DBpia

논문 16-41-11-18 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '16-11 Vol.41 No.11
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2016.41.11.1443

Split PEP와 Exclusive-OR TCP 코딩 기법을 이용한 위성통신 파일 전송 속도 향상

이 승 용◆, 김 종 무°, 오 지 훈°, 김 재 현*

Enhancing File Transmission Speed in Satellite Communication Using Exclusive-OR TCP Coding Technic and Split PEP

Seunglyong Lee◆, Jong-Mu Kim°,
Ji-Hoon Oh°, Jae-Hyun Kim*

요 약

본 논문은 위성통신에서 split PEP와 Exclusive-OR TCP 코딩 기법을 적용한 파일 전송 속도 향상 방법을 제안한다. 성능평가를 위해 위성통신 네트워크의 테스트베드를 구축하여 평가하였다. 성능평가 결과 에러율이 높은 구간에서 12%이상의 성능향상이 있는 것으로 나타났다. 제안한 기법을 적용 시 위성통신에서 파일 전송 속도 향상에 기여할 것으로 기대된다.

Key Words : satellite communication, Exclusive-OR coding, split PEP

ABSTRACT

In this paper, we propose a exclusive-OR TCP coding technic imply with TCP Hybla on split PEP for enhancing the file transfer speed of the satellite communication. To evaluate performance of the proposed method, we set up a test-bed of satellite communication network. As a result of the performance evaluation, the file transmission speed enhanced more than 12% within high packet loss range. Therefore, we can expect that the proposed methodology could contribute to enhancing of data transmission speed in the satellite communication.

Ⅰ. 서 론

위성통신은 상용 망으로서 그리고 공공기관의 전송망으로서 광범위하게 사용되고 있다. 광섬유케이블을 이용한 통신이 지상 네트워크에서 주류를 이루고 있지만 위성통신은 전화망과 방송망으로서 그리고 재난지역에서의 끊김 없는 통신 지원 등의 이점으로 주요 국가의 기본 통신체계로 활용되고 있다[1]. 위성통신은 신속한 망의 전환과 광범위한 지역에 통신망 구성이 용이한 장점이 있는 반면, 전파가 위성을 거쳐야 하므로 지연시간이 길고, 지상망 대비 data 에러율이 높은 단점이 있다[2].

이러한 위성채널의 단점은 범용적으로 사용되는 전송계층의 프로토콜인 TCP 전송 성능 감소의 큰 원인이 된다. TCP는 신뢰성 유지를 위해 수신 응답을 통해 전송할 윈도우의 크기(CWND, congestion window)를 증감하는 알고리즘을 적용하는데 응답시간이 길어지면 대역폭을 증가시키는 시간도 길어진다. 아울러 TCP는 에러 정정 기능이 없어 에러율이 높을 경우 전송 속도가 크게 감소한다. Caini의 TCP 성능평가 결과[3]에 따르면 1%의 패킷 에러에도 Goodput이 50%이상 감소하는 것으로 나타났다. 본 논문에서는 TCP의 에러를 정정할 수 있는 Exclusive-OR 코딩 기법을 split PEP(performance enhancing proxy)에 적용하여 위성통신의 전송 속도 향상 방법을 제안하고자 한다.

Ⅱ. 제안하는 기법

본 논문에서는 위성 통신의 긴 전파지연 시간과 높은 에러율을 극복하기 위해 Exclusive-OR 코딩 기법을 TCP에 적용하는 것과 이를 split PEP 환경에 적용을 제안한다.

2.1 Exclusive-OR TCP 코딩 기법

제안하는 네트워크 프로토콜 스택은 그림 1과 같다. 송신측과 수신측 단말이 각 각 split PEP의 게이트웨이에 연결되어 있다. 지상망의 송 수신측의 단말은 standard TCP를 사용하고 위성구간의 split PEP는 제

◆ First Author : Ajou University Department of NCW, winstar99@ajou.ac.kr, 정회원
° Corresponding Author : Ajou University Department of Electronic Engineering, blackkim822@ajou.ac.kr, ggrrzz@ajou.ac.kr, 학생회원
* Ajou University Department of Electronic Engineering, jkim@ajou.ac.kr, 종신회원
논문번호 : KICS2016-10-289, Received October 4, 2016; Revised November 3, 2016; Accepted November 3, 2016

