

IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 rtPS 클래스의 지연을 고려한 두 단계 드롭 기법 (Two Stage Dropping Scheme Considering Latency of rtPS Class in IEEE 802.16/WiBro System)

백 주 영[†] 윤 종 필^{**}
(Joo-Young Baek) (Jong-Pil Yoon)

김 석 형[†] 서 영 주^{***}
(Sok-Hyong Kim) (Young-Joo Suh)

요약 BWA(Broadband Wireless Access) 시스템 대표적인 시스템 중 하나인 IEEE 802.16/WiBro 시스템은 효율적인 QoS를 제공하기 위하여 기지국(BS)과 단말(SS)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 제공할지에 대한 정확한 정의가 없다. 따라서, 효율적인 활용을 위해 기지국측의 전반적인 스케줄러 구조 제시에 초점을 맞추어서 많은 연구가 진행되어 왔으며, 세부적인 서비스 클래스에 관해서는 기존의 패킷 스케줄링 알

고리즘을 그대로 적용 하는 방식으로 진행 되었다. 하지만, IEEE 802.16/WiBro 시스템의 대역폭 할당 방식이 각 서비스 클래스마다 다르기 때문에 세부적인 서비스 클래스의 QoS를 위해서는 스케줄링 알고리즘에서도 이 점이 고려되어야 한다. 특히, 폴링(polling) 을 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 제시함으로써 효율적인 서비스 전송 및 대역폭의 낭비를 줄이고자 한다.

키워드 : IEEE 802.16/WiBro 시스템, rtPS 클래스, 지연 시간, 드롭, QoS

Abstract IEEE 802.16/WiBro, one of the representative Broadband Wireless Access (BWA) systems, defines QoS negotiation between BS and SS and five service classes to guarantee QoS for flows. The five service classes are UGS, ertPS, rtPS, nrtPS, and BE, but the standard does not define how to provide services to flows according to the service classes. Existing research works have been studied about the scheduler architecture to effectively utilize the IEEE 802.16/WiBro systems. These works use the original packet scheduling algorithm for service classes. However, it is necessary to consider bandwidth allocation mechanisms in scheduling algorithms since bandwidth allocation mechanisms are different according to service classes. Especially, bandwidth allocation mechanisms should be considered for the scheduling of rtPS class since rtPS class uses the polling mechanism that takes time to allocate bandwidth and has the minimum latency constraint. Therefore, we propose two stage dropping scheme for rtPS class that is sensitive to latency, and thus it reduces the wasted resources and provides efficient service to rtPS class.

Key words : IEEE 802.16/WiBro system, rtPS class, latency, dropping, QoS

1. 서론

최근 인터넷의 빠른 발전과 더불어 다양한 QoS 서비스를 요구하는 응용프로그램들이 증가 하고 있다. 또한, 기존의 정적인 네트워크 환경에서의 서비스 제공에 만족하던 사용자들이 다양한 응용프로그램을 이동성이 지원 되는 환경에서도 서비스를 제공 받고자 하는 요구가 늘고 있다. 이런 요구를 만족 시켜 주기 위해서 광대역 무선 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 광대역 무선 네트워크 기술은 기존의 무선랜 시스템 보다 넓은 전송 환경에서 높은 대역폭 서비스를 제공할 수 있는 네트워크 기술로 기존 이동 통신망에서의 낮은 대역폭과 무선랜 시스템의 작은 전송 영역을 보완 해 줄 수 있는 기술로 기대 되고 있다.

