

위성 PEP시스템에서 ACM 지원을 위한 적응형 TCP 혼잡제어기법

박만규*, 강동배, 오덕길 정회원

Adaptive Congestion Control Scheme of TCP for Supporting ACM in Satellite PEP System

ManKyu Park*, Dongbae Kang, DeockGil Oh *Regular Members*

요 약

최근 위성 통신 시스템은 링크 가용도와 대역폭 효율을 증대시키기 위해 ACM(Adaptive Coding and Modulation) 기술을 사용하고 있지만, PEP(Performance Enhancing Proxy)에서 동작하는 TCP는 ACM 동작에 따라 변경된 물리계층 전송능력을 감지하지 못하고 작아진 BDP (Bandwidth Delay Product) 네트워크에 혼잡을 발생 시킨다. 본 논문에서는 ACM과 PEP를 사용할 때 발생하는 문제점을 극복하여 PEP의 성능을 향상시키는 기법을 제안한다. 이를 위해 ACM기능을 지원하는 물리/MAC(링크)계층 모듈과 전송계층 모듈인 TCP 간에 정보 전달 메시지를 적용하여 물리/MAC(링크)계층의 정보가 TCP에 전달되도록 하여 MODCOD (Modulation and Coding)에 따라 변경되는 물리계층 대역폭을 고려한 적응적인 TCP 혼잡제어를 수행하도록 하였다. 제안한 기법에 대해서 ns-2를 이용한 모의시험 결과 물리계층과 전송계층간의 전송 속도를 적응적으로 정합시킴으로써 네트워크의 혼잡을 미리 방지하고 최적화된 혼잡제어를 수행함으로써 PEP 성능을 향상시킬 수 있음을 보였다.

Key Words : satellite networks; enhanced TCP; congestion control, performance enhancing proxy, ACM

ABSTRACT

Currently satellite communication systems usually use the ACM(Adaptive Coding and Modulation) to extend the link availability and to increase the bandwidth efficiency. However, when ACM system is used for satellite communications, we should carefully consider TCP congestion control to avoid network congestions. Because MODCODs in ACM are changed to make a packet more robust according to satellite wireless link conditions, bandwidth of satellite forward link is also changed. Whereas TCP has a severe problem to control the congestion window for the changed bandwidth, then packet overflow can be experienced at MAC or PHY interface buffers. This is a reason that TCP in transport layer does not recognize a change of bandwidth capability form MAC or PHY layer. To overcome this problem, we propose the adaptive congestion control scheme of TCP for supporting ACM in Satellite PEP (Performance Enhancing Proxy) systems. Simulation results by using ns-2 show that our proposed scheme can be efficiently adapted to the changed bandwidth and TCP congestion window size, and can be useful to improve TCP performance.

I. 서 론

위성통신시스템은 넓은 지역에 대해 통신 서비스 제공이 가능하다는 점과 빠른 통신 인프라 구축이 가능하다는 등의 이점을 가지며 기존의 지상망 네트워크와 함께 현재 통신 인프라의 한축을 담당하고 있다. 특히 최근에는 지상망과 비교하여 강인한 내 재해성을 갖는 특징으로 재난대응 망 또는

재난발생 시 지상망을 대신하는 역할을 담당하면서 그 역할이 한층 더 중요해졌다.

그러나 이와 같은 장점에도 불구하고 위성망은 긴 전송 지연시간과 높은 패킷손실률 때문에 데이터 통신 서비스에서 가장 많이 사용되는 TCP 데이터를 처리하는데 근본적인 문제점을 가지고 있다. 이에 위성 망에서 TCP(Transmission Control Protocol) 사용의 문제점을 해결하기 위한 많은 기법

※ 본 논문은 방송통신위원회에서 시행한 방송통신 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구 결과임

*한국전자통신연구원 위성무선융합연구부 위성광대역방송통신연구실 (neomkpark@etri.re.kr)

접수일자 : 2013년 1월 7일, 수정완료일자 : 2013년 2월 18일, 최종 게재확정일자 : 2013년 2월 25일

들이 제안되었으며 이러한 기법들은 크게 3가지 기법으로 구분 지을 수 있다[1].

첫째 링크계층 기법으로써 ARQ (Automatic Repeat-request), FEC (Forward Error Correction)와 같은 링크계층 프로토콜을 이용하여 TCP 데이터가 링크계층에서 전송 계층으로 올라가기 전에 패킷손실 등에 대한 보상처리를 해 줌으로써 전송계층 프로토콜의 성능을 향상시키고자 하는 방법이다. 그러나 이와 같은 방법은 긴 RTT (Round Trip Time)를 갖는 위성 망에서는 사용하기에 적합하지 않다.

