

IEEE 802.16 에서 ACK 정보를 이용한 실시간 서비스 플로우 스케줄링 기법

이임성⁰, 이선현, 이승형, 정광수

광운대학교 전자공학부 컴퓨터통신연구실

islee⁰@adams.kw.ac.kr, shlee@adams.kw.ac.kr, shrhee@daisy.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

The Real-Time Polling Service(rtPS) Flow Scheduling Scheme Using ACK information for IEEE 802.16 Standard

ImSung Lee⁰, SunHun Lee, SeungHyong Lee, 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 메커니즘은 각 커백션들이 요구하는 서비스 품질을 만족시키지 못하고 있다. 특히 딜레이에 민감한 rtPS 서비스 플로우에 대한 특성화된 스케줄링 메커니즘의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 본 논문은 IEEE 802.16 표준에 정의된 4가지 QoS Class들중 실시간 서비스 및 멀티미디어 서비스 클래스인 rtPS 클래스에 대하여 각각의 커백션이 높은 QoS를 만족할 있도록 ACK 정보를 이용한 스케줄링을 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 서비스 트래픽을 지원하고 QoS(Quality of Service) 보장을 위해 여러 가지 메커니즘들을 다루고 있지만 실제 세부적인 디자인은 개발자의 몫으로 남아있다[2]. 또한 최근들어 멀티미디어 서비스와 그에 상응하는 높은 QoS 지원에 대한 요구가 증가되어지고 있다. 이러한 이유로 QoS를 제공하기 위하여 적절한 스케줄링 제안의 필요성이 대두되고 있다. 하지만 기존의 무선망 스케줄링 기법의 무선망에서의 적용은 무선채널의 특성, 즉 시간에 따라 채널 자체의 용량이나 채널의 퀄리티에 있어서 많은 변화가 있고 멀티패스의 경우 페이딩 현상이 발생하는 문제점들이 있다.

따라서 본 논문에서는 물리계층에서 HARQ를 지원하는 다중 연결에 대한 rtPS 서비스 플로우 QoS를 지원하기 위하여 ACK 정보를 이용한 우선 순위 기반의 스케줄링을 제안한다. 이를 위해 MAC 계층에서 사용하는 ack패킷의 RTT(Round-Trip-Time)를 측정하여 채널상태를 확인하고 이정보를 스케줄링 기법에 사용한다. 이를 통해서 각각의 커백션들이 보다 높은 QoS를 만족하도록 제안하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 통해 본 논문에서 제안한 스케줄링 기법에 의해 멀티미디어 서비스에 적합한 QoS를 제공 하고 있다는 것을 확인할 수 있다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 IEEE 802.16 표준에 대한 전반적인 시스템 구성과 표준에서 정의된 HARQ의 디자인 방법을 소개하고 3장에서는 본 논문이 제안하는 rtPS 서비스 플로우의 커백션의 QoS 보장을 위해 제안한 새로운 스케줄링 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 스케줄링 기법의 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 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2005-000-10934-0)

SS에서 BS로 높은 순위의 트래픽에 대한 요청이 도착했을 때 BS는 정적 대역폭 할당과 동적 대역폭 할당 두 가지 방법으로 대역폭을 할당한다[3]. 서브프레임은 수많은 시간 조각(Time Slots)들로 이루어져 있고 BS와 SS사이의 동기화 완료 후 시간 조각들을 통해 데이터를 전송한다.

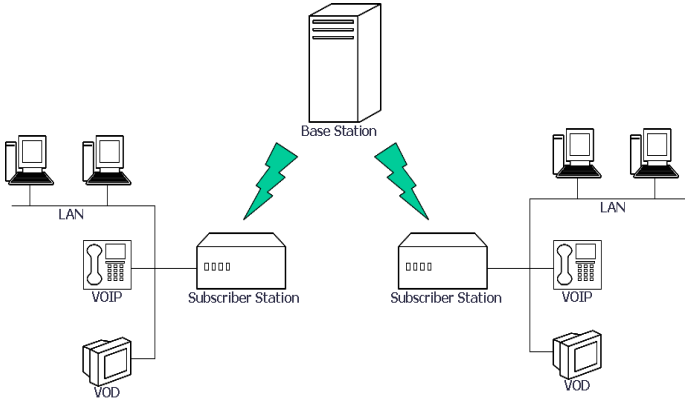


그림1. Broadband Wireless Access

2.2 MAC 계층의 QoS 아키텍처

IEEE 802.16 시스템의 MAC 계층에서는 다음과 같은 4개의 QoS 클래스를 지원한다

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 만족 시킬 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)

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

각각의 QoS 클래스에 대한 특징과 요구사항은 IEEE 802.16표준에 나와있다. 하지만 각각의 트래픽에 대한 스케줄링 기법이나 트래픽정책은 설계자의 몫으로 남아 있다.

