

CDMA2000 1x 망에서 RLP NAK를 사용한 전송

품질 측정

이준희^o 차호정
연세대학교 컴퓨터과학과
[jhl,hjcha]@cs.yonsei.ac.kr

Measuring Transmission Quality Using RLP NAK in CDMA2000

1x Networks

Joonhee Lee^o Hojung Cha
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 CDMA 2000 1x망에 기반한 유무선 통합망에서 무선망의 품질을 측정하기 위해 RLP NAK Rate를 사용하는 방법을 제안한다. 무선망은 유선망과 다른 특성을 가지며 무선망에 적절히 대응하는 전송 알고리즘을 적용하기 위해서는 무선망의 정확한 품질 측정이 필요하다. 이를 위해 유무선 통합망에서 유선의 영향없이 무선망의 품질만을 측정할 수 있는 RLP NAK Rate를 제안하고, 이를 통하여 무선망의 품질을 확인할 수 있음을 실험을 통해 밝힌다.

1. 서론

최근 유무선망을 이용한 인터넷 사용이 급증함에 따라 유무선 통합 환경에서 스루풋을 높이기 위한 연구가 진행되고 있다. 무선망은 유선망에 비해 전송 속도가 낮고 패킷손실비율이 높으며 핸드오프나 무선상의 전파경로등 다양한 요인에 의해 품질 변화가 심하다. 무선망의 품질 변화란 데이터 전송 시 지연이나 패킷손실 비율이 변화하여 스루풋이 달라짐을 의미한다. 유무선 통합환경에서 효율적인 데이터 전송을 위해서는 망상태를 확인하는 방법이 필요하다.

이를 위한 기존 연구로는 유선과 무선을 구별하지 않고 전체 네트워크 상태를 확인하는 방법과 유선과 무선의 패킷손실을 구별하는 방법이 있다. WTCP[1]와 Tsaoussidis와 Badroi 제안한 TCP-probing[2]에서는 일정 간격으로 probe 패킷을 전송하여 패킷손실비율과 RTT값을 측정, 전체 네트워크 상태를 확인하였다. Y. Tobe[3]는 RoTT(Relative One-way Trip Time) 값을, Saad Biaz[4]는 수신측의 패킷 도착간격을 사용한 알고리즘을 제안하여 유선과 무선의 패킷손실을 구별하였다.

그러나 probe 패킷 사용방법은 유무선 통합 네트워크 환경에서 유선의 다양한 영향과 패킷의 지연과 손실이 잦은 무선의 특성으로 인해 정확한 네트워크 상태를 검출하기 어렵다. 베이스 스테이션과 이동단말은 무선망의 품질이 나쁠 경우 물리 계층에서는 전파세기를 크게하고, RLP 프로토콜에서는 선택적 재전송 알고리즘을 사용하여 무선상의 패킷 손실을 복구한다. 물리 계층과 RLP 프로토콜의 패킷손실복구 방법은 무선망 품질변화에 따른 패킷손실비율의 차이를 감소시킨다. 따라서 Y. Tobe와 Saad Biaz의 유무선의 패킷손실 구별 방법도 무선 네트워크 상태를 정확히 확인할 수 없다.

기존 연구의 문제점을 해결하기 위해서는 유무선 통합망에

서 무선망의 품질 상태를 확인해야 한다. 릴레이 계층의 상위 계층에서 송수신되는 데이터는 유무선 모두의 영향을 받으므로 무선망의 품질상태를 확인하기 어렵다. 물리 계층은 하드웨어로 구현되어 있으며, 접근하기 어렵다. 이에 반해 릴레이 계층은 무선망만의 영향을 받으며 소프트웨어로 구현되어 있어 물리 계층보다 접근하기 쉽다. 본 논문은 릴레이 계층의 RLP 프로토콜이 데이터 전송에 주는 영향을 분석하고 RLP NAK Rate를 정의한 후 이를 사용하여 전반적인 무선망의 품질을 알 수 있음을 실험을 통해 확인한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RLP 프로토콜 메커니즘의 데이터 전송의 영향을 밝히고 RNR(RLP NAK Rate)에 대해 설명한다. 3장에서는 RNR이 무선망 품질을 확인할 수 있음을 실험을 통해 밝히고 4장에서 결론을 맺는다.

