

동적 무선 자원 제어를 위한 트래픽 양 예측 방안¹⁾

윤 미영*, 김 기일*, 박 애순**, 이 재경**, 김 상하*

*충남대학교 컴퓨터과학과

**한국전자통신연구원

E-mail: shkim@cclab.cnu.ac.kr

The Estimation of Traffic Volume for Dynamic Radio Resource Control

Mi Young Yun*, Ki Il Kim*, Ae Soon Park**, Jae Kyung Lee, and Sang Ha Kim*

*Dept. of Computer Science, Chung-Nam National University

**Electronic and Telecommunication Research Institute

요 약

무선 망에서 기존의 회선 서비스 뿐만 아니라 패킷 서비스 및 영상 서비스 등을 수용하는 데 있어서 고려되어야 할 것들 중 하나는 무선 자원의 활용이다. 특히 패킷 서비스의 경우 가변적인 패킷의 길이와 양으로 효율적인 무선 자원관리를 어렵게 하는 요소를 지니고 있다. 즉, 무선 자원을 효율적으로 운용하기 위해서는 동적인 무선 자원 할당 메커니즘이 중요한 역할을 한다. UMTS 표준 문서에서는 계층 2 전송 프로토콜인 RLC (Radio Link Control) 버퍼의 양만을 측정하여 무선 자원 할당이 제어가 되도록 권고하고 있다. 하지만 트래픽 양의 변화가 큰 VBR 트래픽의 경우, 이와 같은 방법은 갑자기 증가하거나 감소하는 트래픽 양에 적용하기 힘들고 이는 무선 자원의 효율성을 저하시키며, QoS제공도 어렵다. 본 논문에서는 먼저 트래픽 특성을 알 수 있는 토른 버킷 모델을 RLC에 적용하고, 동적 무선 자원 할당을 위해 RLC 버퍼의 양 뿐만 아니라 예상되는 유입 트래픽 양을 측정 및 보고하는 메커니즘을 제안한다.

1. 서론

인터넷의 보급으로 사용자의 다양한 서비스에 대한 요구가 증가하고 있고 이러한 서비스를 유선 환경에서 뿐만 아니라 무선 이동 환경에서도 제공하려는 노력들이 이어지고 있다. 특히, 무선 이동 환경에서 서비스의 품질 보장 뿐만 아니라, 무선 자원의 효율적 운용을 위해서는 동적 무선 자원 할당이 필요하다. 무선 구간의 효율성을 위해 좋은 동적 무선 자원 할당 메커니즘이 중요한 변수가 되기도 하지만, 이를 위한 트래픽 양 정보를 제공하는 트래픽 측정 메커니즘도 중요하다.

제 3 세대 이동 통신인 UMTS에서는 이동 단말과

기지국 사이의 무선 구간에서 무선 자원 관리는 RRC (Radio Resource Control), 트래픽 측정은 MAC (Medium Access Control)가 수행하고, 데이터 및 신호 전송을 위한 버퍼링은 RLC (Radio Link Control)들의 연합 동작으로 동적 무선 할당이 수행된다.

UMTS에서 동적 무선 자원은 이동 단말이 버퍼에 저장하고 있는 트래픽 양의 측정 결과에 따라 제어된다. 이동 단말에서 생성되는 트래픽을 측정하여, 이에 대한 결과를 망에게 보고하고, 망은 이 보고를 바탕으로 평가를 통해 무선 자원을 재설정한다.

이동 단말에서 버퍼링되어 있는 트래픽을 측정하는 메커니즘은 다음과 같다.

RRC는 MAC에게 트래픽 양 측정을 요구하고, 이에 관련된 파라미터들을 전달한다. RLC에서 MAC으

¹⁾본 연구는 한국전자통신연구원의 위탁과제로 수행되었습니다.