두 번째 방법으로는 종단 간 기법 (End-to-End Solution)으로 위성 망에 적합한 TCP를 설계하여 서비스 제공 장비와 사용자 장비 간 직접 이용하는 방법이다. 이와 같은 방법을 위해 TCP-Peach, TCP-Cherry, TCPW-BR 등의 변종 TCP가 설계 되었다. 종단 간 TCP를 이용하는 것은 신뢰성 있는 패킷 전송이라는 TCP 본래의 목적에 부합하지만, 종단 간 TCP를 이용하는데, 가장 큰 문제는 위성 TCP를 모든 사용자 단말에 적용 시킬 수 있는 방법이 없다는 것이다. 이에 대한 대안으로 최근에는 계층적으로 보면 TCP 밑단에 번들 (Buddle) 계층을 적용하여 각 중간 노드 간에 패킷전송을 Store and Forward 기법을 수행하도록 하는 DTN (Delay Tolerant Network) 도 종단 간 해법으로 제시되고 있다.

마지막으로 가장 현실적인 방법으로 PEP를 이용하는 것이다. PEP는 백본 구간, 위성구간, 사용자 구간으로 TCP를 각각 종단하여 각 구간별로 신뢰성 있는 전송이 가능하도록 하고 송신 노드에게는 빠른 혼잡인도우 증가가 가능하도록 하면서 수신 노드에는 일반 TCP를 이용할 수 있도록 한다. 현재 PEP는 긴 지연과 높은 패킷 손실률을 갖는 위성 네트워크에서는 무선 링크의 대역폭 용량을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 보편적인 방법으로 여겨지고 있다.

본 논문에서는 물리/MAC 계층에서 ACM를 사용하는 경우 PEP시스템 내의 위성구간 TCP에 발생하는 문제점을 알아보고 이를 위해 물리/MAC(링크) 계층과 전송 계층 간 정보전달을 통해 TCP의 성능을 향상시키는 적응형 혼잡제어 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 II장에서 위성망에서 사용되는 ACM 시스템에 대해 간략히 살펴보고 III장에서는 위성 PEP 시스템의 구조와 동작에 대해서 소개한다. 그리고 IV장에서는 제안하는 TCP 성능향상 기법에 대해서 설명한 후 마지막 V에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 위성망 ACM 시스템

차세대 위성 통신 시스템에서 DVB-S2 포워드 링크는 높은 시스템 가용도와 전송능력 향상을 위해 ACM (Adaptive Coding and Modulation) 기법을 기본적으로 사용한다. ACM 기술이 적용되면 전송 모뎀은 기상상태가 좋은 때는

높은 MODCOD로 전송 하고, 강우 등으로 인해 기상상태가 좋지 않은 때는 낮은 MODCOD를 이용하여 데이터를 전송하여 시스템의 평균 처리율 (Throughput) 및 링크 가용률 (Link Availability)을 증가시킨다. 이로 인해 ACM 방식은 CCM (Constant Coding and Modulation) 방식에 비해 약 40~50%의 전송 효율 개선 효과를 얻을 수 있다[2].

이때 ACM을 사용하기 위해서는 채널에 양방향 링크가 필요하며 동작방식은 그림 1과 같이 지상의 위성단말 (RCST)에서 채널의 상태를 측정후 역방향링크(Return Link)를 통하여 채널의 상태를 전송한다. 중심국에서는 수신된 정보를 이용하여 가장 적합한 MODCOD를 결정하여 데이터를 해당 코드율 및 변조방식으로 부호화 및 변조하여 전송한다.

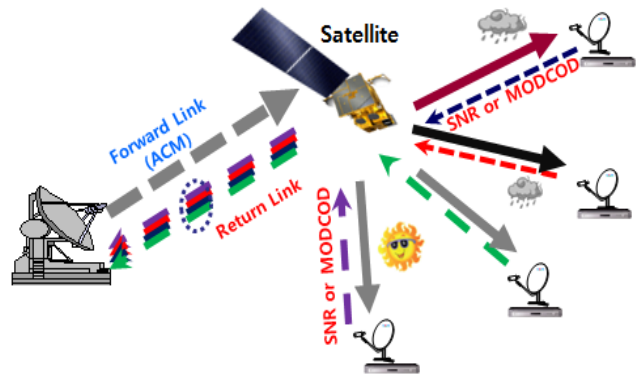


그림 1. 위성망 ACM 시스템

III. 위성 PEP 시스템의 구조 및 동작

본 장에서는 위성망에서 TCP를 사용하는 경우 발생하는 문제점을 살펴보고 PEP를 사용하는 이유와 더불어 PEP 시스템의 구조와 동작에 대해서 설명한다.

