

論文2000-37TC-4-1

# 비대칭 대역폭 위성망에서의 TCP 성능 향상을 위한 단말국 ACK 필터링 및 패킷 스케줄링 기법

(TCP Performance improvement over Asymmetric Bandwidth Satellite Network using ACK filtering and Packet scheduling)

金容信\*, 崔勳\*\*, 安載泳\*\*\*, 金永翰\*

(Yongsin Kim, Hoon Choi, Jaeyoung Ahn, and Younghan Kim)

## 요약

상향 링크와 하향 링크의 대역폭이 다른 대역폭 비대칭 환경에서 TCP는 단말국 링크에서의 지연 및 손실로 인해 전송율이 감소하는 문제점이 있다. 또한, 양방향 TCP 트래픽에서는 연속적인 데이터패킷이 버퍼에 주입됨으로써 전체 링크 효율이 저하된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로서 본 논문에서는 단말국 ACK 필터링 기법과 단말국 패킷 스케줄링 기법을 제안한다. ACK 필터링은 대역폭이 제한된 상향 링크에서 단말국의 송신 버퍼에 쌓인 ACK 패킷들을 제거하고 최근의 ACK 패킷만을 전송하고, 패킷 스케줄링은 데이터 패킷과 ACK 패킷을 번갈아 전송하여 양방향 TCP 트래픽에서 발생하는 'clustering'과 'ack compression' 현상을 억제하는 기법이다. 모의 실험을 통해서 대역폭 비대칭 위성망에서 역방향 TCP 연결의 데이터 전송을 보장하는 동시에 순방향 TCP 트래픽에서도 높은 전송율을 얻게되는 것을 확인하였다.

## Abstract

A defect of decrease in TCP throughput can be investigated in asymmetric environment of different uplink and downlink bandwidths. Under two-way TCP traffic, the total link utilization is decreased by the successive injection of data packets in buffer. To solve these problems, terminal ACK filtering and packet scheduling mechanisms are introduced in this paper. ACK filtering eliminates the buffered ACK packets and transmits recent ACK packets in the uplink with limited bandwidth. Packet scheduling is the method of preventing 'clustering' and 'ack compression' states which are generated in the two-way TCP traffic. The guarantee of the data traffic in reverse TCP connection and the high throughput in forward TCP connection are investigated by simulation.

\* 正會員, 崇實大學校 情報通信電子工學部

(School of electronic engineering, Soongsil University)

\*\* 正會員, 제니텔 情報通信(株)

(GeneTel Co.,Ltd)

\*\*\* 正會員, 韓國電子通信研究院

(Electronics & telecommunications Research Institute)  
接受日字: 1998年10月15日, 수정완료일: 2000年3月27日

## I. 서론

인터넷의 영역은 점차로 확장되어가는 추세이며 이에 따라 TCP/IP 프로토콜의 적용범위도 넓어져가고 있다. 또한 인터넷 사용자들의 요구도 음성, 데이터, 비디오등의 멀티미디어 트래픽으로 변화됨으로써 큰 대역폭이 필요하게 되었다. 그러나, 즉각적인 양방향 고속화 대신 중간단계로써 높은 대역폭을 갖는 하향 링크와 낮은 대역폭을 갖는 상향 링크로 구성된 대역폭 비대

칭망이 선호되고 있다.

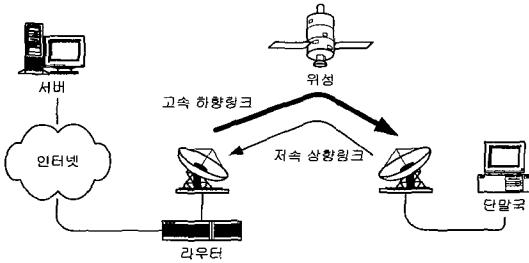


그림 1. 대역폭 비대칭 위성망의 구성도

Fig. 1. Internet access over asymmetric bandwidth satellite network.

