
IEEE 802.16 시스템에서 VoIP 서비스를 위한 역방향 링크 QoS 패킷 스케줄러에 대한 연구

장재신* · 이종협*

A study on uplink QoS packet scheduler for VoIP service in IEEE 802.16 systems

Jaeshin Jang* · Jong Hyup Lee*

이 논문은 2006년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임

요 약

IEEE 802.16e 표준은 CDMA 기반의 이동통신시스템이 안고 있는 장단점과 무선 LAN 시스템이 안고 있는 장단점을 상호 보완하여 저렴한 가격으로 이동 중인 단말에게 데이터서비스를 제공할 수 있도록 제정된 WMAN 표준이다. 본 논문에서는 IEEE 802.16e 시스템에서 VoIP 서비스를 효율적으로 수용하기 위한 역방향 링크 QoS 패킷 스케줄링 기법을 제안하고 NS-2 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 수행하였다. 제안된 QoS 패킷 스케줄링 기법은 스케줄링 간격을 결정하는 부분, 스케줄링 시 대역할당 크기를 결정하는 부분, 그리고 스케줄링 대상이 다수 개일 경우에 어느 단말을 먼저 서비스할 것인지 서비스 순서를 결정하는 부분으로 구성되어 있다. 본 성능평가 결과에 따르면 본 연구에서 제안한 알고리즘이 UGS 서비스 기법에 비해 시스템 용량이 220%, ertPS 서비스 기법에 비해 시스템 용량이 25% 정도 증가함을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

IEEE 802.16e standard, a kind of WMAN standard, was established to support data services with cheaper cost to mobile users than traditional mobile communications system and wireless LAN system can do. In this paper, we propose an uplink QoS packet-scheduler for VoIP service which can be installed in IEEE 802.16 system and evaluate its performance with NS-2 network simulator. The proposed QoS packet-scheduler consists of three procedures: determining scheduler interval, determining the amount of resource assignment, and deciding which mobile station the base station should serve first among multiple mobile stations. According to numerical results, the proposed QoS packet-scheduler can provide more increased system capacity by 220% than UGS service scheme does and by 25% than ertPS service scheme does.

키워드

패킷 스케줄러, QoS, IEEE 802.11, 스케줄링, VoIP, UGS, ertPS

I. 서론

CDMA 기술에 기반을 둔 이동통신시스템과 무선 LAN이 갖고 있는 장단점을 보완하여 옥외에서 고속으로 움직이는 단말기에게 저렴하게 고속 데이터 서비스를 제공하기 위해 설계된 표준이 IEEE 802.16d WMAN (wireless metropolitan area network) 기술이다[1]. IEEE 802.16d는 기지국과 단말 사이에 무선채널을 사용하고 있지만 단말의 이동성을 제공하지 못하기 때문에 단말의 이동성을 추가한 IEEE 802.16e[2] 표준을 적용한 WiBro 시스템을 2006년 하반기 국내에 설치하여 상용서비스를 시작하였다. IEEE 802.16e PHY 계층에서는 OFDM 기술을 사용하여 고속전송을 가능하게 하였으며, MIMO 기술과 스마트 안테나 기술을 채용하여 시스템 성능과 용량을 한층 더 증가시켰다. IEEE 802.16e MAC 계층에서는 수용할 트래픽을 UGS (unsolicited granted service), ertPS (extended real-time polling service), rtPS (real-time polling service), nrtPS (non-real-time polling service), 그리고 BE (best effort) 서비스 등 5가지로 분류하고, 각 서비스 클래스마다 사용할 QoS 파라미터를 정의하고 있다. 그리고 IEEE 802.16e 표준에서는 QoS 서비스를 제공하기 위한 기지국과 단말 사이의 QoS 시그널링 절차에 대해서는 규정하고 있지만, 각 서비스 별로 만족해야 할 QoS 서비스를 기지국 또는 단말에서 제공하기 위해 필요한 구체적인 QoS 패킷 스케줄링 기법은 개발자 구현사항이기 때문에 표준문서에서 기술하지 않는다.

초기 데이터 서비스는 웹서버로부터 문서, 이미지 또는 동영상 등을 다운 받는 형태인 비대칭 서비스였다. 그래서 CDMA2000 1xEV-DO나 W-CDMA 등과 같은 이동통신 시스템에서는 역방향 링크보다는 순방향 링크의 전송용량이 상대적으로 크며 따라서 순방향 링크용 패킷 스케줄링 기법에 대한 연구가 많이 진행되었다. 그러나 최근 영상전화 서비스와 P2P (peer-to-peer) 서비스처럼 대칭형 데이터 서비스가 활성화됨에 따라 역방향 링크를 효율적으로 사용하기 위한 연구가 진행되었으며, 이와 맥락을 같이하여 IEEE 802.16 시스템의 역방향 링크용 패킷 스케줄링 기법에 대한 연구도 많이 진행되었다.