2. RNR기반의 무선망 품질 측정

CDMA2000 1x에서 사용하는 RLP 프로토콜은 RLP 버전3이다. RLP 프로토콜은 수신측에서 수신된 프레임의 오류를 복구할 수 없거나, 프레임이 수신되지 못한 경우 베이스 스테이션에 NAK 프레임을 전송하여 해당 프레임의 재전송을 요청한다. RLP 프로토콜의 재전송 요청은 프레임당 3번까지 가능하며 3번 재전송을 요청했으나 수신실패 하였을 경우에는 수신된 나머지 프레임들만을 상위 계층으로 올려준다. 베이스 스테이션은 유선망에서 수신된 데이터에 시퀀스번호를 부여하여 이동단말로 전송하며, 이동단말의 RLP 프로토콜은 시퀀스번호를 확인하여 프레임 손실 여부를 결정한다. 따라서 RLP 프로토콜에서의 프레임 손실은 무선망에서 발생한 것이다.

무선 품질평가 기준으로 프레임 또는 패킷 손실과 함께 전송 지연을 고려할 수 있다. 사전 실험 결과 무선 품질에 따라 전송 지연의 차이가 큼을 확인하였다. 전송 지연의 증가는 상위 계층의 스루풋과 실제 유용한 대역폭을 감소시킨다. 무선망의 품질 변화에 따른 전송 지연 증가의 원인은 다음과 같다.

• 본 연구는 한국과학재단에서 지원하는 특정기초연구사업으로 수행하였습 (과제번호 : R01-2002-000-00141-0).

첫째, RLP 프로토콜의 프레임 기반 카운터 사용과 프레임 재전송 증가이다. 무선망 품질이 좋지 않을 경우 무선망상의 프레임 손실 및 오류는 증가한다. RLP 프로토콜이 NAK 메시지를 전송하고 이를 수신한 베이스 스테이션이 해당 프레임을 재전송하는 동안, 이동단말에서 수신된 다른 프레임들은 손실된 프레임이 수신될 때까지 상위 계층으로 전달되지 않고 기다린다. 따라서 손실된 프레임이 많아질 경우 전체적인 지연은 증가된다. 이와 함께 RLP 프로토콜에서의 재전송 타임아웃은 시간단위가 아닌 프레임의 도착개수에 기반한 카운터를 사용하므로 손실된 프레임의 복구를 위한 지연시간이 증가한다[5].

둘째, RLP 초기화의 증가이다. RLP 프로토콜은 예외상황시 RLP 초기화를 수행한다. RLP 초기화가 이루어지면, 송신측의 재전송을 위한 프레임과 수신측의 프레임 조립을 위한 RLP 데이터가 버려진다. 이와 함께 RLP의 상태 변수들을 초기화시킨다. 따라서 RLP의 초기화시에는 지연이 크게 발생한다. 무선망의 품질이 좋지 않을 경우 무선망상의 프레임 손실 및 오류가 증가하면, RLP의 빈번한 재전송과 함께 예외상황이 많이 발생하므로 RLP 초기화가 증가하여 전체적인 지연이 증가한다[6].

무선망의 품질이 좋지 않을 경우 프레임 오류 및 손실이 증가함에 따라 RLP의 위와 같은 원인에 의해 전체적인 무선망상의 지연이 증가하고 전체적인 스루풋을 감소시킨다. 따라서 무선망의 품질이 좋지 않을 경우 증가되는 RLP의 NAK 프레임 비율을 확인하면 무선망의 품질을 확인할 수 있다. RNR은 NAK 프레임 개수와 전체 수신된 프레임 수와의 비율을 나타낸 것이다. CDMA 2000 1x 이동단말에 내장된 RLP 프로토콜은 RLP의 총 수신 프레임 갯수와 첫 번째, 두 번째, 세 번째 NAK을 보낸 프레임개수를 각각 저장하므로 오버헤드 없이 RLP 수신 프레임과 NAK 프레임관련 정보를 얻을 수 있다. RNR(RLP NAK Rate)은 다음과 같이 정의된다.

$$RNR(\%) = \frac{w_1 * Nak_1 + w_2 * Nak_2 + w_3 * Nak_3}{N} * 100$$

여기서 N은 수신된 RLP 프레임의 합이며 Nak₁, Nak₂, Nak₃ 각각 첫 번째, 두 번째, 세 번째 NAK을 보낸 개수를 의미한다. w₁, w₂, w₃는 각 NAK 파라미터에 주어진 가중치를 의미한다. 가중치는 많은 값들이 존재하나, 본 연구에서는 w₁ = 1², w₂ = 2², w₃ = 3²를 사용하였다. 가중치를 뚝으로써 무선망의 품질이 떨어지는 경우를 보다 빠르고 분명하게 판단할 수 있다.

