

신경회로망 예측 알고리즘을 적용한 TCP-Friendly 제어 방법

A TCP-Friendly Control Method using Neural Network Prediction Algorithm

유성구*, 정길도**
Sung-goo Yoo, Kil-to Chong

Abstract - As internet streaming data increase, transport protocol such as TCP, TCP-Friendly is important to study control transmission rate and share of Internet bandwidth. In this paper, we propose a TCP-Friendly protocol using Neural Network for media delivery over wired Internet which has various traffic size(PTFRC). PTFRC can effectively send streaming data when occur congestion and predict one-step ahead round trip time and packet loss rate. A multi-layer perceptron structure is used as the prediction model, and the Levenberg-Marquardt algorithm is used as a training algorithm. The performance of the PTFRC was evaluated by the share of Bandwidth and packet loss rate with various protocols.

Key Words : TCP-Friendly, round trip time, packet loss rate, one-step ahead, bandwidth

1. 서론

인터넷 사용의 증가로 인해 네트워크 트래픽이 증가하였다. 보통 HTTP, SMTP, FTP와 같은 TCP기반의 프로토콜 [1]이 원인이었다. 하지만 VOD, 동영상강좌, 인터넷 오디오 등의 UDP기반의 스트리밍서비스가 증가하면서 새로운 문제가 되고 있다. 일반적으로 TCP와 UDP가 링크를 공유하고 있을 때 트래픽이 발생하게 되면 TCP는 전송률을 감소하여 문제를 해결하려 하지만 UDP는 혼잡제어 알고리즘이 없기 때문에 전송률을 일정하게 유지하여 네트워크 혼잡을 가중시킨다.

이 문제를 해결하기 위하여 UDP 프로토콜에 응용계층에서 혼잡제어 알고리즘을 탑재한 TCP-Friendly 알고리즘[2]이 개발되었다. 개발된 방법에는 비례 적용 프로토콜(RAP)와 TCP-Friendly 전송제어(TFRC)가 있다[3]. 본 논문에서는 TFRC에 기반으로 연구를 진행하였다.

TFRC는 전송률을 제어하기 위하여 왕복전송시간(RTT)과 패킷손실률(PLR)을 사용한다. 패킷에 헤드를 장착하여 헤드 부분을 피드백 받아서 활용한다. TFRC에서 사용하는 RTT와 PLR은 전단계의 데이터이다. 그러므로 현재 네트워크 상황을 정확히 표현하지 못한다. 본 논문에서는 한 단계 후의 왕복지연시간과 패킷손실률을 예측하는 알고리즘을 제안하였다. 또한 전송 프로토콜과 통합하여 예측데이터를 이용하여 전송률을 제어하는 예측프로토콜을 개발하였다. 실제 네트워

크에서의 전송을 통해 성능을 평가하였다.

예측 모델로는 비선형시스템의 모델이 가능한 신경회로망을 사용하였고 모델 구조로는 다층퍼셉트론을 사용하였다. 신경회로망 학습 알고리즘은 역전파 알고리즘의 단점을 보완한 Levenberg-Marquardt방법을 사용하였다.

예측모델의 학습성능과 정확성을 향상시키기 위하여 TCP 프로토콜에서 착안한 이동평균 방법을 사용하여 왕복지연시간과 패킷손실률 데이터를 획득하여 전송률을 제어하였다. 또한 네트워크에 혼잡이 발생하였을 경우에만 예측 모델을 사용하는 하이브리드기법을 적용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 전송기법으로 사용한 TFRC에 대해 간단히 기술하고 3절에서는 신경회로망과 학습및 검증 결과에 대해 기술하였다. 4절에서는 실험 구성과 프로토콜의 성능평가를 기술하였고 마지막으로 결론으로 구성되었다.

