

지연변화가 큰 환경에서의 TFRC를 사용한 스트리밍 시의 전송률 산출법 개선 기법

한승진⁰ 한상범 유혁
고려대학교 컴퓨터학과
{sjhan⁰, sbhan, hxy}@os.korea.ac.kr

Transmission Rate Control Techniques for UMTS network streaming using TFRC

Seungjin Han⁰ Sangbeom Han Hyuck Yoo
Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

TFRC는 전송률 산출을 위해 Loss Rate와 RTT정보를 TCP-equation에 적용한다. 그러나 무선망과 같이 지연 변화가 큰 환경의 경우 RTT 값이 정확한 망상황을 표현한다고 할 수 없다. 모바일 단말의 경우 움직임에 따라 지연정보는 계속 변화하게 되어 순방향, 역방향 지연정보간의 차이도 발생하게 된다. 본 논문에서는 지연 변화가 큰 환경에 맞는 지연정보인 One-way Delay를 사용하여 TFRC의 전송률 예측방법을 개선한다. One-way Delay 정보를 이용하여 Average Weighting을 거쳐 TCP-equation에 적용하여 전송률을 산출함으로써 정확한 Bandwidth의 예측이 가능함을 시뮬레이션을 통해 나타낸다.

1. 서 론

TFRC[1]는 대표적인 미디어 스트리밍을 위한 프로토콜이다. TCP는 한 개의 Loss에 Cwnd를 절반으로 줄이거나 집단적 Loss에 연속적으로 Rate를 줄인다. 이에 반해 TFRC는 Weighted Average Loss Interval을 사용하여 독립적인 Loss에 대하여 급작스럽게 반응하지 않고 집단적인 Loss의 경우도 특정 RTT(Round Trip Time)안에 발생한 모든 Loss를 하나의 Loss Event로 처리함으로써 불필요한 전송률의 변화를 억제한다. TFRC는 Loss Interval과 함께 RTT를 지연정보로 사용하여 Weighted Averaging을 통해 TCP Equation에 적용하여 최종적으로 전송률을 결정하게 된다. TFRC는 이외에도 History Discounting과 같은 여러 기법들을 사용하여 TCP-Friendly하면서 불필요한 전송률 변화의 진폭을 줄여 안정적인 전송을 지원하는 성격을 가지고 있다[2].

그러나 전송률 산출에 쓰이는 지연 정보인 RTT는 CDMA망과 같이 지연 변화(delay variation)가 큰 무선망이나 ADSL과 같은 비대칭 망의 경우 부정확한 전송률을 예측하게 하는 원인이 될 수 있다. 잘못 예측된 정보는 c충분한 대역폭이 남아있는데도 불필요하게 전송률을 떨어뜨림으로써 망사용의 전체적인 효율을 저해할 수 있고, 또는 실제 상황과 달리 과도하게 많은 패킷을 전송하여 망의 혼잡상황을 유발하거나 각 Flow간의 Fairness를 지키지 못하고 혼자서 많은 Bandwidth를 점유하여 다른 Flow들에 피해를 입힐 수도 있다[3].

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 TFRC에 One-way Delay를 적용하여 전송률을 예측하는 방법을 제안한다. 그리고 그 결과를 시뮬레이션을 통해 나타낸다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련연구로 One-way Delay 예측방법에 대하여 살펴보고 3장에서는 One-way Delay를 TFRC의 전송률 예측에 적용하고 이를 시뮬레이션을 통해 그 결과를 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 내리고 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

단방향 지연 시간(One-way Delay)란 송신 측으로부터 수신 측까지의 전송 지연 시간을 의미한다. RTT는 순방향 지연 시간과 역방향 지연 시간으로 나뉘어 지는데[4][5]에 따르면 대칭 네트워크에서조차 순방향 지연 시간과 RTT/2가 큰 차이를 보임을 알 수 있다. 그리고 이러한 점은 RTT가 Rate Control의 주요한 매개 변수로 사용될 때, 결과적으로 Rate의 결정에 부정적인 영향을 준다. 이러한 경향은 특히 본 논문에서 목표로 하고 있는 지연 변화가 심한 환경에서 두드러지게 나타난다. 따라서 Rate Control에 필요한 정확한 지연 정보인 단방향 지연 시간을 사용한다면 이러한 문제점을 해결할 수 있다.

⁰본 연구는 한국전자통신연구원 연구비 지원에 의한 연구 결과로 수행되었음

순방향 지연시간 t_n 은 다음의 식을 통해 구할 수 있다 [4].

$$t_n = t_0 - \sum_{i=1}^n [RTT(s,i) - RTT(r,i)]$$

Equation 1

위 식에서 $RTT(s,i)$ 는 송신측의 i 번째 RTT를 $RTT(r,i)$ 는 수신측의 i 번째 RTT를 의미한다.

위와 같은 식을 통해 클럭 동기화 없이 간편하게 순방향 지연시간을 구하여 TFRC에 적용할 수 있다.

