절히 이용한다. 따라서 가변적인 비트율을 갖는 버스트한 트래픽 원들에 그 최대 전송 비트율 이하의 대역을 할당하여 전달 망의 효율적인 활용을 가능하게 한다. 또한, 한 셀에 대한 셀 다중화기의 서비스 시간은 보통 1μ초 이하에서 수행되어야 하므로 이 알고리즘의 소프트웨어 구현은 불가능하다. 따라서 셀 다중화기로서 신경회로망을 이용하였다. 한편, 신경회로망은 ATM망에서 제어와 경로배정문제를 해결하는데 사용되어지고 있다 [17, 19, 20].

신경회로망은 거대한 병렬 처리 요소로 구성되므로 최적화의 문제에 대한 sub-microsecond 해결책의 가능성을 제공한다. 셀 다중화기는 소스의 개수에 대한 유한 크기의 버퍼를 갖고 N개의 소스가 하나의 서버에 의해 하나의 전송링크로 출력되도록 모델링되어진다 (그림 7). 특히, ATM 트래픽은 대기로 인한 지연보다는 셀 손실률에 더 민감하기 때문에 만족시켜야 할 QoS로서 셀 손실률과 셀 전송지연 변이를 고려하였으며, 본 논문에서 제안한 모델에서는 입력 버퍼의 크기를 측정하기 위하여 측정 윈도우를 사용하였다. 각 소스에 대한 셀 손실률과 셀 전송지연 변이를 최소화하기 위하여 측정 윈도우내의 각 소스에 대한 버퍼의 크기와 각 셀의 대기시간을 Hopfield 신경회로망의 입력패턴으로, 버퍼의 크기가 가장 크고 측정 윈도우내의 버퍼에 가장 오랫동안 점유된 소스의 셀에 우선 순위를 주어 출력 패턴을 결정하며, 결정된 소스의 버퍼에 가장 먼저 도달한 셀에 다음 서비스를 제공하는 방법을 사용한다.

3.4 퍼지 논리 제어를 이용한 폭주 제어기

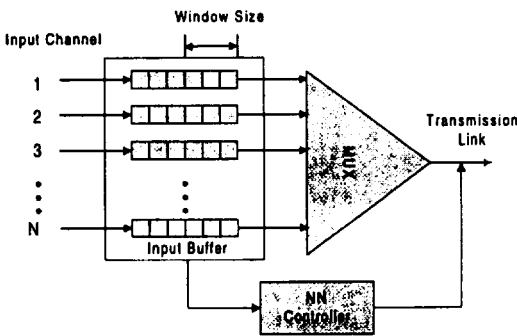
폭주란 트래픽 또는 자원의 과부하에 의해 망이 이미 설정된 연결이나 새로운 연결 요구에 대해 서비스의 품질을 만족시킬 수 없는 망 요소들의 상태를 말하며, 고속의 링크 속도, 다양한 서비스 요구 사항, 다양한 트래픽 특성등 ATM망이 갖는 중요한 특징은 폭주 제어 측면에서 보면 상당히 어려운 문제점을 수반하게 된다. 본 논문에서는 망 상태를 판단하기 위해 셀 다중화기의 버퍼 상태, 단기간의 망 상황을 알기 위한 버퍼의 변화율, 셀 다중화기 버퍼에서의 셀 손실률과 같은 망 상태의 정보를 이용하며, 망 상태를 보다 정확히 판단하기 위하여 퍼지 논리 제어를 이용한다.

입력 변수는 다음과 같다.

- 다중화기 버퍼 상태: Empty(E), Full(F)
- 다중화기 버퍼 변화량: Decrease(DEC), Increase(INC)
- 셀 손실률: Satisfied(S), Not Satisfied(NS)

출력 변수는 다음과 같다.

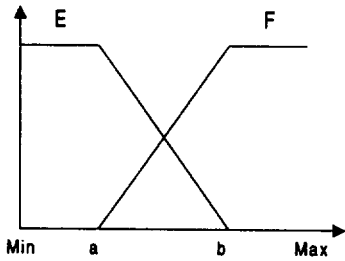
- 망의 폭주 정도: Very Low(VL), Low(L), Moderate(M), High(H), Very High(VH)



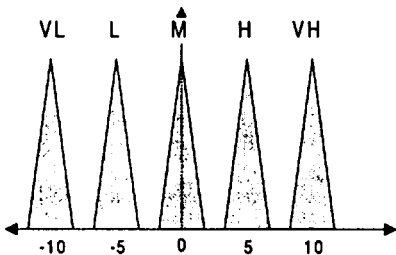
(그림 7) 셀 다중화기 모델
(Fig. 7) Cell Multiplexer Model

각각의 멤버십 함수는 다음과 같다 (그림 8, 그림 9).

