

동적 무선 자원 할당을 위한 트래픽 양 예측 방안

홍 형섭*, 윤 미영**, 김 기일*, 김 상하*

*충남대학교 컴퓨터학과

**한국전자통신연구원

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

The Estimation of Traffic Volume for Dynamic Radio Resource Control

Hyung Seop Hong*, Mi Young Yun**, Ki Il Kim* and Sang Ha Kim*

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

**Electronic and Telecommunication Research Institute

요 약

회선 서비스, 패킷 서비스, 영상 서비스 등과 같은 다양한 서비스를 지원하기 위해서는 무선 자원의 효율적 운용을 위한 동적 무선 자원 제어가 필요하다. 현재 UMTS에서 제안하고 있는 동적 무선 자원 할당 메커니즘은 단지 RLC 버퍼의 양에 의해 제어 된다. 하지만 이는 유입되는 트래픽 양의 변화가 큰 VBR 트래픽에 대하여서는 정확한 제어를 보장할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 현재 인터넷에서 사용되고 있는 토큰 버킷 모델을 이용하여 RLC 버퍼의 양 뿐만 아니라 예상되는 유입 트래픽 양을 측정, 보고하는 메커니즘을 제안한다. 이 메커니즘은 효율적인 무선 채널의 할당을 통해 자원의 효율성을 높일 수 있다.

1. 서론

UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access Network)에서 음성서비스 이외의 멀티미디어와 같은 통신 서비스를 효과적으로 지원하기 위해서는 무선 자원에 대한 관리가 필수적이라고 할 수 있다. 이를 위해 UMTS에서는 이동 단말의 데이터 전송 또는 수신 양에 따라 기지국과 단말기간의 무선 자원을 제어하는 개념을 바탕으로 하고 있다.

UMTS에서 동적 무선 자원은 트래픽 양의 측정 결과에 따라 제어된다. 상향 링크의 경우에 이동 단말은 생성되는 트래픽을 측정하여 그 결과를 망에게 보고한다. 망은 이 보고를 토대로 하여 여러 가지 요소의 평가를 통해 무선 자원을 재설정한다.

트래픽 양 측정은 이동 단말을 구성하고 있는

프로토콜인 RRC (Radio Resource Control), RLC (Radio Link Control), MAC (Medium Access Control)들의 상호 동작으로 수행된다. RRC는 MAC에게 트래픽 양 측정을 요구하고, 이에 관련된 파라미터들을 전달한다. RLC에서 MAC으로 PDU (Protocol Data Unit) 전달과 함께 현재 버퍼의 양을 전달하면, MAC은 전달된 정보를 모니터링 한다. 만일 측정 모드가 이벤트 발생이라면, MAC은 측정된 값이 RRC가 정해진 임계값을 벗어난 경우에만 보고를 수행한다. 만일 측정 모드가 주기적이면, MAC은 주기적으로 측정된 결과를 RRC에게 보고하게 된다[1][2]. 이는 트래픽의 양이 급격히 증가하거나 감소하는 특성을 가진 VBR 트래픽에 대한 QoS (Quality of Service)를 제공하기에는 문제점이 있다. 따라서 VBR 트래픽에 적용하기 위해서는 현재 버퍼에 있는 데이터의 양과 동시에 유입될 수 있는 트래픽의 양을 사전에 예측할 수

있어야만 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. 2장에서는 트래픽 양 측정에 관련된 프로토콜들을 간단히 살펴보고 각각의 기능에 관해 간단히 살펴본다. 3장에서는 현재 UMTS 규격 문서에서 규정하고 있는 트래픽 양 측정 메커니즘을 소개한다. 4장에서는 제안된 메커니즘에 대한 설명과 함께 시뮬레이션 결과를 제시한다. 결론과 향후 연구 방향은 5장에서 설명한다.

2. 트래픽 양 측정에 관련된 프로토콜

단말에서 트래픽 양의 측정은 RRC, RLC, MAC의 세 가지 프로토콜의 상호 동작으로 수행된다. 본 절에서는 각각의 특징과 기능들을 간략히 설명한 뒤 이들 프로토콜의 관계를 서술한다.

2.1 RRC 기능 [2,3,4]

RRC는 UE와 UTRAN사이의 대부분의 제어 기능을 수행한다. RRC 메시지는 계층 2와 계층 1의 프로토콜 엔티티를 구성하고 변경하며 해제하는 기능을 제공할 수 있도록 파라미터를 전달하게 된다. 또한 RRC는 상위 레이어에 신호를 전달하며 연결 상태에 있는 이동 단말의 이동성을 제어하게 된다. RRC는 시스템 정보를 브로드캐스트하며 RB (Radio Bearer), 전송 채널, 물리적 채널을 제어하는 기능을 제공한다. 또한 UE와 UTRAN사이의 RRC 연결의 설정, 유지 그리고 해제 기능을 수행함으로써 SRNS 이동을 지원하며 이동 단말의 위치를 계속해서 유지할 수 있는 기능을 제공하게 된다. 다음은 대표적인 RRC의 기능에 대한 설명이다.