3. TFRC 전송률 예측법 개선

TFRC는 Loss와 RTT를 사용하여 전송률을 산출한다. 그러나 TFRC에서 지원하는 대부분의 전송률 예측 기법들은 Loss에 초점이 맞춰져 있고 지연 정보인 RTT의 경우 단순히 Weighted Averaging만을 통해 TCP-Equation에 사용되고 있다. 이러한 것은 지연 정보가 정확하지 않을 경우 지연 변화가 심하지 않은 유선망이나 대칭망에서는 큰 문제가 되지 않지만 무선망에서는 치명적인 문제가 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 순방향 지연 정보를 RTT 대신 Average Weighting하여 TCP-Equation에 사용하는 방법을 제안하고 이를 UMTS 망을 구성하여 시뮬레이션한다.

3.1 시뮬레이션 환경

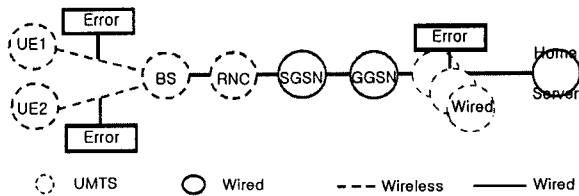


그림 1 시뮬레이션 환경

위의 그림은 시뮬레이션을 위해 구성한 망의 구조이다. 시뮬레이션을 위해 NS-2가 사용되었고 무선망 구성을 위해 Eurane UMTS Extension[6]이 사용되었다. Eurane UMTS Extension은 UMTS 망의 GGSN, SGSN, RNC, Node B, UE등의 노드와 RACH, FACH, DCH등의 채널을 시스템 레벨에서 시뮬레이션한다.

전송은 Home Server측에서 무선 노드 UE1, UE2로 TCP Sack과 TFRC를 각각 에이전트로 사용하여 수행하였고 각 UE의 움직임은 사무실에서 이동하는 정도의 trace file을 생성하여 적용하였다[7]. 시뮬레이션은 기존의 RTT를 이용한 TFRC를 사용하였을 때와 순방향 지연시간을 사용하였을 때의 두 가지의 경우를 나누어 각각 약 80초간 전송하여 전송률과 RTT, 순방향 지연시간(OWD)를 측정하고 결과를 비교한다.

3.2 시뮬레이션

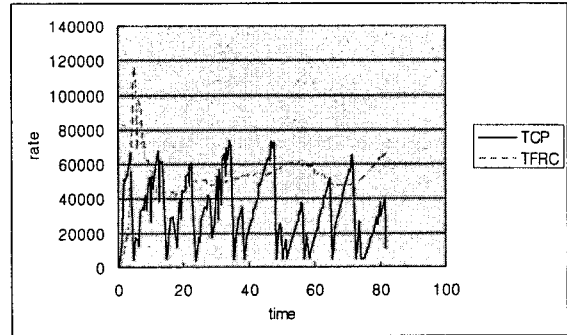


그림 2 RTT를 사용한 TFRC

그림 2는 RTT를 사용하여 대역폭 예측을 했을 때의 TFRC와 TCP의 모습이다. TFRC가 TCP에 비해 진동폭은 작지만 망 상황을 정확히 반영하지 못해 TCP보다 공격적으로 가용 Rate를 점유하고 있는 모습이다.

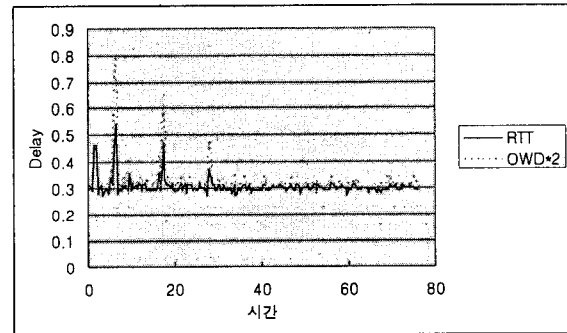


그림 3 RTT와 OWD x 2의 비교

표 1

	OWD x 2	RTT
평균	0.346872	0.315906

그림 3과 표 1은 그림2의 실험에서 측정된 RTT와 OWD x 2의 값을 비교하고 있다. 그림 3에서는 OWD의 값이 RTT에 비해 크기는 두 배의 차이를 보이며 전반적으로 조금씩 차이를 보이는 모습을 볼 수 있다. 이는 지연 변화가 일정 수준 이상인 환경에서 RTT의 부정확한 정도를 나타낸다고 할 수 있다. 표 1에서는 수집된 RTT와 OWD x 2값들의 평균값을 비교하고 있다. 두 값은 평균적으로 약 10%의 차이를 보이고 있는데 그 값을 기준으로 Rate를 조절할 때 결코 무시할 수 없는 차이임을 확인할 수 있다.