로 PDU (Protocol Data Unit) 전달과 함께 현재 버퍼의 양을 전달하면, MAC 은 이를 모니터링 한다. 만일 측정 모드가 이벤트 발생이라면, MAC 은 측정된 값이 RRC 가 정해진 임계값을 벗어날 때만, 보고를 수행한다. 만일 측정 모드가 주기적이면, MAC 은 주기적으로 측정된 값을 RRC 에게 보고한다. [1,2] 이는 트래픽의 양이 급격히 증가하거나 감소하는 특성을 가진 VBR 트래픽에게 QoS (Quality of Service)를 제공하기에는 어려움이 있다. 그러므로 VBR 트래픽에 적응하기 위해서, 현재 버퍼에 있는 데이터의 양 뿐만 아니라, 유입될 수 있는 트래픽의 양을 예측할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 토큰 버킷 모델을 통해, 유입될 수 있는 트래픽 양을 예측하고, 현재 버퍼에 있는 트래픽의 양과 유입될 트래픽 양을 통해 트래픽 양 측정 보고 메커니즘을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 트래픽 양 측정에 관련된 프로토콜들을 소개하고 각각의 기능에 관해 간단히 살펴보고, 3 장에서는 UMTS 규격 문서에서 밝히고 있는 트래픽 양 측정 메커니즘을 소개한다. 4 장에서는 제안된 메커니즘을 설명한다. 마지막으로 결론으로 본 논문을 마친다.

2. 트래픽 양 측정에 관련된 프로토콜

단말에서 트래픽 양의 측정은 RRC, RLC, MAC 세 가지 프로토콜의 연합 동작으로 수행된다. 본 절에서는 각각의 특징과 기능들을 간략히 설명하고, 이들 프로토콜의 관계를 서술한다.

2.1 RRC 기능 [2,3,4]

RRC 는 UE 와 UTRAN 사이의 대부분의 제어 하는 기능을 가진다. RRC 메시지는 계층 2 와 계층 1 의 프로토콜 엔티티를 구성하고 변경하며 해제하는 기능을 제공할 수 있는 파라미터를 전달하게 된다. 또한 RRC 는 상위 계층에 신호를 전달하며 연결 상태에 있는 이동 단말의 이동성을 제어하게 된다. RRC 는 시스템 정보를 브로드캐스트하며 RB (Radio Bearer), 전송 채널, 물리적 채널을 제어하는 기능을 제공한다. 또한 UE 와 UTRAN 사이의 RRC 연결의 설정, 유지,해제의 기능을 수행함으로써 SRNS 이동을 지원하며 이동 단말의 위치를 계속해서 유지할 수 있는 기능을 제공하게 된다.

- 가. 비접근층(NAS; Non-Access Stratum; Core Network)에 의해 제공된 정보의 방송
- 나. 접근층(AS; Access Stratum)에 관련된 정보의 방송
- 다. 무선 베어러의 설정, 재구성 및 해제
- 라. RRC 연결을 위한 무선자원의 할당, 재 구성 및 해제
- 마. RRC 연결의 이동성 기능
- 바. 호출(paging)/통보(notification)
- 사. 요청된 QoS의 제어
- 아. UE 측정 보고 및 보고 제어
- 자. 유희모드에서의 초기 셀 선택 및 재선택

차. 셀 방송 서비스(CBS)에 관련된 기능

2.2 RLC 기능 [4,5]

RLC 는 상위 계층의 SAP (Service Access Point)를 통하여 전달된 SDU 를 정해진 크기의 PDU 로 만들어 논리적인 채널을 통하여 MAC 계층에 전송하는 프로토콜이다. RLC 는 세 개의 모드, transparent 모드 서비스, unacknowledged 모드 서비스, acknowledged 모드 서비스가 있다. Transparent 모드와 unacknowledged 모드는 전송과 수신을 담당하는 엔티티가 각각 존재하며 acknowledged mode 는 송신과 수신 엔티티가 하나로 결합된 형태를 가진다. 각각의 엔티티들은 SAP 을 통해 전달된 데이터를 각각의 논리적인 채널로 전송하게 된다. 이 논리적인 채널의 타입은 전달되는 PDU 가 제어 평면인지 아니면 사용자 평면인지에 따라 결정되게 된다.