1. 위성망 환경에서 TCP 동작의 문제점

위성망은 넓은 커버리지, 자유로운 대역폭 제어, 빠른 설치 그리고 내재해성과 같은 많은 장점을 가지면서도 긴 전송 지연시간, 높은 패킷 손실률 때문에 TCP가 동작하기에는 부적합한 특성을 갖는다[3].

■ 긴 피드백 루프

슬로우스타트(Slow-Start), 혼잡회피, 손실패킷에 대한 복구, TCP들간의 공정성 등 TCP동작 메커니즘들의 모든 핵심사항에 긴 피드백 루프는 문제를 발생시킨다. 즉 긴 RTT로 인해 슬로우스타트 시간과 혼잡회피구간의 시간이 길어지고 이는 웹 서비스와 같이 짧은 연결 서비스를 사용하는 경우, 서비스 완료 전까지 가용한 대역폭을 모두 점유할 수

없는 상황을 만든다. 이는 네트워크의 자원을 효율적으로 활용하지 못하는 상황이 된다.

■ 불안정한 무선 링크 품질

위성망은 다중경로(Multipath), 간섭(Interference), 페이딩(Fading), 강우감쇠(Rain attenuation) 등에 따라 유선에 비해 불안정한 무선 링크 품질을 나타내며 이에 따라 높은 패킷 손실률을 나타낸다. 사실 TCP는 유선환경을 전제로 설계되었기 때문에 패킷 손실의 모든 원인을 네트워크 혼잡으로 간주하고 있으며, 높은 패킷손실율은 TCP에 불필요한 혼잡제어를 발생하게 하여 TCP 전송성능을 떨어뜨리게 된다.

■ 큰 BDP (Bandwidth-Delay Product) 네트워크

긴 RTT(Round Trip Time)와 넓은 대역폭을 갖는 위성망은 큰 BDP를 갖게 되며 이와 같은 큰 BDP는 현재 설계된 TCP를 이용할 경우 가용한 링크 자원을 충분히 이용할 수 없다.

즉 (1)를 이용하여 TCP의 최대전송률 (*Max Throughput*) 계산하면

$$Max\ Throughput = \frac{window\ size}{RTT} \quad (1)$$

TCP 최대 윈도우 크기는 65,535bytes, GEO 위성의 평균 RTT는 0.56sec이므로, 최대 전송률은 936.2Kbps로 제한된다는 것을 알 수 있다.

■ 링크의 비대칭성

위성망은 중심국에서 단말국으로 향하는 포워드링크와 단말국에서 중심국으로 향하는 리턴링크 간에 대역폭 비대칭성을 갖는데 이와 같은 대역폭 비대칭은 10:1 또는 그 이상이 된다. 또한 서로 다른 채널을 사용하므로 각 무선 링크의 전파 환경 역시 다르게 된다. 이와 같은 링크 비대칭성은 TCP 응답패킷 회귀에 문제를 발생 시키면서 TCP 전송율과 신뢰성 있는 전송이라는 특성에 악영향을 미칠 수 있다.

2. 위성망에서 TCP 성능 향상 기법들

위성망 환경에서 TCP 성능 저하를 일으키는 문제점을 극복하기 위해 다양한 기법들이 제안되었다.

■ Path MTU Discovery

Path MTU(Maximum Transmission Unit) Discovery[4]는 데이터를 전송하고자하는 경로상의 최대 MTU 크기를 사전에 판단함으로써 TCP의 성능을 향상 시키는데 이용하는 기법이다. 사전에 최적의 MTU 크기를 결정함으로써 TCP에서의 패킷 단편화와 재조함에 시간과 비용을 소비하지 않

도록 하는 기법이다. 다만 긴 전송지연시간을 갖는 위성 망에서 TCP 연결 전 본 기법의 사용은 오히려 전송지연시간을 심화시킬 수 있으므로 미리 MTU 값을 시스템에 캐싱해서 사용하는 것이 좋다.