2.3 IEEE 802.16 의 ARQ

IEEE 802.16의 ARQ는 각각의 커백션에 대해 적용할 수 있다. 커백션이 생성되는 동안 커백션별 ARQ가 규정되고 결정된다[2]. ARQ의 동작 과정은 그림2 와 같다. 블록은 4개의 상태 즉, “전송되지않음”, “무시됨”, “재전송을 위해 기다리는 중” 등 한가지 상태에 있을 수 있다. 각 ARQ 블록은 “전송되지 않음” 상태에서 시작한다. 전송된 후에는 ARQ_RETRY_TIMEOUT이라는 시간동안 “미결정 상태”로 전환된다. 어떤 블록이 미결정 상태에 있는 동안에는 확인을 받고 무시되거나 ARQ_RETRY_TIMEOUT 또는 NACK 후에 재전송을 기다리고 있는 상태로 전이된다. 확인이 부정적이면 ARQ 블록은 ARQ_RETRY_TIMEOUT 시간이 종료되기 전에 “재전송을 기다리는 중”으로 전이 될 수 있다. ARQ 블록 상태는 ARQ 블록을 위한 ACK 메시지가 수신되거나 ARQ_BLOCK_LIFETIME 타임아웃후에 “재전송을 위해 기다리는중” 상태에서 “무시됨” 상태로 변경될 수도 있다.

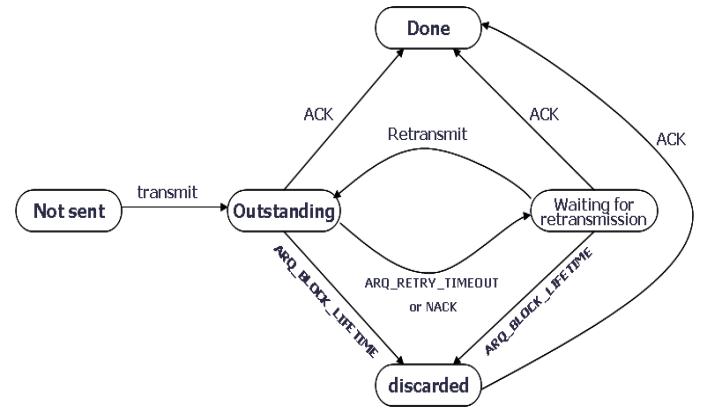


그림2. ARQ transmit block states

위와 같이 각 커백션에 대한 피드백 정보로써 ACK 나 NACK 메시지를 받을 수 있고 이 정보를 이용하여 채널의 상태를 파악할 수 있게 된다

3. 제안한 스케줄링 디자인

IEEE 802.16 표준에는 망 진입 및 초기화 단계에 있는 동안 각각의 단말에는 제어 메시지들을 전송하고 수신하기 위한 전용 CID(Connection Identifier)가 최대 3 개 할당된다[2]. 본 논문에서 논의하고자 하는 rtPS 커백션에 대해서 QoS 보장을 위한 증가 또는 감소하는 대역폭 조건이 필요하다. 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 커백션과 관련하여 요청된 대역폭의 크기를 기지국이 현재 식별하고 있는 대역폭 필요사항에 추가하는 증분형(Incremental)과 기지국이 식별하고 있는 해당 커백션의 대역폭 필요사항을 요청된 대역폭의 필요사항을 요청된 대역폭의 크기로 대체하는 집단형(Aggregate)이 있다.

본 논문에서 요청에 대한 정책은 다음과 같이 제안된 메커니즘을 따른다. 커백션 i 는 rtPS 각각의 커백션에

대한 CID를 의미한다. 시간 t 일때 커백션 i 에 대한 N_r 타임슬롯을 이용해 전송가능한 용량 $C_i(t)$ 는 다음(1)식과 같다

$$C_i = N_r R_i(t) \dots \dots \dots (1)$$

MAC 레이어의 스케줄러는 식(2)와 같이 rtPS커백션에 대해 N_r 타임 슬롯을 할당하여준다.

$$i^A = \arg \text{Max } \alpha_i(t) \dots \dots \dots (2)$$

$\alpha_i(t)$ 는 시간 t 일때 i 커백션에 대한 우선순위 함수값이다.