그림 1은 위성망을 통한 인터넷 접속시의 대역폭 비대칭 구성을 보여준다. 대역폭 비대칭망에 대한 관심의 증가는 순방향 데이터 흐름이 역방향 데이터 흐름 보다 매우 큰 Web 액세스 기술의 등장과 기술적, 경제적인 고려 때문이다. 그러나, 대역폭 비대칭망에서 인터넷 접속 서비스를 제공하는 경우 낮은 대역폭을 갖는 상향 링크로 인하여 TCP의 성능이 제한되며<sup>[1]</sup>, 양방향 TCP 트래픽하에서는 서로 다른 TCP 연결에 대한 데이터 패킷들이 그룹화되어 전송되는 clustering 현상<sup>[2]</sup>과 데이터 패킷이 전송되는 동안 ACK 패킷들이 버퍼에서 지연되어 self-clocking이 붕괴되는 ACK compression 현상<sup>[3][4]</sup>에 의해 링크 효율이 감소되는 문제점이 있다. Hari<sup>[3]</sup>는 ACK 링크의 대역폭 제한으로 인한 문제를 라우터에서 불필요한 Ack를 제거하는 AF(ack filtering)와 RED(Random Early Detection) 알고리즘을 이용한 ACC(ack congestion control)을 적용하는 방법을 제안하였으나 양방향 TCP 트래픽 특성을 충분히 고려하지 못하였으며, Lampros<sup>[3][4][5]</sup>가 제안된 backpressure 기법은 인터페이스 큐에서의 패킷 드롭을 고려하지 않았다.

본 논문에서는 대역폭 비대칭 위성망을 통한 인터넷 접속 서비스시 TCP 성능 제한 요인을 살펴보고, 성능 향상을 위해 단말국 AF와 단말국 패킷 스케줄링 기법을 적용할 것을 제안하였다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 대역폭 비대칭망에서의 TCP 성능 향상을 위한 기존의 연구들을 서술하고, 3 절에서는 제안된 단말국 AF 기법과 단말국 패킷 스케줄링 기법을 설명한다. 4 절에서는 모의 실험을 통해 대역폭 비대칭 위성망에서의 TCP 트래픽 특성과 성능 측정 결과를 살펴보고, 5 절에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

대역폭 비대칭망에서의 TCP 성능에 대한 연구로는 Hari가 제안한 ACC (ack congestion control)와 AF (ack filtering)가 대표적이며, 추가적으로, ACK 패킷이 감소함에 따른 성능 저하 요인을 해결하기 위해 제안된 TCP 송신단 변경 (sender adaptation) 알고리즘이 있다<sup>[3]</sup>. ACC는 병목 게이트웨이에서 RED 알고리즘을 적용하여 만약 평균 큐 크기가 임계값을 넘어가면 임의의 패킷을 선택하여 ECN (Explicit Congestion Notification) 비트를 설정하고 TCP 수신단이 ECN 비트가 설정된 패킷을 수신하면 일정한 패킷 개수에 대해 한개의 ACK를 전송하도록 한다. 또한, ECN을 수신하지 않은 각 RTT(round-trip time)마다 TCP 수신단은 좀더 빈번하게 ACK를 전송하게 된다. 따라서, 수신단에서는 병목 게이트웨이의 상태에 따른 ACK 혼잡 제어를 수행하게 된다. 한편, P. Karn은 TCP 누적 ACK의 장점을 취해서 Ack의 개수를 감소시킨 ACK filtering 방법을 제안하였다. 수신단으로부터 Ack가 라우터로 전송되면, 라우터는 해당 Ack가 속한 TCP 연결의 이전 ACK가 있는지 검사하여 이전 Ack를 큐 상태에 따라 제거한다. 불필요한 Ack를 제거함으로써 다른 데이터 패킷이나 Ack가 쌓일 공간을 확보할 수 있다. 역방향 링크 제한에 의한 ACK 링크에서의 혼잡 문제는 ACC와 AF에 의해 어느정도 향상될 수 있다. 그러나, ACK 개수가 감소함에 따라서 ACK의 개수에 의해서 혼잡 윈도우 (CWND)를 증가시키는 기존의 TCP에서는 오히려 성능 저하의 요인이 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 TCP 송신단 변경(Sender Adaptation)이 제안되었다. 즉, ACK가 실제 인증한 패킷크기 만큼 윈도우 크기를 증가시키도록 하는 것이다. 그러나, ACC와 AF는 병목 게이트웨이에 적용되는 알고리즘이므로 대역폭 제한 구간이 중심국과 종단 단말국인 경우에는 적용할 수 없는 단점을 가지고 있으며 양방향 TCP 트래픽 환경에서 발생하는 clustering이나 ACK compression에 대해서는 고려하지 못했다.