- buff 변수에 대한 멤버십 함수: {0 15 30 45}
- $\Delta buff$ 변수에 대한 멤버십 함수: {-6 -3 3 6}
- P_i 변수에 대한 멤버십 함수: {0 0.1 0.2 1}



(그림 8) buff, Δbuff, P_i 의 멤버십 함수
(Fig. 8) Membership Function of buff, Δbuff, P_i



(그림 9) y의 멤버십 함수
(Fig. 9) MF of y

출력 변수 y의 중심은 (그림 9)에 나타나있으며 변이는 중심의 각각 -2, +2 만큼씩이다 <표 2>는 지식기반의 8개의 퍼지 조건 규칙을 나타낸다.

예를 들어 <표 2>의 8번 규칙은

IF (buff is F) and ($\Delta buff$ is INC) and (p_i is NS), then (y is VH).

버퍼는 현재의 망 상태의 혼잡정도를, 버퍼의 변화율은 소스 트래픽이 버스트 기간인지 여부를 나타내며, 셀 손실률은 QoS가 만족되었는지 여부를 나타내는 변수이다. 버퍼가 비어 있을 때는 저폭주 상태의 경우이며, 버퍼가 가득 차 있을 때는 고평주 상태의

경우를 나타낸다.

<표 2> 혼잡 제어기의 규칙들
<Table 2> The Rules of Congestion Controller

Rule	buff	$\Delta buff$	p_i	y
1	E	DEC	S	VL
2	E	DEC	NS	L
3	E	INC	S	L
4	E	INC	NS	L
5	F	DEC	S	M
6	F	DEC	NS	H
7	F	INC	S	H
8	F	INC	NS	VH

4. 성능 측정 및 결과

4.1 트래픽 소스 모델링

본 논문에서 사용한 소스 모델은 소스 각각의 호 연결 설정 요구는 평균 0.7초인 Poisson 프로세스로서, 각 호에 대한 소스 모델은 버스트기간의 셀 개수는 평균 $E[X]=5$ 셀인 기하학적 분포를 갖는다. 아울러 idle 기간의 지속시간은 평균 $E[S]=0.1477$ 초인 지수 분포를 가지며, 버스트 시간의 셀 시간 간격은 $t_c=0.016$ 초, 평균 셀 전송률이 $\lambda_n \approx 22$ 셀/초이다. 그리고, 패킷화된 음성, 정지 화상, 대화형 데이터 서비스와 같은 현실적 모델링이 가능한 On-Off 모델로, 호의 지속시간은 평균 240초를 갖는 지수 분포를 갖도록 하였다.

4.2 연결 수락 제어기와 대역폭 예측기의 성능 측정

■ 셀 다중화에 의한 전체 대역폭의 비교

QoS가 같은 조건하에서 전송지연=0.8480초, 셀 손실률=0.1, 다중화된 소스 개수=100개일 때 (그림 10 참조), 본 논문에서 제안한 신경회로망을 이용한 셀 다중화 방법과 다른 알고리즘에 비해 우수하다고 평가된 WRR방법의 각 다중화된 소스의 개수에 대한 전체 대역폭 크기를 나타낸다. (그림 10)으로부터 신경회로망을 이용한 다중화 방법이 대역폭 면에서는 최대 19.4%까지 더 효율적임을 알 수 있다. 또한, 동

질의 트래픽원들을 다중화할 경우에는 각 트래픽원의 버스트 특성이 일정하게 유지된 상태에서는 부과 트래픽(트래픽원의 수)의 증가에 따라 필요한 대역이 선형적으로 증가한다는 중요한 사실을 알 수 있다.

또한, (그림 10)으로부터 다중화된 트래픽 소스에 대한 예측된 필요 대역폭이 WRR 다중화 방법을 사용하는 것이 신경회로망을 이용한 다중화 방법보다 더 크기 때문에 전체 대역폭이 일정하게 주어졌을 때 연결 수락 단계에서 받아들여질 수 있는 호의 개수는 WRR 방법보다 NN방법이 많다는 것을 알 수 있다.



