

Wireless MAN에서 Best Effort 서비스를 위한 자원 요청 스케줄링 방식의 성능 분석

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

Resource Request Scheduling for Best Effort Service in Wireless MAN : Performance Analysis

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

Abstract

IEEE 802.16 Wireless MAN standard specifies the air interface of fixed point-to-multipoint broadband wireless access systems providing multiple service. Among the service classes supported by the wireless MAN, the BE class is ranked on the lowest position in priority and is usually deployed by multicast and broadcast polling MAC scheme. In provisioning such BE service, the delay performance is influenced by a number of components including restrictions on resource request per SS, the number of request opportunities in upward frame, scheduling requests at BS, and contention resolution method. As candidate components of MAC function for BE service, we propose single and multiple request schemes (for controlling the number of requests per SS), exhaustive and limited request schemes (for regulating the amount of grant per request) and FCFS, H-SMF, pure SMF, SS-wise Round Robin, and pure Round Robin (for scheduling requests at BS). Then, we construct MAC schemes by combining the above components and evaluate the delay performance exhibited by each MAC scheme

using a simulation method. From numerical results, we investigate the effect of MAC components on average delay and delay variation and observe the dissonance on collision reduction in a resource-limited environment.

I. 서론

IEEE 802.16 Wireless MAN은 BWA(broadband wireless access) 서비스의 제공을 위해 유선을 대신할 수 있는 경제적 해결책을 제공하기 위한 표준안으로, 10~66 GHz 주파수 대역과 2~11 GHz 주파수 대역을 대상으로 하며, 다중 서비스를 제공하는 point-to-multipoint BWA 시스템의 MAC(media access control) 계층과 물리 계층을 포함한 무선 접속을 규정하고 있다 [1][2][4]. 초기에는 서로 다른 RF 시스템간의 BWA 서비스 공존과 주파수 확장을 위해 IEEE에서 BWA 표준화를 제안하였다. 그 후 IEEE의 LAN/MAN 표준 위원회에서 BWA 무선 접속 규격의 개발을 목적으로 802.16 WG(working group)가 설립되었고, 2002년에 10~66 GHz 대역의 광대역 접속 서비스를 위한 IEEE 802.16 Wireless MAN 표준 규격이 제정되었다 [3]. 현재는 Wireless MAN의 확장된 표준화 작업이 진행 중이다.

IEEE 802.16 Wireless MAN에서 SS(subscriber station)와 BS(base station) 사이에 지원되는 서비스

클래스로는 UGS(unsolicited grant service), rtPS(real-time polling service), nrtPS(non-real-time polling service), BE(best effort)가 있다 [3]. 이 중 BE 서비스를 지원하기 위한 대표적인 MAC 방식으로는 multicast polling과 broadcast polling이 있으며, BE 서비스의 성능은 SS 별 자원 요청(resource request)에 대한 제약 사항, 자원 요청 시 요구하는 자원의 양, 상향 프레임 당 전송 기회(transmission opportunity)의 수, 자원 요청에서 충돌(collision)이 발생할 경우 경합 해소(contention resolution) 방법, 그리고 BS에서 자원 요청의 스케줄링 방식 등에 의해 영향을 받는다.

본 논문에서는 BE 서비스의 성능에 영향을 미치는 상기 요소에 관한 방안으로, 첫째, SS 당 자원 요청을 통제하는 방식으로 단일 요청 방식(single request scheme)과 다중 요청 방식(multiple request scheme)을 제안하고, 둘째, 요청 당 요구하는 자원의 양을 조절하는 방식으로 고갈형 방식(exhaustive scheme)과 제약형 방식(limited scheme)을 제안하며, 셋째, BS에서 자원 요청의 스케줄링 방식으로 FCFS(first come first service) 방식, pure SMF(short message first) 방식, H-SMF(hybrid short message first) 방식, pure Round Robin, SS-wise Round Robin 방식을 제안한다. 이어서 이러한 각 요소 방식을 결합하여 MAC 방식을 구성하고 모의 실험(simulation) 방법으로 각 MAC 방식에 따른 MAC PDU(protocol data unit)의 지연 성능을 계량적으로 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에는 wireless MAN의 BE 서비스를 위한 MAC 방식의 요소에 대한 방안을 제시된다. 3 절에는 제안된 MAC 방식에 따른 MAC PDU의 평균 지연 및 지연 변이를 분석하기 위한 모의 실험 환경이 서술되고 모의 실험을 통해 구해진 계량적 결과의 분석이 수행된다.