한편, Lixia Zhang<sup>[2]</sup>은 양방향 TCP 트래픽 실험에서 clustering과 ACK compression 현상에 대해 설명하였으며, Lampros<sup>[3]</sup>는 비대칭 링크에서의 TCP 성능을 수식적으로 설명하고, 인터페이스 큐에 데이터 패킷이 임

제값 이하로 존재할때만 TCP 계층에서 데이터 패킷을 인터페이스 큐로 보낼 수 있도록 하는 'Backpressure' 기법을 제안하였다. 그러나, backpressure 기법은 인터페이스 큐에서의 패킷 드롭을 고려하지 않았고 순방향 데이터 패킷에 대한 ACK 패킷으로 인해 역방향 링크가 포화되는 환경에서는 역방향 데이터 패킷이 인터페이스 큐에서 연속적으로 드롭되는 문제가 있다.

### III. 단말국 ACK 필터링 및 패킷 스케줄링 기법

TCP 트래픽은 IP 계층을 거쳐서 출력 인터페이스 큐에 저장된 후 전송된다. 일반적인 경우 이러한 데이터 흐름의 병목구간은 망을 연결하는 게이트웨이이다. 그러나, 비대칭적으로 구성된 위성망의 경우 단말국에서 중심국까지의 구간(상향 링크)이 중심국에서 단말국까지의 구간(하향 링크)에 비해 낮은 대역폭을 가지므로 패킷들은 단말국의 출력 버퍼에 쌓이게 된다. 기존의 FIFO 큐에서 버퍼가 포화된 상태에서는 이후에 들어온 패킷들을 무조건 드롭시키므로 단방향 TCP 트래픽의 경우 최근의 ACK 패킷들이 큐에서 드롭되므로 TCP 송신단에서 원도우 진행률을 더디게 하여 전송율을 감소시킨다. 양방향 TCP 트래픽에서는 출력 인터페이스 큐에 ACK 패킷들이 포화상태로 존재함으로써 단말국에서 중심국으로의 데이터 패킷들이 큐에서 연속적으로 드롭된다.

따라서, 단말국내에서 ACK 패킷의 지연을 줄이고 역방향 데이터 패킷을 전송하기 위해서는 ACK 패킷의 스케줄링을 변경해야 한다. 본 논문에서는 [3]에서 제안된 AF를 단말국에 적용할 수 있도록 설정하고 모의 실험을 통해 TCP 성능을 관찰하였다. 단말국의 출력 인터페이스 큐로 ACK 패킷이 주입되면 해당 Ack가 속한 TCP 연결의 이전 Ack가 있는지 검사하여 이전 Ack를 큐 상태에 따라 제거함으로써 다른 데이터 패킷이나 최근의 ACK 패킷이 저장될 공간을 확보할 수 있다.

양방향 TCP 트래픽에서 나타나는 'clustering' 현상은 링크 효율을 저해시키며, 'ACK compression' 현상은 병목 링크에 과다한 데이터 패킷을 주입시키므로 혼잡을 유발시킨다<sup>[4]</sup>. 더욱이, 대역폭 비대칭 환경에서는 대역폭이 낮은 링크에서 데이터 버스트의 전송에

따른 ACK의 과도한 지연 현상으로 인해 TCP timeout이 발생하거나, 병목 큐를 ACK 패킷들이 모두 차지함으로써 역방향 데이터 패킷의 드롭이 빈번하게 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 FIFO 큐 대신 단말국에서 데이터 패킷과 ACK 패킷을 번갈아가며 전송할 수 있도록 하는 단말국 패킷 스케줄링 기법을 제안한다.

그림 2는 패킷 스케줄링 기법의 흐름도를 보여준다. 출력 인터페이스 큐에서 패킷이 전송될 때, 스케줄러는 큐에 남아있는 ACK 패킷의 개수(ack\_count)와 전송비(ratio)를 확인한 후 ACK 패킷을 큐에서 찾아서 전송한다. ACK 패킷이 큐에 존재하지 않거나 ratio 값이 0이 되면 데이터 패킷을 큐에서 찾아서 전송한 후 다시 ratio값을 설정한다. 단말국 인터페이스 큐는 ACK 패킷과 데이터 패킷을 전송하는 비율을 ratio값에 의해 설정하며, 이 값은 데이터 패킷 하나를 전송한 후 몇 개의 ACK 패킷을 전송할 것인가를 결정한다. AF에 적용되는 경우 역방향 데이터 패킷이 존재할 때 ratio는 몇 개의 순방향 TCP 연결을 보장할 것인가를 결정하는 파라미터가 된다. 모의 실험에서는 ratio를 1로 설정하여 동일한 비율로 전송하도록 하였다.

