

# IEEE 802.16d에서 상향링크 VoIP 스케줄링 알고리즘 방식 연구

강민석<sup>1\*</sup> · 장재신<sup>1</sup>

## An Uplink Scheduling Algorithm for VoIP in IEEE 802.16d Systems

Min-Seok Kang, Jaeshin Jang

### ABSTRACT

With the growth of the internet, the number of wireless internet users has increased continuously up to date. However, mobile communications could not support high speed transmission rate with cheap communication fee and wireless LAN has problems in providing terminal mobility and wide area connectivity, respectively. So the WMAN standard has been newly designed to make up for these limits. The initial 802.16 specification effectively offers a solution for providing fixed users with high speed wireless communication but it does not offer terminal mobility. So the 802.16d and 802.16e have been developed as the next generation solution that can support various PHY layer (SC, SCa, OFDM, OFDMA) and offer the terminal mobility. In this paper, we propose an effective uplink scheduling algorithm for VoIP with using UGS, and we show that our proposed algorithm is superior in view of average delay and management of uplink bandwidth to conventional rTPS algorithm and the scheme in reference<sup>[3]</sup>, with using NS-2 network simulator.

**Key words** : IEEE 802.16, VoIP, Scheduling, WiBro

### 요약

이동통신이 생활화됨에 따라 유선망에서 사용하고 있는 초고속 인터넷을 무선망에서도 사용하고자 하는 욕구가 증가하게 되었으며 기존 WLAN(Wireless Local Area Network)시스템에서 커버리지 제한 문제와 단말의 이동성을 제공해주지 못하는 단점을 보완하고, 이동통신 시스템에서 고가의 통신요금 문제를 해결하기 위해 WMAN(Wireless Metropolitan Area Network) 표준이 새롭게 등장하였다. IEEE 802.16 계열의 WMAN 표준은 다양한 PHY 계층(SC, SCa, OFDM, OFDMA)을 수용할 수 있는 MAC 표준과 단말의 이동성을 지원해주는 MAC 표준을 규정하고 있어서 차기 무선 인터넷에서 중요한 위치를 차지 할 것으로 보인다. 본 논문에서는 VoIP 서비스를 IEEE 802.16d<sup>[1]</sup>에서 규정하고 있는 4가지 서비스 중 UGS 서비스 형태로 효과적으로 스케줄링 할 수 있는 상향링크 ON/OFF Grant 알고리즘을 제안하고 제안된 알고리즘이 규격에서 정의하는 기존의 방식과 참고문헌<sup>[3]</sup>의 방식을 이용하여 서비스하는 것보다 VoIP 사용자의 평균 지연시간과 상향링크 자원 활용 측면에서 우수함을 NS-2 시뮬레이션을 통해 제시한다.

**주요어** : IEEE 802.16, VoIP, 스케줄링, 와이브로

## 1. 서론

현대 사회에서 인터넷은 우리 생활과 밀접한 관계

를 맺고 있으며 인터넷과 떨어져 생활한다는 것은 이제 생각할 수도 없는 단계에 이르렀다. 이러한 욕구가 유선 통신망을 넘어서 무선 통신망까지 확대 되었고 이를 충족시키기 위해서 이동 통신을 이용한 무선 인터넷과 IEEE 802.11 계열의 WLAN기술이 사용되었다. 그러나 이동 통신을 이용한 서비스는 이동성을 제공해주는 장점을 가지고 있지만 전송 속도가 상대적으로 낮은 단점을 가지고 있으며 WLAN기술은 전송 속도는 상대적으로 높지만 이동성을 제공하지 못하는 단점

\* 본 연구는 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2005-D00225).