2. TCP Friendly Rate Control(TFRC)

TCP-Friendly 혼잡 제어 방법은 TCP 모델의 전송 매커니즘[2][7]을 근거로 전송률을 계산하는데 이는 TCP의 정상 상태 동작을 고려하여 시간상 평균 전송률을 모델링 한 것이다. TCP의 동작에 따라 여러 가지 형태로 나타낼 수 있으나 기본적으로 식(1)과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$R = f(PLR, RTT) \quad (1)$$

여기서 R 은 전송률, PLR 은 패킷 손실률, RTT 는 왕복지연시간이다. 그림 1은 일반적인 TCP Reno 모델의 동작 원리를 나타낸 것으로서 패킷 손실이 발생할 경우 혼잡윈도우의 크기를 반절로 줄이는 동작을 보여준다.

* 劉成九: 臺北大學 制御計測學科 博士課程

** 丁吉道: 臺北大學 電子情報學科 教授 · 工博

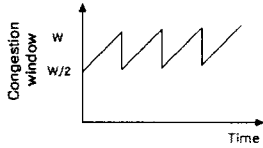


그림 1. TCP Reno 모델의 정상 상태 동작 메커니즘
Fig 1. TCP Reno's congestion window in steady-state

그림 1의 동작 형태를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$R(t) = \frac{1.22 \times s}{RTT(t) \times \sqrt{p(t)}} \quad (2)$$

본 논문은 식 (2)를 이용한 실험을 통하여 왕복지연시간 (RTT)과 패킷 손실률(PLR) 데이터를 수집하였다

3. 신경회로망 및 예측검증

3.1 신경회로망

본 연구에서 사용된 예측 모델구조는 다층 퍼셉트론 (Multi-layer perceptron) 신경회로망으로 입력층(Input layer), 은닉층(Hidden layer) 그리고 출력층(Output layer)의 3개의 층으로 구성되어 있다. 다층퍼셉트론의 출력 \hat{y} 는

$$\hat{y}_i(t) = g_i[\varphi, \theta] = F_i \left[\sum_{j=1}^n W_{i,j} f_j \left(\sum_{l=1}^m w_{j,l} \varphi_l + w_{j,0} \right) + W_{i,0} \right] \quad (3)$$

와 같다[4]. 여기서 θ 는 신경회로망 구조에서 조절이 가능한 모든 매개변수를 포함하는 매개변수벡터이며, $\{w_{j,l}, W_{i,l}\}$ 은 연결강도와 바이어스이다. 보통 바이어스는 1로 사용한다. 연결강도를 결정하기 위해서는 출력 \hat{y}_i 가 어떻게 입력 φ 와 연관되는 지를 보여주는 학습데이터가 필요하며, 이 학습데이터를 이용하여 연결강도를 결정짓는 과정을 학습이라 부른다. 예측 목표값과 신경회로망 출력의 차이를 나타내는 오차 함수 E 는 식(4)와 같이 정의된다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^k (y_n - o_n)^2 \quad (4)$$

여기서 y_n 는 예측하고자 하는 목표값이고, o 는 신경회로망의 출력을 의미한다

본 논문에서 사용한 LMBP 알고리즘의 강도 변화식은 다음과 같다.

$$w_{m+1} = w_m - [J^T(w_m)J(w_m) + \lambda_m I]^{-1} J^T(w_m)e(w_m) \quad (5)$$

여기서 J 는 Jacobian 행렬이다.

3.1 예측검증

3.1절에서 설명한 LMBP 알고리즘의 학습과정은 그림 2와 같다.

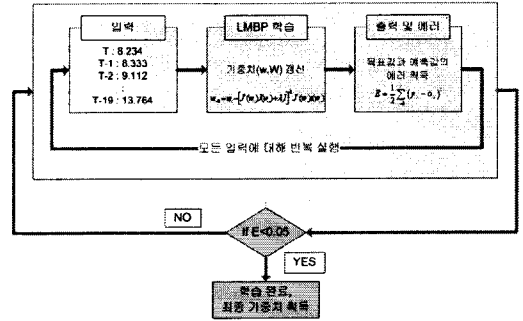


그림 2. LMBP 학습 과정
Fig 2. Training process of LMBP

본 논문에서 실험을 통하여 수집된 RTT와 PLR데이터는 각각 약 150,000개이다. 이 중 70%는 매개변수를 추정하기 위한 학습에 사용하였으며, 나머지 30%는 신경회로망의 성능 측정을 위한 검증에 사용되었다.

