

802.16 BWA 시스템에서 UGS 알고리즘의 유휴 대역을 이용한 효율적인 상향링크 알고리즘

이재길^o 윤희용

성균관대학교 컴퓨터공학과

{jaekil^o, youn}@ece.skku.ac.kr

An Efficient Uplink Algorithm Using Unused UGS Bandwidth in IEEE 802.16 BWA System

Jaekil Lee^o Hee Yong Youn

Department of Computer Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

무선 통신망은 유선 통신망에 비하여 대역이 한정적이기 때문에 효율적인 대역의 이용은 매우 중요하다. 그러나 802.16 BWA 시스템의 UGS 알고리즘은 보낼 데이터가 없어도 일정한 간격으로 고정 대역을 단말에 계속 할당하기 때문에 대역의 낭비가 심하다. 본 논문에서는 VAD가 가능한 단말에서 UGS 알고리즘을 이용할 때, 보낼 패킷이 없는 경우에는 그 유휴 대역을 이용하여 우선순위가 낮은 nrtPS나, BE 알고리즘을 이용하는 패킷을 대신 전송하는 방법을 제시함으로써, 802.16 BWA 시스템에서 효율적인 상향링크 스케줄링을 구현한다.

1. 서 론

최근에 광대역 무선 통신을 위한 움직임이 활발히 전개되고 있다. 이는 폭발적인 인터넷 이용 인구 증가에 따라 유선 환경의 고품질 통신 서비스를 무선 환경에서도 받고자 하는 고객의 요구에서 시작되었다. 이러한 요구를 만족시키고자 IEEE 802.16 BWA(Broadband Wireless Access) 시스템이 탄생하게 되었다.

지금까지의 무선 통신은 크게 저속, 협대역의 특징을 갖는 음성 서비스 중심의 CDMA(Code Division Multiple Access)나 GSM(Global System for Mobile communication)같은 무선 이동 통신과 고속, 광대역의 특징을 갖는 데이터 전송 서비스 중심의 802.11 무선랜 등의 근거리 무선 통신으로 나눌 수 있다. 802.16은 고속의 광대역 무선 통신으로써 기존의 무선 통신들의 장점을 모두 가지고 있으며, 고객에게 고속의 광대역 데이터 통신 서비스뿐만 아니라 기존의 음성 통신 서비스도 제공할 수 있는 무선 환경을 제공한다. 802.16은 2004년에 IEEE 802.16-2004로 표준화 되었으며, 2006년 상용 서비스를 목표로 고속으로 이동 중에도 통신이 가능한 802.16e의 표준화 작업도 마무리 단계에 이르렀다[1].

802.16에서는 실시간 서비스의 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위해 BS(Base Station)와 SS(Subscriber Station) 사이에 UGS(Unsolicited Grant Service), rtPS(Real-Time Polling Service), nrtPS(Non-Real-Time Polling Service), BE(Best Effort Service)의 네 가지 폴링 기반 상향링크 스케줄링 알고리즘을 지원한다. 특히 일정한 대역이 필요한 실시간 음성 서비스의 경우 BS는 주기적으로 일정한 크기의 대역을 SS에게 할당해 주는 UGS를 이용하게 되는데, 현재

대부분의 음성 코덱이 VAD(Voice Activity Detection)을 지원하는 것을 감안하면 보낼 데이터가 없는 Voice Off 구간에도 Voice On 구간과 같은 대역을 할당하는 낭비가 발생하게 된다. 무선 통신에서 대역의 낭비는 매우 심각한 문제이다.

본 논문에서는 이러한 낭비를 줄이고자 UGS의 Voice Off 구간에는 UGS나 rtPS보다 우선순위가 낮아서 폴링 혹은 경쟁 방식으로 대역을 확보해야 하는 nrtPS나 BE의 패킷을 전송하는 효율적인 상향링크 스케줄링 알고리즘을 제시한다. 2장에서는 802.16의 상향링크 스케줄링 방법과 UGS 알고리즘의 문제점에 대해서, 3장에서는 제안하는 알고리즘에 대해서 기술하고, 4장에서는 알고리즘의 성능 평가에 대해서 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론에 대하여 기술한다.