2006년 6월 19일 접수, 2006년 9월 2일 채택

<sup>1)</sup> 인제대학교 대학원 전자정보통신공학과

<sup>1)</sup> 인제대학교 정보통신공학과 조교수

주 저자 : 강민석

교신저자 : 장재신

E-mail; icjoseph@inje.ac.kr

을 가지고 있다. WMAN 표준은 이러한 두 가지 서비스의 장점을 서로 결합한 기술로 2006년 상반기 상용화가 예상되는 휴대인터넷 기술의 기반이 되는 표준이다. 다양한 멀티미디어 서비스를 수용하기 위해서 IEEE 802.16d에서는 다음과 같은 4가지 서비스를 규정하고 있다<sup>[1-4]</sup>. 즉 Unsolicited Grant Service(UGS), Real-time Polling Service(rtPS), Non-real-time Polling Service(nrtPS), Best Effort(BE) 4가지로 분류되며 각 서비스마다 제공하는 서비스 형태가 다르다. 참고문헌<sup>[2,4]</sup>에서는 위 4가지 서비스 방식에 따라 QoS를 보장하기 위한 상향링크 스케줄러의 요구사항에 대해서 언급하고 있다. 상향링크의 스케줄링 기법에 대한 연구도 많이 진행되었는데, 참고문헌<sup>[5]</sup>에서는 4가지 서비스 간에는 엄격한 우선순위를 부여하며, UGS 서비스는 고정대역을 할당하고, rtPS 서비스는 Earliest Deadline First(EDF) 기법, nrtPS 서비스는 Weighted Fair Queuing(WFQ) 기법, BE 서비스는 나머지 대역을 동일하게 나누어서 사용하는 방법을 제안하였다. 그리고 각 서비스 별 호 연결수락제어 방법에 대한 해법을 제시한 것이 매우 주목할 만한 연구결과이다. 참고문헌<sup>[6]</sup>에서는 VoIP 서비스를 UGS 서비스를 이용하여 스케줄링 하기 위한 알고리즘을 제안하고 성능평가를 수행하였다. 그러나 참고문헌<sup>[5]</sup>에서 제안된 호 연결수락제어 기법의 경우, 무선채널 환경에서는 채널용량이 항상 가변인 점을 반영하지 못한 것이 아쉬우며, 참고문헌<sup>[6]</sup>에서는 VoIP 트래픽을 UGS 서비스로 수용함에 있어서 비효율성을 제대로 극복하지 못했다. 위에서 설명한 4가지 방식 중 UGS와 rtPS는 VoIP와 같이 전송 지연 시간에 민감한 트래픽을 서비스하기 위해 규정되었지만 트래픽을 효율적으로 서비스하기 위해서는 적절한 상향링크 스케줄링 기법이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 VoIP 서비스의 특징을 반영하여 UGS 서비스로 매핑한 뒤, 상향링크 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 스케줄링 기법을 제안하고, NS-2 네트워크 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 수행하였다<sup>[7]</sup>.

2장에서는 VoIP 트래픽 모델과 기존의 UGS방식과 rtPS방식에 대해 설명하며, 3장에서는 VoIP 서비스를 위해 본 논문에서 제안한 ON/OFF Grant 스케줄링 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서 시뮬레이션 모델링 및 성능평가 결과를 제시한 뒤, 5장에서 결론으로 본 논문을 마무리 하겠다.

## 2. UGS, rtPS 스케줄링 알고리즘

현재 VoIP 서비스용으로 여러 가지 코덱이 사용되고 있다. 이러한 코덱을 사용 할 경우 트래픽 발생 특성을 미리 예측 하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 참고문헌<sup>[3]</sup>과 동일한 음성 트래픽 모델을 사용하였다. 음성 트래픽은 ON/OFF 기간을 가지고 있으며 ON 기간과 OFF 기간은 평균값이 352ms 와 650ms 에 해당하는 지수분포에 따라 천이 된다. ON 기간 동안에는 24바이트의 고정크기의 패킷을 발생시키며 ON 기간에 발생하는 음성 패킷의 간격은 0.02sec로 일정하다.

