

WCDMA 시스템에서 RLC 상태 보고 리포트 성능 향상 방안에 대한 연구

오진영*

성균관대학교 정보통신공학부

Implementation for RLC Status Reporting Enhancement in WCDMA system

ohjy4357@skku.edu or ohjy4357@naver.com

요 약

WCDMA 시스템에서 radio link간에 data를 주고 받고 신뢰성 있는 data를 검증하는 layer가 RLC이다. RLC에서는 전송 측에서 전송한 data가 수신 측에 잘 전송이 되었는지 status report를 확인을 받고 전송이 이루어지지 않았을 경우 재전송을 한다. 재전송 메커니즘에는 poll 및 status 관련 timer가 존재하면 이러한 파라미터값을 적절히 사용하지 않으면 불필요한 data의 재전송으로 인한 radio resource 낭비 및 시스템 throughput에 영향을 준다.

data의 ACK/NACK정보를 수집하여 status report를 만들어 송신 측에 전송하게 된다. 송신 측에서 poll bit을 RLC AM header에 세팅하는 조건은 여러 가지 조건 및 방법이 있는데 내용은 다음과 같다.

1. 서 론

WCDMA 시스템에서 RLC (Radio Link Control) layer는 framing 과 data의 재전송을 담당하고 있는 프로토콜이며 layer2에 위치한다. RLC에는 제공하는 서비스 형태에 따라 3가지 모드를 지원하는데 transparent (RLC-TM), un-acknowledged (RLC-UM) 그리고 acknowledged (RLC-AM)이 있다. RLC는 radio link상에서 data의 제어를 위해 여러 가지 기능들을 제공하는데 본 논문에서는 data 전송에 대한 전송 결과를 알려주는 status report에 대한 성능 향상 방법에 대한 내용을 다룬다.

2. 본 론

2.1 Background

RLC에는 전송된 data에 대한 결과를 알려주는 status report가 있는데 status report를 전송하는 몇 가지 mechanism이 있다. 첫째로 timer를 이용한 방법으로 timer 만료 시 status reporting을 하는 주기적인 방법과 두 번째로 RLC layer단에서 처리하는 PDU에 대해서 missing된 PDU가 감지되면 status report를 하는 방법과 마지막으로 data를 전송하는 송신 측에서 poll을 이용한 방법인데 송신 측에서는 poll bit을 설정할 수 있는 조건이 되면 전송되는 data PDU의 header에 poll bit을 세팅하여 전송하고 수신 측에서는 수신된 data의 header에 poll bit이 세팅되어 있으면 지금까지 수신한

표 1 Poll bit triggering condition

Periodic	주기적으로 Poll을 triggering 하는 방법
Last PDU in buffer	전송 및 재전송 buffer에 전송되는 data가 마지막인 경우 poll을 triggering.
Poll timer	Poll bits을 전송한 이후에 일정시간 동안 status report가 수신되지 않으면 triggering.
Every Poll_PDU	전송측에서 PDU 전송 회수가 시스템 파라미터인 Poll_PDU값과 동일하게 되면 poll bit triggering
Every Poll_SDU	전송측에서는 SDU의 마지막을 전송하는 PDU가 전송될 때 Poll bit을 triggering.
Window based	시스템 파라미터인 Poll_window값보다 크게 되면 Poll bit triggering.

수신 측 RLC-AM mode에서는 프로토콜을 관리하기 위한 몇 개의 state variables이 있는데 VR(R)은 수신 측에서 다음 번에 수신해야 되는 RLC PDU의 Sequence Number (이하 SN)를 의미하며 VR(H)는 수신 측에서 수신된 PDU들의 SN들 중에서 가장 큰 SN값을 나타내며 VR(MR)은 수신 측에서 수신할 수 있는 가장 큰 PDU의 SN값을 나타낸다. Window upper edge를 나타낸다.