2. 802.16 UGS 알고리즘의 문제점

802.16의 BS는 매 프레임마다 각 SS들의 Bandwidth Request 메시지를 수집하여, 이 정보를 다음 프레임의 UL-MAP(Uplink Map)에 반영하고, 이 UL-MAP을 각 SS에게 전송하게 된다. SS는 이 UL-MAP에 따라 데이터를 업로드 하게 된다. BS는 UGS를 이용하는 SS에게는 반드시 일정한 크기의 대역을 같은 주기로 할당해 주어야 한다. 또한 rtPS를 이용하는 SS에게는 매 프레임마다 요청하는 크기의 대역을 같은 주기로 할당해 주어야 한다. 그러나 rtPS는 BS의 네트워크 상황이 나빠지면 대역 할당을 받지 못 할 수도 있다. nrtPS는 BS의 폴링 서비스를 이용할 수 있지만 폴링을 받지 못하면 BE와 같이 경쟁을 통해 대역 할당을 요청해야 한다. 경쟁 방식에는 바이너리 백오프가 사용된다[2][3].

이렇게 802.16은 기존의 무선 데이터 통신의 QoS 문

제를 해결하기 위한 여러 가지 폴링 알고리즘을 지원하고 있다. 주기적으로 고정 대역이 필요한 실시간 음성 서비스에는 그림 1 과 같은 UGS 알고리즘이 적합한데, 최근의 음성 코덱이 대부분 VAD를 지원하고, 실제 음성 데이터를 보내는 시간이 전체의 40%도 되지 않는다는 것을 감안하면, UGS 알고리즘은 버려지는 대역의 낭비가 매우 심하다[4].

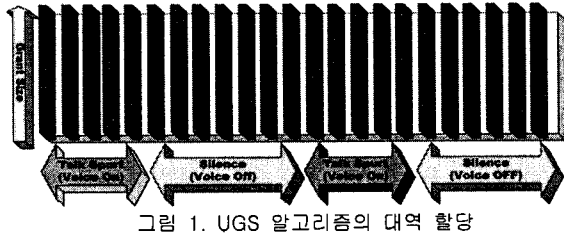


그림 1. UGS 알고리즘의 대역 할당

3. 효율적인 상황링크 알고리즘

이렇게 낭비되는 UGS의 대역을 활용하고자 본 논문에서는 다음의 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘에서는 SS의 음성 코덱은 VAD 기능을 지원한다고 가정한다. 그리고 그림 2 와 같이 SS에서 BS로의 패킷 업로드에 쓰이는 GMH(Generic Mac Header)의 두 reserved bit 중 하나를 EC Bit(EnCapsulation Bit)로 정하여 GMH의 페이로드(payload)내에 다른 GMH를 가진 패킷이 있음을 나타내는데 이용한다.

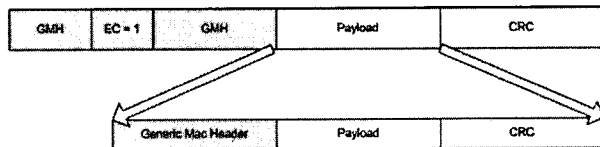


그림 2. Encapsulation

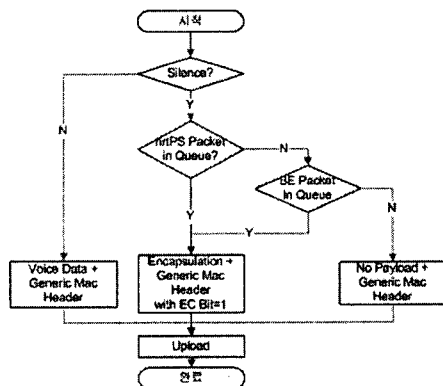


그림 3. SS의 상황링크 알고리즘

제안하는 알고리즘은 SS와 BS의 상황링크 스케줄러에서 동작하는데, SS에서는 그림 3 과 같이 음성 코덱의 Silence를 감지하여 더 이상 전송할 음성 데이터가 없는

경우에는 nrtPS와 BE 큐를 검사한다. 큐에 보낼 패킷이 있다면 그 패킷을 GMH의 페이로드에 캡슐화(encapsulation)시키고, EC Bit를 1로 표시해서 업로드한다. nrtPS가 BE 보다 우선순위가 높으므로, nrtPS 큐에 패킷이 없을 경우에만 BE 큐를 검사한다.