■ Window Scaling

표준 TCP에서 사용되는 65,535bytes의 최대윈도우 사이즈는 큰 BDP (Bandwidth Delay Product)를 갖는 위성 망에서는 링크 용량을 충분히 사용할 수 있는 큰 값이 아니므로 TCP가 동작하는데 제약이 된다. 이에 위성망 환경에 맞도록 TCP의 윈도우 값을 조정할 수 있도록 하는 기법이 Window Scaling 기법이다. 본 방법은 RFC 1323[5]에서 위성망 TCP 성능향상 방법으로 권고되는 사항이지만, 윈도우 크기가 증가되는 경우 전송되는 TCP 패킷내의 시퀀스번호가 중복되는 문제가 발생할 수 있으므로 이를 해결하는 PAWS (Protection Against Wraparound Sequence) 방법 등을 함께 사용해야 한다.

■ Large Initial Window

위성망은 RTT가 길기 때문에 슬로우스타트 구간에서 혼잡윈도우의 크기가 빠르게 증가하기 어렵다 이에 대한 해결 방법으로 기존의 1인 초기윈도우 (*Initial Window*)의 크기를 다음과 같이 변경시키는 것이다[6].

$$IW = \min\{4MSS, \max\{2MSS, 4380bytes\}\} \quad (2)$$

이와 같이 초기 윈도우 값 (*IW*)을 크게 하면 슬로우스타트 구간에 더 빠른 혼잡윈도우 증가를 발생시킬 수 있다.

■ Explicit Congestion Notification

패킷 손실률이 낮은 유선망을 가정하여 설계된 TCP는 패킷의 손실의 원인을 모두 혼잡으로 간주하고 패킷손실이 발생할 때 마다 혼잡윈도우를 줄이는 혼잡제어를 수행하게 된다. 이에 무선 링크의 패킷손실률이 높은 위성망의 경우 혼잡이 아닌 단순한 패킷 손실에 대해서 불필요한 혼잡제어가 수행되어 TCP 전송률이 증가할 수 없다. ECN[7]은 중간 라우터에서 버퍼 상태를 모니터링하여 버퍼가 차는 혼잡상태가 발생하는 경우 혼잡에 대해서 메시지를 보내주게 되며 TCP는 ECN을 이용해서 패킷 손실의 원인을 혼잡과 단순 패킷 손실로 명확히 구분하여 불필요한 혼잡제어를 막을 수 있다.

3. 위성 PEP 시스템의 구조 및 동작

현재 위성 링크에서 TCP의 전송 능력 향상을 위해 가장 효과적인 방법으로 인식되는 PEP 기법은 전송 경로 상에 존재하는 특정한 성질을 갖는 링크나 서브 네트워크에 독립적

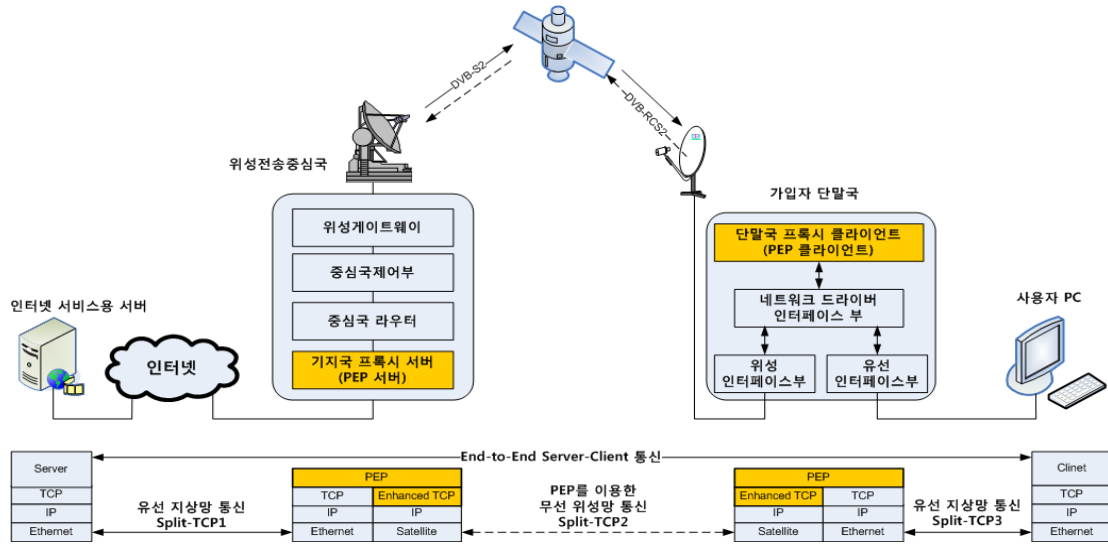


그림 2. Three-segment splitting 기법 기반 PEP(Performance Enhancing Proxy) 구조

인 전송계층 프로토콜을 적용함으로써 전체적인 위성 통신 서비스의 품질과 데이터 전송량을 향상시킬 수 있다.

