

신경회로망을 이용한 최적의 ATM 트래픽 형태 제어 방법

한 성일*, 이 배호**

* 전남대학교 전자공학과

** 전남대학교 컴퓨터공학과

E-mail : hansil@ailab.chonnam.ac.kr,

Optimal ATM Traffic Shaping Method Using the Backpropagation Neural Network.

Han, Seong Il *, Lee, Bae Ho **

* Dept. of Electronics Eng. Chonnam National Univ.

** Dept. of Computer Eng. Chonnam National Univ.

요 약

ATM망은 실제로 이용가능한 대역폭 이상을 할당하는 통계적 다중화(statistical multiplexing) 기법을 사용하므로 망을 통한 트래픽 흐름을 적절히 관리하지 못하면 혼잡(congestion), 셀 손실, 망의 성능 저하 등을 야기하게 된다. 이러한 상황을 예방하고 셀의 도착 시간 버스트(burstiness)를 줄이며 셀 손실 특성을 개선하여 망의 성능을 증가시키기 위하여, 트래픽의 형태 제어 방법을 제안한다. 트래픽 형태 제어 파라미터 값이 역전파 신경망을 적용하여 예측되며, 이 예측된 값들에 의해 형태 제어 방법을 수행 한다. 제안된 형태 제어 기법의 성능은 Poisson 트래픽 입력에 대한 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 얻어지며, 멀티플렉서에서의 최대 버퍼 크기를 측정하여 성능을 평가하였다.

1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)는 하나의 중합된 광대역 망을 사용하여 음성, 텍스트, 화상, 비디오 서비스 제공한다. CCITT 의해 추천된 ATM망에서는 소용 대역이나 서비스의 요구 품질에 따라 다른 다양한 호들이 망자원들을 공유하여야 하고, 셀의 고속 전송 특성 때문에 폭주 상태가 발생할 수도 있으며, 또 예측하기 어려운 트래픽의 변화로 인한 셀 전송지연 및 셀 손실이 발생할 수 있다. 형태가 다른 멀티미디어 트래픽은 통계적 특성 뿐만 아니라 서비스 품질(QoS)에 의해 지정된 서비스 요구사항도 다르게 된다. 따라서 사용자가 요구하는 서비스 품질을 충족하고 망자원을 효과적으로 공유하기 위해서는 연결 설정 단계에서의 수락 제어, 소스 쪽에서의 트래픽 제어, 스위치에서의 효율적 스케줄링

방법 등이 필요하다. 또한, 대부분의 멀티미디어 소스들은 본래 버스트 특성을 가지고 있으므로, 트래픽 형태 제어기는 트래픽 특성들을 원하는 형태로 변경하기 위하여 가상경로 연결이 보존하고 있는 셀 순서를 유지해야 한다. 버스트성은 혼잡상태에 의해 통계적 멀티플렉싱을 증가시키며, 반면에 버스트성의 완화는 이용률을 저하시키나 셀 전송 보장을 제공하는데 도움을 준다. 그래서 이용률과 성능간의 적절한 조정을 제공하는 방법이 필요하다.[4] 신경회로망은 학습을 통하여 변화하는 조건에 적응성을 가지고 있으며 대규모 병렬처리로 인한 계산시간의 감소와 분산구조에 의한 시스템 성능의 강인성에 의해 ATM과 같은 통신 시스템의 제어에 효과적으로 사용될 수 있는 가능성을 보여 주고 있다. [3]

본 논문에서는 소스 쪽의 트래픽 제어 방법 중에서 학

습과 예측 능력을 갖는 신경회로망을 이용하여 트래픽 형태를 제어하기 위한 연구를 수행하였다.

2장에서는 신경회로망을 이용한 트래픽 제어 파라미터를 결정하는 매커니즘에 대하여, 3장에서는 트래픽 형태 제어기 모델과 제어 방법에 대하여, 4장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 분석과 결론을 기술한다.

