

# 3GPP ARQ에서 재정렬 버퍼의 점유량 조절을 위한 부분 Go back N 방식

신우철, 박진경, 하준, 최천원  
단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과  
전화 : 02-709-2919

## Partial Go back N Scheme for Occupancy Control of Reordering Buffer in 3GPP ARQ

Woo Cheol Shin, Jin Kyung Park, Jun Ha, Cheon Won Choi  
Department of Electronics and Computer Engineering, Graduate School  
Dankook University  
E-mail : cchoi@dku.edu

### Abstract

3GPP RLC protocol specification adopted an error control scheme based on selective repeat ARQ. In the 3GPP ARQ, distinctive windows are provided at transmitting and receiving stations so that those stations are prohibited to send or receive data PDU's out of window. An increase in window size enhances delay performance. Such an increase, however, raises the occupancy at re-ordering buffer, which results in a long re-ordering time. Aiming at suppressing the occupancy at re-ordering buffer, we propose partial go back N scheme in this paper. In the partial go back N scheme, the receiving station regards all data PDU's between the first (lowest sequence numbered) error-detected PDU and last (highest sequence numbered) error-detected PDU. By the employment of the partial go back N scheme, the occupancy at the re-ordering buffer is apparently reduced, while the delay and throughput performance may be degraded due to the remaining properties of go back N. We thus consider peak occupancy of re-ordering buffer, mean sojourn time at re-ordering buffer, mean delay time, and

maximum throughput as measures to evaluate the proposed scheme and investigate such performance by using a simulation method. From numerical examples, we observe a trade-off among performance measures and conclude that the partial go back N scheme is able to effectively reduce the occupancy of re-ordering buffer.

### I. 서론

3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 제 3세대 GSM(Global System for Mobile Communications) 핵심망을 기반으로 DS-CDMA(Direct Spread Code Division Multiple Access) 비동기 방식 및 W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 접속 기술과 단말기 등에 관한 세부 규약서를 작성하기 위해 ETSI(European Telecommunications Standards Institute), ARIB/TTC(Association of Radio Industries and Businesses / Telecommunication Technology Commission), TTA(Telecommunications Technology Association) 등을 중심으로 결성되었다 [1]. 3GPP는 참여 단체간에 발전된 무선 통신 접근 기술을 포함하여 세계적으로 응용될 수 있는 이동 통신 시스템의 기술 명세서와 기술 보고서를 개발하고 유지하는데 상호 운용 지원함을 목표로 하였고 RLC(radio

link control) 기술 명세서를 포함한 일련의 표준안을 발표하였다. 3GPP의 RLC 기술 명세서에서는 이동 통신 시스템의 고속 데이터 전송에서 신뢰성 있는 통신을 제공하기 위해 오류 제어 방식으로 selective repeat ARQ(automatic repeat request) 방식에 기초한 ARQ 방식이 채택되었다 [2]. 3GPP의 ARQ 방식에서 수신국은 수신한 data PDU(protocol data unit)에 대해 (예를 들어 일정한 주기로) 오류 검출을 수행한 후 그 결과를 송신국에 알린다. 이 때 오류 검출 결과는 status PDU에 실리고 검출 내용을 status PDU에 기재하는 구체적인 방법으로 LIST, Bitmap, RLIST 등이 사용된다. 한편 송신국 및 수신국에는 각각 window가 설정되어 송신국은 순차 번호가 상대적으로 해당 window를 넘어서는 data PDU는 전송하지 않고, 수신국은 순차 번호가 상대적으로 해당 window를 넘어서는 data PDU는 수신하지 않는다. 이러한 3GPP의 ARQ 방식에서 window의 크기를 확장하면 data PDU의 지연 성능은 향상되나 수신국의 재정렬 버퍼(reordering buffer)에 누적되는 data PDU의 양이 증가하고 결과적으로 data PDU의 재정렬 시간이 증가하는 문제가 야기된다 [3].