따라서 본 논문에서는 이러한 연구추세에 발맞춰 VoIP 음성 서비스를 IEEE 802.16e 시스템에서 효율적으로 수용할 수 있는 역방향 링크에서의 QoS 패킷 스케줄링

링 기법에 대해서 연구하였다. II장에서는 QoS 패킷 스케줄링 기법관련 기존 연구동향에 대해서 기술하고, 본문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법을 III장에서 설명한 뒤, IV장에서 성능평가 수치결과를 제시하고 V장에서 끝맺는다.

II. 관련 연구동향

상용 이동통신시스템에 구현되어 널리 사용되고 있는 패킷 스케줄링 기법 중의 하나가 CDMA2000 1xEV-DO 시스템에 사용되고 있는 PF (proportional fairness) 기법이다[3]. PF 기법은 SNR (signal-to-noise ratio) 값이 상대적으로 우수한 단말에게 전송기회를 더 많이 할당함으로써 전송효율 극대화를 꾀한다. 그러나 PF 기법이 전송효율 극대화 측면에서는 우수하지만 차별화된 QoS 서비스를 지원하지 못하고, 제한된 지연시간을 보장하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해 M-LWDF 기법이 제안되었다[4]. M-LWDF 기법은 제한된 지연시간 요구조건을 만족하고 최저 전송률을 보장하기 위해 제안되었지만 시스템에 적용되어 사용된 예가 없고 성능결과가 검증되지 못했다.

한편 IEEE 802.16 시스템에서의 패킷 스케줄링 기법에 대한 연구도 많이 진행되었는데[5]-[8], 참고문헌[5]에서는 PF 알고리즘을 포함하여 WiBro에 적용할 수 있는 기존에 연구된 각종 스케줄링 기법을 조사하여 비교 분석하였으며, 참고문헌[6]에서는 IEEE 802.16d용 역방향 링크 패킷 스케줄링 기법과 호 수락제어 기법을 제안하고 성능평가를 수행하였다. 참고문헌[6]의 결과는 매우 훌륭하지만 패킷 스케줄링 기법을 운영하기 위해 필요한 데이터베이스가 너무 복잡하고, 또 제안된 호 수락제어 기법이 무선링크 용량이 수시로 변하는 무선채널 환경을 고려하지 못한 문제점을 갖고 있다. 참고문헌[7]에서는 VoIP 코덱으로 CDMA 기반 이동통신에서 사용하는 크기가 가변인 EVRC (enhanced variable rate coder) 기법을 사용한 경우 ertPS 서비스 요구조건에 맞추어 스케줄링을 수행하였을 경우와 UGS 서비스 또는 rtPS 서비스 요구조건에 맞추어 스케줄링을 수행한 결과와 비교 분석하였다. 그러나 참고문헌[7]에서는 기지국이 UL-MAP 메시지를 사용하여 역방향 링크에서의 자원 할당 양을 결정할 때, 스케줄링 기간 동안에 추가로 도착

할 수 있는 음성프레임 양을 고려하지 않고 스케줄링을 수행하기 때문에 망 부하가 증가할 경우에는 지연시간 초과로 성능이 저하될 수 있다. 또 한 개의 기지국이 불특정 다수 개의 단말을 동시에 수용하는 방안에 대해서 기술되어 있지 않다. 참고문헌[8]에서는 rtPS 기법을 사용하여 VoIP 서비스를 효율적으로 수용할 수 있는 ON/OFF 폴링 서비스 기법을 제안하고 기존 rtPS 서비스 기법과 성능을 비교 평가하였다. 참고문헌[9]에서는 IEEE 802.16 기반 광대역 무선 액세스 망에서 무선자원 관리기법을 큐잉이론을 사용하여 분석하고 최적화 모델을 수립하였다.

이 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법은 Opportunistic 스케줄링 기법과 매우 유사하다[10]-[12]. 참고문헌[10][11]에서 제안한 변조기법의 도움을 받아 2개 사용자를 Opportunistic 스케줄링 하는 기법(modulation-assisted two-user opportunistic scheduling scheme)은 패킷의 평균지연시간을 줄이기 위해 단말에게 전송기회를 자주 부여하는 방법을 채택하였다. 연구결과로는 각 MCS(modulation and coding scheme) 기법 별로 SNR 값에 의해서만 제약을 받을 경우의 전송효율 성능결과를 제시하였다. 그러나 실시간 트래픽의 경우는 SNR 값 이외에도 지연시간 초과에 의해 패킷 손실이 발생할 수 있기 있으며 이러한 점을 본 논문에서 고려한 것이 기존연구와의 차이점이다.

