

IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 rtPS 클래스 지연을 고려한 두 단계 드롭 기법

백주영^{0*}, 윤종필^{**}, 김석형^{*}, 서영주^{*}

^{*}포항공대, ^{**}LG전자

{nalsunia, feeling7, shkimm, yjsuh}@postech.ac.kr

Two Stage dropping scheme for latency of rtPS class in IEEE 802.16/WiBro system

Joo-Young Baek^{0*}, Jong-Pil Yoon^{**}, Sok-Hyoung Kim^{*} and Young-Joo Suh^{*}

^{*}Pohang University of Science and Technology, ^{**}LG Electronics

BWA (Broadband Wireless Access) 시스템의 표준으로 많은 연구와 함께 현재 상용 제품에 대한 연구가 활발히 진행 중인 IEEE 802.16/WiBro 시스템은 효율적인 QoS를 제공하기 위하여 BS (Base Station)와 SS (Subscriber Station)간의 QoS 협상 과정 및 서비스 클래스를 정의하고 있다. 정의 하고 있는 서비스 클래스는 UGS, ertPS, rtPS, nrtPS, 그리고 BE 이지만, 표준에서는 서비스 클래스에 어떻게 서비스를 제공할 지에 대한 정확한 정의가 없다. 따라서, 효율적인 활용을 위해서 BS측의 전반적인 스케줄러 구조 제시에 초점을 맞추어서 많은 연구가 진행되어 왔으며, 세부적인 서비스 클래스에 관해서는 기존의 패킷 스케줄링 알고리즘을 그대로 적용 하는 방식으로 진행 되었다. 하지만, IEEE 802.16/WiBro 시스템의 대역폭 할당 방식이 각 서비스 클래스에 따라 다르기 때문에 세부적인 서비스 클래스를 QoS 위해서는 스케줄링 알고리즘에서도 이 점이 고려 되어야 한다. 특히, polling을 통해 서비스를 제공 받는 rtPS 클래스의 경우 스케줄링 시에 이 점을 고려 할 필요가 있다. 따라서, 본 논문에서는 지금까지의 연구 결과인 스케줄러 구조를 기반으로 해서 지연에 민감한 특성을 가지고 있는 rtPS 클래스에 대한 두 단계 드롭 기법을 제시 함으로써 효율적인 서비스 전송 및 대역폭의 낭비를 줄이고자 한다. 또한, 제안하는 기법을 통해서 rtPS/nrtPS 클래스에 대한 효과적인 스케줄이 가능하도록 함으로써 시스템의 성능을 높이는 데 기여할 것이다.

802.16/WiBro 시스템에서는 rtPS 클래스의 플로우들의 경우 BS는 polling을 통해서 rtPS class 플로우에게 필요한 대역폭 요청을 받게 된다. SS의 경우에는 BS로부터 poll이 오기를 기다리고 있다가 poll이 왔을 때 자신의 rtPS 플로우 큐에 쌓여 있는 패킷들을 총 양을 가지고 BS에게 대역폭을 요청 하게 된다. 이에 대한 요청을 받은 BS는 자신의 스케줄을 통해서 하향링크 부프레임을 통해서 SS가 플로우들을 전달 할 수 있도록 한다. 즉, BS와 SS들 사이에 rtPS 플로우들을 서비스 하게 될 때에는 poll이 왔을 때의 대역폭 요청이 가능 하다는 것과 대역폭 요청이 이루어지고 난 후에 대역폭을 할당 받는 데까지 걸리는 시간이 동적으로 변경 될 수 있다. 따라서, 지연에 민감한 속성을 가지고 있는 rtPS 클래스의 경우 제한된 지연 시간이 지나서 도착지에 도착 했을 때 무의미해지는 상황이 발생 할 수 있다. 이는 rtPS 클래스에서 사용 하는 대역폭 낭비로 이어지게 되며 또한 이는 nrtPS 클래스의 성능에도 영향을 미치게 된다. 따라서, 본 논문에서는 IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 rtPS 클래스의 서비스 제공 방식을 고려 한 스케줄링 알고리즘을 제안 하고자 한다. 제안 하는 알고리즘을 통해서 rtPS 클래스의 지연을 고려 하면서 낭비되는 대역폭을 줄임으로써 시스템의 전체적인 성능을 향상 시키고자 한다.