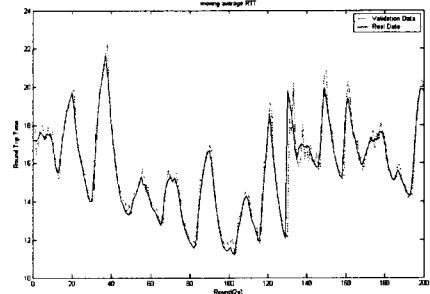


그림 3. 이동평균 RTT의 예측검증결과
Fig 3. Prediction result of moving average RTT

그림 3은 이동평균을 취한 RTT의 LMBP 예측 결과이다. 최대치와 최소치에서 약간의 오차를 보이지만 RTT 값의 급작스런 변동에도 예측성능이 뛰어난을 볼 수 있다. 학습오차 RMS값은 1.1%(0.680ms)이고 검증오차는 1.125% (0.7502ms)이다.

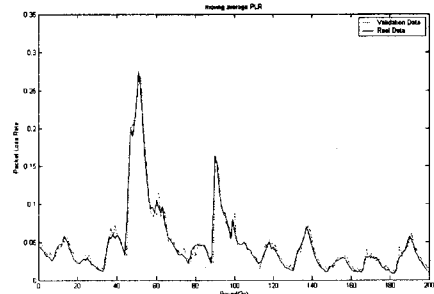


그림 4. 이동평균 PLR의 예측검증결과
Fig 4. Prediction result of moving average PLR

그림 4는 이동평균 PLR의 검증결과 그래프로 RTT와 마찬가지로 네트워크 혼잡상태일 때도 예측성능이 우수함을 볼 수 있다. 학습오차와 검증오차는 각각 0.87%와 0.9%이다.

4. 실험 및 결과

전송 실험을 위하여 그림 5와 같은 시스템을 구성하였다.

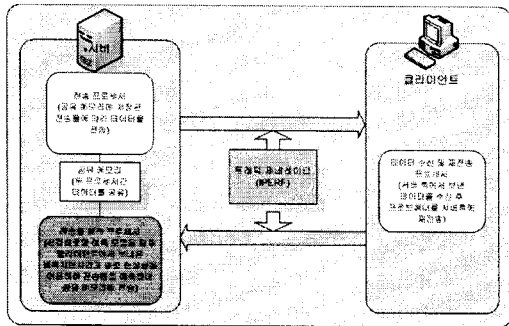


그림 5. PTFRC 전송 시스템

Fig 5. Transmission system of PTFRC

서버측은 데이터를 전송하고 클라이언트측은 서버로 받은 데이터를 분리하여 ACK를 보내는 형태로 구성되었다. 서버에서는 클라이언트로부터 받은 ACK를 분석하여 RTT와 PLR은 측정하고 측정된 데이터를 예측프로세서로 보내 한 단계 후의 RTT와 PLR을 예측하는데 사용하여 전송률을 결정한다. 링크부분에 트래픽 발생기를 사용하여 다양한 네트워크 환경을 구축할 수 있도록 구성하였다.