VoIP 서비스 용 패킷스케줄링 기법을 성능평가하기 위한 VoIP 트래픽에 대한 연구도 다수 수행되었다[7][13][14]. CDMA 이동통신 시스템에서 채용하고 있는 EVRC 트래픽 모델은 20msec 마다 Full, half, quarter, eighth 등 4가지 모드에 따라서 음성 프레임이 발생하는 모델로써, 참고문헌[7]에서 EVRC 트래픽 모델을 채택하여 성능평가를 수행하였다. ON-OFF 트래픽 모델은 [13] 음성을 모델링하는 기법 중 오래된 모델 중의 하나로 한 개의 음성 원에서 발생하는 음성 트래픽은 각각 지수분포를 따르는 ON 구간과 OFF 구간으로 구성되어 있으며, OFF 구간동안에는 음성 프레임이 발생하지 않고, ON 구간동안에는 20 msec 마다 24 바이트로 고정된 크기의 음성 프레임이 주기적으로 발생하는 모델이다. 참고문헌[14]는 IEEE 802.16 시스템에서 수용할 각 트래픽에 대한 권고 모델을 기술하고 있으며, 음성 트래픽 모델은 G.729 표준에 의해 생성되는 음성 프레임 발생 패턴을 근사화 하기 위해 제안된 것으로 IDP(interrupted

deterministic process) 프로세스로 모델링 하였다. 이 음성 모델에서는 ON 상태와 OFF 상태에 머무르는 시간이 모두 지수분포이고, ON 상태에서는 평균 패킷 크기가 66 바이트이며, 20 msec 마다 주기적으로 음성 프레임이 생성된다.

III. 제안된 알고리즘 설명

IEEE 802.16 시스템의 TDM 프레임 구조를 그림 1에 나타내었다. 한 개의 프레임은 TDD 방식으로 순방향 서브프레임과 역방향 서브프레임이 공존하며, 각 서브프레임은 다수 개의 슬롯으로 구성되어 있다. 단말이 역방향 서브프레임 내에서 어느 슬롯을 점유할 것인지는 각 프레임의 시작지점에서 기지국이 단말로 전송하는 UL-MAP 제어메시지에 기술되어 있다. IEEE 802.16 시스템은 링크 어댑테이션(link adaptation) 기능을 사용한다. 즉, 단말의 채널 상태가 양호할 경우에는 64QAM과 같은 대역폭 측면에서 효율적인 상위레벨 변복조 기법을 사용하며, 채널 상태가 양호하지 않을 경우에는 QPSK와 같이 전송오류에 강한 하위레벨 변복조 기법을 사용하여 데이터를 주고받는다. 일반적으로 64QAM 기법을 사용하면 QPSK 기법보다 동일한 심벌구간 동안 세배 많은 데이터를 전송할 수 있으며, 본 논문에서 제안하는 QoS 패킷 스케줄링 기법은 이 사실에 기반을 두고 설계되었다. 그래서 채널상태가 양호한 단말에게 상대적으로 큰 스케줄링 간격 값을 할당하여 동일한 크기의 데이터를 전송하는데 소요되는 시간을 줄임으로서 채널 점유도를 감소시킨다.

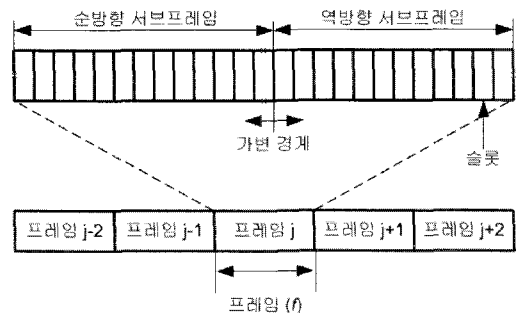


그림 1. IEEE 802.16 TDM 프레임 구조
Fig. 1 IEEE 802.16 TDM frame structure

채널 점유도가 감소하면 시스템 용량이 증가하며 본 논문에서 정의한 시스템 용량이란, VoIP 서비스에서 요구되는 최대 지연시간 값을 만족하면서 한 개의 기지국이 동시에 수용할 수 있는 VoIP 단말의 수를 의미한다.

QoS 패킷 스케줄링 기법의 핵심은 스케줄링 간격을 결정하고, 스케줄링 시 대역할당 크기를 결정하며, 스케줄링 대상이 다수 개인 경우에는 어느 단말을 먼저 서비스할 것인지 서비스 순서를 결정하는 것이다. 그림 2에는 본 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법이 적절하게 동작하도록 기지국에서 수행하는 절차를 나타내었다.