· 본 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원 (No.R01-2007-000-20154-0) 과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(ITA-2008-C1090-0801-0045)

· 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 'IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 rtPS 클래스의 지연을 고려한 두 단계 드롭 기법의 제책으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과
nalsunia@postech.ac.kr
shkimn@postech.ac.kr

** 정 회원 : LG 전자
feeling7@postech.ac.kr

*** 종신회원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수
yjsuh@postech.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 27일

심사완료 : 2008년 10월 20일

Copyright©2008 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제8호(2008.11)

광역 무선 네트워크 관련 기술 중에서 가장 주목 받고 있는 기술이 IEEE 802.16/WiBro 시스템이다. 최근 국제전기통신연합(ITU)에서 4G 이동통신 기술로 인정 받음으로써 더욱 차세대 통신 기술로서의 중요한 기술로 고려 되고 있다. 다른 다양한 광역 무선 네트워크 기술 중에서 IEEE 802.16/WiBro 시스템이 광역 무선 네트워크 기술로 주목 받는 주된 이유 중 하나는 바로 QoS 제공 능력이다. 앞에서 언급 한 바와 같이 다양한 QoS 서비스 조건을 요구 하는 어플리케이션들이 증가함에 따라서 이들 각각의 특성을 고려한 효율적인 QoS 서비스를 제공해 줄 수 있는 기술의 요구는 당연하다고 볼 수 있으며 IEEE 802.16/WiBro 시스템이 가장 적절한 기술로 볼 수 있다.

IEEE 802.16/WiBro 시스템은 많은 대역폭 제공과 더불어 QoS의 제공을 위해서 기지국 및 SS 간의 어플리케이션이 요구하는 QoS 정보를 서로 공유할 수 있는 메커니즘을 정의 하고 있으며, 다양한 어플리케이션마다 서비스 클래스를 다르게 할당 적용할 수 있도록 서비스 클래스도 정의하고 있다. IEEE 802.16/WiBro 표준[1,2]에서는 UGS, ertPS, rtPS, nrtPS, 그리고 BE의 다섯 가지 서비스 클래스를 정의하고 있으며 각각에 대한 차별화된 정책을 적용하도록 하고 있다. 하지만, 표준에서는 해당 서비스 클래스에 대해서 구체적으로 어떤 스케줄링 기법을 사용해서 서비스를 제공할지에 대한 정의 없이 업체들의 구현 관점으로 남겨두고 있기 때문에 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 스케줄링 관련 기존 연구들은 기지국에 적합한 스케줄러 구조를 제시하고 해당 구조 내에서의 각 서비스 클래스별 스케줄링 알고리즘에 관한 연구로 진행 되어 왔다. 기존 연구들은 전반적으로 스케줄러 구조 제시에 초점이 맞춰져 진행 되어 왔으며 각 서비스 클래스별 스케줄링 알고리즘에 대해서는 기존 유선망에서 오랫동안 연구되어 온 패킷 스케줄링 알고리즘의 적용하는 방안으로 연구를 진행 하였다[3-6]. 하지만, IEEE 802.16/WiBro 시스템의 rtPS 클래스의 경우에는 대역폭 할당 방식이 폴링을 통한 대역폭 할당 방식을 통해서 대역폭을 할당 받는 특수한 요소가 있기 때문에 스케줄링에서도 이런 점의 고려가 필요하다.

본 논문에서는 폴링을 통한 대역폭 할당 방식으로 인한 rtPS 서비스 클래스를 서비스 시에 지연에 민감한 특성 때문에 발생 가능한 문제점을 정의 하고 이를 해결하기 위한 기법을 제안하고자 한다. 본 논문의 2장에서는 IEEE 802.16/WiBro 시스템에 대해서 간단히 살펴보고, 3장에서는 제안하고자 하는 알고리즘에 대해서 설명 한 후, 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능평가를 통해서 알고리즘의 성능 향상을 검증해 보고자 한다.

2. IEEE 802.16 시스템

IEEE 802.16 시스템[1,2]에서는 single carrier, OFDM, OFDMA 이렇게 3가지 종류의 물리계층과 FDD와 TDD 방식의 멀티플렉싱 기법을 지원한다. 본 논문에서는 유연성을 비롯하여 성능적인 측면에서 우수성을 보이는 OFDMA-TDD 방식을 사용 하는 802.16 시스템을 가정 하도록 한다. 802.16 시스템은 하나의 기지국과 다수의 단말들로 구성되며 프레임 단위로 서비스를 제공한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 하나의 프레임은 5 msec 단위로 하향링크 부프레임과 상향링크 부프레임을 통해서 서비스를 제공 하게 된다. 하향링크 부프레임을 이용해서 기지국은 단말들에게 트래픽을 전달하고 상향링크 부프레임을 통해서 단말은 기지국으로 트래픽을 전달하는 방식으로 서비스가 제공된다.