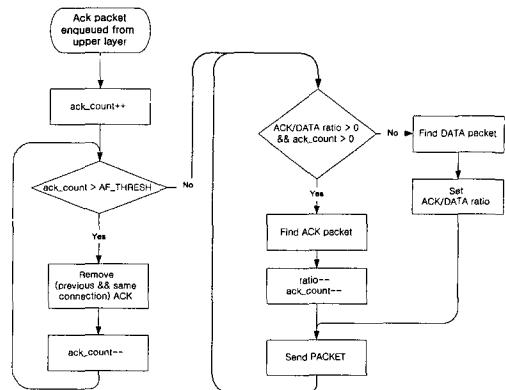


그림 2. 패킷 스케줄링 흐름도  
Fig. 2. Flow of Packet Scheduling Algorithm.

### IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

비대칭 위성망에서의 TCP 성능 분석을 모의 실험도구인 NS<sup>[6]</sup>를 수정하여 사용하였다. TCP는 Reno 버전을 사용한다. 실험 환경은 그림 3과 같이 인터넷 호스

트와 중심국은 5 Mbps의 대역폭과 10 ms의 지연특성을 갖는 링크로 구성되고 중심국과 단말국은 위성 링크로 연결되어 있으며 하향 링크와 상향 링크는 5 Mbps의 대역폭과 290 ms의 지연특성을 갖는다. 대역폭 비대칭 실험에서 상향 링크는 9.6 Kbps의 대역폭과 290 ms의 지연특성을 갖도록 변경된다. 데이터 패킷은 1000 바이트, ACK 패킷은 40 바이트로 가정하였으며, 위성 링크에서의 TCP 성능을 보기 위해 망내에서 혼잡은 일어나지 않도록 구성하였다. 대역폭 비대칭 실험에서는 상향 링크 대역폭을 9.6 Kbps로 변경하였다.

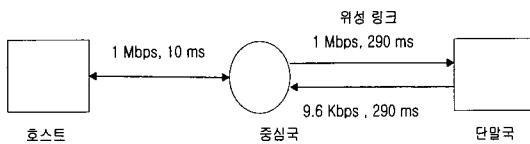


그림 3. 모의 실험 환경

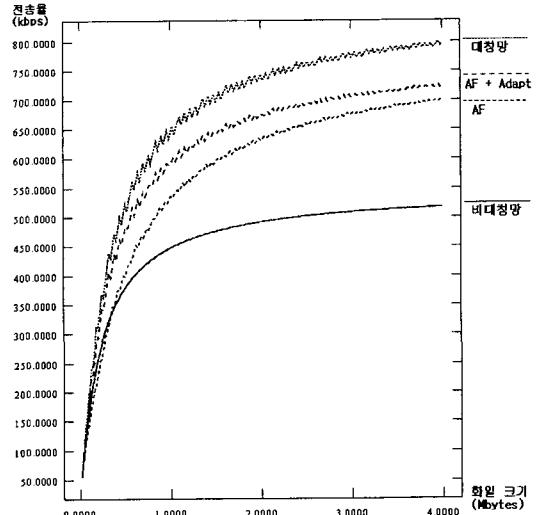
Fig. 3. Simulation topology.