Status report의 가장 중요한 역할은 VR(R)과

VR(H) 사이에 수신이 되지 않는 PDU의 SN값들을 모두 포함하여 전송하는 것이다. Poll과 status report는 밀접한 관계가 있으며 불필요한 data의 재 전송 등을 피하기 위해 poll과 status-prohibit mechanism이 사용된다. 본질적으로 poll 또는 status report가 전송되며 대응되는 timer가 동작한다. 이 timer가 동작하는 동안에 또 다른 poll 또는 status report가 triggering된다면 전송되지 않고 timer가 만료될 때까지 지연된다. 불필요한 재전송이 되지 않도록 poll prohibit 또는 status prohibit timer는 예상되는 round trip time (이하 RTT) 보다 다소 길게 세팅되어야 한다. 이것은 peer side에서 NACKs를 수신할 수 있는 충분한 시간을 제공하고 다음 status report를 보내기 전에 재전송을 할 수 있도록 한다.

2.2 Situation to be problem

불필요한 재전송을 방지하기 위하여 poll-prohibit mechanism에 의존할 때 ARQ loop는 세가지 단계가 있는데 전송 측에서는 poll bit을 전송하고 수신 측에서는 poll bit을 감지하면 status report를 전송하며 전송 측은 status report의 내용에 따라 해당 PDU들을 재전송한다. 이러한 각 단계에서는 본질적으로 잠재적인 문제점을 포함하고 있다. 이것과 비교해서 status-prohibit에 의한 방법이 좀 더 안정성이 있다. Status prohibit timer값은 일반적으로 RTT보다 좀 더 긴 40ms 정도로 설정된다. 이 의미는 data 전송이 이루어지고 있을 때 RLC RTT당 한번의 status report가 됨을 의미한다.

RTT 당 하나의 status report가 전송될 때 missing PDU의 재전송 delay에 영향을 줄 수 있다.

RLC window size는 제한되어 있다. 예를 들어 window size를 2048, RTT를 200ms라고 가정하고 RLC PDU size를 320bits로 두면 data rate은 $2048 \times 320 / (2 \times 0.2) = 1.63\text{Mbps}$ 가 된다. 채널 상황이 좋지 않은 경우 불필요한 재전송의 수는 상당할 것으로 보인다.

2.3 Proposal

RLC는 status report가 triggered 될 때마다 수신 window내의 모든 missing PDU에 대한 NACKs 보내야 하기 때문에 만약 status reporting이 RTT보다 작지 않으며 불필요한 재전송이 불가피하다. 이 부분에 대한 유일한 해결 방법은 좀 더 flexibility를 가지며 PDU 단위로 tracking이 필요하다. 기존의 사용되던 status-prohibit timer이외에 missing PDU에 대한 개별적인 timer가 필요한데 본 논문에서는 이 timer 이름을 NACK prohibit timer라고 하며 이 timer는 status report (or status PDU) 전송을 막지 않는다. 이는 단지 status report에 missing position (hole)에 대응하는 NACKs가 포함되는 것을 막는다. Polling과 status prohibit의 조합은 status report가 생성 및 전송되는 rate을 결정할 수 있으며 이것은 또한 missing PDU status report trigger로 사용하는 것을 가능하게 해준다. 아래 그림2에서 노란색은 poll이 triggering됨을 표시하며 붉은색 박스는 missing PDU를 나타낸다. 그림2에서 사용된 poll trigger function은 "Poll every 4 PDUs"이다. 녹색 박스는 missing PDU에 대한 재전송을 나타낸다.