그리고 BS에서는 SS로부터 패킷이 들어오면 그림 4 와 같이 GMH의 EC Bit가 1인 경우에만 그 패킷을 역캡슐화(decapsulation) 한다.

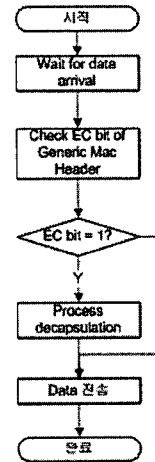


그림 4. BS의 상황링크 알고리즘

이러한 방법으로 효율적인 상황링크 스케줄링 알고리즘이 구현될 수 있으며, 이 알고리즘을 적용하면 그림 5 와 같이 음성 데이터가 없는 Voice Off 구간에서 낭비되는 대역을 효율하게 재사용 할 수 있다.

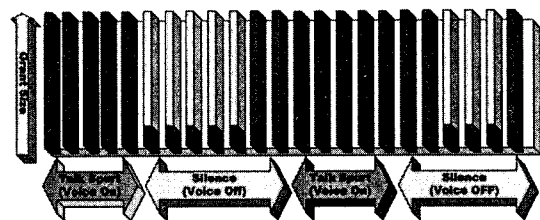


그림 5. 제안된 효율적인 상황링크 스케줄링 알고리즘

4. 성능 평가

VAD 기능이 있는 음성 트래픽 모델은 평균 Voice On time (T_{ON})과 평균 Voice Off time (T_{OFF})의 지수 분산 On-Off 모델로 모델링 될 수 있다. 시스템 모델은 유저당 한 개의 UGS 음성 서비스를 이용한다는 가정 하에, 음성 서비스를 이용하는 N개의 독립적인 유저를 고려하여 일차원 Markov 체인으로 모델링 할 수 있다[4]. 시스템 모델의 정상 상태 확률(p_N)은 수식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 N은 Voice On 상태의 유저 수인 n의 최대값이다.

$$P_N(n) = \binom{M}{n} \left(\frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \right)^n \left(\frac{T_{OFF}}{T_{ON} + T_{OFF}} \right)^{N-n} \quad (1)$$

Voice On 상태의 평균 유저 수는 수식 (2)와 같다. 여기서 T_{ON} 은 평균적으로 352ms, T_{OFF} 는 650ms이다[4].

$$\begin{aligned} \bar{N} &= \sum_{n=1}^N n \cdot P_N(n) \\ &= \sum_{n=1}^N n \cdot \binom{M}{n} \left(\frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \right)^n \left(\frac{T_{OFF}}{T_{ON} + T_{OFF}} \right)^{N-n} \quad (2) \end{aligned}$$

UGS 알고리즘의 성능(Throughput) 측정을 위해 본 논문에서는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템을 가정한다[4]. 그러면 전체 상향링크 용량(R_{TC})은 40 resource unit이 되고 QPSK(Quadrature Phase-Shift Keying) 1/3코딩을 이용하는 경우에 하나의 resource unit은 8바이트와 같다. 또한 음성 패킷 하나를 보내는데 네 개의 resource unit (R_{VP})이 필요하므로 하나의 MAC(Media Access Control) 프레임에 가능한 최대 UGS 서비스 이용자 수 (N_{M-UGS})는 수식 (3)이 된다. 여기서 T_{VC} 는 음성 프레임 간격(20ms)이고 T_{MF} 는 접근 지연 시간(5ms)이다. 계산하면 하나의 MAC 프레임에 가능한 UGS 서비스 이용자 수는 40명이 된다.

$$N_{M-UGS} = \left(\frac{R_{TC}}{R_{VP}} \right) \times \left(\frac{T_{VC}}{T_{MF}} \right) \quad (3)$$