3.1 rtPS 커백션 스케줄링

rtPS 커백션을 위해서 ACK채널의 ACK 응답속도(RTT)를 보고 채널의 상태를 확인한다. $Ack(t)$ 는 시간 t 일때 Ack패킷의 Round-Trip-Time을 의미한다. $D_i(t)$ 는 i 번째 rtPS 커백션의 QoS를 보장하기 위한 최소 지연값을 의미한다. $D_i(t)$ 에 대한 계산은 다음 식 (3)번과 같다.

$$D_i(t) = T_i - W_i(t) \dots \dots \dots (3)$$

T_i 는 i 번째 커백션에 대한 패킷이 큐에 적재되어 기다릴 수 있는 최대 지연시간을 말한다. $W_i(t)$ 는 패킷이 버퍼에 적재된 순간부터 시간 t 까지의 기다린 시간을 말한다. rtPS 커백션에 대한 앞의 식(2)에서 나왔던 우선순위 함수값에 대한 공식은 다음 식(4)와 같다.

$$\alpha_i(t) = \begin{cases} \beta_{rtPS} Ack(t) \frac{1}{D_i(t)} & \text{when } R_i(t) \neq 0 \dots (4) \\ 0 & \text{when } R_i(t) = 0 \end{cases}$$

β_{rtPS} 는 rtPS 커백션 스케줄링에 대한 우선순위 파라미터 값으로써 상수값이 되겠다. 예를들면 UGS, rtPS, nrtPS, BE 서비스 플로우에 대한 우선순위가 $UGS > rtPS > nrtPS > BE$ 과 같다고 할때 $\beta_{UGS} = 1.0 > \beta_{rtPS} = 0.8 > \beta_{nrtPS} = 0.6 > \beta_{BE} = 0.4$ 같이 정의할수 있겠다. ACK 채널을 통해 얻은 ACK의 응답 속도($Ack(t)$)로써 채널의 상태를 확인하고(재전송 타임아웃시 최대값 부여) 채널상태가 좋은 경우 PHY단의 AMC에 의해 데이터 전송률이 높아지기 때문에 스케줄링에 있어 낮은 우선순위를 부여받고 반대로 채널 상태가 좋지않다고 판단될 때 높은 우선순위를 부여하여 준다. 또 위의 식 (3)번에 의해 구해진 rtPS 커백션이 QoS를 만족하기 위해 t 시점에서 큐에서 기다릴 수 있는 시간 $D_i(t)$ 값에 의해 최대 기다릴 수 있는 시간이 짧으면, 높은 우선순위를 부여하고, QoS를 보장할 수 있는 범위 내에서 기다릴 수 있는 시간이 많이 남아 있다면 낮은 우선순위를 부여한다. 최종적으로 딜레이에 민감한 실시간 서비스 및 멀티미디어

서비스 플로우인 rtPS 커백션에 있어서 딜레이를 최소화함으로써 QoS보장을 극대화 할 수 있다.

4. 실험 환경 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 버클리 대학의 NS-2(Network Simulator)[4]를 사용하였다. 현재 NS-2 시뮬레이터내에 802.16 모듈이 구현되어 있지 않기 때문에 802.11 라이브러리를 참고 수정하여 사용하였다. 이 실험의 목적은 rtPS 커백션에 대해 제안한 스케줄러가 각각의 커백션의 지연을 최소화하여 실시간 및 멀티미디어 서비스 관점에서 QoS의 제공을 확인하기 위함이다. 실험 환경은 그림 4와 같이 상향링크와 하향링크의 최대용량이 50Mbps인 BS 1개와 SS 1개로 이루어져 있고, 성능 비교를 하기 위하여 BS와 SS사이 3개의 rtPS 서비스 플로우 커백션을 이용해 TCP 패킷을 전송하였다.