- 가. 분할 및 재결합 : 이 함수를 통하여 RLC PU로부터 가변적 길이의 상위 계층 PDU 의 분할 및 재결합을 수행한다.
- 나. 연결 : 만약 RLC SDU 의 내용이 RLC PDU 의 길이를 채우지 못하는 경우 다음 RLC SDU 의 처음 분할된 부분은 마지막 부분과 함께 결합된다.
- 다. 채워 넣기 : 결합이 적용되지 않고 송신측에서는 주어진 크기의 RLC PDU 를 모두 채우지 못하는 경우 남아 있는 데이터 필드는 임의의 값으로 채워진다.
- 라. 사용자 데이터의 전송 : RLC 서비스 사용자 사이의 데이터 전송에 사용된다. RLC 는 acknowledged, unacknowledged, transparent mode 를 지원한다. QoS 를 위한 설정은 사용자 데이터 전송을 제어한다.
- 마. 에러 조정 : 재전송 방법에 의해 에러 복구를 제공한다.
- 바. 상위 계층 PDU 의 순차적인 전송 : Acknowledged mode 에서의 데이터 전송을 제공하는 RLC 에 의해 송신측에서 보내온 데이터의 순서를 유지해야 한다.
- 사. 중복 발견 : 중복 해서 받는 RLC PDU 를 발견되어 상위 계층에는 단 하나의 PDU 만이 전달되는 것을 보장한다.
- 아. 플로우 제어 : RLC 전송 엔티티가 보내려고 하는 비율을 조절할 수 있다.
- 자. 연속적인 번호 검사 : 이 함수는 재결합을 보장하고 RLC SDU (Service Data Unit) 의 연속된 숫자를 검사하여 RLC SDU 의 에러 부분을 찾아내기 위한 방법을 제공한다. 에러가 있는 SDU 는 버려진다.
- 차. 프로토콜 에러 검사 및 복구 : 이 함수는 RLC 프로토콜의 연산 중의 에러를 검사하여 복구하도록 한다.
- 카. 암호화 : 데이터의 인증 받지 않은 수신을 방지한다. 암호화는 unacknowledged mode 와 acknowledged mode 에서 사용된다.

다. 일시 보류/재 시작 : 데이터 전송의 일시 보류와 재 전송 시작을 지원한다.

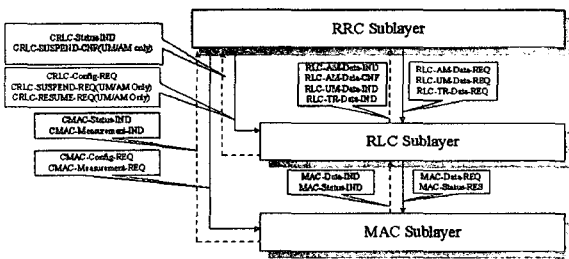
2.3 MAC 기능 [1,4]

MAC 계층에서 논리적인 채널은 전송 채널로 매핑된다. MAC 계층은 논리적인 채널의 소스 비율에 의존하는 전송 채널에 대한 알맞은 전송 형식을 선택해야 한다. 전송 형식은 각각의 연결에 대한 수락 제어에 의해 정의되는 전송 형식 결합 집합의 관점에서 선택되어진다. MAC 계층은 UE 에서 데이터 플로우 간의 우선 순위를 다루며 공통 전송 채널에서 UE 를 구별하는 기능 수행한다. 또한 암호화와 트래픽 양을 모니터링 하는 기능을 수행하여 이것을 RRC 에게 알려주어 무선 베어러와 전송 채널을 재 구성하는데 사용되게 할 수 있다.

- 가. 논리 채널과 전송 채널의 매핑
- 나. 소스 데이터율에 따른 각 전송 채널을 위한 적당한 전송 포맷 선택
- 다. 데이터 플로우간의 우선순위 처리
- 라. 동적 스케줄링에 의한 이동 단말간의 우선순위 처리
- 마. 공통 채널에서 이동 단말의 아이디부여
- 바. 트래픽 양 모니터링
- 사. 동적 전송 채널 타입 변경
- 아. Tr RLC를 위한 암호화

2.4 프로토콜 간의 관계

[그림 1]은 관련된 프로토콜들이 주고 받는 프리미티브를 나타낸다.