그리고 UGS 알고리즘의 시스템 성능은 수식 (4)와 같이 구해질 수 있다. 여기서 L_{VC} 는 음성 코덱 프레임 당 데이터 크기(22bytes)이고, L_{UH} 는 압축 RTP/UDP/IP 헤더 크기(2bytes)이다[4]. N_{UGS} 는 평균 음성 UGS 서비스 유저 수이다.

$$S_{N-UGS} = \frac{1}{T_{VC}} \times (L_{VC} + L_{UH}) \times N_{UGS} \quad (4)$$

여기서 N_{UGS} 는 $0 \leq n \leq N_{M-UGS}$ 사이에서 정해지고, 수식 (2)에서 $N = N_{M-UGS}$ 가 된다.

본 논문에서 제안한 효율적인 상향링크 알고리즘은 최대 UGS 서비스 이용자 수는 수식 (3)과 같으나 silence 때도 nrtPS나 BE 패킷을 업로드 할 수 있으므로 전체 시스템 성능은 수식 (5)와 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} S_{N-UGS} &= \frac{1}{T_{VC}} \times (L_{VC} + L_{UH}) \times N_{UGS} \\ &\quad + \frac{1}{T_{VC}} \times (M_{nrtPS, BE}) \times (N_{M-UGS} - N_{UGS}) \\ &\approx \frac{1}{T_{VC}} \times (L_{VC} + L_{UH}) \times N_{M-UGS} \quad (5) \end{aligned}$$

여기서 $M_{nrtPS, BE}$ 는 nrtPS나 BE 알고리즘의 페이로드 크기인데 SS가 항상 전송할 nrtPS나 BE 패킷이 있다면, UGS 알고리즘은 고정 대역 할당 서비스이기 때문에 $M_{nrtPS, BE}$ 의 최대값은 UGS 음성 데이터의 크기 ($L_{VC} + L_{UH}$)와 같다. 결과적으로 본 논문에서 제안하는 효율적인 상향링크 알고리즘의 성능은 수식 (5)를 이용한 UGS 알고리즘의 최대 시스템 성능과 같다. 그림 6은 수식 (5)를 이용한 시뮬레이션 결과이다.

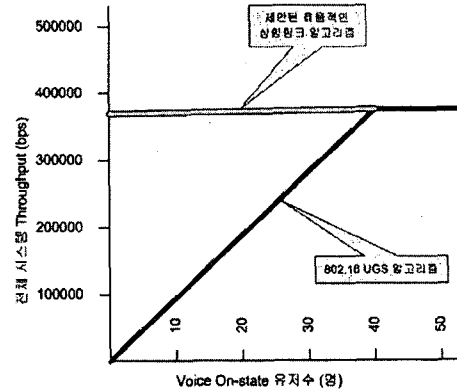


그림 6. UGS 유저 수에 따른 시스템 throughput

5. 결 론

802.16 UGS 알고리즘이 전송할 데이터가 없는 Silence 상태에서 대역을 낭비하는 것과는 달리 본 논문에서 제안한 알고리즘은 낭비되는 대역을 우선순위가 떨어지는 nrtPS나 BE가 효율적으로 재사용하게 해준다. 시스템의 전체 성능은 그림 6 과 같이 UGS에서 가능한 최대 성능과 같다. 이 알고리즘은 SS와 BS에서 약간의 수정만으로 실제 시스템에 쉽게 적용 가능한 효율적인 알고리즘이다. 특히 SS당 대역이 제한되는 상용 서비스에 큰 효과를 보여줄 것이다.

참고문헌

- [1] IEEE Std. 802.16-2004 "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," 1 October 2004
- [2] Dong-Hoon Cho, "Performance Analysis of the IEEE 802.16 Wireless Metropolitan Area Network", 2005. DFMA '05, 6-9 Feb. 2005
- [3] GuoSong Chu, "A QoS architecture for the MAC protocol of IEEE 802.16 BWA system", IEEE 2002 International Conference on, July 2002
- [4] Howon Lee, "An Efficient Uplink Scheduling Algorithm for VoIP Services in IEEE 802.16 BWA System", Vehicular Technology Conference, 2004. Sept. 2004