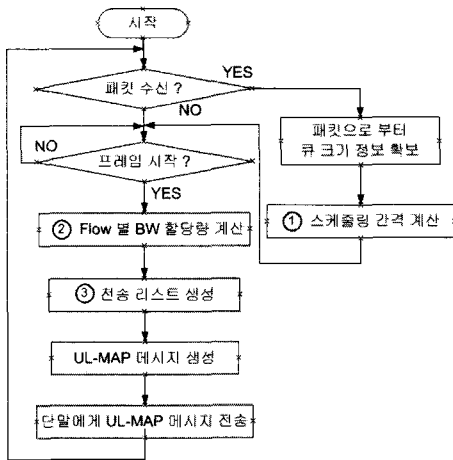


그림 2. 기지국에서 수행하는 절차
Fig. 2 Operation procedure at the base station

본 논문에서 제안한 기법을 사용하여 역방향 링크에서 패킷 스케줄링을 적절하게 수행하기 위해 기지국은 매 프레임마다 단말에서 전송한 패킷을 수신할 경우 해당 패킷에 피기백 방식으로 전송되어 온 단말 내 버퍼의 현재 큐 크기 정보를 확보하고, 현재 채널 상태에 기반을 두어 적절한 MCS 기법을 선정한다. 여기에서 현재 채널 상태는 단말에서의 수신 SNR 값 등을 사용하여 나타낼 수 있다. 이때 선정된 MCS 기법에 따라 적절한 스케줄링 간격을 계산하고(그림 2의 절차 1), 결정된 스케줄링 간격과 단말에서 보내온 큐의 크기에 대한 정보를 토대로 각 사용자 별 대역할당 크기를 계산한다(그림 2의 절차 2). 그리고 해당 TDM 프레임에서 전송자격을 갖춘 단말들이 다수 개 존재할 경우에는 지연마감시간 값에 기반을 두어 단말들을 우선순위 별로 정렬시킨 전송 리스트를 만들며(그림 2의 절차 3), UL-MAP 제어메시지에

단말 별 대역할당 정보들을 기록하여 표준에 기술된 QoS 시그널링 절차에 따라 생성된 UL-MAP 메시지를 단말에게 전송한다.

그림 3에는 본 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법이 적절하게 동작하도록 단말에서 수행하는 절차를 나타내었다. 단말에서는 상위계층으로부터 패킷이 도착하면 QoS 클래스에 따라 해당 버퍼에 패킷을 저장하며, 기지국으로 부터 UL-MAP 제어메시지를 수신하면 제어메시지에 표기된 시점에 할당된 대역만큼 패킷을 버퍼에서 가져와서 기지국으로 전송한다. 그리고 해당 패킷을 기지국으로 전송할 경우에는 피기백 기법을 기반으로 두고 해당 버퍼의 현재 큐 크기 정보를 같이 실어서 보낸다.

지금부터는 본 연구에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법의 핵심이라고 할 수 있는 스케줄링 시간간격을 계산하고, 대역할당 크기를 결정하며, 사용자 전송 리스트를 생성하는 과정에 대하여 자세하게 설명한다. 본격적인 설명에 앞서 다음 용어들을 먼저 정의하자.

- 프레임 크기: $f[\text{sec}]$
- i -번째 가입자의 MSTR: $r_i^{\text{max}} [\text{bps}]$
- i -번째 가입자의 ML: $d_i[\text{sec}]$ 또는 $m_i = d_i/f[\text{frame}]$
- 음성패킷 도착간격: $k[\text{frame}]$

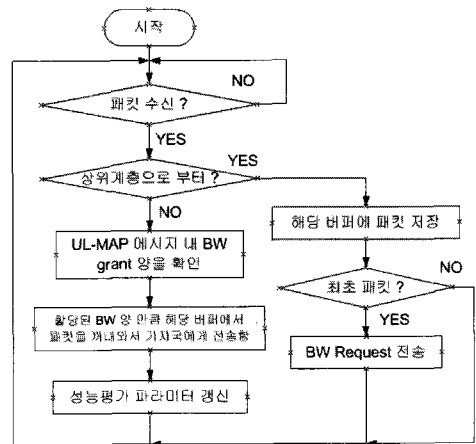


그림 3. 단말에서 수행하는 절차
Fig. 3 Operation procedure at the mobile station

여기에서 MSTR (maximum sustained transmission rate) 과 ML (maximum latency)은 표준에 기술된 트래픽 원 표시자 (traffic source descriptor)의 한 예이며, 새로운 연결