www.dbpia.co.kr

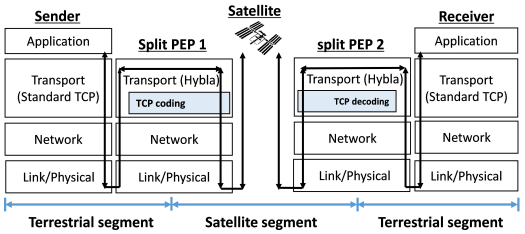

그림 1. 제안한 프로토콜의 스택
Fig. 1. Stack of proposed protocol

안한 Excursive-OR 기법을 적용한 TCP를 사용한다. 본 논문에서는 위성망의 긴 지연시간을 극복할 수 있도록 설계된[4] TCP Hybla에 Exculsive-OR 코딩 기법을 적용하였다. 코딩 기법은 IETF(Internet engineering task force)의 IR(instant recovery)의 기법을 위성채널에 적합하게 수정 적용하였다. 수정 부분은 burst error 방지를 위한 전송 지연시간을 1/4 RTT(round trip time)을 1/10 RTT로 감소시켰고, 에러 정정 성공 시 CWND 감소하지 않도록 하였다. TCP 코딩 기법으로 계산이 단순한 Exclusive-OR 코딩 기법을 적용한 것은 전송계층에서는 위성 물리계층의FEC(forward error correction)에 의해 정상 수신된 세그먼트를 이용하여 복구를 하므로 계산 절차가 복잡하고 resource가 소요되는 코딩 방법을 적용하지 않아도 충분히 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

송신측 코딩 알고리즘에 의해 생성된 세그먼트를 누적 Exclusive-OR한 코딩 블록을 생성한다. 기존 세그먼트를 전송 후 burst에러를 방지하기 위해 1/10 RTT 이후 코딩 블록을 전송한다. 코딩 블록의 시퀀스 번호는 누적된 번호로 한다. 누적 시퀀스 번호는 디코딩 성공 시 해당 세그먼트 번호로 변환한다. 수신측은 송신측의 알고리즘을 역으로 진행하며 수신 세그먼트에 대해 누적 Exclusive-OR한 디코딩 블록을 생성해 나간다. 시퀀스 번호와 데이터 길이를 비교하여 누락된 세그먼트 수를 카운트하여 손실된 세그먼트가 1개일 경우 수신된 코딩 블록과 자체 누적 코딩한 블록을 이용하여 에러를 정정한다. 2개 이상 에러 발생 시 코딩 블록을 폐기하고 손실된 시퀀스 번호를 전송한다.

알고리즘 1

```
for (생성 대상 세그먼트 수(j = 15) 만큼 반복)
    { for (세그먼트의 크기(i)의 코딩 블록 생성)
      { coded_block[i] ⊕= send_block[i];
      // Exclusive-OR 코딩}
    누적 시퀀스번호 생성 = seq.no + data.length;}
    지정된 세그먼트(15개) 전송 후 코딩 블록 전송
    burst error 방지를 위해 1/10 RTT 이후 전송
    if (j = 15) then { Send_mesage (block[i]); } }
```

2.2 split PEP에 TCP 코딩 기법 적용

지상망의 모든 단말에 성능개선 기법을 적용하지 않고 위성 구간에만 성능향상 기법을 적용할 수 있는 방법을 PEP라 하며 최근 많은 연구가 진행되고 있다[1]. PEP에는 특정 게이트웨이에 국한하여 성능향상 기법을 적용하는 서버 중심의 2 split 기법이 많이 사용되고 있으나, TCP 코딩 기법을 적용하기 위해서는 송수신측 동시에 향상된 방법을 적용해야 하므로 3 split PEP에 적용이 타당하다. 이렇게 함으로써 지상망의 client와 server는 위성구간에 관계없이 standard TCP를 적용할 수 있고, 지연시간과 에러율이 큰 위성구간 내에서만 TCP 코딩 기법을 적용할 수 있다. 이렇게 함으로써 종단 간의 시스템에 대한 수정이 없이 성능향상 기법을 적용할 수 있다.

Ⅲ. 성능평가

제안하는 프로토콜의 성능평가를 위해 그림 2와 같이 테스트 베드를 구축하였다. split PEP에 TCP 코딩 기법 적용을 위해서 linux kernel(v.3.10)에 tcp.c, tcp.input.c, tcp_ipv4.c, tcp_output.c, tcp_timer.c, tcp.h 파일을 수정하여 적용하였다. 위성구간 모의를 위해서 freeBSD의 dummynet 오픈 소스를 적용하였다. 성능평가 도구는 Linux의 전송 성능평가 도구인 iperf3를 이용하였다. 성능평가는 10Mbytes의 파일을 전송하는데 소요되는 시간으로 평가하였다. 성능평가는 수정 없이 TCP Hybla를 적용 하였을 때, TCP 코딩 기법을 TCP Hybla에 적용 하였을 때, TCP 코딩 기법을 split PEP에 적용 하였을 때를 비교 평가하였다.