플로우에 대한 QoS 제공을 위해 802.16 시스템은 기본적으로 커넥션 중심(connection-oriented) 메커니즘을 제공한다. 이를 위해서 우선적으로 상향 트래픽의 경우, 하나의 단말이 응용 프로그램을 서비스 받기 위해서는 기지국에게 응용 프로그램에 해당되는 서비스 클래스의 QoS 요구 사항을 DSA-REQ 컨트롤 메시지를 통해서 전달하고 이를 기지국에서 자신이 가용할 수 있는 자원과 비교해서 자신이 서비스를 제공해 줄 수 있는지 체크한 후 서비스 허락 유무에 대한 정보를 담아서 DSA-RSP 메시지를 단말에게 전달하게 된다. 하향 트래픽의 경우도 이와 마찬가지로 기지국과 단말간의 QoS 정보를 공유하는 절차를 거친 후에 진행 된다.

위에서 언급한 바와 같이, 응용 프로그램들에 대한 효율적인 QoS 서비스를 위해서 802.16 시스템에서는 다섯 가지 서비스 클래스를 정의 하고 있다. 각 서비스 클래스의 세부적인 속성은 아래와 같다.

- UGS 클래스: 실시간 데이터 스트림으로 서비스 되는 응용 프로그램들을 서비스 해 주기 위한 클래스로 해당 응용 프로그램들은 일정한 주기로 동일한 양의 패킷이 생성 된다. 요구 시켜 줘야 하는 QoS 속성은 최소 보장 대역폭(minimum reserved traffic rate), 최대 지연 시간(maximum latency), 견딜 수 있는 지터(tolerated jitter)와 최대 지향 할 수 있는 대역폭

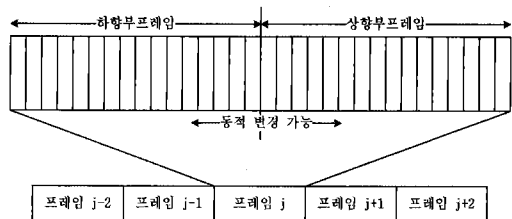


그림 1 802.16 TDD 방식의 프레임 구조

(maximum sustained traffic rate)이 있다.

- **ertPS 클래스:** UGS 클래스와 동일하게 일정 주기로 동일한 양의 패킷이 생성 되지만 침묵 주기(silence period)가 존재하기 때문에 해당 구간에서는 할당 되는 대역폭 양의 조절을 기지국에게 요청함으로써 대역폭의 낭비를 줄일 수 있도록 디자인 된 서비스 클래스이다. 해당 클래스의 요구 하는 QoS 속성들은 최소 보장 대역폭, 최대 지연 시간과 최대 지탱 할 수 있는 대역폭이 해당 된다.
- **rtPS 클래스:** 다양한 데이터 패킷 크기를 가지는 실시간 데이터 스트림을 지원하기 위해 디자인 된 클래스로 MPEG 비디오 응용 프로그램이 이에 해당 된다. 요구하는 QoS 속성은 최소 보장 대역폭, 최대 지연 시간과 최대 지탱 할 수 있는 대역폭이 해당 된다. UGS나 ertPS에 비해서 QoS의 우선 순위가 전반적으로 낮기 때문에 실시간 데이터 스트림이기 때문에 지연에 민감한 특징을 가진다.
- **nrtPS 클래스:** 다양한 패킷 크기로 어느 정도의 지연에 대해서는 견딜 수 있는 데이터 스트림으로 예를 들어 FTP 응용 프로그램이 이에 해당 된다. 요구 하는 QoS 속성은 최소 보장 대역폭 과 최대 지탱 할 수 있는 대역폭이 이에 해당 된다.
- **BE 클래스:** 어떤 QoS 요구 사항도 요구 하지 않는 데이터 스트림을 서비스 해 주기 위해서 디자인 되었으며 오직 최대 지탱 할 수 있는 대역폭만 명시해서 전달된다. 본 클래스에 속하는 플로우들은 여유 자원이 있는 경우에 서비스 된다.
위와 같이 802.16에서는 QoS를 만족 시켜 주기 위한 서비스를 위해서 클래스를 정의 하고 있다. 본 클래스들에게 만족 시켜 줄 수 있는 서비스를 제공 하기 위해서 표준에서는 클래스 마다 대역폭 할당 방식을 정의 해 놓았다.
- **UGS/ertPS 클래스:** 기지국에서는 해당 클래스에 속한 플로우들에 대해서 일정 주기로 일정량의 대역폭을 할당해 주도록 한다.
- **rtPS 클래스:** 기지국으로부터의 주기적인 폴링을 통해서 해당 플로우가 필요한 대역폭 양을 요청할 수 있도록 해 주고 이에 대해서 기지국에서는 스케줄을 통해서 단말에게 대역폭을 할당해 주도록 한다.
- **nrtPS 클래스:** 대역폭을 요청 하고자 하는 단말들끼리의 상향링크 부프레임에서의 경쟁영역을 통한 경쟁을 통해서 승리한 단말이 필요한 대역폭 정보를 기지국으로 전달해서 서비스 받을 수 있도록 한다.
- **BE 클래스:** 특정 대역폭 할당 방식이 존재 하지 않는다. 802.16 시스템에서는 위와 같이 응용 프로그램의 QoS 제공을 위해서 클래스별 대역폭 할당 방식을 지정