그림 4는 TFRC 에이전트가 RTT 대신 OWD를 사용하여 TCP-Equation에 적용하여 전송률을 산출했을 때의 모습이다. 그림 3에 비교할 때 전반적인 TCP Rate와 비슷한 정도를 유지하며 TCP-Friendly한 성능을 보여주고 있다. 이는 RTT보다 망 상황을 정확하게 파악하여 Rate

를 조절한 결과로 볼 수 있다.

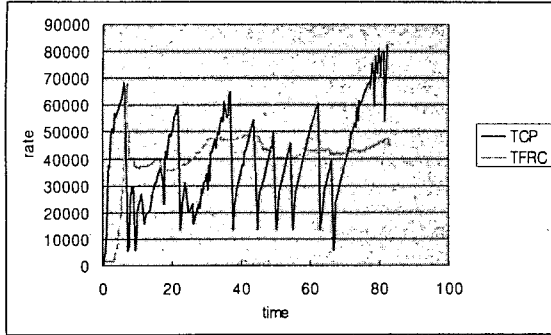


그림 4 OWD를 사용한 TFRC

표2는 RTT를 이용한 예측방법과 OWD를 이용한 예측 방법을 사용했을 때의 평균 Rate를 비교하고 있다. RTT를 사용하였을 때의 경우 TFRC가 TCP보다 약 38%정도 더 많은 대역폭을 점유하고 있다. 이는 TFRC의 기본 목표인 TCP-Friendly한 성능에 반하는 결과라고 할 수 있다. 이에 반해 OWD를 사용했을 때의 결과는 약 2%정도만이 오차를 보일 뿐 거의 같은 대역폭을 사용함으로써 OWD가 보다 정확하게 전송률을 예측하고 있음을 확인할 수 있다.

표 2 RTT와 OWD 예측법의 평균 전송률

	TCP	TFRC
RTT 예측	35230.96	48350.04
OWD 예측	40175.05	40890.54

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 지연 변화가 큰 환경에서의 정확한 Delay정보인 One-way Delay를 이용하여 TCP equation에 사용하여 전송률을 예측하는 법을 제안하였다. 그리고 지연변화가 큰 UMTS망을 실험 환경으로 정하고 이를 시뮬레이션을 통해 보았다. 실험에서 전송률 예측에 RTT를 사용하였을 때는 OWD와의 오차로 인해 전송률 예측을 보다 공격적으로 함으로써 TCP-Friendliness와 Fairness에 있어서 좋지 못한 결과를 나타내었고 OWD를 사용하여 개선하였을 때는 지연변화가 큰 환경에서도 적응할 수 있음을 확인할 수 있었다. 정확한 지연 정보를 이용한 전송률 예측은 실험에서와 같이 대역폭을 Overshooting하는 경우를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 남아 있는 대역폭을 정확히 산출하는 데에도 도움이 될 수 있다.

본 논문의 향후 과제로는 단방향 지연시간의 응용에 관한 연구가 필요하다. 단방향 지연정보를 이용해 수집된 지연 정보는 망 상황의 변화에 따른 추세를 파악하는 자료로서 사용할 수 있다. 지연값의 변화를 기반으로 Loss-event Interval의 Averaging시에 Weight를 조정한다면 보다 빠르게 망 상황에 적응할 수 있다. 이는 TFRC에서 일괄적

으로 부여하고 있는 1, 1, 1, 1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2의 방식을 Delay 변화에 따라 동적으로 변화시킴을 의미한다. 마지막으로 Delay 데이터의 변화추세는 History Discounting에도 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 이는 Loss의 발생이 갑작스럽게 줄어들었을 때 Average Loss Interval의 2배를 기다리는 기존의 수동적인 방식에서 Delay의 안정화 정도에 따라 더욱 능동적으로 망 상황에 적응하는 효과를 얻으며 전체적인 Network Utilization을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

5. 참고 문헌

- [1] S. Floyd, J. Padhye, J. Widmer "Equation Based Congestion Control for Unicast Applications", Sigcomm 2000.
- [2] M. Handley, S. Floyd, J. Padhye, J. Widmer, "TCP Friendly Rate Control (TFRC): Protocol Specification", RFC 3448, January 2003
- [3] M. Jain, C. Dovrolis, "End-to-end available bandwidth: Measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput," Proceedings of ACM SIGCOMM, Pittsburgh, PA, 2002, pp.295-308.
- [4] Jin-Hee Choi and Chuck Yoo, "One-Way Delay Estimation and Its Application", Computer Communication, Volume 28, Issue 7, 5 2005
- [5] K. Anagnostakis, M. Greenwald, R. Ryger, "cing: Measuring network internal delays using only existing infrastructure", Proceedings of INFOCOM 2003, April 2003.
- [6] <http://www.ti-wmc.nl/eurane>, "Enhanced UMTS Radio Access Network Extensions for ns-2"
- [7] "User Manual for Eurane", 15 February 2005