위에서 설명한 음성 트래픽 모델과 같이 지연시간에 민감한 트래픽은 UGS와 rtPS를 이용하여 서비스 할 수 있다. UGS는 주기적으로 고정된 크기의 데이터 패킷을 만들어 내는 Real-time 서비스를 위해 규정된 상향링크 스케줄링 알고리즘으로 UGS 서비스를 수행하는 SS를 위해 BS는 일정 시간 간격을 두고 고정된 크기의 Grant를 부여한다. Grant를 부여하는 시간과 Grant 크기는 SS (Subscriber Station)와 BS(Base Station)이 초기 연결 설정 시 협상하게 된다. 여기서 BS는 이동 통신에서 기지국과 같은 역할을 하며 SS는 기지국내에서 서비스를 받고 있는 단말을 의미한다. UGS 알고리즘은 MAC 오버헤드와 상향링크 접근 지연시간을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 SS가 전송할 패킷이 없을 경우에도 BS는 고정된 Grant를 부여해야 하기 때문에 자원의 낭비를 초래할 수 있는 단점을 가지고 있다. rtPS는 주기적으로 가변적인 크기의 데이터 패킷을 만들어 내는 Real-time 서비스를 위해 규정된 상향링크 스케줄링 방식으로 Request/Grant scheduling 방식을 채택하고 있다. rtPS 서비스를 수행하는 SS가 상향링크에 데이터를 전송하기 위해서는 먼저 BS가 BW request 할 수 있도록 부여한 주기적인 Unicast 폴링기간 동안 전송에 필요한 BW를 요청해야 한다. BS는 SS가 요청한 BW를 처리하여 다음 상향링크 기간에 데이터 전송을 위한 Grant를 SS에게 부여하는 알고리즘을 채택하고 있다. 그림 1, 2는 UGS, rtPS 알고리즘의 동작을 설명하고 있다<sup>[1]</sup>.

그러나 UGS와 rtPS방식을 이용하여 ON/OFF 구간이 있는 음성 트래픽을 서비스할 경우, 다음과 같은 문제점

표 1. 음성 트래픽 파라미터

pkt size	pkt/sec	ON	OFF	평균(pkt/sec)
24bytes	50	352ms	650ms	17.5

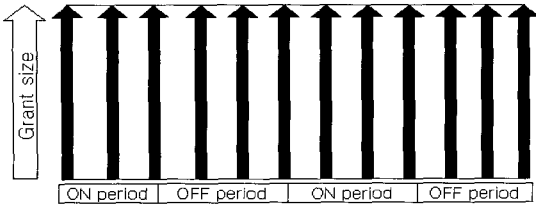


그림 1. UGS 알고리즘

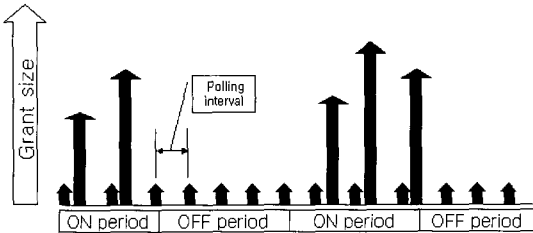


그림 2. rtPS 알고리즘

이 발생한다. 먼저 UGS 방식을 사용하여 서비스 한다면 BS는 SS에게 일정 간격으로 일정한 Grant를 부여하게 된다. 이는 전송 데이터가 없는 OFF 구간에도 Grant를 할당하기 때문에 자원 낭비를 초래한다.

또 rtPS를 사용하여 음성 트래픽을 서비스 한다면 ON 기간에는 Unicast 폴링을 해서 SS로부터 요청 받은 만큼의 자원을 할당하기 때문에 효율적으로 서비스 할 수 있지만 여전히 OFF 기간에 Unicast 폴링을 하기 때문에 음성 서비스를 하는 SS가 많아질 경우 상향 링크 자원이 낭비 되고 UGS에 비해 상향링크 접근 시간이 증가할 수 있다는 단점을 가지고 있다.