본 논문에서는 재정렬 버퍼의 점유량(occupancy)을 조절하기 위한 방안으로 부분 go back N 방식(partial go back N scheme)을 제안한다. 부분 go back N 방식에서 수신국은 송신국으로 status PDU를 보낼 때 현재 오류가 검출된 첫 번째 data PDU부터 오류가 검출된 마지막 data PDU까지의 모든 data PDU에서 오류가 검출된 것으로 간주하여 이를 송신국에 알린다. 따라서 수신국의 재정렬 버퍼에는 go back N 방식과 달리 data PDU가 저장되나 또한 selective repeat 방식과 달리 연속된 순차 번호를 갖는 data PDU가 저장된다. 따라서 selective repeat 방식에 비해 재정렬 버퍼의 점유량이 상대적으로 낮을 수 있다. 그러나 이로 인해 지연 성능 및 최대 throughput 성능이 열화될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 성능의 trade-off를 검토하기 위해 부분 go back N 방식의 성능을 평가하기 위한 척도로 재정렬 버퍼의 최고 점유량(peak occupancy), 재정렬 버퍼에서 data PDU의 평균 체류 시간, 송신국에서 data PDU의 평균 지연 시간, 그리고 최대 throughput을 선정하고, 모의 실험 방법으로 성능 평가를 수행하여 3GPP ARQ에서 부분 go back N 방식의 유용성을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에는 부분 go back N 방식이 서술되고, 3 절에는 부분 go back N 방식의 성능 평가를 위해 시행되는 모의 실험의 환경과 그 결과에 대한 관찰 및 분석이 기술된다.

## II. 부분 Go back N 방식

3GPP 표준안에 규정된 ARQ 방식은 기본적으로 selective repeat ARQ 방식이다. 3GPP ARQ에서 수신국은 수신한 data PDU에 대해 오류 검출을 수행하고 그 결과를 status PDU에 담아 송신국으로 보낸다. 이 때 status PDU에는 오류가 검출된 첫 번째 data PDU부터 마지막으로 수신된 data PDU까지 모든 data PDU에 대한 오류 검출 결과 혹은 수신 여부가 기록되고, 이러한 status PDU는 예를 들어 주기적으로 송신국에게 발송된다. 한편 수신국에서 오류가 검출되지 않은 data PDU의 순차 번호는 연속되지 않을 수 있으므로 이러한 data PDU는 재정렬 버퍼에 일시적으로 저장된다. Status PDU를 접수한 송신국은 오류 검출 내역 혹은 수신 여부를 판독하여 오류가 검출되었거나 혹은 기 송신하였으나 수신되지 않은 data PDU를 재전송한다. 또한 송신국과 수신국에는 각각 고유의 window가 설정되어, 송신국은 순차 번호가 상대적으로 해당 window를 넘어서는 data PDU는 전송하지 않고, 수신국은 순차 번호가 상대적으로 해당 window를 넘어서는 data PDU는 수신하지 않는다.

본 논문에서 제안되는 부분 go back N 방식에서 수신국은 송신국으로 status PDU를 보낼 때 현재 오류가 검출된 첫 번째 data PDU부터 오류가 검출된 마지막 data PDU까지의 모든 data PDU에서 오류가 검출된 것으로 간주하여 이를 송신국에 알린다. 따라서 수신국의 재정렬 버퍼에는 selective repeat 기반 3GPP ARQ 방식과 달리 연속된 순차 번호를 갖는 data PDU가 저장된다. 현재 재정렬 버퍼에 저장된 data PDU의 순차 번호 중 가장 낮은 번호를 ISN 그리고 가장 높은 순차 번호를 LSN이라고 하자. 또한 FSN을 현재 오류가 검출된 data PDU의 순차 번호 중 가장 낮은 번호의 직전 순차 번호라고 하자. 이 때 수신국이 순차 번호가 SN인 data PDU를 받는다면 SN, FSN, ISN, 그리고 LSN의 관계에 따라 수신국은 다음과 같이 data PDU를 처리한다. ISN-FSN이 3보다 크다고 가정하자.

1. 만약 SN이 FSN+1과 같고 SN의 data PDU에서 오류가 검출되지 않으면 수신국은 FSN을 FSN+1으로 갱신한다.
2. 만약 SN이 ISN-1과 같고 SN의 data PDU에서 오류가 검출되지 않으면 수신국은 ISN을 ISN-1으로 갱신한다.
3. 만약 SN이 LSN+1과 같고 SN의 data PDU에서 오류가 검출되지 않으면 수신국은 LSN을 LSN+1으로 갱신한다.