2. 신경망을 이용한 트래픽 제어 파라미터 예측 매커니즘

2.1 신경망의 구조

적응성과 비선형 특성을 가진 신경망으로 셀의 트래픽 형태 제어 파라미터 예측을 위한 장기간의 예측은 불가능하나 단기간의 예측은 가능하다. 일련의 시간의 현재와 미래의 값은 과거의 n 개의 값의 비선형 함수는 식(1)로 표현된다. [5]

$$y(k) = f(y(k-1), y(k-2), \dots, y(k-n)) \quad (1)$$

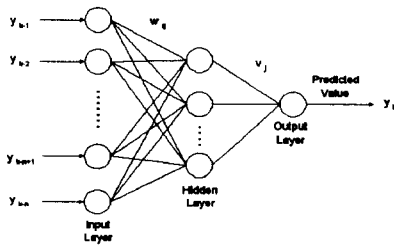


그림 1. 트래픽 형태 제어 파라미터 예측을 위한 역전파 신경망의 구조

y_{k-1}, \dots, y_{k-n} 는 입력 열, 가중치 w_{ij} 는 모든 i 입력 뉴런을 j 번째의 은닉 뉴런에 연결시키며, 가중치 v_j 는 i 번째 은닉 뉴런으로부터 출력 뉴런으로 연결시킨다. 은닉층의 전달함수 Ψ_j 는 sigmoid 함수, 출력층의 전달함수는 선형함수를 사용하였다. y_k 값을 예측하기 위하여 이미 예측된 값 y_{k-1} 가 망의 부가적인 입력으로 다시 입력된다. 신경망의 예측된 출력값은식(2)로 표현되는 v_0 와 w_0 의 바이어스 가중치를 갖는다.

$$y_k = v_0 + \sum_{j=1}^m v_j \Psi_j \left(\sum_{i=1}^n w_{ij} y_{k-i} + w_{j0} \right) \quad (2)$$

2.2 신경망의 학습 방법.

트래픽 형태 제어 파라미터 예측을 위하여 역전파(backpropagation) 알고리즘을 사용한다. 먼저 신경회로망의 입력 패턴을 n 개의 셀 도착시간 간격으로, 출력을 알고리즘에 의해 n 개의 셀 도착시간 간격에 해당하는 트래픽 형태 제어 파라미터 (T)값을 구하여 신경회로망을 학습시킨다. 이 신경회로망에서 출력된 n 개의 값들은 예측을 위한 신경회로망의 입력으로 feedback 되어 y_k 값을 결정하게 된다.

3. 트래픽 형태 제어 방법

지금까지의 트래픽 형태 제어에 관한 연구는 윈도우 매커니즘, 리키 버킷(leaky bucket) [1]과 같은 트래픽률을 제어하는 장치를 고안하여 왔으나, 현재는 버스트를 완화시키는 필터, 가상 스케줄링 등의 방법에 관한 연구 [1],[2]가 활발히 진행되고 있다. 이상적인 트래픽 형태 제어기는 임의의 사용자 트래픽 소스를 받아들여 셀의 시간 간격이 완전하게 정해진 트래픽 스트림으로 출력한다.

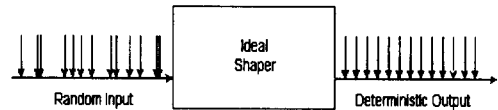


그림 2. 이상적인 트래픽 형태 제어기

트래픽 형태 제어 방법은 ATM 내부의 스위치의 출력 포트에서 수행 되어 질 수 있지만, ATM망의 UNI (user network interface)에서 수행하였다. 기본적인 트래픽 형태 제어 방법의 요구사항은 다음과 같다. 첫째, 트래픽 특성과 품질 보증(QoS) 요구사항에 기준을 두어 가장 좋은 트래픽 형태 제어 매커니즘이 선택 될 수 있어야 한다. 둘째, 트래픽을 감시하는 기술에 적용이 잘 되어야 한다. 셋째, 비디오/오디오 소스에 의해 생성되는 트래픽률의 크기와 버스트성에 잘 대처 할 수 있어야 하며, 서로 다른 성질을 갖는 트래픽 특성을 유지하여야 한다. 본 논문에서 사용되는 알고리즘은 [6],[7] 트래픽 형태 제어기에 제시된 트래픽의 종류에 대한 미리 알고 있는 지식을 전제로 하였다.

3.1 트래픽 형태 제어기 모델

트래픽 형태 제어기의 기능을 제공하기 위한 방법은 다음과 같다.[4]

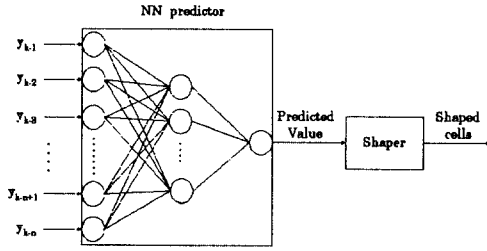


그림 3. 전체적인 시스템 구조

만약 어떤 셀의 도착시간 간격이 Threshold(T) 보다 크면 그 셀은 통과시키고, 도착시간 간격이 T보다 작다면 일단 해당되는 지연 시간 만큼 버퍼에 저장한 후 통과시킨다.