### 3. ON/OFF Grant 스케줄링 알고리즘

ON/OFF 구간이 있고 발생하는 트래픽의 크기가 일정한 음성 트래픽을 서비스하기 위해서는 rtPS보다는 UGS 서비스를 이용하는 것이 보다 효과적이다. 그러나 위에서 살펴 본 것과 같이 OFF 기간에도 고정된 크기의 Grant를 부여하기 때문에 상향링크의 자원을 낭비 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 참고문헌<sup>[3]</sup>에서는 Grant 크기를 OFF기간에 반으로 줄여가는 알고리즘을 사용하였지만 본 논문에서는 OFF 기간 동안에 Grant 인터벌과 Grant 크기를 달리 설정하는 ON/OFF Grant 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 즉 각 SS의 음성 트래픽의 ON 구간과 OFF

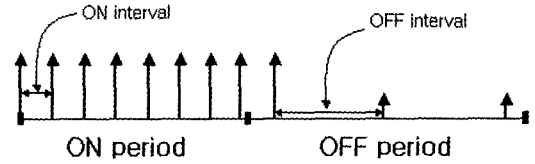


그림 3. ON/OFF Grant 스케줄링 알고리즘

구간을 BS에서 알 수 있다면 OFF 구간의 Grant 크기를 줄이고 Grant 인터벌을 증가시켜 기존의 UGS가 가지고 있던 단점을 보완하였다. OFF 구간의 Grant 인터벌은 OFF 구간의 지수분포 평균값의 6%정도에 해당하는 값으로 증가시키고 부여하는 Grant 크기는 Generic MAC 헤더 정도를 전송할 수 있는 크기로 줄이면 기존의 방식에 비해 상향링크의 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 트래픽 부하가 증가할 경우 평균 지연시간도 줄일 수 있다. 여기에 사용된 ON/OFF 구간의 크기는 발생되고 있는 트래픽 모델에 따라 달라질 수 있으며 OFF 구간에 할당되는 상향링크 자원의 크기를 줄이기 위해서는 OFF 구간의 크기를 늘리면 되지만 평균지연시간 측면에서 보았을 때 상호 Trade off 관계가 있기 때문에 본 논문에서는 여러 차례 시뮬레이션을 통해 위와 같은 값을 설정하고 시뮬레이션을 하였다.

- ON Grant 인터벌 : ON 구간에 발생하는 트래픽 인터벌 20 ms로 설정.
- OFF Grant 인터벌 : OFF 구간 평균값의 약 6% 해당하는 값으로 39 ms로 설정
- ON Grant 크기 : ON 구간에 발생하는 트래픽과 Generic MAC 헤더를 전송 할 수 있는 32 바이트로 설정
- OFF Grant 크기 : Generic MAC 헤더 크기를 전송 할 수 있는 8바이트로 설정

Grant 인터벌과 크기를 조정하기 위해서는 BS는 해당 SS가 ON 상태인지 OFF 상태인지를 판단해야 한다. 이를 위해 SS는 Generic MAC 헤더의 Reserved bit 중 1비트를 GM(Grant-Me) bit<sup>[5]</sup>로 사용하여 BS에게 자신의 상태를 알려주게 된다. GM bit가 '1'인 경우 ON 상태를 의미하고 '0'인 경우는 OFF 상태를 의미한다. Generic MAC 헤더는 데이터 전송 시 항상 전송되는 헤더로 ON Grant를 받은 SS는 자신의 상태를 데이터 전송과 함께 알려 줄 수 있으며 OFF Grant를 받은 SS도 Grant 크기가

Generic MAC 헤더 전송에 충분한 크기의 Grant를 부여 받기 때문에 자신의 상태를 알려 줄 수 있다.

#### 4. 시뮬레이션 모델링 및 성능평가

새롭게 제안한 알고리즘을 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 수행하였으며, 시뮬레이션 수행 환경은 다음과 같다.