이 생성될 때 기지국은 해당 연결에 대한 트래픽 원 표시자를 상위 시스템으로부터 전달받아서 이미 알고 있다고 가정한다. 음성 패킷이 k 프레임마다 발생하기 때문에 선택 가능한 스케줄링 간격은 $1 \leq n_i \leq m_i - 1$ 이지만, 음성 패킷 도착간격보다 스케줄링 간격이 작은 것은 무의미하기 때문에 타당한 스케줄링 간격은 $k \leq n_i \leq m_i - 1$ 이 된다. 본 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법의 첫 번째 단계로 채널상태에 기반을 두어 MCS 기법 별 스케줄링 시간간격을 결정하는 방법에 대해 설명한다. 본 논문에서 제안하는 VoIP용 QoS 패킷 스케줄링 기법의 주요 개념은 MCS 기법에 기반을 두어 채널상태가 양호한 단말에게는 스케줄링 간격을 크게 하고, 채널상태가 나쁜 단말에게는 스케줄링 간격을 짧게 할당하는 것이다. 스케줄링 간격을 크게 할당할 경우에는 대역폭 효율적인 변복조 기법을 사용하기 때문에 동일한 데이터양을 짧은 시간에 전송할 수 있어 전체적으로 시스템 용량을 증가시킬 수 있다. 가용한 스케줄링 간격을 $n_i = k, k+1, \dots, m_i - 1$ 라고 하고, MCS 기법 종류가 총 M 개 존재한다고 가정하자. 그러면 스케줄링 간격을 결정하는 문제는 가용한 스케줄링 간격 값을 모든 MCS 기법에 골고루 할당하는 문제로 직결되기 때문에 이를 달성하기 위해 다음과 같은 절차를 수행한다.

- MCS 기법마다 $s_i (= \lfloor (m_i - k) / M \rfloor)$ 씩 스케줄링 간격 후보 값을 할당한다.
- 나머지 $(m_i - k) \% M$ 개의 스케줄링 간격 후보 값을 상위레벨 MCS 기법부터 순서대로 할당한다.

예를 들어 프레임 크기와 ML 값이 각각 $f = 5\text{msec}$, $ML = 0.1\text{sec}$ 이고, VoIP 음성 프레임이 20 msec마다 발생한다고 가정하자. 그리고 MCS 기법의 종류가 총 6개라고 할 경우, 가용한 스케줄링 간격 후보군은 $n_i = 4, 5, \dots, 19$ 이 된다. 이 경우 앞에서 기술한 절차에 따라서 MCS 기법별 스케줄링 간격 후보군을 계산하면 아래와 같이 됨을 알 수 있다.

$$\{ \text{AMC}_1, \text{AMC}_2, \text{AMC}_3, \text{AMC}_4, \text{AMC}_5, \text{AMC}_6 \} \\ = \left\{ (4, 5), (6, 7), (8, 9, 10), (11, 12, 13), \right. \\ \left. (14, 15, 16), (17, 18, 19) \right\}$$

본 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법의 두 번째 단계는 결정된 스케줄링 간격마다 기지국이 단말에

게 할당할 대역크기인 전송할 데이터양을 결정하는 것이다. 앞에서 기술된 절차에 따라 결정된 스케줄링 간격을 n_i 라고 하면, i -번째 프레임에서 스케줄링 기법에 의해 지정된 시간에 전송해야 할 총 데이터양 R_i [bit] 또는 S_i [slot]은 $(i-1)$ -번째 프레임에서 단말이 알려준 버퍼의 큐 크기 BR_{i-1} 값에 기반을 두어 다음과 같이 결정한다.

$$R_i = \begin{cases} r_i^{\max}(f n_i + r_{time}), & \text{UGS 서비스} \\ \min \{ r_i^{\max}(f n_i + r_{time}), K_i \}, & \text{ertPS 서비스} \end{cases} \text{ [bit]} \\ \text{where } K_i = BR_{i-1} + v_i(f n_i + r_{time}) \quad (1)$$

$$S_i = \lceil R_i / b_i \rceil \text{ [slot]} \quad (2)$$

여기에서 식 (1)의 K_i 는 이전 스케줄링 시간에 단말이 알려준 큐의 크기와 스케줄링 시간간격 동안 도착한 패킷의 예측 양의 합이다. 그리고 v_i 는 참고문헌[7]에 기술한 현재 해당 단말의 VoIP 인코더의 상태 값을 나타내거나 또는 해당 단말의 평균 VoIP 패킷 생성률을 나타내며 단위는 bps이다. 식 (2)의 b_i 는 각 AMC_i 기법 별 한 슬롯에서 전송 가능한 데이터 크기를 나타내며 단위는 비트이다. 본 논문의 성능평가에서 사용한 MCS 기법별 b_i 값을 표 1에 나타내었다. 마지막으로 r_{time} 은 식 (3)에 정의하였다.

