

IEEE 802.16에서 서비스 품질 향상을 위한 새로운 스케줄링 기법

이임성^o, 정광수

광운대학교 전자공학부 컴퓨터통신연구소

islee^o@adams.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

A Novel Scheduling Mechanism to Improving Quality of Service for IEEE 802.16 Standard

ImSung Lee^o, Kwangsue Chung

School of Electronics Engineering, Kwangwoon Univ.

요 약

IEEE 802.16 광대역 무선 접속망에서 QoS 보장을 위한 스케줄링 기법은 매우 중요하고 활발히 연구되고 있는 분야중 하나이다. 현재 IEEE 802.16 표준에 QoS 보장을 위한 메커니즘들이 정의되어 있지만 실제로 이것에 대한 시스템 구현은 설계자의 몫이다. 또한 기존에 제안되었던 메커니즘들은 각 커백션들의 공정성과 대역폭 효율 측면에 취약하게 설계되어 왔다. 따라서 본 논문은 IEEE 802.16 표준에 정의된 4가지 QoS Class들중 nrtPS와 BE class를 이용하여 각각의 커백션에 대한 공정성과 대역폭 할당 효율을 극대화하였고, 이를 위하여 새로운 스케줄링이 구현된 아키텍처를 제안한다. 최종적으로 NS-2 시뮬레이터를 이용한 실험결과를 통해 성능 향상 시키는 것을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

최근 들어 무선망에서 보다 넓은 서비스 지역, 높은 속도의 인터넷 서비스 및 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증가 되어 지고 있다. 이에 부응하여 IEEE 802.16 광대역 무선 접속(Broadband Wireless Access) 서비스는 빠른 접속, 큰 용량, 낮은 유지비와 업그레이드 비용 등 여러 가지 장점들을 가지고 등장하였다. 이와 같은 IEEE 802.16 시스템에서의 통신경로는 BS(Base Station)과 SS(Subscriber Station) 사이의 상향링크(SS에서 BS)와 하향링크(BS에서 SS) 두가지 경로가 있다. 대역폭 할당은 SS가 BS에게 상향링크 대역폭 할당을 위해 요청(Request)하고 BS는 요청에 대해 GPC(Grant Per Connection)/GPSS(Grant Per Subscriber Station) 두가지 방법을 사용하여 주는 방식을 사용하고 있다[1]. 또한 IEEE 802.16은 UGS, rtPS, nrtPS, BE 이와 같은 특별한 4가지의 스케줄링 서비스를 지원하고 QoS(Quality of Service) 보장을 위해 여러 가지 메커니즘들을 다루고 있지만 실제 세부적인 디자인은 개발자의 몫으로 남아있다[2]. 이러한 이유로 QoS를 제공하기 위하여 적절한 아키텍처 제안의 필요성이 대두되고 있다. 하지만 IEEE 802.16 표준에서 QoS를 제공하기위한 방법 중 대부분이 스케줄링 같은 특별한 모듈로 제한되어 왔고 지금까지 표준에 제안되었던 여러 가지 QoS 보장을 위한 아키텍처와 스케줄링 들은 효율적인 대역폭 할당과 공정성 측면을 심각히 고려하지 않아왔다[3].

따라서 본 논문에서는 IEEE 802.16 표준의 QoS 메

커니즘을 지원하기 위한 보다 넓은 범위의 아키텍처 및 안정적인 QoS 지원을 위해 새로운 스케줄러, 요청(Request)/수락(Grant) 매니저 등을 제안하였고 경쟁기반의 서비스 플로우인 nrtPS와 BE에 대해서 요청 스케줄링 메커니즘(Request Scheduling Mechanism)을 통해서 각각의 커백션들이 보다 공정하고 지연을 최소화한 경쟁을 할 수 있도록 제안하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 통해 본 논문에서 제안한 스케줄링과 아키텍처에 의해 각 커백션별 공정한 대역폭을 할당하고 대역폭 할당 효율을 극대화 하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 IEEE 802.16 표준에 대한 전반적인 시스템 구성과 기존의 QoS 보장을 위한 메커니즘과 스케줄링 기법을 소개하고 3장에서는 본 논문이 제안하는 새로운 스케줄링 기법과 아키텍처에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 스케줄링 기법과 아키텍처의 성능을 평가하기 위한 실험과 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 기술 한다.