하여 서비스를 제공 하고 있다. 본 논문에서는 위의 서비스 클래스 중에서 rtPS 클래스의 대역폭 할당 방식에서 발생 할 수 있는 문제점을 해결 하고자 하며 자세한 사항은 다음 절을 통해서 설명 하겠다.

3. 제안 기법

3.1 문제제기

802.16/WiBro 시스템에서는 그림 2에서 보는 바와 같이 rtPS 클래스의 플로우들의 경우 기지국은 폴링을 통해서 rtPS 클래스 플로우에게 필요한 대역폭 요청을 받게 된다. 단말의 경우에는 기지국으로부터 폴이 오기를 기다리고 있다가 폴이 왔을 때 자신의 rtPS 플로우 큐에 쌓여 있는 패킷들을 총 양을 가지고 기지국에게 대역폭을 요청 하게 된다. 이에 대한 요청을 받은 기지국은 자신의 스케줄을 통해서 하향링크 부프레임을 통해서 단말이 플로우들을 전달 할 수 있도록 한다. 즉, 기지국과 단말들 사이에 rtPS 플로우들을 서비스 하게 될 때에는 폴이 왔을 때의 대역폭 요청이 가능 하다는 것과 대역폭 요청이 이루어지고 난 후에 대역폭을 할당 받는 때까지 걸리는 시간이 동적으로 변경 될 수 있다. 따라서, 지연에 민감한 속성을 가지고 있는 rtPS 클래스의 경우 제한된 지연 시간이 지나서 도착지에 도착했을 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 고려하면서 낭비 되는 대역폭을 줄임으로써 시스템의 전체적인 성능을 향상 시키고자 한다.

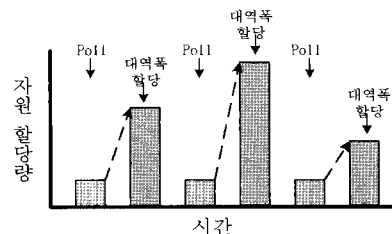


그림 2 기존의 rtPS 클래스 대역폭 할당 제공 방식

3.2 제안하는 알고리즘

우선, 단말은 자신의 응용 계층에서 전달되는 시점에 패킷들에게 타임 스탬프를 찍는다. 이는 해당 타임 스탬프 정보를 통해서 지켜져야 하는 제한 지연 시간과 현재 서비스 받고 있는 시간을 고려해서 해당 패킷이 수

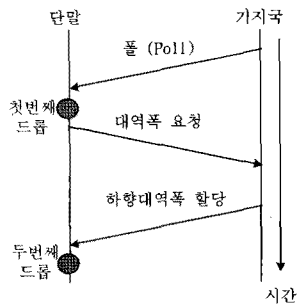


그림 3 제안하는 두 단계 드롭 기술

신 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 쓸모없이 낭비되는 경우를 줄임으로써 보다 효율적인 서비스를 제공 하고자 한다.