(그림 10) 대역폭 예측기에 의한 전체 대역폭
(Fig. 10) Total Bandwidth by Bandwidth Prediction

4.3 사용 파라미터 제어기에 대한 성능 측정

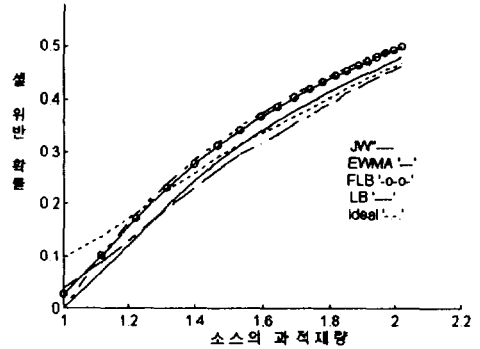
4.3.1 사용 파라미터 제어기 알고리즘의 성능 평가
사용 파라미터 제어기 알고리즘의 성능 평가를 위해 다음과 같은 확률을 사용하였다.

$$P_d = \frac{\sigma - 1}{\sigma}$$

여기서, P_d : 트래픽 감시 메커니즘이 위반된 셀을 찾아낼 확률,
 σ : 소스의 실제 평균 전송률/협상된 전송률 (소스의 과적재량).

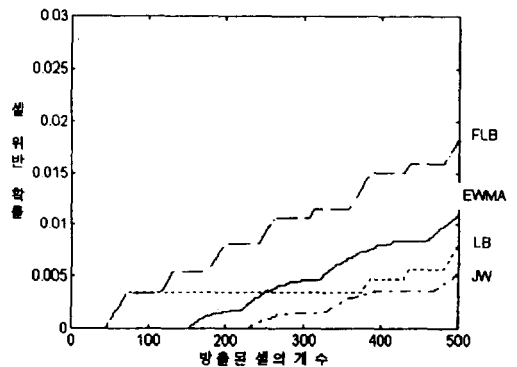
P_d 및 σ 파라미터를 사용하여 위반된 트래픽 상황을 발견할 수 있는 능력을 측정하였다. FLB는 (그림 11)의 결과에서 보듯 이상적인 트래픽 감시 메커니즘의

경우와 $\sigma=11$ 과 1.1 사이에 약간의 오차가 발생할 뿐 다른 값에 대해서는 거의 일치하였다.



(그림 11) 위반 트래픽 상황 발견 능력
(Fig. 11) Selectivity Performance of Violated Traffic

트래픽 감시 메커니즘이 위반된 셀을 발견하여 이에 대한 조치를 취하기전에 방출된 셀의 개수를 측정하여 신속한 반응정도에 대한 성능을 측정하였다. FLB 메커니즘은 (그림 12)에 나타나 있듯이 약 50셀을 방출한 후에, LB는 약 150셀, JW는 약 230셀 이후에 위반을 검출해 낸다. 또한 위반 소스를 검출해 낼 확률도 다른 메커니즘보다 높아 반응정도에 대한 성능도 가장 우수함을 알 수 있다.

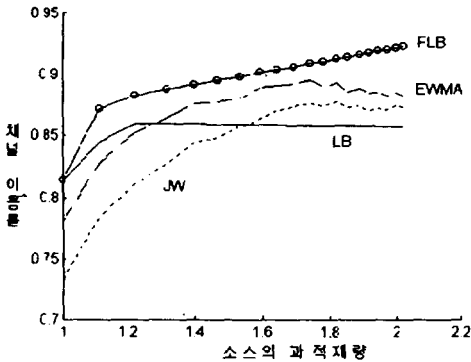


(그림 12) 위반 파라미터의 반응도 측정
(Fig. 12) Dynamic Behavior Measurement

4.3.2 시스템의 성능 평가

채널의 이용률을 평가하기 위하여 평균 셀 전송률

이 22셀/초인 50개의 소스가 다중화되며, 전체 링크 용량은 1,375셀/초로 설정하여 채널 이용률을 측정하였다. (그림 13)은 퍼지 리키 버킷 메커니즘이 채널의 이용률 면에서도 다른 알고리즘보다 성능이 우수함을 보여준다.