PEP는 직접적으로 중간 간 신뢰성 있는 전송을 보장하지는 않지만 구간 별 재전송 기법을 통해 신뢰성을 보장할 수 있다. 그림 2와 같이 3개의 구간으로 나뉜 PEP는 서로 다른 3개의 TCP로 구성되기 때문에 두 번째 TCP구간에서는 위성 링크에서 성능 향상을 위한 새로운 TCP를 사용할 수 있다. 또한 위성 링크 앞에 존재하는 PEP 서버는 spoofer로써 동작하며 송신자에게 최종 수신자를 대신해서 빠르게 ACK 패킷을 전송하므로 송신자의 전송 윈도우를 빠르게 증가시킴은 물론이며 송신자에게 PEP 서버 넘어 위성 구간 지연 시간에 관계없이 동일한 RTT를 갖도록 한다[14].

또한 PEP에서는 중간 위성 구간만 TCP variants를 사용함으로 단말에 투명한 (Transparent)한 수신환경을 유지해 줄 수 있다. 최근 PEP는 Three-segment splitting TCP 구조를 사용하며, 위성 구간에 대해서는 위성 망에 최적화된 TCP variants인 TCP Hybla[8], TCP VenO[9], STCP[10], TCP Noordwijk[11] 등을 사용하여 위성망 환경에서 TCP 성능을 극대화 시킨다.

IV. 제안하는 기법

본 장에서는 PEP 시스템에서 TCP을 저하시키는 문제점을 분석하고 이를 극복하기 위해 제안한 성능 향상 기법에 대해서 살펴본다. 또한 제안한 기법의 동작 상태를 모의시험 결과를 통해 확인한다.

1. 위성 PEP 시스템에서 TCP 성능 저하 문제점

무선이동통신 서비스에서 이기종 무선망에 접속할 수 있

는 다중인터페이스를 갖는 이동체가 그림 3과 같이 Wi-Fi와 같은 큰 BDP 특성을 갖는 망과 Cellular 데이터 망과 같은 작은 BDP 특성을 갖는 망 사이에서 수직적 핸드오버 (Vertical Handover)를 수행하는 경우 전송계층의 TCP는 심각한 성능저하가 발생하게 된다.

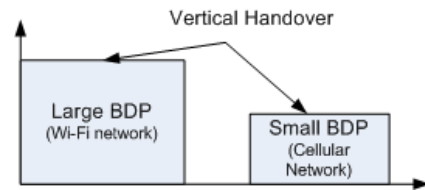


그림 3. 이종망간 수직적 핸드오버

왜냐하면, 전송계층의 TCP는 변경된 물리계층의 특성 변화를 알 수 없기 때문에 작은 BDP 네트워크로 핸드오버한 이후에도 해당 망에 대해서 특별한 혼잡제어를 하지 않아 작은 BDP 네트워크에 많은 양의 TCP 데이터를 전송하여 네트워크에 혼잡을 발생시키게 된다[12].

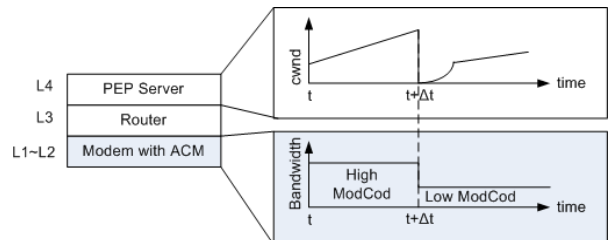


그림 4. ACM 동작에 따른 TCP 혼잡원도우 변화

이와 같은 문제점에 대해서 현재 무선 이동 통신에서는 IEEE 802.21 MIH (Media Independent Handover)와 같은 기술을 도입하여 끊김 없는 무선 데이터 서비스를 지원하고

자 하고 있다[13].