그림 3에서와 같이 기존의 802.16/WiBro 시스템에서 기지국은 단말에게 주기적으로 rtPS 클래스를 위해서 폴을 전달한다. 폴을 받은 단말은 자신의 rtPS 클래스에 속하는 큐들의 서비스 제공 받아야 하는 패킷들의 합계를 가지고 필요한 대역폭 할당을 기지국에게 요청한다. 이 때, 첫 번째 단계의 드롭 기술이 적용 된다. 첫 번째 단계에서는 단말은 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 찾아내고 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 기지국이 단말로부터 대역폭 요청 메시지를 받고 나서 자체적인 스케줄을 통해서 상향 부프레임을 통해서 단말이 필요한 상향 플로우들을 전송 할 수 있는 영역을 할당 받게 된다. 이 때, 단말은 해당 시점에서의 큐에 존재하는 패킷들을 점검 하고 이들 중에 지연 시간이 지나버린 패킷들의 유무를 체크해서 해당 패킷들을 드롭 함으로써 기지국으로부터 사용하도록 할당 받은 공간을 보다 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

4. 성능 평가

본 제안하는 알고리즘의 성능 평가를 위해서 국내외에서 가장 인정받고 있는 OPNET 시뮬레이터의 WiMax 모델러를 사용 하였다. 그림 4와 같은 시뮬레이션 토폴로지 환경하에서 UGS 플로우 1개, 2개의 rtPS 플로우, 그리고 2개의 nrtPS 플로우가 서비스 받는 상황에서 시

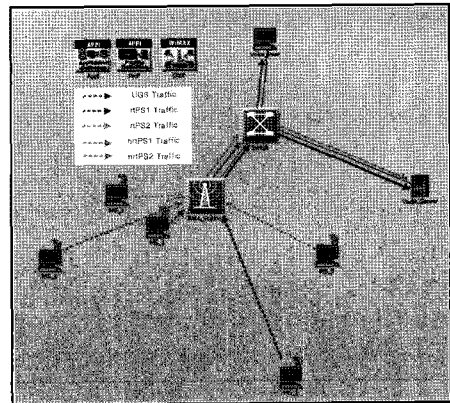


그림 4 시뮬레이션 토폴로지

뮬레이션을 수행 하였다.

우선, 본 논문에서 제기 하고 있는 문제점이 발생 하는 지에 대한 검증을 위해서 제안하는 알고리즘을 적용 하기 전의 rtPS와 nrtPS 플로우들의 성능을 그래프로 표현 해 보았다. 그림 5에서 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 전달된 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 성능 저하에 영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용 했을 때의 성능을 살펴보면 그림 6과 같다. 제안하는 알고리즘이 rtPS 클래스 플로우들을 서비스 하는데 있어서 지연 시간을 고려해서 대역폭 요청을 진행하고 또한, 대역폭 할당 시에도 지연 시간을 고려하여 서비스를 제공하기 때문에 그림 5의 성능과는 다르게 rtPS 클래스 플로우들도 성능의 향