우선, SS는 자신의 응용 계층에서 전달 되는 시점에 패킷들에게 타임 스탬프를 찍는다. 이는 해당 타임 스탬프 정보를 통해서 지켜져야 하는 제한 지연 시간 과 현재 서비스 받고 있는 시간을 고려 해서 해당 패킷이 수신 단에 도착 했을 때의 유용한 패킷이 될지에 대한 판단을 위해서 사용 된다. 이 정보를 바탕으로 해서 본 논문에서는 rtPS 플로우들의 지연 위배를 2 단계를 통한 패킷 드롭 체크를 통해서 쓸모 없이 낭비되는 경우를 줄임으로써 보다 효율적인 서비스를 제공 하고자 한다. 기존의 802.16/WiBro 시스템에서 BS는 SS에게 주기적으로 rtPS 클래스를 위해서 poll을 전달 한다. Poll을 받은 SS는 자신의 rtPS 클래스에 속하는 큐들의 서비스 제공 받아야 하는 패킷들의 합계를 가지고 필요한 대역폭 할당을 BS에게 요청 한다. 이 때, 첫 번째 단계의 드롭 기술이 적용 된다. 첫 번째 단계에서는 SS는 자신의 rtPS 플로우 관련 큐를 검사 하면서 지연 시간이 지난 패킷들을 검사 한다. 이 검사를 통해서 큐잉 지연을 통해서 지연 시간이 지나버린 rtPS 클래스의 패킷들을 찾아 내고 이들을 드롭 한다. 이는 의미 없는 패킷들이 rtPS 플로우들의 큐를 차지 하지 않게 됨에 따라서 오버플로우가 발생 되는 문제를 방지 할 수 있으며 또한, 새롭게 생성 되는 rtPS 클래스 패킷들의 지연 측면에서도 기존의 서비스 지연으로 인해서 길어 질 수 있는 부분을 해결 할 수 있다. 두 번째 단계는 BS가 SS로부터 대역폭 요청 메시지를 받고 나서 자체적인 스케줄을 통해서 상향 부프레임을 통해서 SS가 필요한 상향 플로우들을 전송 할 수 있는 영역을 할당 받게 된다. 이 때, SS는 해당 시점에서의 큐에 존재하는 패킷들을 점검 하고 이들 중에 지연 시간이 지나버린 패킷들의 유무를 체크 해서 해당 패킷들을 드롭 함으로써 BS로부터 사용 하도록 할당 받은 공간을 보다 효율적으로 사용 할 수 있게 한다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0045). 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R01-2007-000-20154-0).

