

Mobile WiMAX 통신망에서 실시간 서비스를 위한 동적인 대역폭 요청/할당 알고리즘

*박은찬, 김재영, 김한석

삼성전자 정보통신총괄 WiBro 시스템랩

e-mail: {eunchan.park | jay.m.kim | hs365.kim}@samsung.com

Dynamic Bandwidth Request-Allocation Algorithm for Real-Time Service in Mobile WiMAX Networks

*Eun-Chan Park, Jay-Young Kim, Hanseok Kim

WiBro System Lab., Samsung Electronics Co. LTD.

Abstract

We propose an efficient uplink bandwidth request-allocation algorithm for variable-rate real-time service in IEEE 802.11 broadband wireless access networks. By introducing a notion of target delay under the framework of dual feedback, the proposed algorithm can assure the desired level of QoS while minimizing wastage of bandwidth allocation.

I. 서론

IEEE 802.16e [1]표준에 기반한 Mobile WiMAX 통신망은 넓은 전송 범위에서 낮은 가격으로 높은 전송 속도와 이동성을 보장해 줌으로써, last-mile 무선 광대역 접속망으로 최근 주목을 받고 있다. Mobile WiMAX 통신망에서 다양한 종류의 트래픽에 대한 서비스 품질 (QoS: Quality of Service)을 보장해 주기 위해서, IEEE 802.16e MAC 프로토콜은 여러 가지 형태의 대역폭 요청-할당 방법을 정의하고 있다. 그러나 구체적인 알고리즘은 표준화에서 제외되었고, 각 개발업체의 구현에 의존한다.

이 논문에서는 상향 링크 자원 요청-할당 방법으로 제안된 ertPS (extended real-time Polling Service) 메커니즘에서 가변 전송 속도를 가지는 실시간 트래픽의 서비스 품질을 보장하면서 가용 용량을 최대화 할 수 있는 동적인 자원 요청 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은, (i) 시간 지연을 조절하여 서비스 품

질을 보장하기 위해 목표 시간 지연을 도입하며, (ii) 서비스 품질을 저하시키지 않으면서 대역폭 할당의 낭비를 최소화하기 위해서, 전송 버퍼의 크기와 전송 버퍼의 크기 변화 속도 정보를 이용하여 대역폭 할당을 요청한다.

II. 동적인 대역폭 요청 알고리즘

2.1 설계 개념 및 알고리즘

ertPS 메커니즘에서 기지국은 UGS (Unsolicited Grant Service) 메커니즘과 같이 단말의 요청 없이 고정된 크기의 대역폭을 주기적으로 단말에게 할당한다. 그러나 UGS와 달리 단말은 시간에 따라 변화하는 트래픽의 양과 패턴에 따라 할당되는 대역폭의 증감을 요청할 수 있다.

ertPS 메커니즘을 위한 최적의 대역폭 요청 알고리즘을 고안하기 위해서 목표 시간 지연 (T_{ref})이라는 개념을 도입한다. 이는 실시간 응용프로그램의 서비스 품질을 크게 저하시키지 않는 MAC 계층에서 허용 가능한 시간 지연이다. 실시간 트래픽에 대한 적절한 수락 제어와 우선순위 기반의 스케줄링, 인코딩 주기 등을 고려하면, 목표 시간 지연을 목표 전송 큐 크기 (Q_{ref})로 변환할 수 있다. 단말은 실제 큐 크기($q(t)$)가 Q_{ref} 를 초과할 경우, 추가적인 대역폭 할당을 요청하며, 그렇지 않을 경우 할당 대역폭 감소를 요청한다.

그러나, 큐의 크기 정보만을 이용하여 대역폭 할당의 증감을 조절하는 경우, 대역폭 요청과 할당사이의 시간 지연에 의해 VBR (Variable Bit Rate) 응용프로그램의 전송 속도 변화에 빠르게 반응하지 못한다. 이

러한 문제점을 해결하기 위해, 전송 큐의 크기뿐만 아니라, 전송 큐의 크기 변화 속도를 고려한 이중 피드백 구조를 제안한다. 패킷의 입력 속도 (응용프로그램이 생성하는 VBR 트래픽 속도) $a(t)$ 가 서비스 속도 (할당받은 대역폭) $s(t)$ 를 초과하게 되면, 버퍼에는 패킷이 계속 쌓이게 되어 Q_{ref} 를 초과할 확률이 커지게 되고, 반대로 패킷의 입력 속도가 서비스 속도보다 작게 되면, 할당 받은 대역폭을 낭비하게 되어 효율이 저하된다. 따라서 패킷의 입출력 속도의 차이에 비례하여 동적으로 대역폭 증감을 요청한다. 이는 큐의 크기 변화에 대한 예측 제어 형태로 작용한다.