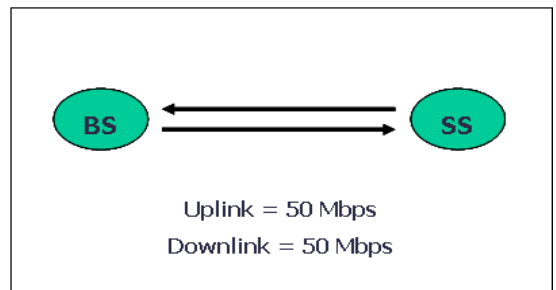
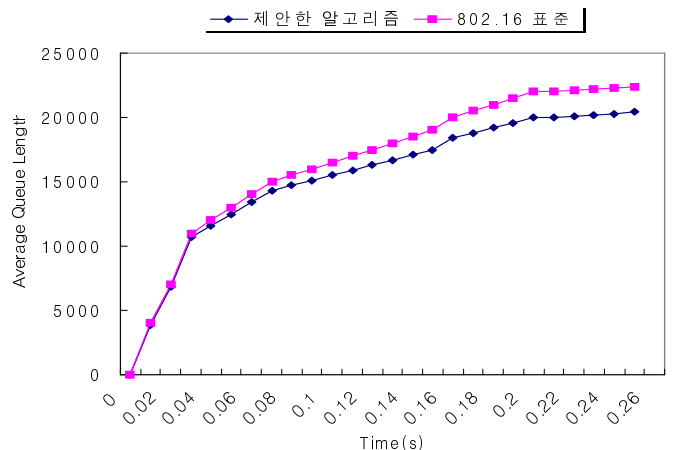


그림4. network topology

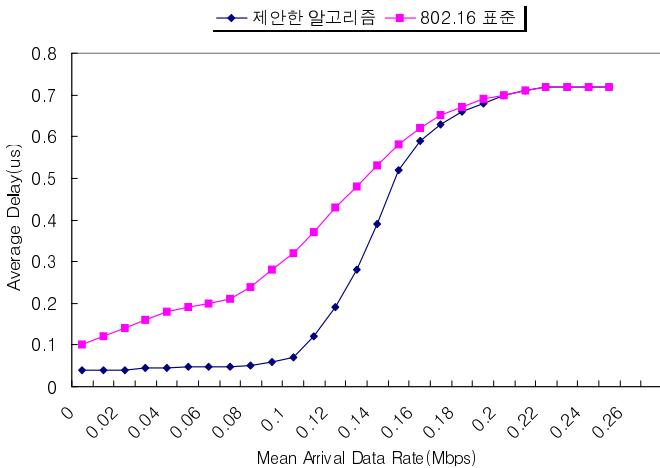
rtPS 큐에 적재되는 데이터 전송속도는 1Mbps이고 큐로부터 전송되는 데이터 전송속도는 2Mbps이다. 평균 패킷 사이즈는 200byte 크기의 TCP패킷을 이용하고 시뮬레이션 결과는 2000개의 패킷 전송 인터벌을 기준으로 한다. 제안한 메커니즘의 비교성능을 위해 상향링크/다운링크 스케줄러는 Leaky Bucket과 Token Bucket 알고리즘을 사용하였다. 또 본 논문에서 제안한 스케줄러는 오직 rtPS 서비스 플로우에 적용하였기 때문에 나머지 UGS, nrtPS, BE서비스 플로우에 대해서는 본 실험에서는 고려하지 않았다.



<그림5. 평균 큐의 길이>

Network 2006 IFIP International Conference on, April 2006.

[4] The network simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nanam/ns/>.



<그림6. 평균 딜레이>

실험결과는 다음과 같다. 그림5와 같이 기존의 802.16표준은 rtPS 서비스 플로우의 CID를 갖는 많은 커백션들에 대한 적합한 딜레이를 최소화한 스케줄링 방식이 없었기 때문에 커백션의 큐의 길이가 크다는 문제점이 있지만 본 논문에서 제안한 새로운 스케줄링 방식을 사용한 경우는 ACK 정보를 이용하여 채널의 상태를 확인하고 스케줄을 하기 때문에 큐의 사이즈가 작다는 것을 확인할 수 있었다.

또한 최종적으로 그림 6을 통하여 실제로 딜레이를 측정해본 결과도 제안한 스케줄링 알고리즘이 기존의 방식보다 최소화한 딜레이를 가짐으로써 각 커백션에 대한 전체 performance가 크게 향상되었다는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA에서 딜레이에 민감한 실시간 서비스 플로우인 rtPS서비스 플로우에 대한 QoS 보장을 위하여 ACK 채널의 정보를 이용한 스케줄링 기법을 제한 하였다. 그 결과 각 커백션의 요청기회를 조절함으로써 보다 효율적이고 딜레이를 최소화한 대역폭 할당이 가능하게 되었고, 시뮬레이션 결과를 통하여 성능 향상 시키는 것을 확인 하였다.

향후에는 본 논문에서 제외된 UGS, nrtPS, BE 서비스 플로우에 대해 각각의 플로우의 QoS 보장을 위한 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] 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