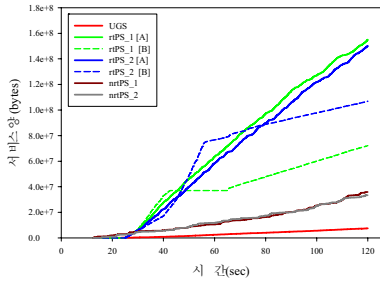


그림 1. rtPS 클래스의 대역폭 할당 문제점

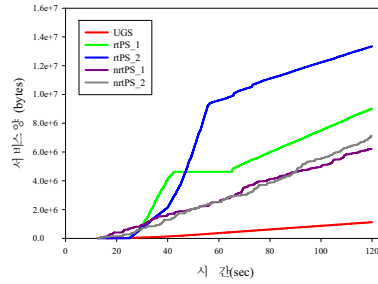


그림 2. 제안하는 기법 적용 시 성능

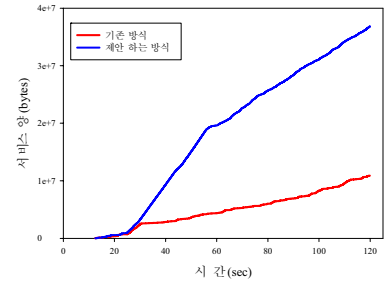


그림 3. 전체 시스템 성능 비교

본 제안하는 알고리즘의 성능 평가를 위해서 국내외에서 가장 인정받고 있는 OPNET 시뮬레이터의 WiMax 모델을 사용 하였다. UGS 플로우 1개, 2개의 rtPS 플로우, 그리고 2개의 nrtPS 플로우가 서비스 받는 상황에서 시뮬레이션을 수행 하였다. 우선, 본 논문에서 제기 하고 있는 문제점이 발생 하는 지에 대한 경증을 위해서 제안하는 알고리즘을 적용 하기 전의 rtPS와 nrtPS 플로우들의 성능을 그래프로 표현 해 보았다. 그림 1에서 보는 바와 같이 기존의 rtPS 클래스 플로우들을 서비스 하는데 있어서 지연에 대해서 고려를 하지 않는 대역폭 할당 방식에서는 rtPS 클래스 플로우들을 위해서 사용한 대역폭 양[A] 중에서 실제로 의미 있는 즉 지연 시간 내에 도착지로 전달 된 패킷들을 서비스 하기 위해 사용 된 대역폭 양[B]과는 크게 차이가 남을 확인 할 수 있다. 이로 인해서 nrtPS 클래스 플로우들을 서비스 할 양이 줄어들게 되면서 전체적인 시스템의 성능저하에 영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용 했을 때의 성능을 살펴 보면 그림 2와 같다. 제안하는 알고리즘이 rtPS 클래스 플로우들을 서비스 하는데 있어서 지연 시간을 고려 해서 대역폭 요청을 진행 하고 또한, 대역폭 할당 시에도 지연 시간을 고려하여 서비스를 제공 하기 때문에 그림 1의 성과와는 다르게 rtPS 클래스 플로우들도 성능의 향상이 있음을 확인 할 수 있었다. 또한, nrtPS 클래스 플로우들의 throughput 증가가 뚜렷하게 관찰 되고 있는데 이는 지연 시간을 보장하지 못하는 rtPS 패킷을 드롭 함으로써 생기는 여분의 자원을 nrtPS 트래픽에 할당해 줄 수 있기 때문이다. 그리고 rtPS_1 플로우의 경우, 40초에서 65초까지 지나친 큐잉 지연으로 인해 지연 시간에 위배 되기 때문에 거의 모든 패킷이 드롭된다. 이로 인해서 nrtPS 트래픽 뿐만 아니라 다른 rtPS 플로우, 즉 rtPS_2 플로우들의 throughput 향상이 있음을 확인 할 수 있다. 그림 3을 통해서 전체적인 시스템의 성능 비교 결과를 볼 수 있다. 그래프에서 볼 수 있듯이 제안 하는 알고리즘이 적용 되기 전의 서비스 방식을 통해서서는 지연 시간의 위배 된 rtPS 플로우들에게 무의미 하게 대역폭을 할당 해 주고 서비스 해 주기 때문에 성능 저하가 발생 하고 제한적인 자원을 효율적으로 사용할 수 없었다. 하지만, 제안하는 두 단계 드롭 기법을 적용 시에 기존 방식에서 낭비되는 대역폭을 줄일 수 있고 이를 통해서 자신의 플로우들의 큐잉 지연을 줄이고 다른 플로우들에게 더 많은 서비스를 제공 함으로써 전체적인 성능 향상을 보여 주고 있음을 알 수 있다.

결론적으로 802.16 시스템은 광대역의 무선 네트워크로써 사용자들에게 QoS 서비스를 제공 해 주기 위해서 클래스를 정의 하고 이에 대한 세부적인 요구 조건을 명시 하고 있으며 또한, 각 클래스 별로의 대역폭 할당 방식을 명시 함으로써 보다 만족스러운 서비스 환경을 제공 해 줄 수 있도록 한다. 그 중에 rtPS 서비스 클래스를 서비스 하는데 있어서는 BS로부터의 polling을 통해서 SS가 필요한 대역폭을 요청 하고 이를 바탕으로 해서 BS가 대역폭을 할당 하는 방식으로 서비스를 제공 하고 있다. 하지만, 지연에 민감한 rtPS 서비스 플로우들의 경우에는 이런 과정에서 대역폭을 요청한 플로우의 지연 시간이 위배 되는 상황이 발생 되고 이로 인해서 대역폭이 낭비 되며 nrtPS 플로우들의 성능 저하에 영향을 미치게 된다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 시스템과의 호환성을 위해서 기존의 rtPS 클래스를 위한 대역폭 할당 방식을 그대로 사용 하면서 두 단계의 드롭 기법을 적용 함으로써 이런 문제를 해결 하고자 하였다. 성능 평가를 통해서 본 기법을 통한 성능 향상을 확인 할 수 있었으며 이는 간단하면서도 제한된 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 실제 시스템에 적용 가능성이 있으리라 판단된다.

*** 참고문헌**

[1] IEEE 802.16-2004, "IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," Oct. 2004.
 [2] IEEE 802.16-2006, "IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," Feb. 2006.
 [3] G.Nair, J.Chou, T.Madejski, K.Perycz, D.Putzolu and J.Sydir, IEEE 802.16 medium access control and service provisioning, Intel Technology Journal, vol. 8, no. 3, pp. 213-228, 2004
 [4] G.Nair, J.Chou, T.Madejski, K.Perycz, D.Putzolu and J.Sydir, IEEE 802.16 medium access control and service provisioning, Intel Technology Journal, vol. 8, no. 3, pp. 213-228, 2004
 [5] Dong-Hoon Cho, Jung-Hoon Song, Min-Su Kim, and Ki-Jun Han, Performance Analysis of the IEEE 802.16 Wireless Metropolitan Area Network, IEEE International Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications, 2005.
 [6] Alexander Sayeko, Olli Alanen, Juha Karhla, and Timo Hamalainen, "Ensuring QoS requirements in 802.16 Scheduling.", MSWIM, 2006.