2.1 구현 및 분석

제안한 이중 피드백 구조에서 대역폭 요청의 크기 $\Delta B(t)$ 는 전송 큐의 크기와 목표 큐의 크기 차이 ($e_q(t) = q(t) - Q_{ref}$)와 패킷의 입출력 속도 차이 ($e_r(t) = a(t) - s(t)$)에 비례하도록 설계한다. 즉, $\Delta B(t) = K_q e_q(t) + K_r e_r(t)$ 와 같이 구한다. 여기서, K_q 와 K_r 은 제어 이득을 나타낸다. 또한, $e_q(t)$ 는 각 단말이 쉽게 얻을 수 있고 $e_r(t)$ 는 대역폭 할당 시간 간격 동안의 큐의 크기 차이로 근사화하여 활용한다. 이렇게 계산된 $\Delta B(t)$ 값은 전송 패킷의 헤더에 piggyback 방식으로 전송함으로써, 별도의 전송 오버헤드 없이 간단한 방식으로 구현할 수 있다.

적절한 K_q 와 K_r 의 값을 구하기 위하여 전체 시스템을 수학적으로 모형화한다. 전체 시스템은 시간 지연을 가지는 3차 선형 시스템으로 표현되고, 이를 Laplace 변환하여 패킷의 입력 속도에 대한 큐의 크기 차이를 전달 함수 형태로 표현한다. 이렇게 구한 전달 함수를 이용하여 시스템의 안정성을 보장하는 적절한 K_q 와 K_r 의 값을 구할 수 있다. [2]

III. 성능 검증

OPNET[3]을 이용한 모의실험을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 검증한다. 실시간 VBR 트래픽을 고려하여 패킷화 시간 간격을 20ms로 설정하고, 패킷 크기는 평균 500 바이트의 값을 가지는 지수 분포를 이용하여 얻었다. T_{ref} 는 100ms로 설정하였으며, 이에 상응하는 Q_{ref} 는 2KB이다. 그림 1에서 보듯이, 제안한 알고리즘의 큐의 크기와 MAC 계층에서의 전송 지연은 목표값 근처로 조절됨을 알 수 있다.

아래 표 I은 목표 전송 지연을 50ms에서 300ms로 변화시키면서 실제 전송 지연 값과 전송 효율 (실제 할당 받은 대역폭 대비 패킷 전송에 사용한 대역폭)을 보여주고 있다. 실제 전송 지연이 T_{ref} 값에 따라 조절되며 전송 효율 역시 96% 이상을 유지한다.

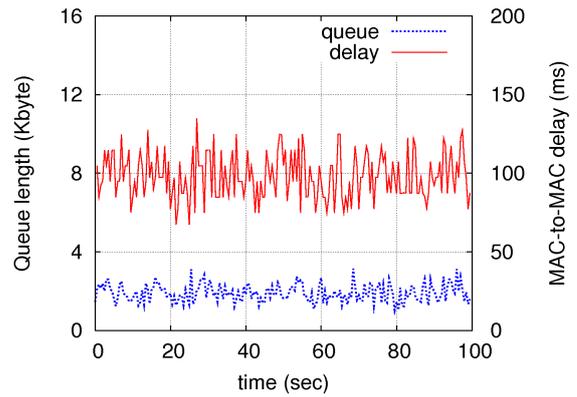


그림 1. 큐의 크기와 MAC 계층에서의 시간 지연

표 I. 목표 전송 지연 값의 변화에 따른 실제 전송 지연 값과 전송 효율

목표 전송 지연 (ms)	실제 전송 지연 (ms)	전송 효율 (%)
50	49.2	96.3
100	97.8	98.4
150	146.1	98.6
200	192.2	98.4
300	285.3	97.9

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 802.16e에 기반한 Mobile WiMAX 통신망에서 가변 전송 속도를 가지는 실시간 서비스를 위한 대역폭 요청 알고리즘을 제안하였다. 목표 전송 지연 개념을 도입하고 전송 큐의 크기와 크기 변화 속도에 대한 이중 피드백 정보를 활용하여 MAC 계층에서의 시간 지연을 목표 지연 값 근처로 유지시켜 지터를 감소시키며 서비스 품질을 유지하며, 대역폭 낭비 또한 감소시킬 수 있다.

참고문헌

[1] IEEE 802.16 WG, "IEEE Standard for local and metropolitan area networks part 16", IEEE 802.16 Standard, Dec. 2005.
 [2] G. F. Franklin, J. D. Powell, A. Emami-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems", Addison-Wesley, 3rd Ed., 1995
 [3] www.opnet.com