### 1. 단방향 TCP 트래픽

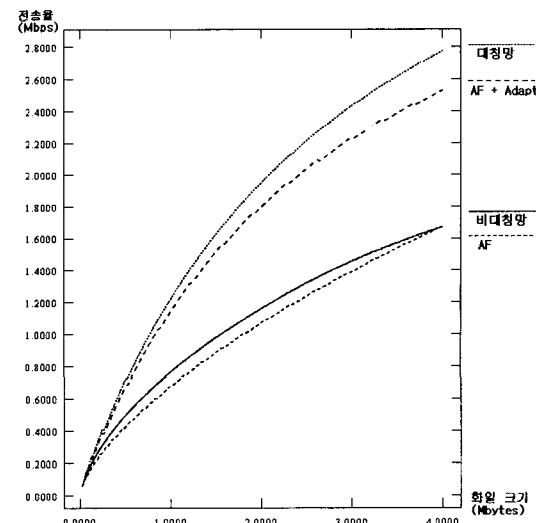
그림 4는 5 Mbps 대역폭을 갖는 위성망에서의 파일 크기에 따른 TCP 전송율을 보여준다. 파일 크기가 작은 경우 slow-start<sup>[7][8][9]</sup> 알고리즘의 영향에 의해 낮은 전송율을 보였다<sup>[10][11]</sup>. window scale option을 적용하지 않을 경우 4(a)와 같은 결과를 얻었다. 대역폭 대칭 환경에 비해 비대칭은 66 %, AF는 87.5 %, AF에 송신 단변경을 추가한 실험은 91.2 %의 성능을 보였다. 5 Mbps 링크 대역폭에 비해 대역폭 대칭망 실험에서도 800 Kbps 정도의 매우 낮은 전송율을 보인 이유는 TCP의 윈도우 영역이 16 비트로 제한되어 RTT에 비해 짧은 시간동안만 데이터 패킷을 전송하고 나머지 대역폭을 사용하지 못했기 때문이다. 그림 4(b)는 RFC 1323에서 정의된 window scale option<sup>[12]</sup>을 적용하였을 때의 TCP 전송율 변화를 보여준다. 4 Mbytes 파일 전송에서 AF가 기존 TCP에 비해 약간 낮은 전송율을 보이는 것은 slow-start 구간동안에 TCP 송신단이 ACK 패킷의 개수에 의해 윈도우 크기를 증가시키기 때문이다. AF 기법은 ACK 패킷의 개수를 감소시키기 때문에 윈도우 크기가 큰 환경에 적용하는 경우 단방향 TCP 트래픽 환경에서 작은 크기를 갖는 파일을 전송할 때 낮은 TCP 전송율을 보였다.

AF에 대한 영향을 좀 더 자세히 관찰하기 위해서 그

림 5에서 시간에 따른 TCP 전송 패킷 시퀀스로 나타내었다. 그림 5(a)는 기존 TCP에서의 트래픽 특성을



(a) without window scale option



(b) with window scale option

그림 4. 링크 대역폭 5 Mbps를 갖는 위성망에서의 파일 크기에 따른 TCP 전송율

Fig. 4. TCP throughput under satellite network environment with 5 Mbps link.

보여준다. ACK 링크의 대역폭 제한으로 인하여 ACK 패킷들이 낮은 전송율로 전송되고 있으며 단말국 인터페이스 큐가 포화상태를 유지하므로 ACK 패킷들의 드롭이 빈번하게 발생하였다. 데이터 패킷들의 전송율은 ACK 링크 속도에 의해 제한된다. 그림 5(b)는 단말국에 AF (Ack filtering) 기법을 적용한 경우를 보여준다.