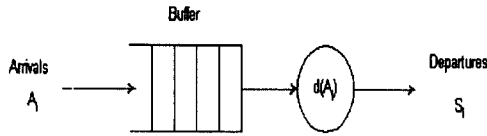


그림 4. 트래픽 형태 제어기 모델

트래픽 형태 제어기는 버퍼로 표현되는 그림 4로부터 출발시간 간격(S_i)은 도착시간 간격(A_i)과 버퍼에서의 지연의 합이 되고, 식(3)으로 표현된다.

$$S_i = A_i + D(A_i) \quad (3)$$

그림 4의 모델로부터 버퍼에서의 지연시간과 주어진 트래픽 스트림의 셀 도착시간 간격의 분산이 최소가 되도록 하는 트래픽 형태 제어 파라미터 T를 결정한다.

3.1.1 트래픽 형태 제어 알고리즘

단기간의 셀 트래픽 특성에 따라 트래픽 형태 제어 방법은 첫째, 만약 셀의 도착시간 간격 A_i 가 크거나 또는 소스 트래픽의 셀 도착시간 간격이 거의 일정하다면 셀을 버퍼에 저장하는 횟수가 매우 적어지게 되어 트래픽 형태 제어가 셀을 지연시킬 확률이 감소된다. 그러므로 이상적인 경우 $d(A_i) = 0$ 이 된다. 둘째, 트래픽 형태 제어가 모든 셀을 지연시키는, 출발시간 간격과 버퍼의 크기가 큰 경우이다. 이상적인 $d(A_i) = \infty$ 이므로 셀의 출발시간 간격의 분산을 0으로 줄이고, 트래픽 형태 제어는 무한 크기의 버퍼를 필요하게 되는데, 빈 상태이면 셀들은 $d(A_i)$ 만큼 지연되고, 그렇지 않으면, 버퍼의 끝에 저장되어 지연시간이 발생하고, 지연 함수

는 식(4)와 같다.

$$D(A_i(t)) = \begin{cases} T - A_i(t), & A_i(t) \leq T \\ 0, & A_i(t) > T \end{cases} \begin{matrix} \text{, 빈 버퍼} \\ \text{, 지연된 버퍼} \end{matrix} \quad (4)$$

결과적으로 모두 버퍼의 크기를 증가시키게 되므로 버퍼를 일정한 크기로 제한시키기 위해서 평균 셀 출발시간 간격을 제한해야 한다.

사용자 트래픽 스트림은 확률 밀도 함수(probability density function) $a(t)$ 와 누적 분포함수(cumulative distribution function) $A(t)$ 를 갖는 셀 도착시간 간격 프로세스에 의해 특징지어진다. 셀 도착시간 간격 분산 V_s 는 다음과 같이

$$V_s = \int_0^T T^2 a(t) dt + \int_T^\infty t^2 a(t) dt - \left[\int_0^T T a(t) dt + \int_T^\infty t a(t) dt \right]^2 \quad (5)$$

주어진다.

그러나 식(5)은 하나의 셀이 도착했을 때 지연된 셀이 없다는 가정하에 적용되므로 식(5)에서 에러가 발생할 항들은 $\int_T^\infty t^2 a(t) dt$ 과 $\int_T^\infty t a(t) dt$ 이다.

즉, 버퍼에 대기하고 있는 셀들이 있다면, 지연 없이 통과되어야 할 셀들이 먼저 저장된 셀들이 통과 할때까지 기다려야 하는 문제가 있다. 그래서 l 가 증가하게 되므로 두 항의 값이 커지고 식(5)의 나머지 두 항들은 값이 적어진다. 그러므로 셀의 출발간격 시간을 줄이도록 긴 지연시간을 줄이기위해 적절한 경계값을 주어야 한다. 평균 출발 간격 시간이 평균 도착시간 간격의 실수배보다 적도록 경계값을 주었다.

$$T > 0 \text{ 일 때, } \min\{V_s\} \Rightarrow S_i(t) \leq \gamma \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

4. 시뮬레이션 및 결과.

임의의 10^5 개의 셀 도착시간 간격을 Poisson 확률 분포에 따라 결정하고 신경회로망의 입력으로 주어 트래픽 형태 제어 파라미터(T)값을 결정한 후 트래픽 형태 제어를 수행한 결과는 다음과 같다. 그림 5는 Poisson 확률 분포에 따른 형태 제어 전의 트래픽 특성과 형태 제어를 적용한 후의 트래픽 특성을 보여준다. $T = 0.93$, 입력 트래픽의 형태가 변할 확률은 0.66 이다.

