

IEEE 802.16e 시스템에서의 CNG 모드 AMR 음성 코덱을 위한 개선된 ErtPS 스케줄링 알고리즘

우 현 제[†] · 김 주 영^{††} · 이 미 정^{†††}

요 약

IEEE 802.16e 시스템은 가변 비트율로 생성되는 묵음 삭제(Silence suppression) 지원 VoIP 트래픽 서비스의 QoS 제공을 위해, ErtPS(Extended real-time Polling Service) 상향링크 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. VoIP 서비스는 묵음을 삭제할 경우에 사용자에게 연결 상태라는 것을 알리기 위해, 수신자의 청각에 편안한 잡음을 재생시키는 CNG(Comfort Noise Generation) 모드를 지원해야 한다. CNG 모드의 비음성 구간에서는 음성 구간에 비해 긴 패킷 전송 간격에 따라 낮은 전송률로 데이터를 생성한다. 따라서, 주기적으로 데이터 패킷을 생성하는 서비스 플로우를 위해 설계된 ErtPS 알고리즘을 음성 구간과는 다른 주기로 데이터를 생성하는 비음성 구간에 적용할 경우, 상향 링크의 자원이 비효율적으로 사용된다. 이에 본 논문에서는 CNG 지원 VoIP 트래픽에 대한 비음성 구간에서의 효율적인 자원 활용을 위해, 개선된 ErtPS 방안을 제안하였다. 제안 방안에서는 사용자가 기지국에게 자신의 음성 상태의 변화를 알리면, 기지국은 사용자의 각 음성 상태에 따라 해당 주기로 대역폭을 할당한다. 이를 위해, 제안 방안에서는 802.16e 시스템에서 주기적으로 채널의 품질정보를 기지국에 전달하기 위해 사용되는 상향 링크 부채널인 CQI(Cannel Quality Information) 채널을 활용하였다. OPNET 시뮬레이터를 사용하여 제안 방안의 성능을 평가해 보았으며, ErtPS와 비교하여 상향 링크의 대역폭 활용과 패킷 전송 지연 면에서 성능이 향상되었음을 확인하였다.

키워드 : 스케줄링 알고리즘, AMR 음성 코덱, 802.16e/m, CQI 부채널

Improved ErtPS Scheduling Algorithm for AMR Speech Codec with CNG Mode in IEEE 802.16e Systems

Woo, Hyunje[†] · Kim, Jooyoung^{††} · Lee, Meejeong^{†††}

ABSTRACT

The Extended real-time Polling Service (ErtPS) is proposed to support QoS of VoIP service with silence suppression which generates variable size data packets in IEEE 802.16e systems. If the silence is suppressed, VoIP should support Comfort Noise Generation (CNG) which generates comfort noise for receiver's auditory sense to notify the status of connection to the user. CNG mode in silent-period generates a data with lower bit rate at long packet transmission intervals in comparison with talk-spurt. Therefore, if the ErtPS, which is designed to support service flows that generate data packets on a periodic basis, is applied to silent-period, resources of the uplink are used inefficiently. In this paper, we proposed the Improved ErtPS algorithm for efficient resource utilization of the silent-period in VoIP traffic supporting CNG. In the proposed algorithm, the base station allocates bandwidth depending on the status of voice at the appropriate interval by having the user inform the changes of voice status. The Improved ErtPS utilizes the Cannel Quality Information Channel (CQICH) which is an uplink subchannel for delivering quality information of channel to the base station on a periodic basis in 802.16e systems. We evaluated the performance of proposed algorithm using OPNET simulator. We validated that proposed algorithm improves the bandwidth utilization of the uplink and packet transmission latency

Keywords : ErtPS Scheduling algorithm, AMR Speech Codec, 802.16e/m, CQICH

1. 서 론

IEEE 802.16e 시스템은 묵음 삭제 지원 VoIP와 같이 비

고정 가변 비트율로 주기적으로 생성되는 실시간 트래픽을 지원하기 위해 Extended Real-Time Variable Rate(ERT-VR) 서비스를 정의하였다. IEEE 802.16e 표준[1]에서는 ERT-VR의 QoS(Quality of Service) 보장을 위해 ErtPS(Extended real-time Polling Service) 상향링크 스케줄링 알고리즘을 정의하였다. 한편, VoIP는 3GPP 및 IMT 2000 음성 코덱의 표준인 광대역 기반 코덱(AMR-WB)[2, 3]의 사용을 통해 음성 품질을 향상시킬 수 있다. 802.16e 시스템

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IIITA-2009-(C1090-0902-0036).