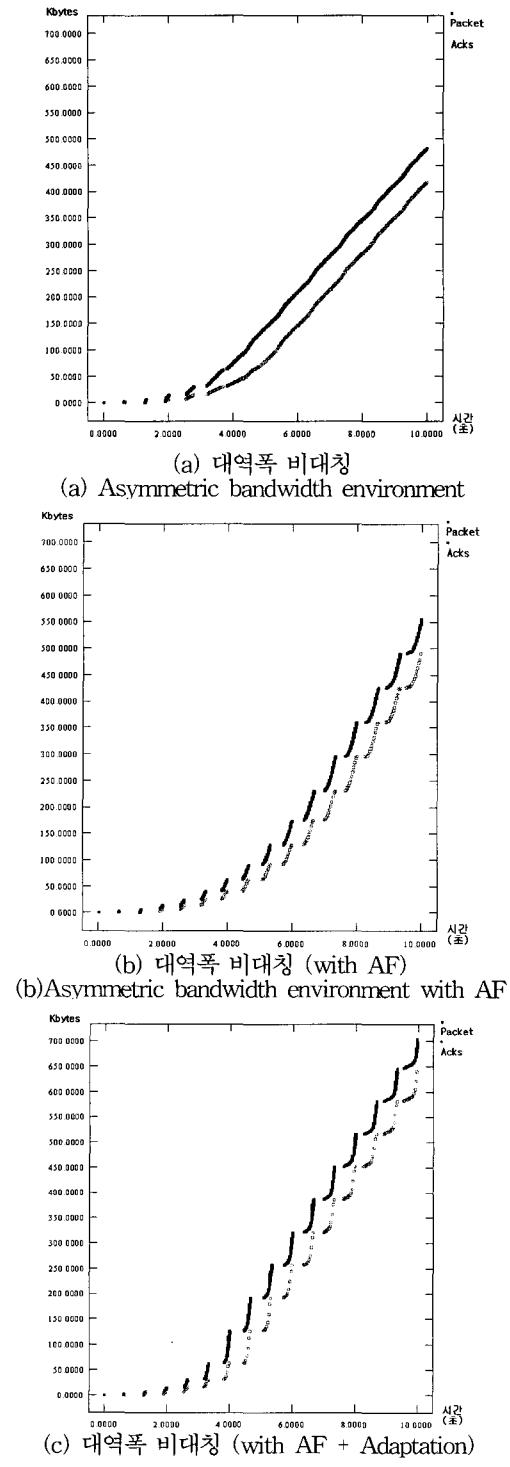


그림 5. 대역폭 비대칭 환경에서의 TCP 트래픽 전달 특성

Fig. 5. Characteristic of TCP traffic transfer under asymmetric bandwidth environment.

단말국에서는 버퍼에 쌓인 ACK 패킷들을 제거하고 최근의 ACK 패킷만을 전송한다. ACK 패킷의 개수가 감소하여 slow-start 구간동안에서 윈도우 크기가 천천히 증가하지만 데이터 패킷 전송시 순방향 링크 대역폭을 충분히 사용하므로 링크 효율을 높일 수 있으며 단말국 인터페이스 큐가 포화되는 현상이 사라졌다. 그럼 5(c)에서 알 수 있듯이 AF에 송신단 변경 기법을 추가한 경우 단방향 TCP 트래픽 환경에서 가장 높은 전송율을 보였다.

## 2. 양방향 TCP 트래픽

대역폭 비대칭 위성망에서 양방향 TCP 트래픽에 대한 성능을 측정하기 위해 먼저 링크 대역폭이 높은 TCP 연결을 통하여 데이터 전송을 시작한 후 5~7초 뒤에 반대 방향의 TCP 연결에 대한 데이터 전송을 시작하여 40초동안 실험을 수행하였다.

표 1. 양방향 TCP 트래픽에서의 전송율 (Kbps) - 순방향 : 5 Mbps, 역방향 : 9.6 Kbps

프로토콜	option	순방향 전송율	역방향 전송율
TCP Reno	none	506.0	0.0
	window scale	2364.6	0.0
단말국 AF	none	46.2	8.6
	window scale	46.2	8.6
단말국 AF + Adapt	none	139.2	8.6
	window scale	532.0	8.6
단말국 AF + Scheduling	none	457.0	8.4
	window scale	470.2	8.4
단말국 AF + Scheduling + Adapt	none	558.4	8.4
	window scale	2087.2	8.4

기존 TCP에서는 이미 단말국 인터페이스 큐가 ACK 패킷들에 의해 포화상태에 있기 때문에 역방향 TCP 연결의 데이터 패킷은 계속 드롭이 되어 전송이 이루어지지 않았다. 반면, 단말국 AF 기법을 적용한 경우에는 단말국의 인터페이스 큐에 데이터 패킷이 들어갈 수 있으므로 역방향 TCP 전송율이 8.6 Kbps로 높게 나왔다. 그러나, 대역폭이 낮은 역방향 링크에서 연속적인 데이터 패킷들이 큐에 주입됨으로써 ACK 패킷들이 과다하게 지연되어 순방향 TCP 송신단에서 timeout이 발생하여 순방향 TCP 전송율은 46.2 Kbps에 그쳤다.

단말국 AF 기법에 양방향 TCP 트래픽 특성을 고려한 패킷 스케줄러를 추가한 실험에서는 스케줄링에 의해 서 ACK 패킷과 데이터 패킷이 번갈아 가며 전송되므로 timeout이 발생하지 않았다. Window scale option을 추가한 실험에서는 AF와 패킷 스케줄링 기법에 ACK 개수가 적은 AF의 문제점을 보완한 송신단 변경(Sender Adaptation)을 적용했을 때 양방향 TCP 연결 모두 가장 높은 전송율을 보였다.