2. 관련 연구

2.1 IEEE 802.16 BROADBAND WIRELESS ACCESS

IEEE 802.16 BWA 시스템은 그림1 과 같이 최소한 1개의 BS와 한 개 혹은 여러개의 SS들로 이루어져 있다. 각각의 SS는 VoIP(Voice Over Internet Protocol), Video, VOD(Video On Demand)등 많은 통신 장치들의 액세스 포인트(Access Point)를 지원한다. BS는 중심 노드이고 SS는 BS로부터 멀리 떨어진 곳에 위치한다. 시스템은 상향링크와 하향링크 전송에 대해 시분할 다중 접속 기술(TDMA/TDM)을 지원하고, 프레임은 상향링크 서브프레임과 하향링크 서브프레임으로 나누어진다[2].

*본 연구는 한국과학재단 특정기초연구[R01-2005-0000-10934-0(2006)]의 지원에 의해 수행되었음.

SS에서 BS로 높은 순위의 트래픽에 대한 요청이 도착했을 때 BS는 정적 대역폭 할당과 동적 대역폭 할당 두 가지 방법으로 대역폭을 할당한다[4]. 서버프레임은 수많은 시간 조각(Time Slots)들로 이루어져 있고 BS와 SS사이의 동기화 완료 후 시간 조각들을 통해 데이터를 전송한다.

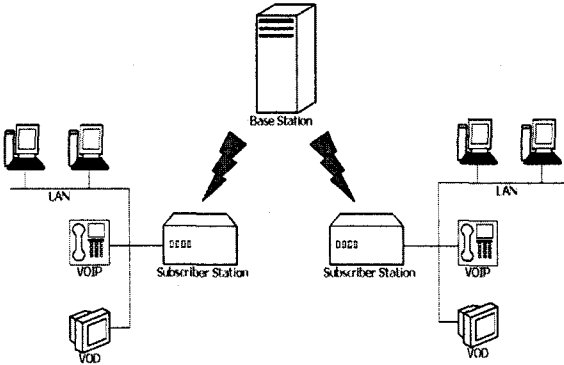


그림 1. Broadband Wireless Access

2.2 IEEE 802.16 스케줄링 및 대역폭 할당

패킷 스케줄링 알고리즘은 일반적으로 주어진 자원을 여러 사용자들이 공유하기 위해 필요한 전송 순서를 결정하는 알고리즘으로 사용자의 QoS와 시스템의 성능을 결정하는 중요한 절차가 된다. IEEE 802.16은 다음과 같은 각각 다른 QoS를 지원하는 4가지의 서비스 플로우 타입을 정의한다.

1) Unsolicited Grant Service(UGS)

VOIP 및 T1/E1 처럼 주기적으로 일정 크기의 데이터 패킷을 발생시키는 실시간 상향링크 서비스 플로우를 지원하도록 설계된다. 서비스는 실시간 주기로 일정한 크기의 수락을 제공하고 단말 요청의 오버헤드와 지연을 없애고 수락이 플로우의 실시간 요구를 만족시킬 수 있도록 보장한다.

2) Real Time Polling Service(rtPS)

MPEG(Motion Picture Experts Groups)비디오처럼 가변크기의 데이터 패킷들을 주기적으로 발생시키는 실시간 상향링크 서비스 플로우 기능을 지원하도록 설계된다. 서비스는 실시간 주기성 단방향 요청 기회를 제공하고 플로우의 실시간 조건을 만족시키며 이에 의해서 단말은 원하는 수락의 크기를 지정하는 것이 허용된다.

