

위성 환경에 적합한 초기 윈도우 기반의 TCP Cubic 알고리즘

이정민, 이우엽, 조인휘
 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과
 user2@hanyang.ac.kr, matias12@hanyang.ac.kr, iwjoe@hanyang.ac.kr

Initial Window-Based TCP Cubic Algorithm for Satellite Environment

Jeongmin Lee, Wooyeop Lee, Inwhae Joe
 Department of Computer Science, Hanyang University

요 약

RTT(Round Trip Time)가 큰 위성링크에서는 TCP의 정상적인 동작이 어렵다. PEP(Performance Enhanced Proxy)은 위성망과 지상 통신간의 성능 향상을 위해 개발되었으나, PEP의 위성링크 구간에서 적용되는 TCP Cubic, TCP Hybla 등 기존의 Enhanced TCP는 충분한 윈도우 크기를 확보하는데 시간이 걸리는 문제점이 있다. 본 논문에서는 Cubic의 초기 윈도우 값을 높게 설정해 위성 대역폭을 보다 빨리 점유할 수 있는 수정된 혼잡제어 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 기존 혼잡제어 알고리즘보다 전송률이 약 26% 향상되었다.

1. 서론

위성망은 다양한 고차 변조 및 코딩 비율의 사용, 효율적인 주파수 사용, 뛰어난 간섭제거 기술 등과 같은 물리계층 관련 기술의 적용과 높은 효율을 갖는 링크계층 데이터 처리(예: highly efficient encapsulation, fragmentation, Integrity check 등)기술 등의 개발 성공에 이어, 주요 통신 인프라로 발전해왔다.

최근 자연재해로 인해 지상 네트워크가 붕괴되었을 때 신속하게 통신 서비스를 제공할 수 있는 내해재성을 갖는 통신망으로 부각되면서 활용의 폭이 증가하였다.

또한 지상망이 닿기 어려운 섬, 오지 등과 같은 특수 지역을 비롯하여 항공, 배 등과 같은 이동체에 대해 고속 데이터 서비스를 제공할 수 있어 각광받고 있다.

2. 관련연구

2.1 TCP CUBIC

위성망 네트워크계층의 주요 프로토콜인 TCP 성능향상을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 위성망의 특징인 긴 RTT(Round Trip Time) 환경은 일반 TCP가 혼잡이 아닌 상황에서도 혼잡으로 인식하게 함으로써 cwnd(Congestion Window)의 증가가 어렵다. 따라서 대역폭 점유시간이 길어지고 성능이 떨어지는 문제가 발생한다.

이런 문제를 해결하기 위해 TCP Cubic이 제안되었다. Cubic은 TCP BIC을 개선한 알고리즘으로 마지막 윈도우 값 감소 시점으로부터 지난 시간에 따라 윈도우 크기를

조절한다.

Cubic은 오목함수와 볼록함수 구간으로 나뉘는데 오목함수 구간은 감소직전 값으로 가는 구간으로 마지막 윈도우 값 감소 직전까지는 빠른 속도로 증가한다. 마지막 감소직전 윈도우 값에 다다르면 볼록함수 구간으로 바뀌면서 증가 속도가 감소하게 된다. 이는 안정적으로 값을 증가할 수 있도록 하여 TCP의 안정성을 보완한다.

2.2 PEP(Performance Enhanced Proxy)

PEP(Performance Enhanced Proxy)는 위성링크의 긴 전송 지연시간과 높은 패킷 손실률 때문에 전송계층의 핵심 프로토콜인 TCP가 제대로 동작하지 않는 문제점을 해결하기 위해 도입되었다.