[그림 1] 트래픽 양 제어에 관련된 프로토콜[6]

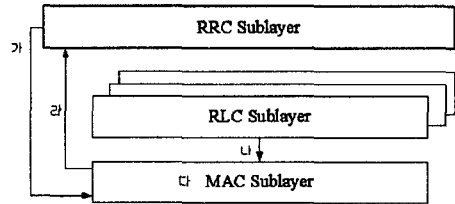
각각의 프리미티브는 다음과 같이 정의 된다. [1,5]

- 가. RLC-AM/TR/UM-Data-Req : 상위 계층 PDU를 각각의 모드로 전송 요구시 사용된다.
- 나. RLC-AM/TR/UM-Data-IND : 수신한 데이터를 상위 계층에 전달하는데 사용된다.
- 다. RLC-AM-DATA-Conf : 상위 계층에게 데이터가 전송했음을 알린다.
- 라. CRLC-CONFIG-Req : RRC가 RLC를 설정, 해제 또는 재설정하는데 사용된다.

- 마. CRLC-SUSPEND-Req/Conf : RRC가 RLC를 중지하는데 사용된다.
- 바. CRLC-RESUME-Req : RLC가 중지되었을 때, RRC가 RLC를 다시 시작하고자 할 때 사용된다.
- 사. CRLC-STATUS-Ind : RRC에게 상태정보를 알리기 위해 RLC가 사용한다.
- 아. MAC-Data-Req/Ind : 상위 계층에게 데이터를 요구한다./데이터를 수신했음을 상위 계층에게 알린다.
- 자. MAC-Status-IND/RES : RLC에게 데이터 전송을 알린다.
- 차. CMAC-Status-IND : RRC에게 상태 정보를 알린다.
- 카. CMAC-Config-REQ : 논리 채널의 설정, 해제등을 요구한다.

3. 트래픽 양 측정 메커니즘

MAC 에서 보고하는 트래픽 양 측정에 따라 동적 무선 액세스 베어러 제어가 RRC 에서 수행된다. 트래픽 양에 관한 정보들은 MAC 계층에서 모아지고, 측정되고, 그 결과를 RRC 계층에게 보고한다.



[그림 2] 트래픽 양 측정 절차

MAC 에서의 트래픽 양 모니터링 절차는 [그림 2]와 같다. [1]

- 가. CMAC-Measurement-REQ : RRC가 MAC에게 트래픽 양을 측정할 것을 요구한다. 전달되는 파라미터에는 Mode, Report Interval, Measurement quantity identifiers, Th_U , Th_L 가 있다. Mode는 주기적으로 수행할 것인지, 이벤트의 발생으로 수행할 것인지 또는 둘 다를 선택할 것인지를 나타낸다. Th_U 는 상위 임계값을 나타내며, 이벤트 발생에 의한 보고일 때만 유효하다. Th_L 는 선택적으로 사용할 수 있는 것으로 최소 임계값을 나타내며, 이는 이벤트 발생에 의한 보고일 때만 유효하다. Measurement quantity identifiers는 RRC에게 보고할 사항들을 나타낸다. 각 RAB에 대해 버퍼 양은 필수요건이며, 변이량 또는 평균은 선택적으로 사용가능 하다.
- 나. MAC-Data-REQ : MAC은 RLC 전송 버퍼의 정보를 RLC PDU들과 함께 수신한다. 전달 되는 파라미터에는 RLC PDU와 버퍼 점유도가 있다. 이때, 버퍼 점유도는 현재 전송을 위해 버퍼에 저장되어 있는 데이터 양을 가리킨다.

다. 매 측정 시간마다 MAC은 전송 채널의 데이터 양을 측정한다. 만일 측정 모드가 이벤트발생 방식이라면, MAC은 측정된 값이 RRC가 정해진 임계값을 벗어날 때만, 보고를 수행한다. 만일 측정 모드가 주기적이면, MAC은 주기적으로 측정된 값을 RRC에게 보고한다.

라. CMAC-Measurement-IND : MAC은 RRC에게 측정 결과를 보고한다. 이 프리미티브와 함께 전달되는 파라미터에는 Mode, Reporting Quantity, 이벤트 타입이 있다. 이때, 이벤트 타입은 측정 모드가 이벤트 발생 방식인 경우, 트래픽 양이 초과인지 미만인지를 나타낸다.