3) Non-Real Time Polling Service(nrtPS)

단방향 poll 기능을 주기적으로 제공하며 통신망 폭주 상태에서도 상향링크 서비스 플로우가 요청 기회를 수신할 수 있도록 보장한다.

4) Best-Effort Service(BE)

이 서비스는 HTTP(HyperText Transport Protocol)와 같은 Best Effort 트래픽을 위한 효율적인 서비스를 제공한다

IEEE 802.16 표준에서 대역폭 할당 방식은 SS와 BS 간의 필요한 대역폭의 양에 의해 특별한 요청과 수락을 사용하고, BS는 다음과 같이 두 가지 모드로 대역폭을 할당한다.

1) Grant Per Connection(GPC)

각각의 커넥션에 따라 대역폭할당.

2) Grant Per Subscriber Station (GPSS)

SS가 자신의 커넥션에 대한 전송 기회를 요청하고 그것들에 대한 대역폭 할당.

위와 같이 802.16 BWA 표준에서는 사용자의 위치에 따른 채널상태에 의해 전송률이 달라지기 때문에 사용자 간의 공정성이 보장될 수 없다. 즉 채널상태가 좋은 사용자를 우선적으로 할당하게 되면 시스템의 전체 수율은 극대화 할 수 있다. 예를 들어 전체 사용자수가 많을 경우에는 좋은 채널 상태에 있는 사용자수가 많아질 확률이 높아지므로 이들을 선택하여 할당함으로써 전체 수율이 높아질 수 있다. 그러나 항상 채널상태가 좋은 사용자만을 우선적으로 선택하여 할당하게 되면 사용자 간의 공정성이 확보 될 수 없다.

3. 제안한 메커니즘

3.1 대역폭 할당과 요청 메커니즘

IEEE 802.16 표준에는 망 진입 및 초기화 단계에 있는 동안 각각의 단말에는 제어 메시지를 전송하고 수신하기 위한 전용 CID(Connection Identifier)가 최대 3개 할당된다[2]. 압축할 수 없는 일정한 통신 속도의 UGS 커넥션을 제외한 모든 서비스에 증가 또는 감소하는 대역폭 조건이 필요하다. 특히 BE 스케줄링 서비스를 갖는 커넥션에 대해 단말이 대역폭을 요청할 필요가 있을 때 단말은 직접적인 조건을 포함하여 기지국에 메시지를 전송한다. 이것을 요청(Request)라 한다. 요청은 다음과 같이 두가지 종류가 있다. 해당 커넥션과 관련하여 요청된 대역폭의 크기를 기지국이 현재 식별하고 있는 대역폭 필요사항에 추가하는 증분형(Incremental)과 기지국이 식별하고 있는 해당 커넥션의 대역폭 필요사항을 요청된 대역폭의 필요사항을 요청된 대역폭의 크기로 대체하는 집단형(Aggregate)이 있다.

본 논문에서 요청에 대한 정책은 다음과 같이 제안된 메커니즘을 따른다. 그림2 에서와 같이 단말의 Request Module에서 각각의 커넥션의 프레임에 대한 하나의 요청을 생성한다. 또 단말은 주기적으로 집단형 대역폭 요청을 전송한다. 이 주기들은 식(1), (2) 와 같이 링크 속성과 QoS 함수에 의해 결정된다. 집단형 요청을 제외한 다른 모든 경우의 요청은 증분형 요청을 따른다.

$$Inc_i = \sum_{i=0}^{current} (queue.len_i)_{LastAccepted} \tag{1}$$

$$Agg_i = \sum_{i=0}^{current} (queue.len_i)_{LastAccepted} - (queue.len)_{current} \tag{2}$$