II. 자원 요청 스케줄링 방식

TDD 방식으로 운영되는 Wireless MAN의 Best Effort 서비스 제공에서 각 SS는 버퍼에 남아있는 MAC PDU를 전송할 수 있는 자원을 상향 프레임의 전송 기회를 이용하여 요청하고, BS는 버퍼에 있는 요청에 따라 다음 상향 프레임에서 MAC PDU를 전송할 SS 및 그 전송량을 결정한다.

본 논문에서는 각 SS의 자원 요청을 통제하는 방식으로 다음 방식을 제안한다.

(1) 단일 요청 방식(single request scheme): 각 SS는 자원 요청이 성공적으로 BS에게 전달되면 이 요청에 해당하는 자원이 할당될 때까지 새로운 자원 요청을

하지 않는다.

(2) 다중 요청 방식(multiple request scheme): 각 SS는 이전의 성공한 자원 요청에 대한 자원 할당을 기다리지 않고, 새로운 MAC PDU가 버퍼에 도착하면 새로운 자원 요청을 시도한다.

한편, 자원 요청 시 요구하는 자원에 대한 제약 여부에 따라 다음의 방식을 제안한다.

(1) 고갈형 방식(exhaustive scheme): 각 SS는 자원 요청 시 현재 버퍼에 남아 있는 모든 MAC PDU를 전송할 수 있는 자원을 요구한다.

(2) 제약형 방식(limited scheme): 각 SS가 자원 요청을 할 때 요구할 수 있는 자원은 한정된다.

상기 요소가 결합된 방식을 표 1과 같이 표기한다.

표 1 요소 결합 방식

scheme		
T1	single request	exhaustive
T2	single request	limited
T3	multiple request	exhaustive
T4	multiple request	limited

또한 BS에서 자원 요청의 스케줄링을 위해 다음의 방식을 제안한다.

(1) FCFS: 가장 먼저 도착한 자원 요청부터 그 요청이 요구한 만큼의 자원을 할당한다.

(2) pure SMF: 요청 중에서 가장 작은 자원을 요구한 요청부터 자원을 할당한다.

(3) H-SMF: pure SMF를 기본으로 하지만 동일한 SS로부터의 요청은 FCFS 방식으로 자원을 할당한다.

(4) pure Round Robin: 자원 요청을 보낸 SS에 대해서 순환적으로 일정량의 자원을 할당한다.

(5) SS-wise Round Robin: 자원 요청을 보낸 SS에 대해서 순환적으로 요구한 만큼의 자원을 할당한다

III. 모의 실험을 통한 성능 분석

본 절에서는 wireless MAN에서 BE 서비스의 제공을 위한 MAC 방식에 따른 MAC PDU의 지연 성능을 모의 실험 방법으로 분석한다. 모의 실험에서 SS에 MAC PDU가 도착하는 유형을 Bernoulli 프로세스로 설정하고 SS별 균일한 도착률을 가정한다. 한편 매 상향 프레임마다 일정한 수의 전송 기회가 주어지고, 각 MAC PDU의 길이는 일정하다고 가정한다.

그림 1은 각 SS에 가해지는 트래픽 부하에 따른 MAC PDU의 평균 지연 시간을 보여 준다. 이 그림에서 MAC 방식으로는 FCFS T1, pure Round Robin

T1 그리고 pure SMF T1이 각기 사용되고 상향 프레임마다 8 개의 전송 기회가 주어진다. 그림 1로부터 사용된 세 가지 MAC 방식 중 FCFS T1 방식이 평균 지연 성능에서 가장 우수함을 관찰할 수 있고 pure Round Robin T1 방식이 그 뒤를 잇고 있음을 알 수 있다. 이는 자원 요청이 성공한 시점부터 자원이 할당될 때까지 소요되는 시간의 분산이 FCFS T1 방식에서 가장 작고, pure SMF T1 방식에 비해 pure Round Robin T1 방식에서 이러한 시간의 분산이 상대적으로 작음에 기인한다.