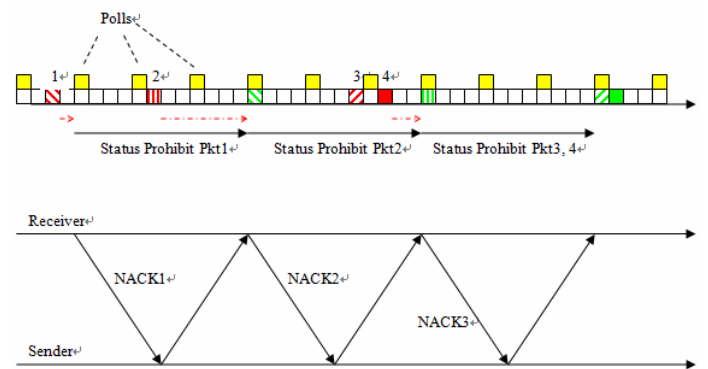


그림 2 기존 mechanism(R99)

현재 적용되고 있는 scheme은 좀 더 적은 NACK transmission을 요구하지만 feedback 결과를 보내는데 delay가 충분히 고려되지 못하는 상황이 발생한다. 또한 status report를 좀 더 자주 전송하는 것은 재전송 상황을 자주 만들게 되고 "NACK prohibit timer"가 "Status prohibit timer"보다 불필요한 재전송 확률을 낮출 수 있다.

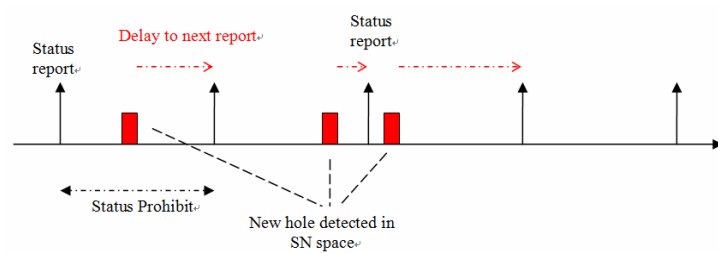


그림 1 NACK 전송 지연

위 상황을 보면 missing PDU (hole)을 감지하고 대응하는 NACK를 보내는 구간 동안에 어떤 일정 시간이 걸리게 된다. 전송 에러가 status report timing과 관련이 없다고 가정하면, 추가적인 지연은 0과 status prohibit timer 사이에 일정하게 분포될 것이다. 예를 들어 RTT와 가까운 시간. 이 의미는 missing PDU가 감지되고 해당 PDU를 재전송하는 사이의 전체 지연은 RTT의 1.5배 정도가 된다. R99(3gpp release name)에서는 특별히 문제가 될지 않을 수 있지만 고속 packet 서비스인 HSDPA/HSUPA에서는 다를 수 있다.

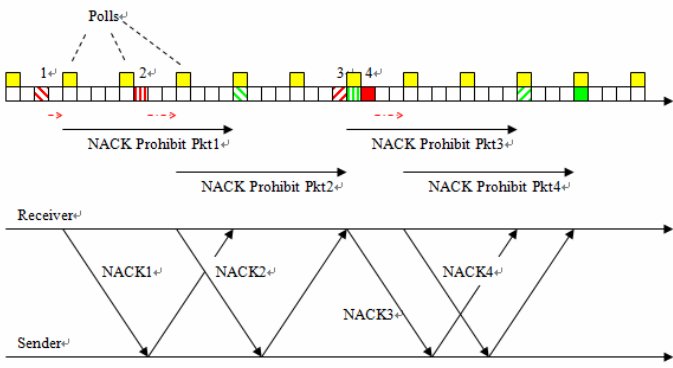


그림 3 Proposed alternative

ACKs는 항상 NACKs를 포함하여 전송되는 status report에 포함된다. 그렇지만 만약 이용 가능한 NACKs가 없다면 지원되는 window size에 따라 ACK를 전송하기 위한 trigger가 필요하지 않는다. 그렇기 때문에 “ACK prohibit timer” 또한 사용하는 것이 유리하다. 이 timer의 값은 일반적으로 NACK prohibit timer의 값보다 크다. 만약 Status prohibit timer가 동작하고 있다면 NACKs를 포함하는 Status reports는 지연되는 반면에 오로지 ACK를 포함한 status report는 두 개의 timer가 동작하고 있을 때 지연된다.