Inc_i 와 Agg_i 는 커백션 i 에 대한 증분형과 집단형 요청을 나타내고 $(queue.len)_i^{current}$ 는 현재의 i 번째 커백션의 큐길이 $(queue.len)_i^{LastAccepted}$ 는 Request Module에 의해 선택된 커백션의 마지막 요청의 큐 길이를 나타낸다. 각각의 단말에 있는 제안된 Request Module에 의해 요청이 생성되고 식(1)과 (2)에 의해 가장 작은 값을 갖는 커백션에 대한 요청이 전송된다. 즉 각각의 커백션에 대해 요청전에 할당된 대역폭을 계산하여 가장 적은양의 대역폭을 할당받은 커백션에 대해 증분형 요청 전송의 우선순위를 부여한다. 또한 한 주기안의 각 커백션에 대한 전체 대역폭 할당량을 계산하여 가장 적은 대역폭을 할당받은 커백션에 대해 집단형 요청을 허락함으로써 전체 커백션에 대한 공정성을 유지할 수 있고 대역폭 할당 효율성을 극대화 시킬 수 있다.

각 클래스별 SS의 스케줄링 전략은 다음 표 1 에서와 같이 기존의 IEEE 802.16 표준의 스케줄링 방법과 본 논문에서 제안한 스케줄링 방법을 이용 한다

표 1. SS의 scheduling

Priority	Service Flows	Queueing Policy
1	UGS	wireless Packet scheduling
2	rtPS	wireless Packet scheduling
3	nrtPS	proposed scheduling
4	BE	proposed scheduling

3.2 IEEE 802.16 아키텍처

IEEE 802.16 표준의 QoS 메커니즘은 요청과 수락/폴링(Polling)과 대역폭 할당 이렇게 대응하여 존재한다. 그림2 와 그림3는 본 논문에서 제안한 아키텍처로써 상위계층으로 부터 수신된 SDU를 CS SAP를 통해 CS에서 QoS를 위해 스케줄링 되고 최종적으로 물리계층을 통해 전송되기까지의 과정을 나타낸 그림이다. 그림2 와 그림3에 나타난 MAC계층의 각 모듈에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

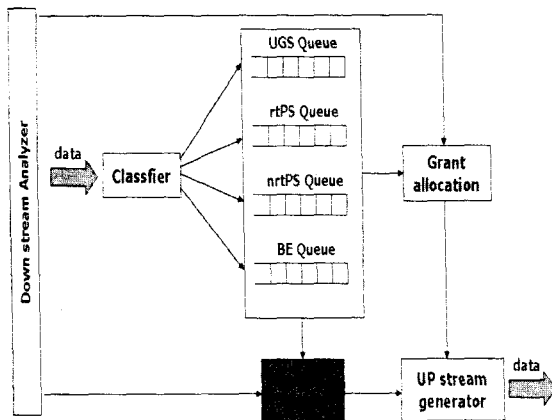


그림2. Subscriber Station

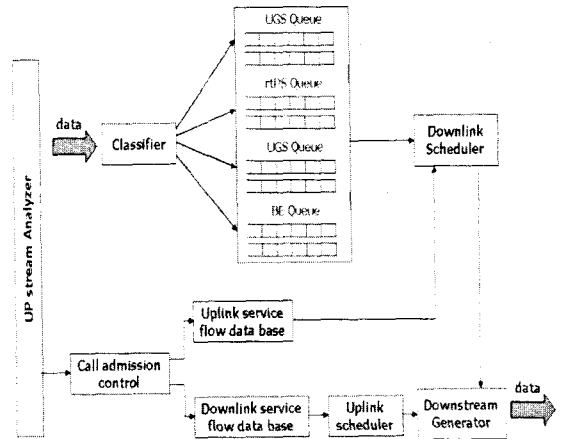


그림3. Base Station

1) Data Classifier

상위 레이어로부터 들어오는 MAC SDU가 특정 QoS에 맞게 Traffic Queue에 적재시켜준다. 유일한 CID들은 각각의 큐를 식별하게 해준다.

2) Grant Allocation

각각의 SS는 그 단말이 획득한 전체 대역폭을 QoS 특성에 맞게 커백션 별로 재분배한다.