그림 2는 각 SS에 가해지는 트래픽 부하에 따른 MAC PDU 지연 시간의 표준 편차를 보여 준다. 이 그림에서는 그림 1과 동일한 환경에서 MAC 방식으로 FCFS T1, pure Round Robin T1 그리고 pure SMF T1이 각기 사용된다. 그림 2로부터 사용된 세 가지 MAC 방식 중 FCFS T1 방식이 지연 변이 성능에서 가장 우수함을 관찰할 수 있고 pure Round Robin T1 방식이 그 뒤를 잇고 있음을 알 수 있다. 이는 그림 1의 분석에서 알 수 있듯이 자원 요청이 성공한 시점부터 자원이 할당될 때까지 소요되는 시간의 분산이 FCFS T1 방식, pure Round Robin T1 방식, pure SMF T1 방식의 순서임에 기인한다.

그림 3과 4는 각 SS에 가해지는 트래픽 부하에 따른 MAC PDU 지연 시간의 평균과 표준 편차를 보여 준다. 이 그림에서는 MAC 방식으로 FCFS T3, H-SMF T3, SS-wise Round Robin T3, pure Round Robin T3 그리고 pure SMF T3가 각기 사용된다. 그림 3에서 MAC 방식에 따른 평균 지연 시간의 차이는 유의할 수준이 아님을 관찰할 수 있다. 그러나 그림 4에서 지연 변이 성능은 FCFS T3, H-SMF T3, SS-wise Round Robin T3, pure Round Robin T3 그리고 pure SMF T3의 순서임을 알 수 있고, 이는 그림 2에서 지적된 분산의 차이에 기인한다.

그림 5는 상향 프레임 당 전송 기회의 수에 따른 MAC PDU의 평균 지연 시간을 보여 준다. (이 그림에서 FCFS T1이 사용된다.) 그림 5로부터 트래픽 부하별 평균 지연 시간을 최소화하는 전송 기회의 수가 존재함을 알 수 있다. 이러한 현상은 전송 기회의 수가 증가함에 따라 충돌 가능성은 줄어드나 이로 인해 MAC PDU를 전송할 수 있는 자원이 줄어들어 따라 야기된다.

그림 6은 각 SS에 가해지는 트래픽 부하에 따른 MAC PDU의 평균 지연 시간을 보여 준다. (이 그림에서 FCFS T1과 FCFS T3가 MAC 방식으로 사용된다.) 그림 6으로부터 트래픽 부하가 높을 때 FCFS T3가 FCFS T1에 비해 우수한 평균 지연 성능을 보임을 알 수 있다. 트래픽 부하가 낮을 때는 거의 성능의 차

이가 없으나 FCFS T1이 미미한 수준의 우수성을 보인다. 이는 낮은 트래픽 부하 환경에서 충돌 가능성이 평균 지연 성능에 미치는 영향이 미약함에 기인한다.

VI. 결론

본 논문에서 wireless MAN의 infrastructure에서 BE 서비스를 제공하기 위한 MAC 방식을 구성하는 요소를 분류하고 특히 세 가지 요소에 관한 방안을 제안하였다. 단일 요청과 다중 요청, 고갈형과 제약형, 그리고 FCFS, pure SMF, H-SMF, pure Round Robin, SS-wise Round Robin으로 지칭된 이러한 각 요소별 방안을 결합하여 BE 서비스를 위한 MAC 방식을 구성하였고, 모의 실험 방법으로 MAC 방식이 MAC PDU의 평균 지연 및 지연 변이 성능에 미치는 영향을 계량적으로 분석하였다. 모의 실험 결과로부터 자원 요청이 성공한 시점부터 자원이 할당될 때까지 소요되는 시간의 분산이 상대적으로 가장 작은 FCFS 방식이 지연 성능에서 가장 우수함을 확인하였고, 전송 기회의 수에 따른 충돌 가능성과 MAC PDU를 전송할 자원간의 trade-off 현상으로 인해 평균 지연 시간을 최소화하는 최적의 전송 기회 수가 존재함을 확인하였다.

이러한 분석 결과는 Wireless MAN에서 BE 서비스를 위한 다중 접속 방식, 자원 요청 방식, 요청의 스케줄링 방식의 최적 설계에 기여할 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] G. Sater, A. Arunachalam, G. Stamatelos, F. Elwaily, J. Foerster, J. Yee, S. Marin, B. Myers, L. Langston, W. Hunter, P. Guillemette, C. Shiralli, G. Fishel, R. Sanders, M. Ran, and A. Sundelin, "Media Access Control Layer Proposal for the 802.16 Air Interface Specification," March 2000.
- [2] <http://www.wirelessman.org>
- [3] IEEE, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," IEEE Standard 802.16-2001, April 2002.
- [4] J. Mollenauer, K. Stanwood, J. Klein, B. Petry, C. Eklund, J. Pihlaja, K. Rinatanen, L. Shousterman, and V. Yanover, "MAC Proposal for IEEE 802.16.1," January 2000.