† 준 회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사과정

†† 정 회원 : LG 넥스원 연구원

††† 종신회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 2009년 2월 18일

수정일 : 1차 2009년 6월 13일

심사완료 : 2009년 7월 17일

표준의 성능 보완 및 개선을 위해 제안된 IEEE 802.16 TGM(Tast Group m)[4]에서도 AMR 코덱 기반의 VoIP 트래픽 모델을 정의하였다. 목음 삭제 기능을 지원하는 VoIP는 음성과 목음을 구분한 후, 수신자의 청각에 편안한 느낌을 주는 잡음을 재생시키기 위해 비음성 구간 동안에 CNG(Comfort Noise Generation) 기능을 제공하며, AMR 역시 CNG 모드를 지원한다. CNG 기능이 사용될 경우, 목음 상태의 비음성 구간에서는 음성 구간에 비해 긴 패킷 전송 간격에 따라 낮은 전송률로 데이터를 전송하므로 음성 구간과는 다른 데이터 생성 간격을 가지게 된다. ErtPS 스케줄링은 주기적으로 데이터 패킷을 생성하는 서비스 플로우를 위해 설계되었으므로, CNG 기능을 지원하는 VoIP 트래픽에 적용할 경우 비음성 구간 동안에 무선링크 자원의 활용도가 저하된다. 이에 802.16e 시스템에서의 CNG 지원 VoIP 트래픽에 대한 상향링크 자원의 효율적 활용을 위해, ErtPS 스케줄링 알고리즘의 보완이 필요하다. 본 논문에서는 802.16e 시스템에서 CNG 기능을 지원하는 VoIP 서비스가 효율적으로 제공될 수 있도록, 비음성 구간에서의 낮은 전송률을 고려한 개선된 ErtPS 스케줄링 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안 방안에서는 사용자가 기지국에게 자신의 음성 상태의 변화를 알리면 기지국은 각 음성 상태에 해당 주기로 대역폭을 할당한다. 이를 위해, 802.16e 시스템에서 채널의 품질정보를 기지국에게 전달하기 위해 사용되는 상향 링크 부채널인 CQI(Channel Quality Information) 채널을 활용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 802.16e 시스템에서의 상향링크 스케줄링 알고리즘에 대한 기존의 연구들을 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 개선된 ErtPS 스케줄링 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 방안의 성능 평가 및 분석을 수행하고, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

본 장에서는 802.16e 시스템의 ERT-VR 서비스인 목음 삭제 기능을 제공하는 VoIP 응용을 지원하기 위해 제안된 상향 링크 스케줄링 알고리즘들에 대해 살펴본다.

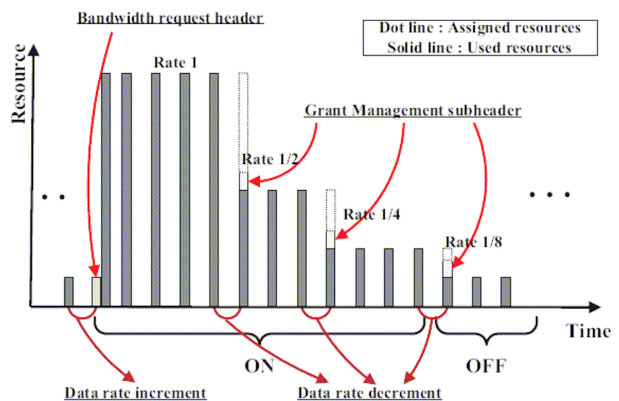
2.1 ErtPS 알고리즘

Lee는 기지국이 VoIP의 음성과 비음성 구간을 고려하여 다른 크기의 대역폭을 할당해 주는 Lee's 알고리즘을 제안하였다[5]. Lee's 알고리즘은 음성 사용자의 활동 상태와 목음 상태에 따라 사용자에게 다른 크기의 대역폭을 할당함에 따라 항상 동일한 크기의 대역폭을 할당하는 UGS(Unsolicited Grant Service) 알고리즘[1]에 비해 상향링크의 자원을 효율적으로 사용한다. 하지만 기지국이 최대 크기의 대역폭과 최소 크기의 대역폭만을 할당할 수 있으므로, 2개 이상의 다양한 비트율로 생성되는 VoIP 트래픽에 적용될 경우에

상향 링크 대역폭의 활용도가 감소하게 된다. 이를 보완하기 위해, [6]에서는 가변 비트율로 생성되는 실시간 트래픽을 지원하기 위해 ErtPS 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. ErtPS는 UGS와 같이 음성사용자에게 주기적으로 대역폭을 할당하는 반면에, 목음 삭제 지원 VoIP와 같이 가변 비트율로 생성되는 실시간 트래픽을 지원하기 위해 사용자가 기지국에게 요청하여 자신에게 할당되는 대역폭의 크기를 변경할 수 있다. 이 때, ErtPS는 추가적인 맥 오버헤드 없이 사용자의 음성 상태에 따라 상향 링크 자원을 할당한다.