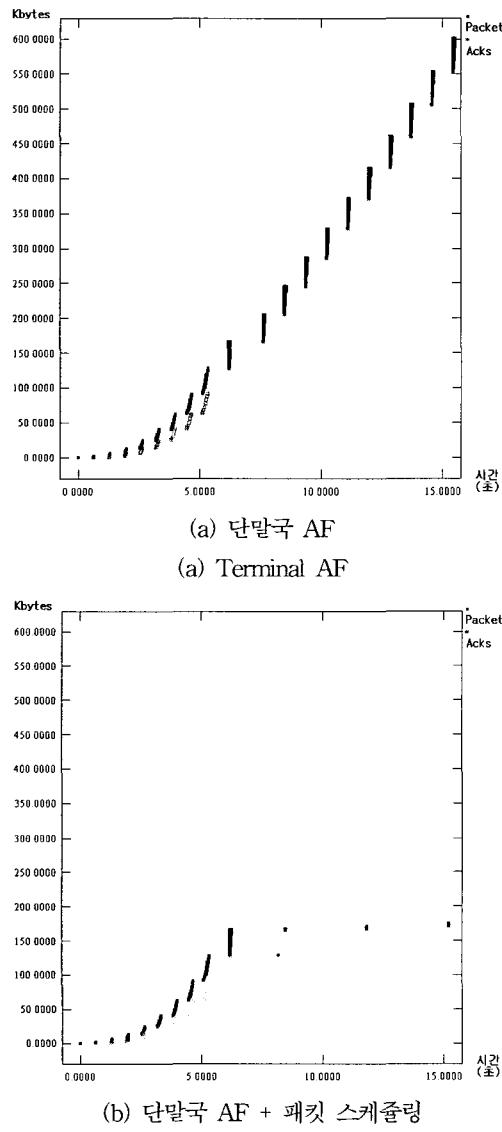


그림 6. 양방향 TCP 트래픽 환경에서 적용 메카니즘에 따른 순방향 TCP 트래픽 전달 특성  
Fig. 6. Characteristic of forward TCP traffic transfer under two-way TCP traffic environment.

순방향 TCP 트래픽이 전송되기 시작한 후 약 5초 후에 역방향 TCP 연결에서 데이터 패킷 전송이 시작되었다. 역방향 TCP 연결에서 ACK 수신시 slow-start 알고리즘에 의해 전송율을 높임에 따라서 연속적인 데이터 패킷이 단말국 인터페이스 큐로 주입되는 'clustering' 현상이 발생한다. 따라서, 데이터 패킷 뒤에 도달한 ACK 패킷들은 데이터 패킷이 빠져나갈 때 까지 큐에서 지연되므로 ACK 패킷을 기다리고 있는 TCP 송신단에서 timeout이 발생하였다(그림 6(a)). 그림 6(b)는 AF에 패킷 스케줄링 메카니즘을 추가한 결과이다. 데이터 패킷이 인터페이스 큐에 연속적으로 주입되더라도 단말국 패킷 스케줄링을 통하여 데이터 패킷과 ACK 패킷이 번갈아 전송되므로 역방향 TCP 트래픽을 보장하는 동시에 순방향 TCP 트래픽에서도 높은 전송율을 나타내었다.

## V. 결 론

모의 실험을 통하여 비대칭 위성망 환경에서 단말국 AF 기법과 패킷 스케줄링 기법을 적용하였을 경우의 TCP 트래픽 특성을 관찰하였다. 단방향 TCP 트래픽에서는 ACK 링크의 대역폭 제한으로 인하여 데이터 패킷 전송율이 감소하므로, TCP의 누적 ACK 방식을 이용한 단말국 AF를 적용하였을 때 링크 효율을 높일 수 있었다. 그러나, window scale option을 사용한 경우 적은 ACK 개수에 의해 slow-start 구간동안에 전송율 증가가 둔화되는 문제가 있다. 양방향 TCP 트래픽에서는 단말국 인터페이스 큐가 ACK 패킷들에 의해 모두 점유되므로 역방향 TCP 연결에 대해서는 데이터 전송을 보장하지 못하였다. 단말국 AF를 적용한 경우, 역방향 데이터 전송을 보장할 수 있지만, 데이터 패킷이 연속적으로 주입되는 clustering 현상에 의해 순방향 TCP 연결에서 전송율이 심각하게 저하되었다. 양방향 TCP 트래픽에 따른 링크 효율 저하를 방지하기 위해 단말국 패킷 스케줄링 기법을 제안하였으며 실험을 통하여 역방향 데이터 전송을 보장하는 동시에 순방향 데이터 전송율도 향상되는 것을 확인하였다.