- 가. 비접근층(NAS; Non-Access Stratum)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]

RLC는 상위 레이어의 SAP (Service Access Point)를 통하여 전달된 SDU를 정해진 크기의 PDU로 만들어

논리적인 채널을 통하여 MAC 계층에 전송하는 프로토콜이다. RLC는 세 개의 모드, transparent 모드 서비스, unacknowledged 모드 서비스, acknowledged 모드 서비스가 있다. Transparent 모드와 unacknowledged 모드는 전송과 수신을 담당하는 엔티티가 각각 분리되어 존재하며 acknowledged mode는 송신과 수신 엔티티가 하나로 결합된 형태를 가진다. 각각의 엔티티들은 SAP 을 통해 전달된 데이터를 각각의 논리적인 채널로 전송하게 된다. 이 논리적인 채널의 타입은 전달되는 PDU가 제어 평면인지 아니면 사용자 평면인지에 따라 결정되게 된다.

- 가. 분할 및 재결합 : 이 함수를 통하여 RLC PDU로부터 가변적 길이의 상위 계층 PDU의 분할 및 재결합을 수행한다.
- 나. 연결 : 만약 RLC SDU의 내용이 RLC PDU의 길이를 채우지 못하는 경우 다음 RLC SDU의 처음 분할된 부분은 마지막 부분과 함께 결합된다.
- 다. 채워 넣기 : 결합이 적용되지 않고 송신측에서는 주어진 크기의 RLC PDU를 모두 채우지 못하는 경우 남아 있는 데이터 필드는 임의의 값으로 채워진다.
- 라. 사용자 데이터의 전송 : RLC 서비스 사용자 사이의 데이터 전송에 사용된다. RLC는 acknowledged, unacknowledged, transparent mode를 지원한다. QoS를 위한 설정은 사용자 데이터 전송을 제어한다.
- 마. 에러 조정 : 재전송 방법에 의해 에러 복구를 제공한다.
- 바. 상위 레이어 PDU의 순차적인 전송 : Acknowledged mode에서의 데이터 전송을 제공하는 RLC에 의해 송신측에서 보내온 데이터의 순서를 유지해야 한다.
- 사. 중복 발견 : 중복 해서 받는 RLC PDU를 발견되어 상위 레이어에는 단 하나의 PDU만이 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 SDU의 에러 부분을 찾아내기 위한 방법을 제공한다. 에러가 있는 SDU는 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 mode와 acknowledged mode에서 사용된다.
- 타. 일시 보류 / 재 시작 : 데이터 전송의 일시 보류와 재 전송 시작을 지원한다.

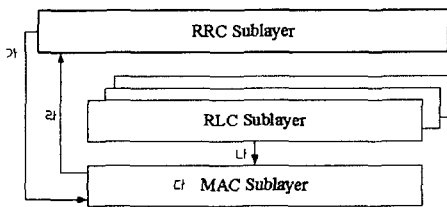
2.3 MAC 기능 [1,4]

MAC 레이어에서 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 UE에서 데이터 플로우 간의 우선 순위를 다루며 공통 전송 채널에서 UE를 구별하는 기능 수행한다. 또한 암호화와 트래픽 양을 모니터링 하는 기능을 수행하여 이것을 RRC에게 알려주어 무선 베어러와 전송 채널을 재구성하는데 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

3. 트래픽 양 측정 메커니즘

트래픽 양 측정 메커니즘은 MAC에서 보고하는 트래픽 양 측정에 따라 동적 무선 액세스 베어러 제어는 RRC에서 수행된다. 트래픽 양에 관한 정보들은 MAC 계층에서 모아지고 측정되며 그 결과를 RRC 계층에게 보고한다.



[그림 1] 트래픽 양 측정 절차

MAC에서의 트래픽 양 모니터링 절차는 [그림 1]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 필수조건이며, 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 적응하기 어렵다. 또한 이는 전송 에러율을 증가시키는 결과를 초래할 수 있다. 즉 단-대-단 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.