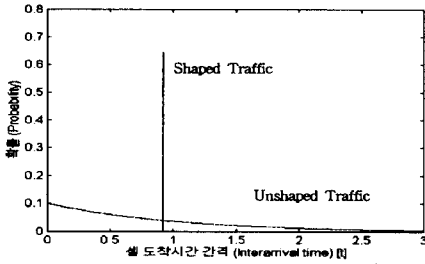


그림 5. $\gamma=1.2, \lambda=1.0$ 일때 도착시간 간격의 확률밀도 함수

결정된 트래픽 파라미터 T값으로부터 트래픽 형태 제어기에 입력되기전의 셀의 평균 도착시간 간격을, 출력된 평균 출발시간 간격을 구하여 각각의 평균 전송률을 구하였다. 이 측정된 값으로부터 ATM 멀티플렉서에서 최대 버퍼의 크기를 측정하였다.

성능을 평가하기 위한 모델값은 다음과 같다.

- * ATM 링크 스피드 : 150M bps.
- * 15개의 poisson 소스가 멀티플렉싱됨
- * 각 소스의 평균 전송률 : 10M bps.
- * 이용률 = 80%.

트래픽 형태 제어에 있어서 중요한 요소는 트래픽 파라미터 T, 트래픽 형태 제어기의 버퍼 크기를 제한하는 γ 이므로 γ 에 따른 멀티플렉서에서의 최대 버퍼 크기를 측정하였다. [표1] 트래픽 형태 제어를 적용한 후의 평균 전송률을 예측해 보면 제어를 적용하기 전,후의 평균 셀 도착시간 간격의 비를 구하여 트래픽 모델 환경에서의 멀티플렉서에 입력될 평균 전송률을 결정한다. 이 평균 전송률로부터 멀티플렉서에서의 링크 스피드와의 차이를 구하여 필요한 최대의 버퍼 크기를 구하였다.

[표1]. γ 의값의 변화에 따른 멀티플렉서에서의 최대 버퍼 크기

γ	A_i	평균 전송률	T	S_i	평균 전송률	버퍼 크기
0.9	0.8465	10M	0.34	0.8977	9.43M	21.45M
1.0	0.8465	10M	0.60	0.9999	8.47M	7.05M
1.1	0.8466	10M	0.60	1.0000	8.40M	6.05M
1.2	0.8465	10M	0.95	1.1947	8.23M	3.40M
1.3	0.8465	10M	1.10	1.2941	6.54M	0 M

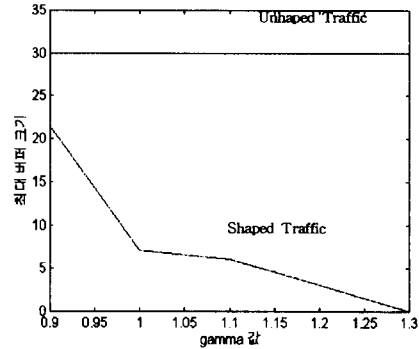


그림 6. 멀티플렉서에서의 γ 값에 따른 최대 버퍼 크기

표1과 그림 6으로부터 트래픽 형태 제어기의 버퍼 크기를 제한하는 γ 의 크기가 증가함에 따라서 멀티플렉서에서 필요로 하는 최대의 버퍼 크기가 줄어들어 결국 γ 이 1.3 일때는 버퍼가 필요 없게 됨을 알수 있다. 즉, 본 논문에서 제안한 신경회로망을 이용한 트래픽 형태 제어 방법은 버스트 트래픽의 특성을 적절히 변화시켜 ATM 망에서 발생 할 수 있는 혼잡성을 줄였다.

5. 참고문헌

- [1]David E. McDysan, Darren L. spohn, "ATM theory and application", McGraw-Hill, 1994
- [2]R.Handel, M.N.Huber, "ATM networks concepts, protocols, applications", Addison-Wesley, 1994
- [3]Robert J.T. Morris, Behrokh Samadi, "Neural network control of communications systems",IEEE transactions on neural networks. V.5, NO.4 , july 1994
- [4] Robert C.Lehr, Jon W. Mark, "A simple Traffic shaping mechanism" Technical report Univ.of Waterloo, April 15, 1994
- [5] Shane Naughton, Fergal Somers, "ATM source traffic prediction usig neural networks", Technical report of Trinity college,
- [6] C.S. Chang, "Smoothing point processes as a means to increase throughput.", Technical Report RC 16866, IBM Research Division, May 1991.
- [7] R.C.Lehr and W.Whitt, "Application of neural networks to ATM control.", CCNG Report E-235, University of Waterloo, August 1994.