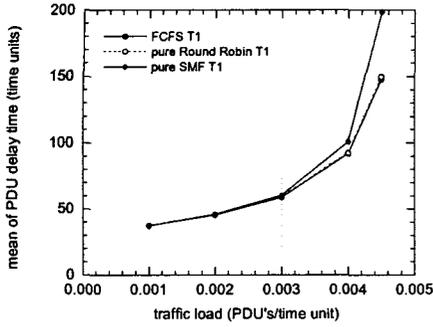


그림 1 트래픽 부하에 따른 MAC PDU 지연 시간의 평균 (MAC 방식: FCFS T1, pure SMF T1, pure Round Robin T1)

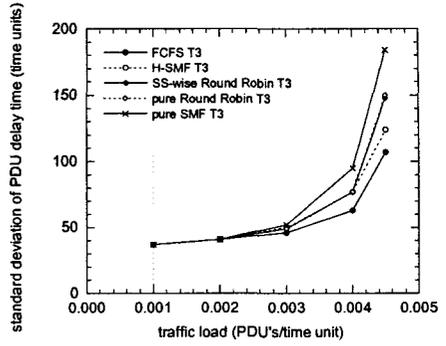


그림 4 트래픽 부하에 따른 PDU 지연 시간의 표준 편차 (MAC 방식: FCFS T3, pure SMF T3, H-SMF T3, pure Round Robin T3, SS-wise Round Robin T3)

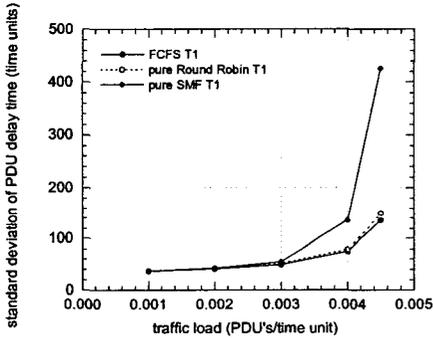


그림 2 트래픽 부하에 따른 MAC PDU 지연 시간의 표준 편차 (MAC 방식: FCFS T1, pure SMF T1, pure Round Robin T1)

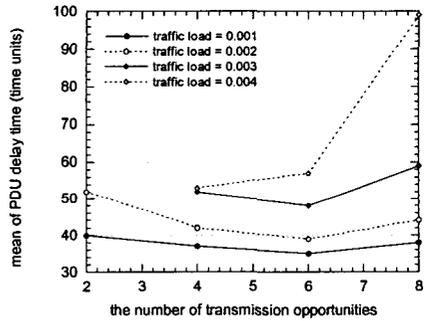


그림 5 전송 기획의 수에 따른 PDU 지연 시간의 평균 (MAC 방식: FCFS T1)

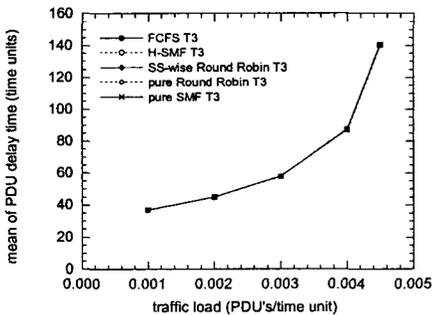


그림 3 트래픽 부하에 따른 PDU 지연 시간의 평균 (MAC 방식: FCFS T3, pure SMF T3, H-SMF T3, pure Round Robin T3, SS-wise Round Robin T3)

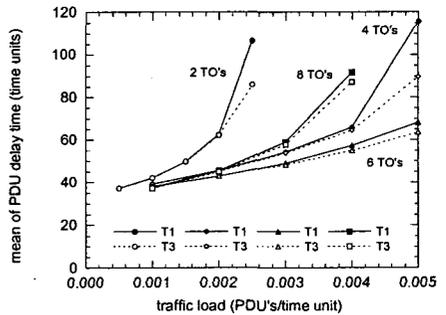


그림 6 트래픽 부하에 따른 PDU 지연 시간의 평균 (MAC 방식: FCFS T3)