- 상향링크는 5ms 주기의 프레임으로 구성되며 OFDM 사용을 가정함.
- 데이터 전송을 위한 기본단위(1 resource unit)는 6 OFDM 심볼이 사용됨.
- 상향링크에는 40개의 resource units이 있다고 가정.
- 1 resource unit은 8바이트의 데이터를 전송 할 수 있음.
- 패킷 전송오류는 발생하지 않음.
- ON 기간 동안 Grant 크기는 4 resource units을 부여 받음(32 바이트).
- 시뮬레이션은 100초 동안 수행하였음.

따라서 본 논문에서는 규격<sup>[1]</sup>의 UGS 기법과 참고문헌<sup>[5]</sup>에서 제안한 UGS 방식을 이용하여 VoIP를 서비스 하는 경우와 ON/OFF Grant 스케줄링 알고리즘으로 VoIP를 서비스하는 경우의 성능을 비교 평가하였다. 성능 평가 척도로는 VoIP 서비스의 특징을 고려하여 각 VoIP 사용자의 평균 지연시간과 상향링크 사용 효율을 선정했다. 지연시간은 VoIP 사용자의 QoS 보장의 척도로 사용될 수 있으며 상향링크 사용 효율은 총 상향링크 용량대비 실제 점유한 자원의 비율로써 시스템 용량을 측정하는 척도로 사용될 수 있다. 그림 4는 상향링크 사용 효율 측면에서 비교한 결과이다. 규격<sup>[1]</sup>의 알고리즘과 참고문헌<sup>[5]</sup> 방식에 비해 본 논문에서 제안한 방식의 Grant 빈도수와 크기가 작기 때문에 상향링크를 효과적으로 사용하고 있음을 보여준다. 왜냐하면 ON/OFF Grant 스케줄링 방식은 ON/OFF의 정보를 앞에서 설명한 것처럼 BS가 판단하여 Grant 인터벌과 크기를 조절하기 때문이다. Grant를 적게 부여함으로써 얻어지는 또 다른 효과는 UGS 서비스보다 우선순위가 낮은 rtPS, nrtPS나 BE 서비스에게 많은 자원을 할당해 줄 수 있기 때문에 시스템의 전반적인 성능을 높일 수 있다.