(그림 13) 채널 이용률 측정
(Fig. 13) Channel Utilization Measurement

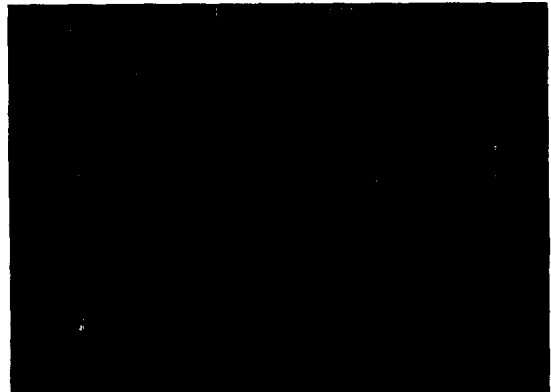
4.4 셀 다중화기에 대한 성능 측정

(그림 14)는 8개의 각 소스에 대하여 셀 다중화기의 버퍼에서의 셀 손실률을 나타낸다. 본 논문에서 제안한 Hopfield 신경회로망을 이용한 셀 다중화기가 FIFO 나 RR 스케줄러보다 성능이 우수함을 알 수 있다.



(그림 14) 셀 다중화기에서의 셀 손실률
(Fig. 14) Cell Loss Ratio at MUX Buffer

기의 가능성을 보여준다. 소스 트래픽에 대한 셀 지연 변이가 다른 알고리즘은 물론, 본래의 데이터보다 제안된 셀 다중화기에 의해 감소됨을 알 수 있다.



(그림 15) 셀 다중화기에서의 셀 지연 변이
(Fig. 15) Cell Delay Variation at MUX

5. 결 론

본 논문에서는 연결 수락 제어에 중점을 두어 다루었으며, 이와 관련된 사용 파라미터 제어, 대역폭 예측 방법, 셀 다중화 방법, 폭주 제어와의 상호관계를 고려하였다. 아울러 여기에 신경회로망 및 퍼지 논리 제어를 사용하는 새로운 방법의 ATM 트래픽 제어를 설계하였다. 지금까지 제안된 연결 수락 제어 방법들은 각각 나름대로의 장점을 지니고 있으나 아직까지 ATM망의 트래픽 상황을 적절히 나타내는 방법을 제공하는 알고리즘의 제시는 없는 상태이다. 따라서, 트래픽 상황 변화에 비의존적인 강건한 제어 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 하나의 트래픽 서비스 유형을 사용하였지만, 실제 B-ISDN망에서는 트래픽을 4-5개의 유형으로 분류하고, 호 연결 요청 시 트래픽의 해당 유형을 선정하여 대역 할당 및 연결 수락 제어는 동일 유형 내의 통계적 다중화만을 고려하는 제한적 다중화 방식을 기초로 하므로, 이 방식이 고속의 ATM 망에서 실시간 적용을 위해서 절대 필요한 간편성과 트래픽 유형에 따른 다양한 QoS를 만족시키면서 아울러 재고해야할 망 활용의 효율성을 절충하는 좋은