3. 실험 및 분석

실험은 CDMA 2000 1x를 사용한 유무선 네트워크 환경에서 제안한 RNR이 무선망의 품질 변화를 확인할 수 있음을 보인다. 서버는 유선상의 영향이 거의 없는 무선 통신 회사의 내부 네트워크에 설치하였으며, 클라이언트는 CDMA 2000 1x 이동단말에 노트북을 연결하여 구성하였다. 전송 프로토콜로는 무선상의 지연과 스루풋을 측정하기 쉬운 TCP를 사용하여 tcpdump와 tcptrace 프로그램으로 분석하였고, 데이터는 nttcp로 전송 패킷 사이즈와 전송 횟수를 조정하여 전송하였다.

첫번째 실험은 RNR값으로 무선망의 품질 변화를 확인할 수 있음을 보이는 것이다. 실험에 사용된 패킷 크기는 512Byte, 1024Byte, 4096Byte를 사용하여 각각 1000번씩 전송하였다. 실험 장소는 RSSI값과 Ec/Io값을 기준으로 전파수신상태가 좋은 곳과 나쁜 곳을 구분하여 임의의 두 지점으로 하였다. RSSI값은 이동단말의 전파세기를 나타내는 값이며, Ec/Io값은 CDMA 시스템에서 신호의 순수도를 평가하는 값이다. RSSI값이 90dBm이상, Ec/Io값이 -15~-10dB일 경우에는 이동단말에서의 전화통화가 어려운 상태로, RSSI값이 90dBm이하, Ec/Io값이 -10dB이상일 경우에는 전화통화가 안정된 상태로 간주된다[6]. 실험은 RSSI값과 Ec/Io값이 수시로 변화하므로 RSSI값이 80~90dBm, Ec/Io값이 -10~-5dB인 장소와 RSSI값이 95~110dBm, Ec/Io값이 -15~-10dB인 장소에서 패킷사이즈별로 각각 5번씩 실험하였다.

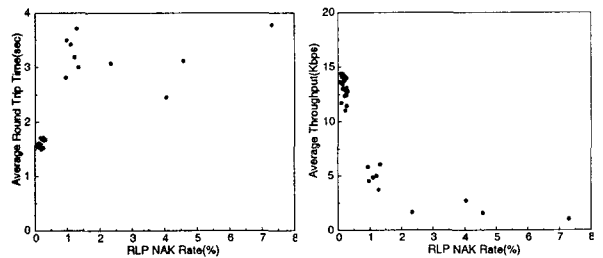


그림 1 : RNR과 RTT, RNR과 스루풋

그림 1은 실험 결과를 작성한 그래프로 패킷사이즈에 대한 차이는 없었으므로 이를 구별하지 않았다. 그림 1의 RNR과 RTT 그래프에서 RNR값은 무선망이 다양한 변화와 RLP의 초기화에 의해 베이스 스테이션과 이동단말에서 버려지는 RLP 데이터양에 따른 지연이 다르므로 RTT와 정확히 비례하지는 않는다. 그러나, RTT값이 1500ms내의일 경우에 RNR값은 0.3% 이하의 값을 가지는 것에 비해 RTT값이 3000ms내의일 경우에 RNR값은 0.8%이상의 값을 가짐을 확인할 수 있다. 따라서 RTT값 증가의 주요원인이 RLP 프로토콜의 지연에 있음을 알 수 있다.