그림 4는 이중망 간 수직적 핸드오버가 없는 상황에서 ACM 기능을 제공하는 위성 PEP 구간에서 네트워크 혼잡 발생으로 TCP 성능저하가 발생하는 상황을 보여 준다. 즉 대역폭을 가변 시키는 ACM기능을 지원하는 DVB-S2모뎀과 전송계층 프로토콜을 담당하는 PEP 서버 구간 즉 위성 포워드 링크에서 ACM이 동작 하면 강우 환경에 따라 나빠진 채널환경을 극복하기 위해 낮은 MODCOD로 패킷을 만들어 보내게 되며 이는 단위 시간당 보내지는 정보량 (Information bits)이 적은 즉 전송 대역폭이 감소된 상태가 된다. 그러나 전송계층 프로토콜은 변경된 대역폭에 대한 정보가 없는 상태에서는 계속해서 혼잡윈도우를 크게 하며 전송량을 늘리게 되고 이는 MAC 또는 물리계층에 위치한 버퍼를 넘치게(Overflow) 만들어 다량의 패킷 손실을 유발시킨다. 그리고 전송계층의 TCP는 다량의 패킷 손실에 대해서 심각한 네트워크 혼잡으로 감지하고 슬로우스타트부터 다시 시작해서 낮아진 대역폭에 뒤늦게 적응하게 된다.

2. 제안하는 성능 향상 기법

본 논문에서 제안하는 성능 향상 기법의 목적은 ACM 동작에 따라 변경되는 물리계층 전송 능력에 대해서 전송계층의 TCP가 적응적으로 혼잡 윈도우를 제어하지 못함으로 발생하는 문제점을 해결하기 위함이다. 이를 위해 제안하는 기법은 물리계층과 전송계층 사이의 cross-layer design을 적용하여 각 계층 간에 정보 교환이 가능하도록 함으로써 앞 절에서 제기된 문제점을 해결하는 기법이다.

그림 5는 물리계층을 담당하는 ACM 전송장비에서 전송계층을 담당하는 PEP 서버 쪽으로 ACM 동작으로 인해 변경된 대역폭 특성을 제어메시지로 전달하는 방법을 보인다. ACM 동작을 담당하는 포워드 링크가 단말로부터 리턴링크를 통해 현재 단말이 위치한 지역의 채널 상태를 알려주는 SNR 정보 또는 해당 SNR에 맞는 MODCOD를 전달 받고 포워드 링크는 수신한 정보에 맞게 MODCOD를 변경하게 되었다는 내용에 대해서 "Notification of Link capacity change" 제어 메시지를 보낸다.

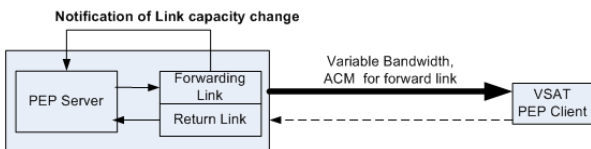


그림 5. 물리계층과 전송계층 간 제어 메시지 전달

이를 받은 PEP의 TCP 모듈은 다음과 같이 혼잡 윈도우 값 ($new_ssthresh$)을 새로 설정하여 현재의 혼잡윈도우 값 ($current_cwnd$)으로 사용함으로써 TCP 전송물을 물리계층 대역폭에 적응시키게 된다.

$$new_ssthresh = \frac{new_BW \times RTT_{min}}{PacketSize \times 8} \quad (3)$$

$$ssthresh = new_ssthresh \quad (4)$$

$$current_cwnd = new_ssthresh \quad (5)$$

여기서 new_BW 는 MODCOD 변경에 따른 새로운 대역폭이며, RTT_{min} 은 현재까지 측정하여 저장하고 있는 최소 RTT의 값, $PacketSize$ 는 TCP 전송 패킷 사이즈 (MSS :Maximum Segment Size)를 나타낸다.

3. 성능 평가

제안하는 기법에 대한 성능평가를 하기 위해 ns-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 그림 6 와 같은 네트워크 구성으로 모의시험을 수행하였다.

모의시험에 사용된 네트워크 환경은 PEP 서버와 중심국의 ACM를 지원하는 포워드링크 전송 장비 사이에서 ACM에 의해 위성 구간의 TCP가 받는 영향을 분석하고 제안된 TCP 혼잡제어 방법이 기존 TCP와 어떻게 다르게 동작하는지 확인하기 위함이다.

네트워크 구성에서 PEP 서버와 중심국 물리계층 전송장비 사이는 1 Gbps의 이더넷으로 연결되며, ACM을 지원하는 전송장비는 20 Mbps의 대역폭을 사용하다 채널 변화에 따라 5 Mbps로 대역폭을 감소시키는 시나리오를 가정한다.