2.4 시뮬레이션

시뮬레이션 결과에는 simple MAC과 physical layer가 포함되었다. RLC level의 data rate은 일정하고 PDU error는 주어진 TTI에 완벽하게 연관되어 있으며 한 TTI에서 다음 TTI까지는 연관성이 없다. 시뮬레이션 파라미터로 다음과 같은 값을 사용했다.

- RLC PDU size: 320bits
- RAB: 64kbps with 20ms TTI (4 PDUs sent per TTI)
- RTT: 200ms
- Poll prohibit timer: 0ms
- Poll-timer: 220ms
- Poll Tx last PDU in buffer: 1
- Status report on missing PDU: 1

[Throughput test]

시뮬레이션 결과는 full-buffer traffic model을 제공하며 RLC configuration은 불필요한 재전송을 제거하기 위해 Status prohibit timer를 사용했다. 그림4는 현재 RLC 성능에 대한 내영으로 Status prohibit timer이 throughput에 주는 영향을 나타내고 있다.

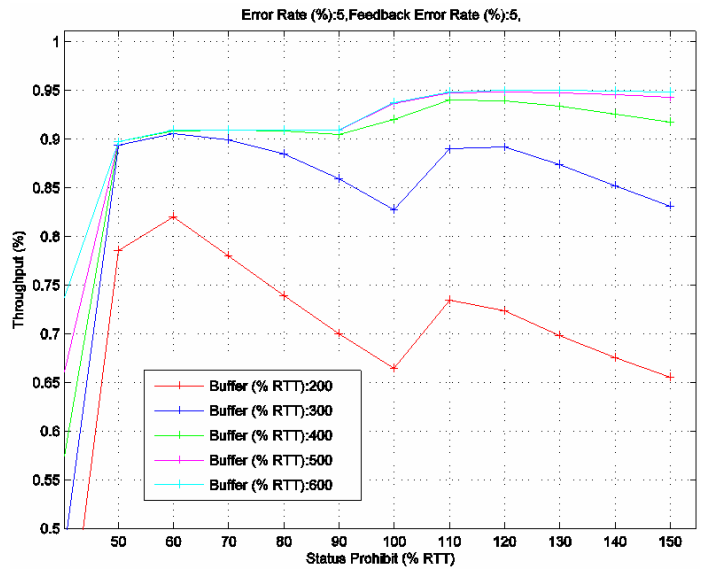


그림 4 Status prohibit timer의 영향

RTT보다 낮은 값을 갖는 Status prohibit timer에서는 규칙적인 재전송의 결과를 보이고 있다. 이것은 짧은 구간에서의 결과이며 만약 시간이 길어짐에 따라 missing PDU는 증가함을 보일 것이다. 불필요한 재전송은 전체 throughput에 영향을 준다. 그렇기 때문에 불필요한 재전송을 줄이고 전체 throughput을 높이기 위해서는 Status prohibit timer값을 RTT보다는 크게 설정해야 한다.

본 논문에서 제안한 방법으로는 빠른 NACK 정보 전송을 허용하며 불필요한 data 재전송을 초래하지 않고 RLC에서 보여주는 turn-around time의 감소를 보여준다. 그림5은 서로 다른 FER 값에 대한 buffer size의 그래프로 throughput의 영향을 보여주고 있다. 그림 5과 6에서 볼 수 있듯이 새로운 방법은 이전 방법보다 50% buffer size를 사용하여 동일한 성능을 보여주고 있다. 384kbps bearer와 RTT가 150ms인 경우에 동일한 성능을 보이면서 buffer saving은 28.8kb이다.