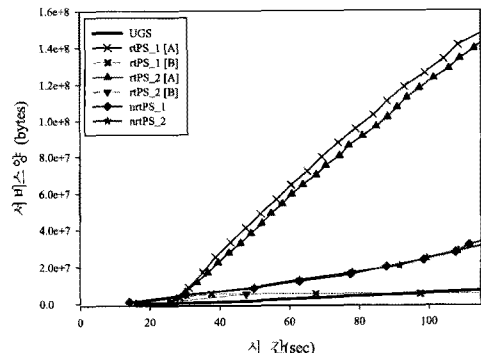


그림 5 rtPS 클래스의 대역폭 할당 문제점

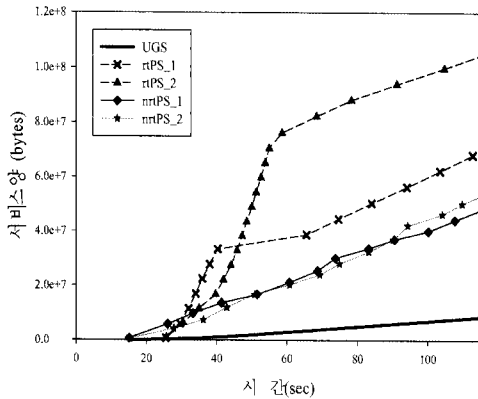


그림 6 제안하는 기법 적용 시 성능

상이 있음을 확인할 수 있었다. 또한, nrtPS 클래스 플로우들의 스루풋(throughput) 증가가 뚜렷하게 관찰 되었는데 이는 지연 시간을 보장하지 못하는 rtPS 패킷을 드롭함으로써 생기는 여분의 자원을 nrtPS 트래픽에 할당해 줄 수 있기 때문이다. 그리고 rtPS_1 플로우의 경우, 40초에서 65초까지 지나친 큐잉 지연으로 인해 지연 시간에 위배되기 때문에 거의 모든 패킷이 드롭된다. 이로 인해서 nrtPS 트래픽 뿐만 아니라 다른 rtPS 플로우, 즉 rtPS_2 플로우들의 스루풋 향상이 있음을 확인할 수 있다.

그림 7을 통해서 전체적인 시스템의 성능 비교 결과를 볼 수 있다. 그래프에서 볼 수 있듯이 제안 하는 알고리즘이 적용되기 전의 서비스 방식을 통해서 는 지연 시간의 위배 된 rtPS 플로우들에게 무의미 하게 대역폭을 할당 해 주고 서비스 해 주기 때문에 성능 저하가 발생 하고 제한적인 자원을 효율적으로 사용 할 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 제공함으로써 전체적인

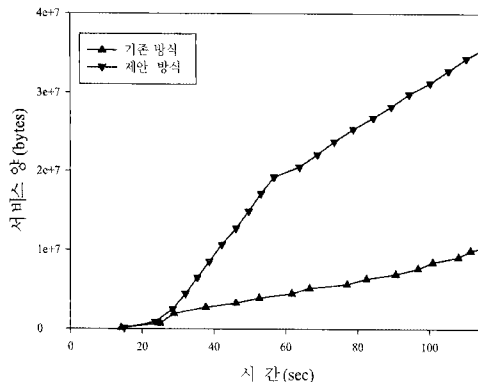


그림 7 전체 시스템 성능 비교

성능 향상을 보여 주고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

802.16 시스템은 광대역의 무선 네트워크로서 사용자들에게 QoS 서비스를 제공 해 주기 위해서 클래스를 정의 하고 이에 대한 세부적인 요구 조건을 명시 하고 있다. 또한, 각 클래스 별의 대역폭 할당 방식을 명시 함으로써 보다 만족스러운 서비스 환경을 제공 해 줄 수 있도록 한다. 그 중에 rtPS 서비스 클래스를 서비스 하는데 있어서는 기지국으로부터의 풀링을 통해서 단말 이 필요한 대역폭을 요청 하고 이를 바탕으로 해서 기지국이 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 rtPS 클래스를 위한 대역폭 할당 방식을 고려 한 두 단계 드롭 기법을 적용함으로써 이런 문제를 해결 하고자 하였다. 성능 평가를 통해서 본 기법을 통한 성능 향상을 확인할 수 있었으며 이는 간단하면서도 제한된 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 실제 시스템에 적용 가능성이 있으리라 판단된다.

참고 문헌

- [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, Feb. 2005.
- [6] Alexander Sayeko, Olli Alanen, Juha Karhla, and Timo Hamalainen, "Ensuring QoS requirements in 802.16 Scheduling," MSWiM, Oct. 2006.