성능 평가 결과는 그림 3과 같다. 에러율이 높은 구간인 패킷 손실률 0.0005(≈ BER $4x10^{-8}$) - 0.05(≈

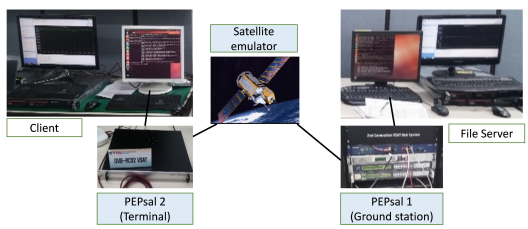

그림 2. 테스트베드 구성도
Fig. 2. Architecture of test-bed

www.dbpia.co.kr

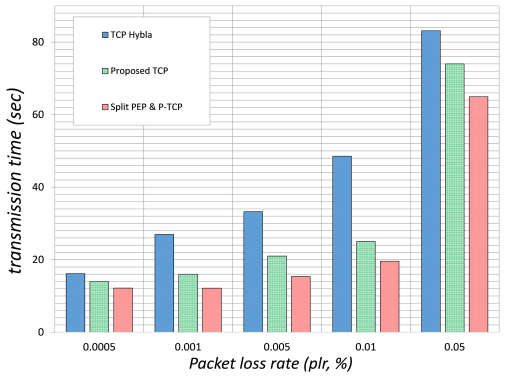

그림 3. 테스트베드 성능평가 결과
Fig. 3. Test-bed performance result

BER 4x10^{-6})의 구간에서 TCP 코딩 기법을 적용하지 않은 TCP hybla와 제안된 에러 정정 알고리즘을 적용한 TCP hybla의 성능을 비교한 결과 12%에서 94%의 성능향상이 있었다. PEP를 적용하지 않고 TCP 코딩 기법을 적용했을 때와 제안한 코딩 기법을 split PEP에 적용 시를 비교한 결과 14-37%의 성능향상이 있었다. TCP hybla와 제안한 TCP 코딩 기법을 3 split PEP에 적용했을 때와 비교 시 동 구간에서 평균 89%의 성능향상이 있었다. 성능평가 결과 Exclusive-OR기법을 TCP와 융합했을 때 패킷 에러에 따른 재전송을 방지하여 파일 전송 속도가 향상되는 것으로 나타났다. 이는 전송계층의 코딩 기법이 에러율이 높은 위성환경에 적용 시 파일 전송 속도를 향상 할 수 있다는 유의미한 결과를 나타낸다. 아울러, 이러한 성능향상 기법을 3 split PEP 구조에 적용 시 지상망의 수정 없이 성능향상이 가능하며, 지상망이 위성망의 전파 지연시간과 에러로 인해 받는 영향을 감소함으로써 성능향상 폭을 더욱 증가시킴을 알 수 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 위성 통신 환경의 전송 계층에서 Exclusive-OR 에러 코딩 기법을 적용하고 이를 3 split 구조의 PEP에 적용 시 파일 전송속도 향상 정도를 평가하였다. 본 연구에서는 실제 위성시스템과 유사하게 테스트베드를 구성하여 성능을 평가함으로써, 실 적용이 가능한 환경에서 평가를 하였다는데 의미가 있다. 위성환경에서는 데이터 손실과 지연시간에 의한 성능저하가 크기 때문에 물리계층에서 FEC에 의해 완전히 복구되지 않고 전송계층으로 전달된 세그먼트를 전송계층의 단순한 코딩 기법을 적용 시에 전송속도가 크게 향상됨을 알 수 있다. 아울러 split PEP는 위성 환경에 적합한 향상된 기술들의 접목을 용이하게 하는 기법이며 다른 성능향상 기법을 적용 시 효과가 증가됨 알 수 있었다. 제안한 기법에 대한 연구가 계속 진행된다면 에러율이 높고 지연 시간이 긴 위성통신의 전송 속도 향상에 큰 진전이 있을 것으로 생각된다.

References

[1] B. R. Elbert, *Introduction to Satellite Communication third edition*, Artech House, pp. 1-427, 2008.

[2] J. Kim, et al., “TCP splitting PEP with resource allocation mechanism in satellite communication system,” in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 944-945, Jeju Island, Korea, Jun. 2016.

[3] C. Caini, R. Firrincieli, and D. Lacamera, “Comparative performance evaluation of TCP variants on satellite environments,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 1-5, Dresden, Germany Jun. 2009.

[4] C. Caini and R. Firrincieli, “TCP Hybla: A TCP enhancement for heterogeneous networks,” *Int. J. Satellite Commun. Netw.*, vol. 22, pp. 547-566, Aug. 2004.

[5] C. Caini, R. Firrincieli, and D. Lacamera, “PEPsal : A performance enhancing proxy for TCP satellite connections,” *IEEE Aerospace and Electron. Syst. Mag.*, vol. *22*, no. 8, pp. B-9-B-16, Aug. 2007.

www.dbpia.co.kr