3) Uplink Scheduler

BS는 단말로부터 받은 대역폭 요청에 의해 활성화중인 SS들에 대한 전체 상향링크 대역폭을 각각 커백션의 QoS 특성에 따라 나누어 준다. 이것에 의해 각각의 SS들은 특별한 시간 조각들을 할당받는다.

4) Downlink Scheduler

BS는 하향링크 커백션들 중에서 완전한 하향링크 대역폭을 분배한다.

5) Downstream Scheduler

Uplink 스케줄러에 의해 생성된 메시지를 최종적으로 송신하는 송신한다.

6) Request Module

각 커백션에 대한 공정성과 대역폭 효율을 극대화하기 위하여 제안한 모듈로서 요청 전송에 있어서 3.1절의 매커니즘을 따른다.

4. 실험 환경 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 버클리 대학의 NS-2(Network Simulator)[5]를 사용하였다. 현재 NS-2 시뮬레이터내에 802.16 모듈이 구현되어 있지 않기 때문에 802.11 라이브러리를 참고 수정하여 사용하였다. 이 실험의 목적은 제안한 아키텍처가 지연, 대역 할당, 공정성의 관점에서 QoS의 제공을 확인하기 위함이다. 실험 환경은 그림 4와 같이 상향링크와 하향링크의 최대용량이 70Mbps인 BS 1개와 SS 3개로 이루어져 있고, 성능 비교를 하기 위하여 BS와 SS사이 TCP 패킷을 전송하였다. TCP 패킷의 속성과 QoS 클래스별

대역폭은 아래의 Table 2와 같이 4개의 class 별 대역폭을 세팅하고 각각의 프레임당 들어갈 수 있는 패킷의 수는 20으로 제한하였다.

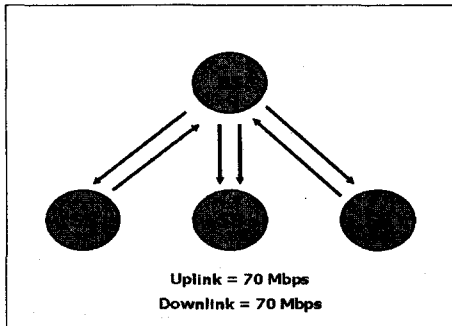


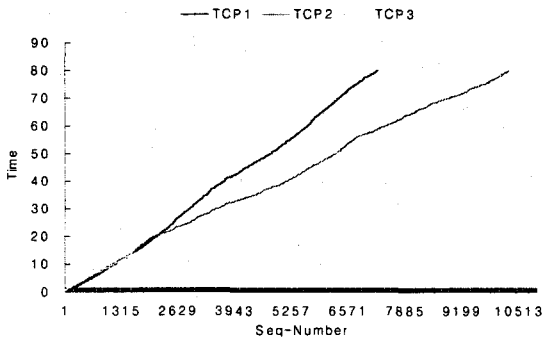
그림4. network topology

표 2. Simulation Parameters

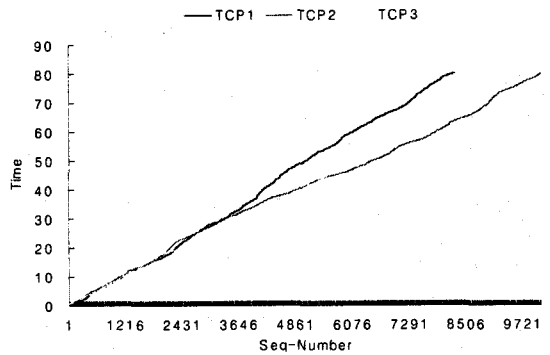
프레임의 크기(전송 시간)	1 msec
프레임당 패킷의 수	20
UGS 대역폭	2.5 Mbps
rtPS 대역폭	2.5 Mbps
nrtPS 대역폭	2.5 Mbps
BE 대역폭	10 Mbps

제한한 메커니즘의 비교성능을 위해 상향링크/다운링크 스케줄러는 Leaky Bucket과 Token Bucket 알고리즘을 사용하였다. 또 본 논문에서 제안한 Request Module은 3장에서 제안한 기법을 구현하였다. 공정한 대역폭 할당은 BE와 nrtPS와 관련된 파라미터이기 때문에 실시간 서비스 플로우(UGS, rtPS)에 대해서는 본 실험에서는 고려하지 않았다.