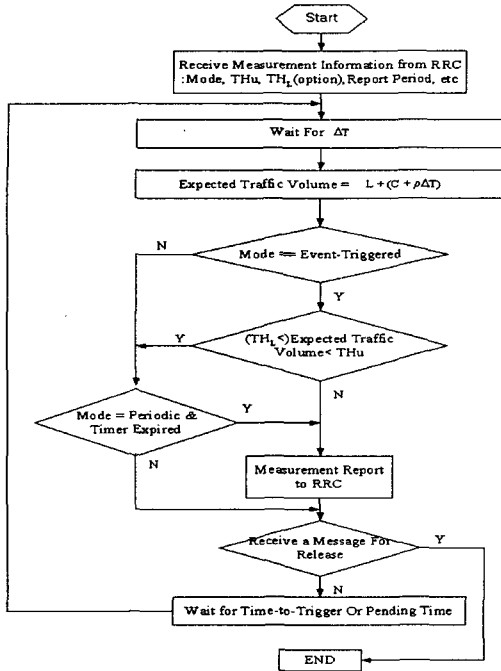
이를 위해 본 논문은 RLC의 버퍼 모델로 토큰 버킷 모델을 이용한다. 토큰 버킷 모델을 위해 사용되는 파라미터는 다음과 같다.

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

[표 1] 토큰 버킷 파라미터

현재 토큰 버킷 크기는 한번에 유입될 수 있는 최대 데이터 크기를 나타낸다. 그러므로, $C + \rho \cdot \Delta T$ 은 ΔT 시간 후에 한번에 유입될 수 있는 최대 데이터 크기를 나타낸다. 물론 이 값은 $M \cdot \Delta T$ 즉, 전송할 수 있는 최대 크기를 초과할 수 없다. L은 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 2]과 같이 나타낼 수 있다[7][8][9].

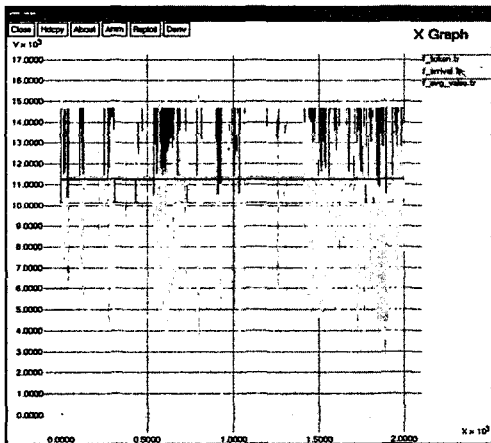


[그림 2] 트래픽 양 측정 및 보고 절차

5. 시뮬레이션

본 장에서는 시뮬레이션을 통해 VBR 트래픽에 대하여 제안된 메커니즘이 유입될 트래픽 양에 대하여 얼마나 정확한 예측이 가능한 지에 대하여 살펴 본다. 시뮬레이션은 NS (Network Simulator)를 사용하였고 VBR 트래픽은 starwars를 모델로 삼았다.

[그림 3]은 제안된 메커니즘 적용시의 예상되는 트래픽 양을 측정된 결과를 보여준다,



[그림 3] 메커니즘 적용시 트래픽 양 측정 결과
 [그림 3]에서 X축은 시간의 흐름을 나타내며 Y축은 유입된 데이터 양을 나타내고 있다. 위의 그림을 통해 실제 전송된 데이터 양과 본 메커니즘을 통해 측정된 데이터 양을 비교 분석한다.

VBR 트래픽은 [그림 3]에서 살펴 보는 바와 같이 시간에 따라 데이터 유입량에서 많은 수치상 차이를 보이고 있다. 버퍼의 데이터 양 뿐만 아니라 토큰 버킷의 양까지 고려한 메커니즘의 측정 결과 그래프는 $f_{token.tr}$ 이다. [그림 3]에서 $f_{arrival.tr}$ 로 표시되고 있는 VBR 트래픽의 실제 유입량은 $f_{token.tr}$ 과 거의 같은 수치를 나타내고 있다. 즉, 제안된 메커니즘에서 예상한 유입될 트래픽 양은 실제 트래픽 양을 대부분 잘 반영하고 있음을 알 수 있다. 제안된 메커니즘을 VBR 트래픽에 적용하였을 경우 일시에 증가되는 트래픽을 미리 예상할 수 있으므로 보다 많은 무선 채널을 할당함으로써 원하는 QoS를 보장할 수 있음을 알 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구 방향

기존의 무선 자원 할당을 위한 트래픽 측정 메커니즘의 경우 유입되는 트래픽의 양이 시간에 따라 일정하지 않은 VBR 트래픽에 대하여서는 적용이 쉽지 않은 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 위의 문제점을 해결하기 위하여 토큰 버킷 모델을 이용한 트래픽 양 측정 메커니즘을 제안하였다. 향후 본 연구와 관련하여 이 측정된 트래픽 양을 채널 할당에 반영하는 방법이 계속될 것이다.

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 UE를 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.