4. 제안된 메커니즘

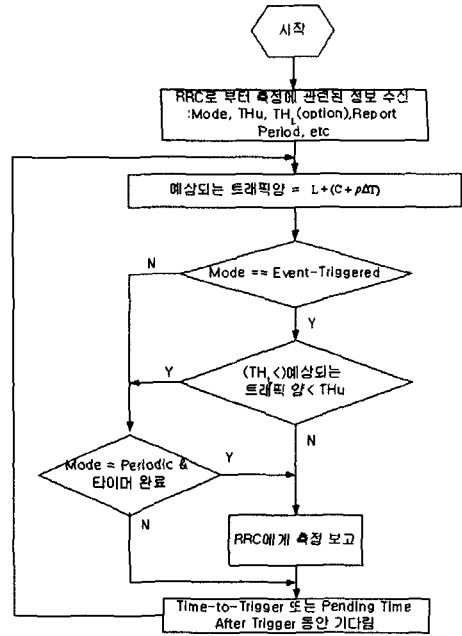
단순히 현재 버퍼에 있는 데이터의 양만을 기준으로 트래픽 양 보고 절차를 수행 하는 경우, 실시간 입력 트래픽의 갑작스러운 증가에 적용하기 어렵다. 또한 이는 전송 에러율을 증가시키는 결과를 초래할 수 있다. 즉 단대단 서비스 품질 보장이 어려워 질 수 있다. 본 논문에서는 버퍼의 현재 양 뿐만 아니라 유입될 수 있는 트래픽의 최대 양을 모니터링하여 트래픽 양 보고 절차를 제안하고자 한다.

이를 위해 본 논문은 RLC 의 버퍼 모델로 토큰 버킷 모델을 이용한다.

토큰 버킷 모델을 위해 사용되는 파라미터는 다음과 같다.

- ΔT sec: 모니터하는 시간 단위
- C bytes: 현재 토큰 버킷 크기
- ρ bytes/sec: 토큰 도착율
- M bytes/sec: 최대 output 율
- L bytes: 현재 버퍼 크기

현재 토큰 버킷 크기는 한번에 유입될 수 있는 최대 데이터 크기를 나타낸다. 그러므로, $C + \rho \Delta T$ 은 ΔT 시간후에 한번에 유입될 수 있는 최대 데이터 크기를 나타낸다. 물론 이 값은 $M \Delta T$ 즉, 전송할 수 있는 최대 크기를 초과할 수 없다. L 은 현재 RLC 버퍼의 크기를 가리키므로, 다음 단위 시간동안 유입될 수 있는 트래픽의 양을 $L + (C + \rho \Delta T)$ 로 예측할 수 있다. 이를 이용한 트래픽 양 측정 및 보고 절차는 [그림 3] 과 같이 나타낼 수 있다. [7,8,9]



[그림 3] 트래픽 양 측정 및 보고 절차

5. 결론

지금까지 동적 무선 자원 제어를 위한 트래픽 측정을 위한 관련 프로토콜의 역할등을 살펴보았다. 또한, 전송 트래픽 양의 변화가 큰 VBR 트래픽 서비스에 적용할 수 있는 모델을 제안하였다. 향후, 제안한 모델을 이용하여 시뮬레이션을 수행 및 검증이 필요하다.

참고문헌

- [1] 3G TS 25.321, "MAC protocol specification," Release 2000
- [2] 3G TS 25.331, "Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification," Release 2000
- [3] 3G TR 25.922, "Radio Resource Management Strategies," Release 2000
- [4] H. Holma, et al., WCDMA for UMTS, John Wiley & Sons, Ltd, 2000.
- [5] 3G TS 25.322, "Radio Link Control (RLC) Protocol Specification," Release 2000
- [6] 조 권도 외, "UTRA-FDD 방식의 UE 를 위한 RRC 부계층 설계," COMSW2000
- [7] G. Huston, Internet Performance Survival Guide, Wiley Computer Publishing, 2000.
- [8] A.S. Tanenbaum, COMPUTER NETWORKS, Prentice-Hall International, 1996.
- [9] W.Stallings, HIGH-SPEED NETWORKS TCP/IP AND ATM DESIGN PRINCIPLES, Prentice-Hall International, 1998.