실험결과는 각각의 커넥션에 대하여 BS에서 SS로의 TCP패킷의 전송결과를 나타내고 있다. TCP 패킷의 전송은 각 커넥션들의 대역폭 할당과 직접적인 연관성이 있다. 즉 일정한 시간안에 각각의 커넥션에 TCP 패킷을 전송하여 많은 양의 전송량을 가진 커넥션은 그만큼 많은 대역폭을 BS로부터 할당 받았다고 볼 수 있다.



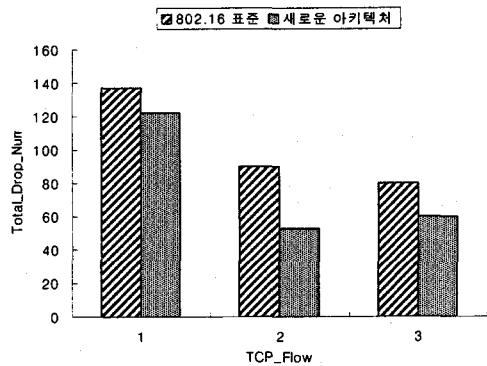
<그림5. 802.16 표준 아키텍처 TCP 플로우>



<그림6. 제한한 스케줄링 아키텍처 TCP 플로우>

그림5와 같이 기존의 802.16표준은 유일한 CID를 갖는 많은 커넥션들에 대한 적합한 스케줄링 방식이 없었기 때문에 공정성, 대역폭 할당 측면에서 좋지 않은 결과를 나타내었다. 하지만 그림6과 같이 본 논문에서 제안한 새로운 스케줄링 아키텍처를 사용한 경우는 각각의 커넥션에 공정하게 대역폭을 할당 하는 것을 볼 수 있다.

그림 7을 통하여 각 커넥션에 대한 전체 performance와 신뢰성 또한 향상되었다는 것을 확인할 수 있다.



<그림7. total Drop 패킷 횟수>

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA에서 기존에 제안되었던 QoS 보장을 위한 기법들의 문제점을 극복하고자 Request Module을 추가하고, 이 모듈내에 새로운 스케줄링을 구현하였다. 그 결과 각 커넥션별 요청 기회를 조절함으로써 보다 효율적이고 공평한 대역폭 할당이 가능하게 되었고, 시뮬레이션 결과를 통하여 성능 향상시키는것을 확인 하였다

향후에는 UGS나 rtPS와 같은 폴링기반의 서비스 플로우에 대해서도 보다 공평하고 효율적인 스케줄링 기법에 대해 연구할 것이다

6. 참고 문헌

- [1] Hawa, M.; Petr, D. W.; "Quality of service scheduling in cable and broadband wireless access system", Quality of Service, 2002. Tenth IEEE International Workshop on, May 2002, pp. 10 – 13.
- [2] IEEE P802.16-REVd/D5-2004: "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System".
- [3] GuoSong Chu; Deng Wang; shunliang Mei: "A QoS architecture for the MAC protocol of IEEE 802.16 BWA system" Communication, Circuit and System and West Sino Expositions, IEEE 2002 International Conference on, Volume:1, July 2002, PP.435-39.
- [4] K. Vinay; N. Sreenivasulu; D. Das: "Performance Evaluation of End-to-end Delay by Hybrid Scheduling Algorithm for QoS in IEEE 802.16 Network", Wireless and optical Communication Network 2006 IFIP International Conference on, April 2006.
- [5] The network simulator ns-2. <http://www.isi.edu/nanam/ns/>.