4. 만약 SN이 FSN+1보다 크고 ISN-1보다 작으면 오류 검출에 관계없이 SN의 data PDU에서 오류가 검출된 것으로 간주한다.

### III. 모의 실험을 통한 성능 분석

본 절에서는 제안된 부분 go back N 방식에 따른 최고 점유량, 평균 체류 시간, 평균 지연 시간, 최대 throughput을 모의 실험 방법으로 분석한다. 이러한 모의 실험을 위해 설정된 환경은 다음과 같다. 송신국에 도착하는 data PDU는 길이가 일정하게 고정되어 있고 각각의 data PDU는 일정한 데이터 율로 전송된다. 또한 송신국이 수신국으로 data PDU를 보내는 데이터 채널은 슬롯화되어 있고 한 슬롯의 길이는 data PDU 하나를 전송하는데 소요되는 시간과 같다. 송신국에 data PDU가 도착하는 유형은 Bernoulli 프로세스를 따른다. 즉, 매 슬롯마다 data PDU 하나가 도착할 확률은  $\lambda$ 로 일정하고 도착하지 않을 확률은  $1-\lambda$ 이며 슬롯마다 data PDU가 도착하는 사건은 서로 독립이다. 송신국에서 data PDU의 전송은 항상 슬롯이 시작될 때 시작되고, 데이터 채널을 통해 전송되는 임의의 data PDU에서 오류가 발생할 확률은  $\epsilon$ 로 일정하다. 한편 수신국은 수신된 data PDU에 대해 완벽한 오류 검출을 수행하고 그 결과를 status PDU에 담아 주기적으로 응답 채널을 통해 송신국에 보낸다. 이 때 status PDU를 보내는 주기는 슬롯의 정수배가 되도록 설정되고 응답 채널을 통해 전송되는 임의의 status PDU에서 오류가 발생할 확률은  $\delta$ 로 일정하다. 이러한 송신국과 수신국 사이에서의 round trip delay(즉, data PDU 전송 시간, status PDU 전송 시간 그리고 양 방향 전파 지연 시간의 합)는 슬롯 지속 시간의 두 배에 못 미친다고 가정한다.

그림 1, 2, 3에는 송신국의 트래픽 부하에 따른 수신국에서 재정렬 버퍼의 최고 점유량, 재정렬 버퍼에서의 평균 체류 시간 그리고 송신국에서 data PDU의 평균 지연 시간의 추정값이 각각 도시되어 있다. (최고 점유량의 추정값으로는 점유량의 99th percentile의 추정값이 사용된다.) 이 그림에서 송신국과 수신국의 window 크기는 32로 설정되어 있고 status PDU가 송부되는 주기는 4 슬롯으로 설정되어 있다. 한편 데이터 채널과 응답 채널에서 임의의 data PDU 혹은 status PDU에 오류가 발생할 확률은 0.1로 고정되어 있다. 그림 1에서 부분 go back N 방식에서 go back N 방식에서와 달리 재정렬 버퍼 점유량이 양의 값을 가지나 최고 점유량이 selective repeat 방식에서와 비교하여 모든 트래픽 부하에 대해 낮음을 관찰할 수 있

다. 또한 그림 2에서 부분 go back N 방식은 selective repeat 방식에 비해 낮은 재정렬 버퍼에서의 평균 체류 시간을 나타냄을 관찰할 수 있다. 한편 그림 3에서 송신국에서의 data PDU의 평균 지연 시간이라는 면에서 부분 go back N 방식은 selective repeat 방식의 성능에는 못 미치나 go back N 방식에 비해 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

그림 4에는 데이터 채널에서 data PDU의 오류율에 따른 최대 throughput의 추정값이 도시되어 있다. 이 그림에서 송신국과 수신국의 window 크기는 32이고 status PDU가 송부되는 주기는 4 슬롯으로 설정되어 있다. 한편 응답 채널에서 임의의 status PDU에 오류가 발생할 확률은 데이터 채널에서 임의의 data PDU에 오류가 발생할 확률과 동일하게 설정되어 있다. 그림 4에서 부분 go back N 방식의 최대 throughput 성능은 selective repeat 방식의 성능에는 못 미치나 go back N 방식의 성능에 비해 우수함을 관찰할 수 있다.