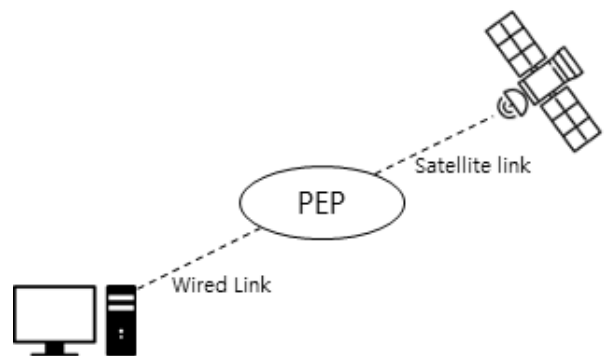


그림 1 PEP(Performance Enhanced Proxy) 위성링크 구간에 대해서 투명성(transparency)을 제공하

며 긴 전송 지연과 높은 패킷 손실률을 갖는 위성링크에서도 무선 링크의 대역폭을 효율적으로 사용하여 좋은 데이터 통신 서비스를 제공 가능할 수 있게 한다.

PEP에 적용되는 가장 핵심 기술은 전송계층에 적용되는 Enhanced TCP로 빠른 속도로 데이터를 전달하는 기술이다. 응용계층에서도 압축 및 캐싱을 통해 성능향상을 보일 수 있지만, 특별한 응용 프로그램의 설치가 필요하다는 단점이 있다. 반면에 전송계층에 기술을 적용하는 경우, 사용자에게 대한 요구 없이, 직접 전송 속도를 향상 시킬 수 있다.

이런 PEP는 위성망 외에도, 유선망, 무선망에서도 빠른 서비스 응답, 데이터 압축 등을 적용한 효율적인 대역폭 사용 등의 목적으로 사용된다.

3. TCP 혼잡제어 개선 알고리즘 제안

TCP 프로토콜의 혼잡제어는 송신측의 데이터 전달과 네트워크의 데이터 처리 속도 차이를 해결하기 위해 도입된 것으로 TCP의 주요 통신평형이다.

제안된 알고리즘으로는 리눅스의 기본알고리즘으로 동작하는 TCP Reno, TCP Cubic 그 외에 TCP Vegas, TCP Westwood등 다양한 방식이 있다.

기존의 TCP알고리즘들은 초기 윈도우 값을 RTT 또는 시간의 흐름에 따라 증가시키는 방법을 사용하여 RTT가 긴 위성환경에서는 충분한 윈도우 값을 확보하는데 시간이 걸린다는 문제점이 있다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 윈도우 증가 값을 RTT가 아닌 시간을 사용해서 위성망에 맞도록 개선된 Enhanced TCP Cubic을 수정, 높은 윈도우 초깃값을 설정하였다.

TCP 통신에서 윈도우 값은 수신버퍼, 혼잡제어에 의해 정해지는 값 두 개를 비교하여 작은 값으로 정해진다. 혼잡제어를 통해서 증가하는 값은 1부터 시작하므로 통신 초기에는 혼잡제어에 의해 정해지는 값이 윈도우로 설정된다. 결과적으로 윈도우 값이 가질 수 있는 최댓값은 수신버퍼의 크기가 되는데 제안하는 알고리즘에서는 혼잡제어를 시작하는 초깃값을 수정해 빠른 시간 내에 최댓값인 수신버퍼의 크기에 도달 할 수 있도록 한다.

본 논문에서 제안하는 수정된 TCP Cubic을 사용함으로써 긴 RTT와 낮은 오류률을 갖는 PEP 프로토콜의 위성링크 구간에서 혼잡윈도우를 최적의 값까지 증가시키는 시간을 단축하고, 대역폭을 빨리 점유할 수 있다.

4. 실험

실험환경은 Linux ubuntu 4.18.20 커널을 수정했다. 기존의 위성링크와 유사한 대역폭 100Mbits/sec, 지연시간 600ms인 환경에서 iperf3을 통해 시뮬레이션 하였다. 리눅스의 기본 혼잡제어 알고리즘인 TCP Reno와 비교하였으며 시간에 따른 윈도우 변화를 갖기 때문에 위성링크

에서 유리한 TCP Cubic 알고리즘을 수정하였다.