그림 1의 RNR과 스루풋 그래프에서는 스루풋이 12Kbps내의일 경우 RNR값이 0.3%이하이며 변화가 크지 않으나 스루풋이 4Kbps내의일 경우에는 RNR값은 무선망의 다양성으로 인해 RNR값의 변화가 크지만, 0.8%이상임을 확인할 수 있다. 실험 결과는 RNR값은 무선망이 다양한 변화를 보이므로 스루풋과 정확히 반비례하지는 않으나, 무선망의 품질이 저하됨에 따라 RNR값이 증가하는 경향을 보여준다. RNR값은 유선망의 영향을 받지 않고 무선망의 영향만을 받으므로 RNR값으로 무선망의 품질을 적절히 대변할 수 있음을 알 수 있다.

첫번째 실험은 유선망의 영향이 거의 없는 네트워크망을 사용한 것이나, 실제 유무선 통합망에서는 유선의 여러 게이트웨이와 라우터를 지나므로 혼잡문제와 유선망의 종류와 속도문제 등 다양한 유선상의 요인에 의해 스루풋과 RTT값이 큰 영향을 받는다. 따라서 일반적인 네트워크망에서는 스루풋과 RTT값으로 무선망의 품질을 측정하기는 어렵다.

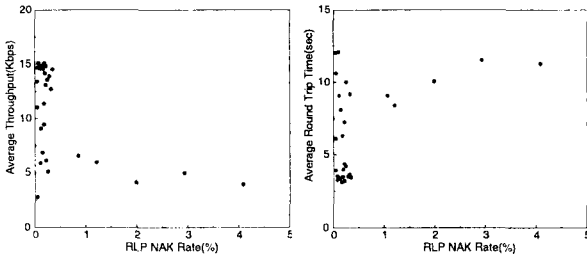


그림 2 : 유선 네트워크의 영향(RNR과 RTT, RNR과 스루풋)

유선 네트워크의 영향을 확인하기 위해 두 번째 실험을 하였다. 실험방법은 첫번째 실험과 같으나, 유선 네트워크의 영향을 확인하기 위해 서버를 불안정한 유선 네트워크망에 연결하였다. 그림 2는 두 번째 실험의 결과로 RNR값이 0.3%이하인 경우조차 RTT값이 3~13초, 스루풋이 3~15Kbps까지 다양하게 측정됨을 확인할 수 있다. 따라서 일반적인 유무선 통합환경에서는 RTT값과 스루풋으로는 무선망의 품질을 구별하지 못함을 알 수 있다.

표 1 RSSI, Ec/Io, 패킷재전송비율(PLR)과 RNR, 스루풋의 비교표

RSSI(dBm)	Ec/Io(dB)	PLR(%)	RNR(%)	스루풋(bps)
95~110dBm	-15~-10dB	0%	0.2%	14417bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	0%	0.2%	14214bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	1.1%	0.1%	14105bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	0.4%	0.1%	13634bps
95~110dBm	-15~-10dB	3.2%	0.2%	13082bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	0.1%	0.1%	12992bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	3.1%	0.1%	12846bps
95~110dBm	-15~-10dB	3.3%	0.2%	12448bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	0.5%	0.2%	12370bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	1.8%	0.2%	11459bps
RSSI(dBm)	Ec/Io(dB)	PLR(%)	RNR(%)	스루풋(bps)
80~ 90dBm	-10~ -5dB	3.2%	1.1%	6078bps
80~ 90dBm	-10~ -5dB	0.5%	0.8%	5001bps
95~110dBm	-15~-10dB	4.7%	2.5%	2735bps
95~110dBm	-15~-10dB	2.1%	1.3%	1642bps
95~110dBm	-15~-10dB	3.8%	5.7%	1547bps

다음은 무선망의 품질 확인이 가능하리라 추정되는 다른 파라미터값보다 RNR값이 무선망의 품질을 적절히 반영할 수 있음을 확인한다. 실험환경은 첫번째 실험과 같으며 다만 첫 번째 실험결과에 따라 패킷크기에 대한 영향이 거의 없으므로 1024byte의 패킷크기만으로 15번 실험하여 RNR과 각 파라미터 값을 측정하였다. 측정된 파라미터는 RSSI, Ec/Io, 패킷재전송비율이다. 패킷재전송비율은 실험에서 1000번의 패킷 전송시의 패킷재전송 횟수와 총 전송횟수의 비율이다. 패킷재전송비율은 첫 번째 실험과 같은 네트워크 환경에서 실험하여 유선망의 영향이 거의 없으므로 무선망에서의 패킷손실비율로 간주할 수 있다.