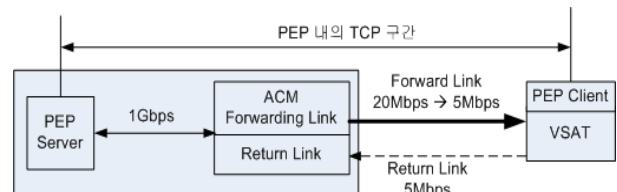


그림 6. 시뮬레이션 네트워크 구성도

ACM 동작에 따른 TCP 혼잡 윈도우 변화에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 7, 8과 같다. 그림 7은 PEP 내의 TCP 각각 총 전달된 패킷의 수를 나타내는데, 혼잡제어가 적절히 수행되지 않은 TCP 보다 제안하는 TCP가 ACM 동작이 발생한($t=10sec$) 후 더 많은 양을 보내고 있을 알 수 있다. 그림 8은 각각 TCP의 혼잡윈도우 동작을 보여준다. 기존의 PEP 내의 TCP ($t=10초$)는 ACM 동작에 따라 대역폭이 작아졌음에도 TCP 혼잡제어를 수행하지 않아서 다량의 패킷 손실을 발생시키고 TCP가 슬로우스타트 부터 다시 시작하는 모습이다. 반면 제안하는 기법은 물리계층으로부터 전달받은 변경된 링크 변경 정보를 이용하여 새로운 슬로우스타트 임계점 ($ssthresh$)과 적합한 현재 혼잡윈도우 값을 설정함으로써 새로운 물리 계층 대역폭에 대해 패킷 손실 없이 적응하는 모습을 볼 수 있다.

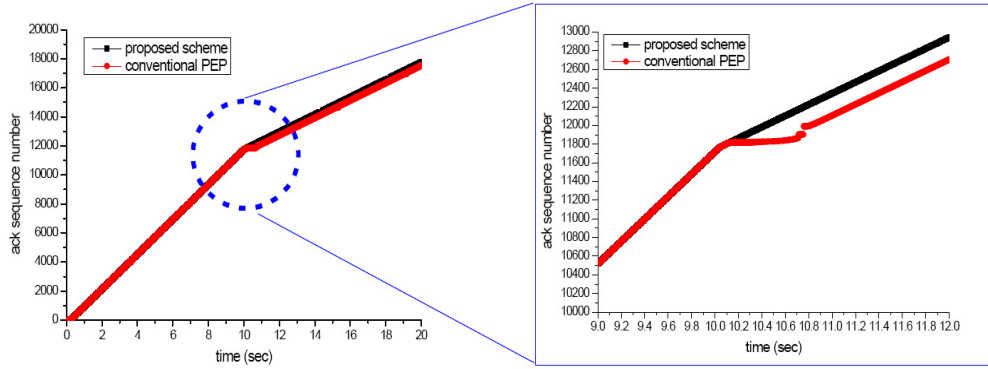


그림 7. 성능평가 결과 - 수신된 응답 패킷 수

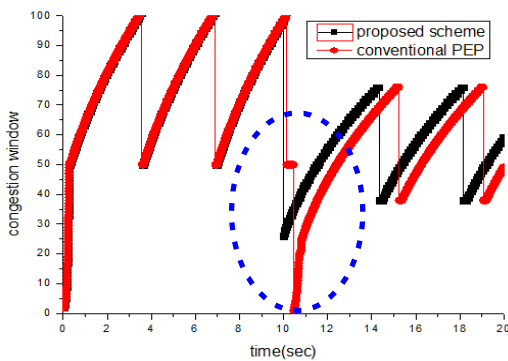


그림 8. 성능평가 결과 - 혼잡윈도우 비교

IV. 결론

위성망은 넓은 커버리지와 소형 위성용 단말을 이용한 간편한 설치 등의 이점과 함께 최근에는 재난발생 시 긴급 통신망으로써의 활용성이 부각되면서 기존 지상망과 함께 중요한 통신 인프라로 자리 잡았다. 그러나 이와 같은 장점에도 불구하고 위성망에서의 TCP사용은 긴 전송지연시간과 높은 패킷 손실률로 인해 많은 문제점이 있으며, 이를 극복하기 위한 가장 적절한 방법은 PEP를 사용하는 것이다.