본 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법의 마지막 단계는 해당 프레임 시작점에서 대역을 할당할 가입자들의 전송순서를 나타내는 전송리스트를 만드는 과정에 대한 것이다. 스케줄링 간격의 크기를 가변으로 설정하게 되면, 스케줄링 시점에서 지연마감시간까지 남아있는 시간이 각 사용자마다 다르며, 현 프레임 내에서 전송해야 할 모든 사용자를 수용하지 못할 경우에는 지연마감시간 값에 기반을 두고 우선순위를 할당한 뒤, 우선순위가 높은 사용자부터 순서대로 해당 프레임에 전송할 기회를 부여하는 기법이 필요하다. 본 논문에서는 지정된 스케줄링 시간보다 얼마나 초과 되었는지를 나타내는 변수 r_{time} 을 정의하고, r_{time} 값이 클수록 우선순위를 높게 배정하는 원칙에 따라 r_{time} 값 크기에 기반을 두어 전송리스트를 만든 뒤 전송리스트의 순서대로 대역을 할당하였다. 여기에서 r_{time} 변수는 다음과 같이 정의한다.

$$r_{time} = \text{현재시간} - (\text{이전 스케줄링시간} + \text{스케줄링 간격}) \quad (3)$$

IV. 성능평가 결과

본 논문에서 제안된 방식과 기존 방식과의 성능 비교 평가를 위해 ON-OFF 트래픽 모델을 사용하였으며[13], 단말은 직경 1 km 셀 영역 내에서 표 1에 기술된 시스템 파라미터를 사용하여 동일한 확률로 4가지 방향으로만 움직이는 환경을 고려하였다. 이동속도는 (1, 167) m/sec 사이에서 균일분포에 따라 이동속도가 결정되며, 이동 시간 동안 일정한 속도로 움직인다고 가정하였다. 이동 시간은 (1, 5)sec 범위 내에서 균일분포에 따라 결정된다고 가정하였다. 여기에서 시뮬레이션 수행시간 동안 단말이 1 km 셀 영역을 충분히 이동하여 통계적으로 표 1에 나타난 MCS 기법별 사용 빈도를 달성하기 위해 단말의 이동속도를 실제 속도보다 훨씬 빠르게 설정하였다. 본 논문에서 제안한 QoS 패킷 스케줄링 기법과 비교할 기존 방법들은 다음에 기술하는 바와 같이 두 가지이다.

- UGS 기법: 표준에 정의된 UGS 서비스 절차에 따라서 수행하는 방법으로 20 msec 마다 24 바이트씩 대역을 할당함.
- ertPS 기법: ON 구간에서는 24 바이트씩 대역을 할당하지만 OFF 구간에서는 최소 대역만 할당하는 방법으로 수행함[15].

표 1. 시스템 파라미터
Table. 1 System parameters

MCS 기법	b_i [byte]	사용 빈도	시스템 파라미터	값
64QAM-3/4	27	7.4 %	시뮬레이션 수행시간	200 s
64QAM-2/3	24	10.7 %	Maximum latency	100 ms
16QAM-3/4	18	14.8 %	역방향 서브 프레임당 슬롯수	40
16QAM-1/2	12	20.8 %	프레임 크기	5 ms
QPSK-3/4	9	10.9 %	서브프레임 비율 (역방향:순방향)	3:2
QPSK-1/2	6	35.4 %	셀 모양	원형

본 논문에서는 NS-2 네트워크 시뮬레이터를[16] 사용하여 성능평가를 수행하였으며, 성능평가 척도로는 ML 값 초과에 따른 패킷 손실률과 평균 패킷 지연시간을 사용하였다. 단말이 이동하는 경우와 정지해 있는 경우를 구분하여 성능결과를 도출하였다. 단말이 정지해 있을 경우에는 셀 경계지역에 있는 경우를 가정하여

QPSK-1/2 번복조 기법만을 사용한다고 가정하였다. 먼저 단말이 이동하는 경우 패킷 손실률 측면에서 각 스케줄링 기법의 성능을 그림 4에 나타내었다. UGS 기법은 49개 단말을 수용할 경우 패킷 손실이 발생하기 시작하여 63개 단말을 수용하면 패킷 손실률이 1%를 초과하기 시작한다. ertPS 기법을[15] 적용하면 87개 단말을 수용하였을 경우 패킷 손실이 발생하기 시작하여 104개 단말을 수용하면 패킷 손실률이 1%를 상회하기 시작한다. 한편 본 논문에서 제안한 기법은 108개 단말을 수용했을 때 패킷 손실이 발생하기 시작하며, 129개 단말을 수용할 때 패킷 손실률이 1%를 넘어섬을 확인할 수 있었다.

한편 단말이 정지해 있을 때 패킷 손실률 측면에서 각 스케줄링 기법의 성능을 그림 5에 나타내었다. UGS 기법은 41개 단말을 수용할 경우 패킷 손실이 발생하기 시작함과 동시에 패킷 손실률이 1%를 초과함을 알 수 있다.