### IV. 결론

본 논문에서 3GPP RLC에 규정된 selective repeat 기반 ARQ를 보완하여 재정렬 버퍼의 점유량을 조절하기 위한 방안으로 부분 go back N 방식을 제안하였다. 제안된 부분 go back N 방식은 현재 오류가 검출된 첫 번째 data PDU부터 오류가 검출된 마지막 data PDU까지의 모든 data PDU에서 오류가 검출된 것으로 간주하여 selective repeat 방식에 비해 재정렬 버퍼의 점유량을 낮출 수 있으나 이로 인해 지연 및 throughput 성능이 열화될 수 있는 문제점을 안고 있다. 따라서 재정렬 버퍼의 최고 점유량, 재정렬 버퍼에서의 평균 체류 시간, 송신국에서의 평균 지연 시간, 최대 throughput 등의 성능 평가 척도를 선정하고 모의 실험 방법을 이용하여 부분 go back N 방식의 성능을 분석하였다. 이러한 실험 결과로부터 selective repeat 및 go back N 방식과 비교하여 부분 go back N 방식의 성능 척도간 trade-off를 관찰하였고 아울러 점유량 조절에서 부분 go back N 방식의 유용성을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] H. Holma and A. Toskala, *WCDMA for UMTS - Radio Access for Third Generation Mobile Communications*. John Wiley & Sons, 2000.
- [2] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network,

"Radio Link Control (RLC) Protocol Specification," 3GPP TS 25.322 version 5.3.0, December 2002.

- [3] U. Yoon, S. Park and P. Min, "Performance Analysis of Multiple Rejects ARQ for RLC (Radio Link Control) in the Third Generation Wireless Communication," Proceedings of IEEE WCNC, pp. 460-464, 2000.

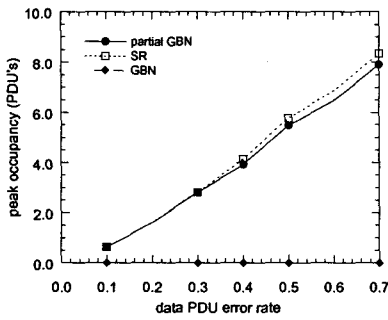


그림 1 트래픽 부하에 따른 재정렬 버퍼의 최고 점유량의 추정값

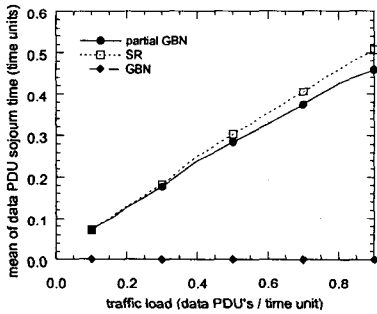


그림 2 트래픽 부하에 따른 재정렬 버퍼에서 data PDU의 평균 체류 시간의 추정값

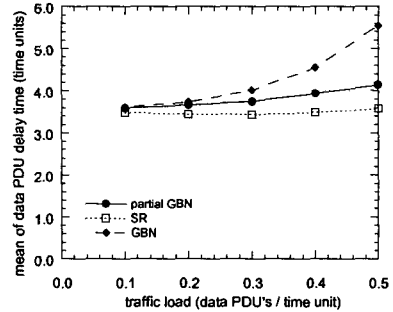


그림 3 트래픽 부하에 따른 data PDU의 평균 지연 시간의 추정값

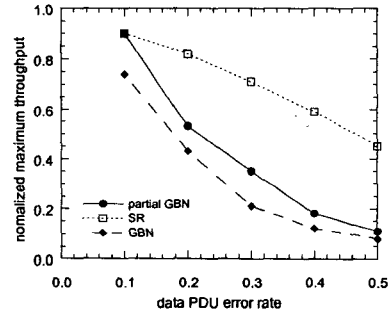


그림 4 data PDU의 오류율에 따른 최대 throughput의 추정값