본 논문에서는 3개의 TCP로 구성된 PEP 구조에서 PEP 내의 TCP가 DVB-S2 기반 위성 통신 시스템 포워드 링크에 ACM 동작이 수행될 때 물리계층과 전송 계층 TCP간의 전송 속도 부정합에 따라 발생하는 문제점을 분석하고 이를 극복하기 위한 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 ACM 동작에 따라 변경된 물리계층의 상태를 전송계층 TCP에게 전달하고 TCP는 수신한 정보를 이용하여 물리계층에 적응적인 혼잡제어 기법을 수행함으로써 대역폭 변경에 따른 혼잡 발생을 막아 TCP 성능이 향상시키는 기법이며 제안한 기법에 대해서 모의시험을 통해 MODCOD에 따라 변경된 대역폭에 맞는 혼잡제어를 수행하는 제안기법의 TCP 성능이 기존 TCP 보다 전송 성능이 향상됨을 확인하였다.

향후 연구 목표는 제안한 기법에 대해 실제 위성 통신 시

스템에 적용하여 제안한 기법의 성능을 시스템 차원에서 검증하는 것이다.

참고 문헌

- [1] Fei Peng, Lijuan Wu and Victor C. M. Leung, "Cross-layer enhancement of TCP split-connections over satellite links", International Journal of Satellite Communications and Networking, 24:405-418, 2006.
- [2] Elizabeth Rendon-Morales, "Adaptive Packet Scheduling for support of QoS over DVB-S2 Satellite Systems," 9th International Conference on Wired/Wireless Internet Communications(WWIC 2011), vol.6649, pp.15-26, 2011.
- [3] Mahbub Hassan, Raj Jain, "High Performance TCP/IP Networking Concepts, Issues, and Solutions", Person Prentice Hall, pp. 211-217, 2004
- [4] Jeffrey C. Mogul and Steve E. Deering. Internet Engineering Task Force, "Path MTU Discovery", RFC 1191, IETF, November 1990.
- [5] V. Jacobson, R. Braden, and D. Borman, "TCP extentions for high performance", RFC 1323, IETF, May 1992.
- [6] M. Allman, S. Floyd, and C. Partridge, "Increasing TCP's initial window", RFC 3390, IETF, October 2002.
- [7] S. Floyd, "TCP and explicit congestion notification", ACM Computer Communication Review, 25(5):10-23, October 1994.
- [8] TCP Hybla Homepage, <http://hybla.deis.unibo.it/>
- [9] C. P. Fu and S. C. Liew, "TCP Veno: TCP enhancement for transmission over wireless access networks," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 21, no. 2, February 2003.
- [10] Tom Kelly, "Scalable TCP:improving performance in highspeed wide area networks", ACM Sigcomm Computer Communication Review Vol. 33 Issue2, pp. 83-91, April 2003
- [11] Luglio M., Roseti C., Savone G., Zampognaro F., "TCP Noordwijk for High-Speed Trains", SPACOMM, pp. 102-106, July 2009
- [12] M.S Shin, M.K Park, D.G Oh, B.C Kim, J.Y Lee, "Practical Vertical Handover Mechanisms between Satellite and

Terrestrial Networks,” LNCS Vol.6294, pp 353-364, 2010.
 [13] Media Independent Handover, <http://www.ieee802.org/21>
 [14] J. Border, et al. "Performance enhancing proxies intended to mitigate link-related degradations", RFC 3132, IETF, June 2001.

저자

박 만 규 (Mankyu Park)

정회원



- 1999년 2월 : 공주대학교 물리학과 학사
- 2001년 2월 : 공주대학교 전기전자정보통신공학과 공학석사
- 2011년 8월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 공학박사
- 2001년~2004년 : (주)시스윌 기업부설

통신기술연구소 전임연구원

- 2004년~2006년 : (주)케이디넷 통신사업본부 기술팀 전임연구원/대리
- 2009년~현재 : 한국전자통신연구원 위성광대역방송통신 연구실 전임연구원

<관심분야> : 위성통신 및 시스템, MAC 프로토콜, 네트워크 성능 분석 등

강 동 배 (Dongbae Kang)

정회원



- 2011년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학부 공학사
- 2013년 2월 : 과학기술연합대학원 이동통신 및 디지털방송공학 석사
- 2013년 2월~현재 : 국방과학연구소

<관심분야> : 위성네트워크, MAC 프로토콜 등

오 덕 길 (Deockgil Oh)

정회원



- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사
- 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학석사
- 1996년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사

- 1982년~현재 : 한국전자통신연구원 위성광대역방송통신 연구실 실장
- 2005년 3월~현재 : 과학기술연합대학원 이동통신 및 디지털방송공학 전공 겸임교수

<관심분야> : 위성통신 및 방송시스템, 광대역 변복조, 오류정정부호 등