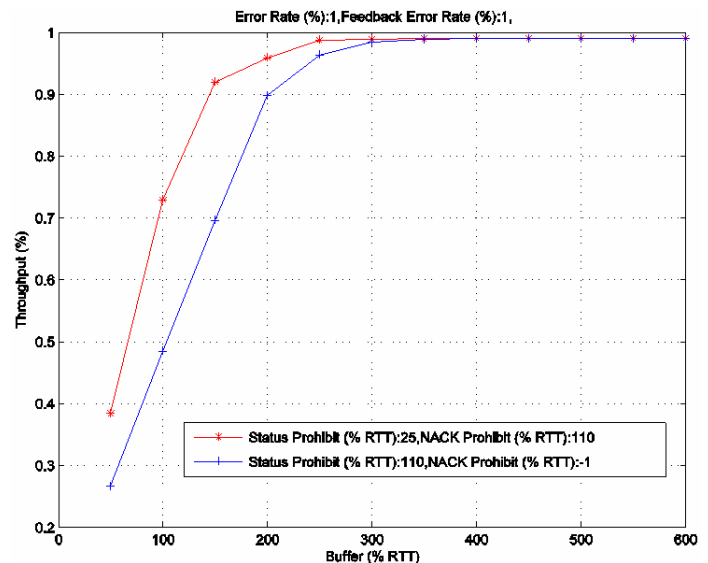


그림 5 1% TTI error rate에서의 성능 비교

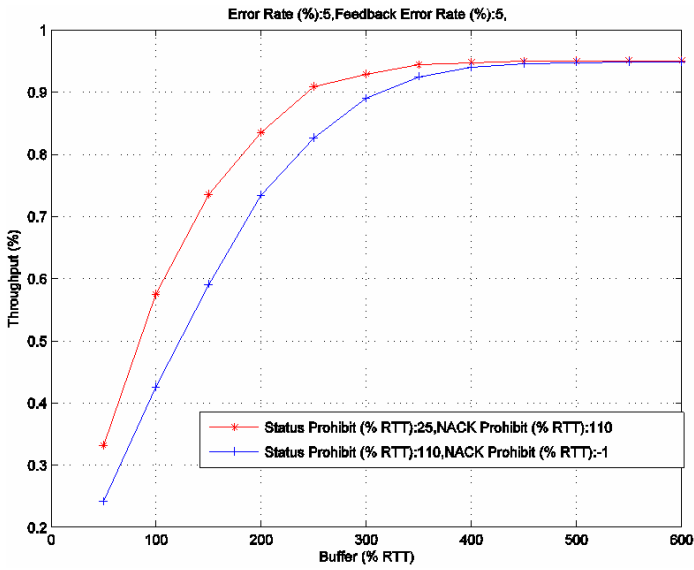


그림 6: 5% TTI Error Rate에서의 성능 비교

3. 결과 및 향후 연구 방향

RLC에 소개된 모든 complexity를 고려함에도 불구하고 RLC 프로토콜은 ARQ loop delay와 불필요한 PDU 재전송을 발생시키지 않는 feedback overhead간에 trade-off를 제공하지 못하고 있다. 본 논문에서는 missing PDU에 대한 개별적인 NACK prohibit timer를 이용해 불필요한 data의 재전송을 줄이고자 했으며 만족할 만한 시뮬레이션 결과를 얻었다. 향후에는 시뮬레이션에서 사용했던 파라미터값들을 좀 더 다양하게 적용하여 RLC 시스템 값들을 최적화하는 연구를 할 계획이다 .

4. 참고문헌

- [1] H. Holma and A. Toskala (eds) (2004). WCDMA for UMTS (3rd edn). John Wiley & sons
- [2] 3GPP TS 25.321 V7.8.0 (2008-03) Medium Access Control (MAC) protocol specification
- [3] 3GPP TS 25.322 V7.6.0 (2008-03) Radio Link Control (RLC) protocol specification
- [4] 3GPP TS 25.425: "UTRAN Iur Interface User Plane Protocols for Common Transport Channel Data Streams".
- [5] Fantacci, R. 1996, Queuing analysis of the selective reject automatic repeat protocol wireless packet networks. IEEE Trans. on Vehicular Technology 45: 258-264.
- [6] www.3gpp.org.