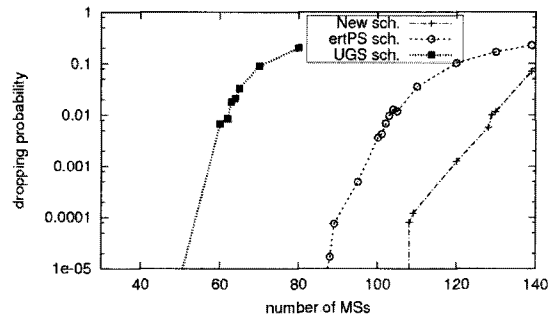


그림 4. 이동성이 존재할 때 패킷 손실률 성능
Fig. 4 Comparison of packet dropping probability when mobile stations are mobile

이것은 직관적인 계산을 통해서도 확인할 수 있다. 표 1에 기술한 성능평가 환경으로부터 QPSK-1/2 번복조 기법은 한 슬롯 당 6 바이트를 전송할 수 있다. ON-OFF 음성 트래픽 생성모델에 따르면 4 프레임 (20 msec) 마다 24 바이트 음성 패킷이 발생하며, 본 논문에서 제안한 기법에 따르면 QPSK-1/2 번복조 기법의 경우 4 프레임 단위로 스케줄링을 실시한다. 그래서 스케줄링 시 대역할당 크기는 24 바이트를 전송하기 위해 4개 슬롯을 할당해야 한다. 따라서 한 단말에게 4개 프레임마다 4개 슬롯을 할당하면 총 40개 단말을 수용할 수 있다. 그러므로 직관적으로 계산한 값과 성능평가 값이 일치함을 알 수 있다. ertPS 기법의 경우는 65개 단말을 수용할 때 패킷 손실이 발생하기 시작하여 79개를 수용하면 패킷 손실

률이 1%를 초과한다. 본 논문에서 제안한 기법의 경우는 71개 단말을 수용하였을 때 패킷손실이 발생하기 시작하며, 90개 단말을 수용하였을 때 패킷 손실률이 1%를 초과함을 알 수 있다.

한편 단말이 이동할 때 패킷 평균지연시간 측면에서 각 스케줄링 기법의 성능을 그림 6에 나타내었다. UGS 기법은 모든 단말에게 4개 프레임마다 4개 슬롯을 할당하기 때문에 평균지연시간이 가장 짧다. 4개 프레임 중 어느 지점의 슬롯을 할당받느냐 라는 문제를 균일분포로 근사화하면 균일분포의 평균값이 10 msec가 되기 때문에 평균 지연시간이 10 msec가 됨을 쉽게 이해할 수 있다.

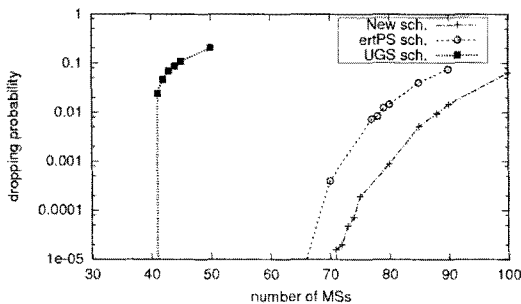


그림 5. 정지했을 때 패킷 손실률 성능
Fig. 5 Comparison of packet dropping probability when mobile stations are stationary

ertPS 기법과 본 논문에서 제안한 기법은 OFF 구간 동안 최소 대역을 할당하고 있다가 ON 구간 시작점에서 얼마나 신속하게 대역을 할당하는가에 따라 평균지연시간이 결정되기 때문에 두 기법의 평균지연시간이 유사함을 알 수 있다.

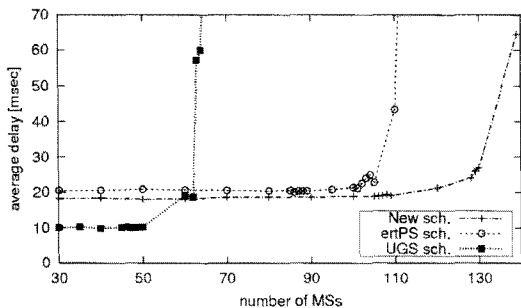


그림 6. 이동성이 존재할 때 패킷 평균지연시간 성능
Fig. 6 Comparison of average packet delay when mobile stations are mobile