그림 5는 평균 지연시간에 대한 시뮬레이션 결과이다. 트래픽 부하가 적은 부분에서는 참고문헌<sup>[3]</sup> 방식의 지연

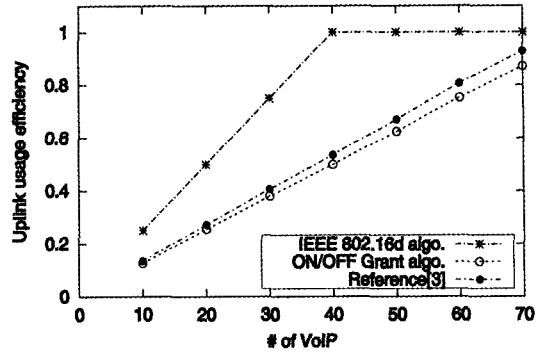


그림 4. 상향링크 사용도

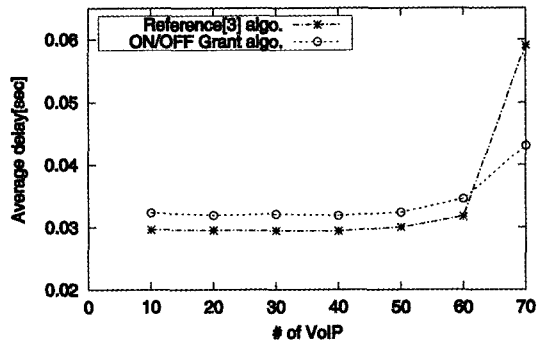


그림 5. 평균 지연시간 비교

시간이 더 좋음을 알 수 있다. 그러나 트래픽 부하가 높아짐에 따라 본 논문에서 제안한 방식의 성능이 우수함을 알 수 있다. 왜냐하면 트래픽 부하가 적은 부분에서는 기존의 방식의 Grant 인터벌과 크기가 충분하기 때문에 전송 데이터의 대기시간이 줄어들어 전송 지연시간이 감소하지만 부하가 증가함에 따라 OFF 기간에 부여한 Grant 비중으로 인해 상향링크 점유량이 증가하여 지연시간이 급격히 증가한다. 규격<sup>[1]</sup>의 방식은 VoIP 사용자 40명 이상을 동시에 수용할 수 없기 때문에 그림 5에 나타나지 않았으며 40명 이하에서 규격<sup>[1]</sup>의 방식은 평균 지연시간이 0.01sec 정도임을 확인할 수 있었다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 Grant 인터벌과 크기를 VoIP 사용자의 ON/OFF 상태에 따라 조절할 경우 기존 방식보다 트래픽 부하가 증가함에 따라 지연시간을 줄일 수 있으며 상향링크

크의 자원을 효과적으로 사용하여 우선순위가 낮은 서비스에 더 많은 전송기회를 줄 수 있음을 보였다. 무선 환경에서 자원을 효과적으로 사용한다는 것은 큰 의미를 가진다. 시스템의 용량을 증대시키기 위해서는 불필요한 자원 할당을 줄이고 가능한 각 사용자들의 필요로 하는 만큼의 자원을 할당해 줌으로써 시스템의 용량을 늘릴 수 있으며 본 논문에서 제안한 방식은 기존의 방식보다 시스템의 용량을 늘리는 측면에서 보았을 때 의미가 크다고 할 수 있다. VoIP를 서비스하기 위해 현재 여러 가지 코덱이 사용되고 있으며 각각의 특성에 맞도록 ON/OFF의 폴링 인터벌을 조절할 경우 상향링크를 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 차후 연구 과제로 다양한 멀티미디어 트래픽의 QoS를 보장해 주기 위한 상향링크 스케줄러 연구를 진행 중에 있다.

## 참 고 문 헌

1. IEEE std 802.16-2004, part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, October 2004.
2. G. Chu, D. Wang and S. Mei, "A QoS architecture for the MAC protocol of IEEE 802.16 BWA System," in Proc. of IEEE conference, pp.435-439, 2002.
3. 주판유, 구창희, 이현우, 김영균, "이동 광대역 무선 접속 시스템의 기술정리 및 표준화 동향," Telecommunications Review, pp.198-222, 특별부록 2003년.
4. 강충구, "QoS and packet scheduling for WiBro," KRnet 2005, pp.98-103, 2005년 6월 27일.
5. K. Wongthavarawat and A. Ganz, "Packet scheduling for QoS support in IEEE 802.16 broadband wireless access systems," Int. J. Commun. Syst., vol.16, pp.81-96, 2003.
6. H. Lee, T. Kwon and D. Cho, "An efficient uplink scheduling algorithm for VoIP services in IEEE 802.16 BWA systems".
7. S. McCanne and S. Floyd, "NS network simulator," version 2.27, <http://whhttp://www.isi.edu/nsnam/ns>



강민석 (inje7755@lycos.co.kr)

2005년 인제대학교 공과대학 정보통신공학과 학사  
2005년~현재 인제대학교 대학원 전자정보통신공학과 석사과정

관심분야 : WMAN(IEEE 802.16), Scheduling, QoS, WLAN



장재신 (icjoseph@inje.ac.kr)

1990년 동아대학교 공과대학 전자공학과 학사  
1992년 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사  
1998년 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사  
1997년~2002년 (주)삼성전자 정보통신총괄 책임연구원  
2002년~현재 인제대학교 공과대학 정보통신공학과 조교수

관심분야 : 차세대 이동통신, WMAN, 무선인터넷, 센서네트워크