단말국 기반 메카니즘들의 장점은 기존 인터넷의 변화없이 단말국에서의 변경만으로 TCP 성능을 향상시킬 수 있다는 것이다. 그러므로, 이들 메카니즘들은 즉각적으로 위성망의 단말국들에 적용할 수 있다. 또한, 본 논문에서 제안된 단말국 AF와 패킷 스케줄링 기법

은 대역폭 대칭 환경에 적용될 경우에도 clustering과 ACK compression 현상을 제거하여 링크 효율을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Hari balakrishnan, Venkata N. Padmanabhan, Randy H. Katz, "The Effects of Asymmetry on TCP Performance", Proc. 3rd ACM/IEEE Mobicom Conference, Budapest, Hungary, september 1997.
- [2] Lixia Zhang, Scott Shenker, "Observations on the Dynamics of a Congestion Control Algorithm: The Effects of Two-Way Traffic", in Proceedings of ACM SIGCOMM'91, September 1991.
- [3] Lampros Kalampoukas, Anujan Varma, "Performance of Two-Way TCP Traffic over Asymmetric Access Links", in Proc. of Interop'97 Engineers' Conference, May 1997.
- [4] Lampros Kalampoukas, Anujan Varma, "Two-Way TCP Traffic over ATM: Effects and Analysis", in Proc. of IEEE INFOCOM'97, April 1997.
- [5] Lampros Kalampoukas, Anujan Varma, "Improving TCP Throughput over Two-Way Asymmetric Links: Analysis and Solutions", in Proc. of Sigmetrics'98, June 1998.
- [6] S. McCanne, S. Floyd, "the LBNL Network Simulator. Lawrence Berkeley Laboratory", <http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns/>.
- [7] Van Jacobson, "Congestion avoidance and control", ACM SIGCOMM 88, 1988.
- [8] W. Stevens, NOAO, "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms", Internet Requests for Comments, no. 2001, January 1997.
- [9] Mark Allman, "Improving TCP Performance over satellite channels", Master's Thesis, Ohio University, June 1997.
- [10] Mark Allman, Chris Hayes, Shawn Ostermann, "TCP Performance over Satellite Links", Proc. 5th International Conference on Telecommunications Systems, Nashville, TN, March 1997.
- [11] Hans Kruse, "Performance Of Common Data Communications Protocols Over Long Delay Links: An Experimental Examination", In 3rd International Conference on Telecommunication Systems Modeling and Design, 1995.
- [12] D. Borman, R. Braden, V. Jacobson, "TCP Extensions for High Performance; RFC-1323", Internet Requests for Comments, no. 1323, May 1992.

---

### 저 자 소 개

---



金容信(正會員)  
1997. 2 : 숭실대학교 정보통신공학과 (학사). 1999. 2 : 숭실대학교 정보통신공학과 (석사). 1999. 3~현재 : 숭실대학교 전자공학과 (박사과정).  
관심분야 : 인터넷 프로토콜, 위성인터넷 통신

崔勳(正會員)  
1983. 2 : 숭실대학교 전산과 (학사). 1982. 12~2000. 2 : 한국전자통신연구원 선임연구원. 1996. 5~1996. 12 : 위성 인터넷 시스템을 위한 비대칭형 위성 링크 설계 기술 연구 과제 책임자. 1997. 1~2000. 2 : 위성 인터넷 시스템 개발. 1997. 3~1999. 2 : 충남대학교 컴퓨터 공학과 (석사). 2000. 2~현재 : 제니텔 정보통신(주) 시스템 엔지니어링 팀장. 관심분야: 위성 멀티미디어, 위성 인터넷 시스템

安載泳(正會員)

1979. 3~1983. 2 : 연세대학교 전기공학과 (학사).  
1983. 3~1985. 2 : 연세대학교 전기공학과 (석사).  
1985. 3~1989. 8 : 연세대학교 전기공학과 (박사).  
1989. 9~1993. 12 : 한국전자통신연구소 위성통신기술  
연구단 선임연구원. 1994. 1~1994. 12 : 한국전자통신  
연구소 위성통신기술연구단 과제책임자. 1995. 2~1998.  
6 : 한국전자통신연구소 위성통신기술연구단 지상시스  
템연구실장. 1998. 6~현재 : 한국전자통신연구원 무선  
방송기술연구소 위성멀티미디어연구팀장. 관심분야: 위  
성 멀티미디어, 디중첩속 및 모뎀 기술 등



金永翰(正會員)

1984. 2 : 서울대학교 전자공학과  
(학사). 1986. 2 : KAIST 전기 및  
전자공학과 (석사). 1990. 8 :  
KAIST 전기 및 전자공학과 (박사).  
1987. 1~1994. 8 : 디지콤 정보통신  
연구소 연구부장. 1994. 9~현재 :  
송실대학교 정보통신전자공학부 부교수. 관심분야 : 인  
터넷 네트워킹 (QoS, TCP congestion control,  
multicasting)