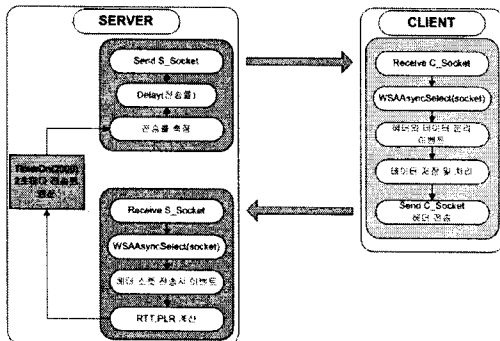


그림 6. PTFRC 전송 시스템

Fig 6. Transmission system of PTFRC

그림 6은 그림 5의 PTFRC 시스템을 Visual C++버전으로 구현한 내용이다. 비동기 소켓 프로그램을 활용하여 데이터 전송 및 ACK를 구현하였고 윈도우에서 실제 영상을 전송할 수 있는 시스템을 구축하여 결과를 검증하였다. 그림 7은 다른 프로토콜들과의 전송을 통해 PTFRC의 성능을 검증한 결과로서 트래픽 크기가 커짐에 따라 전송률의 변화를 보여준다. UDP는 혼잡제어알고리즘이 없기 때문에 전송률을 일정하게 유지하며 TFRC와 PTFRC는 혼잡시 전송률을 제어하는 모습을 보여준다. 여기서 PTFRC1은 이동평균과 하이브리드를 사용하지 않은 방법이고 PTFRC2는 본 논문에서 제안한 방법이다. 그림 8은 혼잡이 커짐에 따라 어느 정도의 패킷손실률을 보이는지에 대한 그림이다. PTFRC2가 다른 방법에 비해 전송률도 높고 패킷손실률이 적은 것을 볼 수 있다.

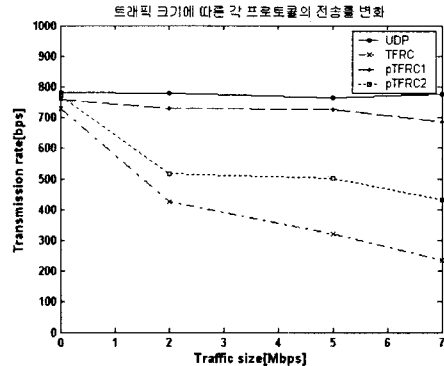


그림 7. 각 프로토콜의 전송률 변화

Fig 7. Variation transmission of each protocols

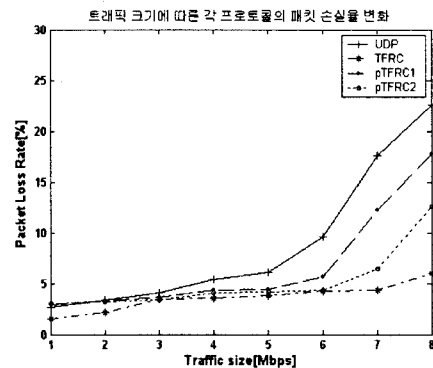


그림 8. 각 프로토콜의 패킷손실률 변화

Fig 8. Variation transmission of each protocols

5. 결론

본 논문에서는 인터넷을 통해 데이터를 전송하는데 있어서, 인터넷 대역폭을 고려한 전송률 제어 메커니즘에서 중요한 요소를 미리 예측하는 예측 모델을 설계하였고 이를 구성하여 성능을 평가하였다. 타 프로토콜과의 전송 실험을 통해 전송률과 패킷손실률 측면에서 우수한 성능을 획득하였다.

참 고 문 헌

- [1] A.S Tanenbaum, "Computer Networks(third edition)," Prentice Hall International, Inc, 1996
- [2] Joerg Widmer, Robert Denda, and Martin Mauve, Parkitsche Informatic IV, "A Survey on TCP-Friendly Congestion Control," *IEEE Network*, vol. 3, pp.28-37, May/June, 2001
- [3] J. Mahadavi and S. Floyd, "TCP-Friendly unicast rate-based flow control," *Tech. Rep., Technical note sent to the end2end interest mailing list, January 1997*
- [4] M. Norgaard, O.Ravn, N.K. Poulsen and L.K. Hansen, "Neural Networks for Modeling and Control of Dynamic Systems," *A practitioner's Handbook, Springer*