VI. 결론

본 논문에서는 역방향 링크에서 VoIP 서비스를 효율적으로 수용할 수 있는 QoS 패킷 스케줄링 기법을 제안하고 성능평가를 수행하였다. 본 논문에서 제안한 패킷 스케줄링 기법의 핵심은 MCS 기법에 기반을 두고 채널 상태가 양호한 단말에게는 스케줄링 간격을 크게 하고, 채널 상태가 나쁜 단말에게는 스케줄링 간격을 짧게 할당함으로써 전체적으로 시스템 용량을 증가시키는 것이다. 그리고 스케줄링 간격마다 할당할 대역 크기를 결정하며, 대상 단말이 다수 개 존재할 경우에는 단말의 전송순서를 결정하여 전송리스트를 생성한다. 성능평가 척도로는 단말의 버퍼 내에서의 평균 지연시간과 패킷 손실률을 사용하였다. 성능평가 결과에 따르면 본 논문에서 제안한 기법의 시스템 용량이 UGS 기법 대비 220% 이상, ertPS 기법 대비 25% 이상 증가함을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 기법을 IEEE 802.16e 상용시스템에 적용하면 기존 방식에 비해 시스템 용량을 크게 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] IEEE std 802.16-2004, part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems, October 2004.
- [2] IEEE std 802.16e-2005, part 16: Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems, Feb 28, 2006.
- [3] P. Bender, et. al., "CDMA/HDR: A bandwidth-efficient high-speed wireless data service for nomadic users," IEEE Commun. Mag., pp. 70 ~ 77, July 2000.
- [4] M. Andrews, et. al., "Providing quality of service over a shared wireless link," IEEE Commun. Mag., pp. 150 ~ 154, February 2001.
- [5] 강충구, "QoS and packet scheduling for WiBro," KRnet 2005, pp. 98 ~ 103, 2005년 6월 27일.
- [6] 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.
- [7] H. Lee, T. Kwon and D. Cho, "Extended-rtPS algorithm

for VoIP services in IEEE 802.16 system," in Proc. of JCCI-2006, May 2006.

- [8] 장재신, 강민석, "휴대인터넷에서 효과적인VoIP 스케줄링 알고리즘 방식 연구," 한국통신학회 2006년 하계학술대회. 제주도 라마다프라자 제주호텔, 2006년 7월 6일, pp. 502.1 ~ 502.4.
- [9] D. Niyato and E. Hossain, "A queuing-theoretic and optimization-based model for radio resource management in IEEE 802.16 broadband wireless networks," IEEE Trans. on Comp., vol. 55, no. 11, pp. 1473 ~ 1488, November 2006.
- [10] M. J. Hossain, M. S. Alouini and V. K. Bhargava, "Multi-user opportunistic scheduling using power controlled hierarchical constellations," IEEE Trans. on Wireless Commun., vol. 6, no. 5, pp. 1581 ~ 1586, May 2007.
- [11] M. J. Hossain, M. S. Alouini and V. K. Bhargava, "Rate adaptive hierarchical modulation-assisted two-user opportunistic scheduling," IEEE Trans. on Wireless Commun., vol. 6, no. 6, pp. 2076 ~ 2085, June 2007.
- [12] D. Liao, L. Li, S. Xu and H. Yu, "Opportunistic scheduling with multiple QoS constraints in wireless multiservice networks," in Proc. of IEEE WCNC-2007, pp. 1524 ~ 1528, March 2007.
- [13] P. T. Brady, "A model for generating ON-OFF speech patterns in two-way conversations," Bell Syst. Technology Journal, Vol. 48, pp. 2445 ~ 2472, September 1969.
- [14] C. R. Baugh and J. Huang, Traffic model for 802.16 TG3 MAC/PHY simulations, IEEE 802.16 broadband wireless access WG, March 2, 2001.
- [15] H. Lee, T. Kwon and D. Cho, "An enhanced uplink scheduling algorithm based on voice activity for VoIP services in IEEE 802.16d/e system," IEEE Commun. Letters, Vol. 9, No. 8, pp. 691 ~ 693, August 2005.
- [16] S. McCanne and S. Floyd, "NS network simulator," version 2.28, <http://www.isi.edu/ns-nam/ns>.

저자소개

장 재 신 (Jaeshin Jang)



1990년 2월 동아대학교
전자공학과 학사
1992년 2월 한국과학기술원
전기및전자공학과 석사
1998년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
1997년 7월 ~ 2002년 2월 (주)삼성전자 네트워크사업
부 책임연구원
2002년 3월 ~ 현재 인제대학교 공과대학 정보통신공학
과 조교수
※ 관심분야 : 이동통신망, 무선 랜, 무선인터넷, 센서네
트워크, QoS 스케줄러

이 종 협 (Jong Hyup Lee)



1984년 2월 고려대학교 산업공학과
(공학사)
1986년 2월 한국과학기술원(KAIST)
산업공학과 (공학석사)
1996년 8월 한국과학기술원 산업공학과 (공학박사)
1986년 2월 ~ 2004년 2월 한국전자통신연구원 책임연
구원 (팀장)
2004년 3월 ~ 현재 인제대학교 정보통신공학과 조교수
※ 관심분야 : High-speed Network Design and Routing,
Switch and Router Technology, Advanced Network
Protocols, Sensor and Mobile Network