그림 2는 제안된 수정 TCP Cubic의 결과 그래프이다. 실험은 윈도우를 초깃값을 각각 256, 512, 2560, 5120으로 설정한 상태에서 10동안 진행되었다.

TCP Reno의 경우 총 전송량이 22.30MBytes이다. 초깃값을 올려준 TCP Cubic은 전반적으로 TCP Reno보다 높은 전송량을 보였으며 윈도우 초깃값이 2560일 때 가장 큰 차이를 보였다. 총 전송량은 28.32MBytes로 TCP Reno에 비해 26% 증가했다.

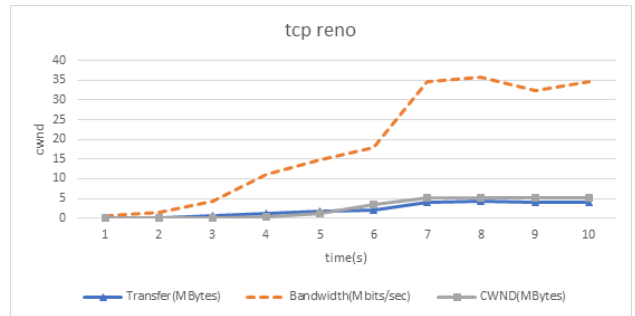


그림 2 TCP Reno

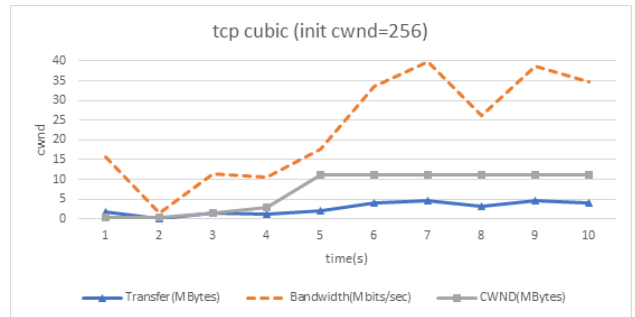


그림 3 TCP Cubic (init cwnd=256)

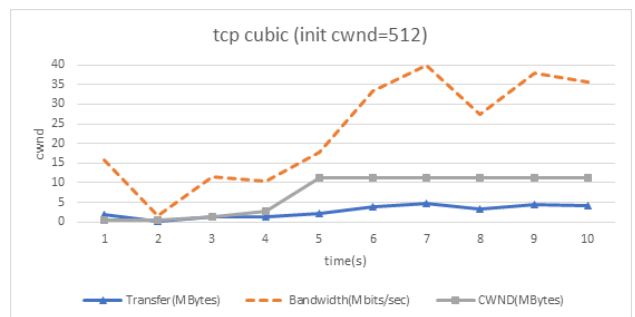


그림 4 TCP Cubic (init cwnd=512)

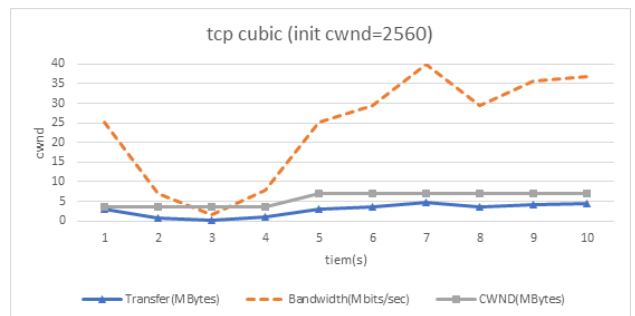


그림 5 TCP Cubic (init cwnd=2560)

참고문헌

[1] 박만규, et al. "위성망 기반 고속인터넷 서비스 제공을 위한 PEP 기술동향." (2015).

[2] Casoni, M., Grazia, C. A., Klapez, M., & Patriciello, N. (2015, May). Implementation and validation of TCP options and congestion control algorithms for ns-3. In Proceedings of the 2015 Workshop on Ns-3 (pp. 112-119). ACM.