(그림 15)는 트래픽 형태 제어기로서의 셀 다중화

대안이라 판단된다. 또한, 새로운 서비스들의 창출로 트래픽 유형의 추가가 요구될 경우 용이하게 대처할 수 있는 확장성이나 모듈성 등을 고려할 때 바람직한 방식이므로, 다양한 종류의 소스 트래픽에 대해 본 논문에서 제안된 트래픽 제어기의 성능 평가가 필요하다. 제안된 셀 다중화기는 Hopfield 신경회로망의 최적화와 병렬처리 능력을 이용하여 우수한 성능이 입증되었으며, 사용 파라미터 제어는 앞서 제시한 요구사항을 대부분 만족시켰으나 하드웨어로 구성할 때 구현의 용이성에 대해서는 좀더 연구가 필요하다. 또한, 본 논문에서는 On-Off 소스 모델만을 사용하였으나, 앞으로 비디오 소스 모델을 포함하여 다양한 소스 모델에 대하여 더욱 구체적인 성능측정에 대한 연구를 계속할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ATM Forum, "ATM UNI 3.1", ftp://ftp.atmforum.com/pub/UNI/ver 3.1.
- [2] R. G. Cheng, C. J. Chang, "Design of a Fuzzy Traffic Controller for ATM Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 3, pp. 460-469, June 1996.
- [3] G. Gallassi, G. Rigolio, L. Verri, "Resource Management and Dimensioning in ATM Networks", IEEE Magazine, May 1990.
- [4] H. Saito, K. Shiimoto, "Dynamic Call Admission Control in ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 7, pp. 982-989, Sept. 1991.
- [5] H. Saito, "Call Admission Control in an ATM Network Using Upper Bound of Cell Loss Probability", IEEE Transactions On Communications, Vol. 40, No. 9, pp. 1512-1521, Sept. 1992.
- [6] R. T. Morris, B. Samadi, "Neural Network Control of Communications Systems", IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 5, No. 4, pp. 639-650, July 1994.
- [7] Atsushi Hiramatsu, "Integration of ATM Call Admission Control and Link Capacity Control by Distributed Neural Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 7, pp. 1131-1138, Sept. 1991.
- [8] K. Uehara, K. Hirota, "Fuzzy Connection Admission Control for ATM Networks Based on Possibility Distribution of Cell Loss Ratio", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 2, pp. 179-190, Feb. 1997.
- [9] Ranthgeb, "Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanism for ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 3, pp. 325-334, April 1991.
- [10] Ahmed A. Tarraf, Ibrahim W. Habib, et al., "A Novel Neural Network Traffic Enforcement Mechanism for ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, No. 6, pp. 1088-1096, August 1994.
- [11] L. J. Zhang, Y. D. Li, "A Novel Fuzzy Neural Network Traffic Policing Mechanism for ATM Networks", Dept. of Automation, Tshinghua University.
- [12] V. Cantania, G. Ficili, et al., "A Comparative Analysis of Fuzzy Versus Conventional Policing Mechanisms for ATM Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 3, pp. 449-459, June 1996.
- [13] T. D. Ndousse, "Fuzzy Neural Control of Voice Cells in ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, No. 9, pp. 1488-1494, Dec. 1994.
- [14] M. Butto, E. Cavallero, et al., "Effectiveness of the Leaky Bucket Policing Mechanism in ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 3, pp. 335-342, April 1991.
- [15] Qingyang Hu, D. W. Pear, "Self-tuning Fuzzy Traffic Rate Control for ATM Networks", Telecommunications & Information Sciences Laboratory, Dept. of Electrical Engineering & Computer Science, University of Kansas.
- [16] Zvi Rosberg, "Cell Multiplexing in ATM

Networks”, IEEE/ACM Transactions On Networking, Vol. 4, No. 1, pp. 112-122, Feb. 1996.

- [17] Y. K. Park, G. H. Lee, “NN Based ATM Cell Scheduling with Queue Length-Based Priority Scheme”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 2, pp. 261-270, Feb. 1997.
- [18] R. Guerin, H. Ahmadi, M. Naghshinch, “Equivalent Capacity and Its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Network”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 7, pp. 968-981, Sept. 1991.
- [19] S. A. Youssef, I. W. Habib, T. N. Saadawi, “A Neurocomputing Controller for Bandwidth Allocation in ATM Networks”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 2, pp. 191-199, Feb. 1997.
- [20] S. I. Han, B. H. Lee, “Optimal ATM Traffic Shaping Method Using Backpropagation Neural Network”, Proc. of KFIS Fall Conf., Vol. 6, No. 2, pp. 215-218, 1996. 11.
- [21] 이우섭, 광동용, 박홍식, “ATM망에서의 트래픽 제어기술”, 전자통신 제14권 1호, pp. 87-107, 1992. 4.



한 성 일

1996년 전남대학교 공과대학 컴퓨터공학과 졸업(학사)
 1996년~현재 전남대학교 대학원 전자공학과 석사과정
 관심분야: ATM 트래픽 엔지니어링, 신경회로망, 퍼지이론, 영상처리.



원 용 관

1987년 한양대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
 1991년 University of Missouri, 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(석사)
 1993년 University of Missouri, 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)

1987년~1988년 금성통신 근무
 1995년~1996년 한국전자통신연구원 인공지능연구실 근무
 1996년~현재 한국통신 전송기술연구소 근무
 관심분야: 영상/신호처리, 패턴인식, 신경회로망, 퍼지이론, 가상현실, VOD



이 배 호

1978년 한양대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
 1980년 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 졸업(석사)
 1993년 University of Missouri, 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)

1980년~1983년 국방과학연구소(ADD) 근무
 1993년~현재 전남대학교 공과대학 컴퓨터공학과 조교수(학과장)
 관심분야: 멀티미디어 통신, 인공지능, 컴퓨터 비전, 영상처리, 정보보안.