표 1은 세 번째 실험에서 측정된 Ec/Io, RSSI, 패킷재전송비율과 스루풋간의 비교표이다. 첫 번째 실험결과에 따라 스루풋이 12Kbps내외인 경우는 무선망의 품질을 좋은 경우로 스루풋

이 4Kbps내외인 경우는 나쁜 경우로 구분할 수 있다. 표 1은 무선망의 품질이 좋은 경우는 상단의 표로 나쁜 경우는 하단의 표로 분리하여 작성하였다. 각 파라미터값을 비교해 보면 RSSI 값과 Ec/Io값은 불안정한 수치와 안정한 수치를 나타내는 경우 모두 스루풋이 좋을 경우와 나쁜 경우가 존재하므로 무선망의 품질과 상관관계가 크지 않다. 패킷재전송비율의 경우에도 스루풋이 좋을 경우에 비해 나쁜 경우의 패킷재전송비율이 낮은 경우도 다수 존재하며, 스루풋과 관계가 거의 없음을 확인할 수 있다.

그러나 RNR값은 스루풋이 좋을 경우에는 0.3%이하, 스루풋이 나쁜 경우에는 0.8%이상의 값을 보임을 확인하였다. 결국 RNR값을 사용하면 측정된 다른 파라미터보다 무선망의 품질을 정확히 판단할 수 있으며 RNR값은 무선망의 영향만을 받으므로 유무선 통합망에서 무선망의 품질만을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 CDMA2000 1x망에 기반한 유무선 통합망에서 무선망의 품질을 측정하기 위한 방법으로 RLP NAK Rate를 제시하고 실제 실험을 통해 RNR을 사용하여 유무선 통합망에서 무선망의 품질만을 확인할 수 있음을 밝혔다. RNR은 기존의 RLP 프로토콜에 구현된 RLP 통계정보를 이용할 수 있으므로 오버헤드가 적고, 간단하며 실제 적용 가능하다.

RNR은 전반적인 무선망의 품질을 정확히 확인할 수 있으므로 유무선 통합망에서 무선망 품질에 적절히 대응하는 알고리즘에 사용가능하다. 예를 들면 UDP를 사용하는 멀티미디어 스트리밍 서비스의 QoS를 위한 적응적 전송 방법에 적용될 수 있다. 향후 연구과제로는 유무선 통합망에서 RNR정보를 사용하여 무선망 품질에 따라 적응적으로 대응하는 스트리밍 서비스 및 TCP프로토콜의 전송 알고리즘 개발이 있다.

참고문헌

- [1] P. Sinha, N.Venkitaraman, R.Sivakumar, and V.Bharghavan, "WTCP: A Reliable Transport Protocol for Wireless Wide-Area Networks," *Proc. 5th annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, Seattle, August 1999, pp.231~241.
- [2] Vassilis Tsoussidis, Ibrahim Matta, "Open Issues on TCP for Mobile Computing," *Wireless Communications and Mobile Computing*, Wiley Academic Publishers, Issue 2,Vol.2, February 2002.
- [3] Yoshito Tobe, Yoske Tamura, Anastasio Molanno, Sourav Ghosh, Hideyuki Tokuda, "Achieving moderate fairness for UDP flows by path-status classification," *Proc. 25th Annual IEEE Conf. on Local Computer Networks (LCN 2000)*, Tampa, November 2000, pp.252~261.
- [4] S. Biaz and N. Vaidya, "Discriminating congestion losses from wireless losses using interarrival times at the receive," *Proc. 1999 IEEE Symposium on Application-Specific Systems and Software Engr. and Technology*, Richardson, TX, March 1999, pp.10~17.
- [5] Yong Bai, Gang 썬, Andy T. Ogielski, "TCP/RLP Coordination and interprotocol signaling for wireless internet", *Proc. Vehicular Technology Conference*, May, 1999.
- [6] 김현욱, 김연규, 이성범, 이명성 저 *IMT-2000 이동통신 원리 (CDMA2000 중심으로)*, 진한도서, 2002.