[3] Ha, Sangtae, Injong Rhee, and Lisong Xu. "CUBIC: a new TCP-friendly high-speed TCP variant." ACM SIGOPS operating systems review 42.5 (2008): 64-74.

[4] 김용신, et al. "위성망에서의 TCP 성능 분석." 한국통신학회 학술대회논문집 (1998)

[5] 김상희, and 이정규. "TCP 를 사용한 위성망에서의 성능 향상 알고리즘." 한국시뮬레이션학회 학술대회 논문집 (1999)

[5] Caini, Carlo, and Rosario Firrincieli. "TCP Hybla: a TCP enhancement for heterogeneous networks." International journal of satellite communications and networking 22.5 (2004): 547-566.

[6] Wang, Jingyuan, et al. "CUBIC-FIT: A high performance and TCP CUBIC friendly congestion control algorithm." IEEE Communications Letters 17.8 (2013): 1664-1667.

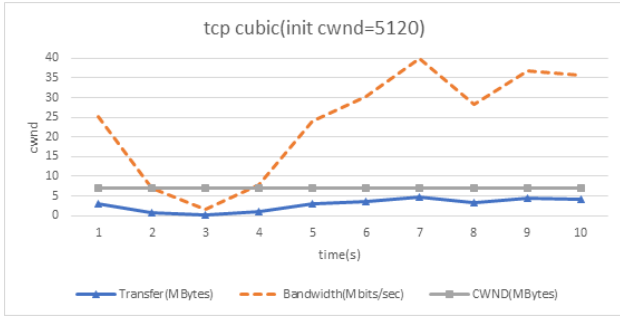


그림 6 TCP Cubic (init cwnd=5120)

cwnd	0.00-1.00	1.00-2.00	2.00-3.00	3.00-4.00	4.00-5.00	5.00-6.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	9.00-10.00	전송률
256	1.88	0.19	1.38	1.25	2.12	4.00	4.75	3.12	4.62	4.12	27.43
512	1.88	0.19	1.38	1.25	2.12	4.00	4.75	3.25	4.50	4.25	27.57
2560	3	0.82	0.19	0.93	3.00	3.50	4.75	3.50	4.25	4.38	28.32
5120	3	0.82	0.19	0.93	2.88	3.62	4.75	3.38	4.38	4.25	28.20
reno	0.09	0.17	0.50	1.31	1.75	2.12	4.12	4.25	3.88	4.12	22.30

표 1 윈도우 초깃값 변화에 따른 전송률 비교

5. 결론

PEP 전송 계층 기술 중 가장 핵심이 되는 기술인 split connection 기술은 서비스 공급자부터 사용자 에게 연결되는 구간에서 위성구간을 분리시켜 위성구간에서는 위성구간에 특성에 맞게 수정한 enhanced TCP를 적용하여 데이터를 전송하게 된다.

위성링크에 적용되는 Enhanced TCP로는 TCP Hybla, TCP Cubic, TCP peach, TCP Noordwijk이 있다. 이들은 일반적으로 사용하는 TCP보다는 위성링크에 적합하지만 위성링크의 특징인 큰 RTT로 인해 여전히 대역폭을 확보하는데 오랜 시간이 걸린다.

Enhanced TCP중의 하나인 TCP Cubic은 마지막 윈도우 값 감소로부터의 시간으로 윈도우 값을 정하기 때문에 일반 TCP보다 윈도우 값을 늘리는데 유리하다. 하지만 TCP Cubic 역시 큰 RTT로 인해 위성링크의 큰 대역폭을 충분히 확보하기에는 오랜 시간이 걸리는 한계가 있다. 본 논문에서 제안하는 수정된 TCP Cubic은 시작하는 초깃값을 증가시켜 줌으로써 더 빠른 시간 안에 충분한 대역폭을 확보할 수 있으므로 PEP의 위성링크를 개선하는 한 가지 방법이 될 수 있다.