ErtPS의 동작 과정은 다음과 같다. 음성 데이터 패킷의 크기가 감소한 경우에 사용자는 GM 부헤더를 사용하여 기지국에게 음성 상태를 알린다. 이 때, 음성 데이터 패킷의 크기가 감소하는 경우에는 현재 할당 받은 대역폭이 남게 되므로, 남는 자원을 이용하여 GM 부헤더의 확장 PBR(Piggyback request)를 사용하여 Grant 크기의 감소를 요청한다. 이를 위해, GM 부헤더의 PBR를 확장하였으며, 확장 PBR의 MSB(Most Significant Byte)가 1로 설정되면 기지국은 사용자로부터 다른 요청을 수신할 때까지 주기적으로 요청된 크기에 따라 상향 링크 자원을 할당한다. 음성 데이터 패킷의 크기가 증가한 경우에, (그림 1)[6]과 같이 대역폭이 이전 음성 데이터 패킷 크기에 기반하여 할당되었으므로 현재의 패킷을 전송하기에는 부족하다. 이에 사용자는 기지국에게 대역폭 요청 헤더의 BR(Bandwidth Request)를 사용하여 현재 음성 데이터 크기에 해당하는 대역폭을 요청을 하며, 이를 위해 BR의 MSB를 1로 설정한다. BR의 MSB가 1로 설정된 대역폭 요청 헤더를 수신한 기지국은 사용자가 요청한 크기로 폴링 크기를 변경하여 주기적으로 요청된 크기의 대역폭을 할당한다. 한편, ErtPS에서는 사용자가 데이터를 전송하는데 필요한 대역폭을 할당 받지 못한 경우, CQICH(Cannel Quality Information Channel) 코드워드 전송을 통해 기지국에게 이를 알릴 수 있다. CQICH 코드워드를 수신한 기지국은 사용자의 최대 지속 트래픽 전송률(Maximum Sustained Traffic Rate)에 따라 대역폭을 할당한다.

ErtPS는 가변 비트율로 생성되는 실시간 트래픽을 지원하기 위해 패킷 전송 시 마다 대역폭 요청이 필요한 rtPS(real-



(그림 1) ErtPS 알고리즘의 동작 과정

time Polling Service)에 비해 맥 오버헤드와 접속 지연을 줄일 수 있고, 추가적인 맥 오버헤드 없이 음성 데이터의 크기에 따라 대역폭이 동적으로 할당됨에 따라 UGS에 비해 상향링크자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 그러나 ErtPS 알고리즘은 주기적으로 데이터 패킷을 생성하는 서비스 플로우를 위해 설계되었으므로, CNG 기능을 지원하는 VoIP와 같이 비음성 구간에서 다른 주기로 데이터가 생성되는 형태의 서비스 플로우에는 부적합 면이 존재한다. 즉, 비음성 구간 동안에는 음성 구간에 비해 낮은 전송률로 데이터가 생성되는데 반해, 비음성 구간에도 음성 구간에서와 같은 주기로 대역폭이 할당됨에 따라 대역폭의 낭비가 발생하게 된다.

2.2 802.16e/m 시스템에서의 AMR 음성 코덱을 위한 상향링크 스케줄링 알고리즘

[7]은 사용자의 음성이 음성 상태와 묵음 상태에 따라 전송률이 다른 AMR 음성 코덱의 특성을 고려하여, 비음성 구간 동안에 발생하는 상향링크의 대역폭 낭비를 줄이기 위해 임의접근방법(random access scheme)을 사용한 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. [7]에서는 비음성 구간 동안에 기지국은 음성 사용자에게 주기적인 대역폭 할당을 멈추며, 대신에 비음성 구간 동안에 음성 사용자의 패킷을 전송하기 위해서 사용자는 임의접근방법을 사용한다. 기지국에게 사용자의 음성 상태의 변화를 알리기 위해 BRUSC(bandwidth request and uplink sleep control) 헤더의 예약 비트를 사용하였으며, BRUSC 헤더의 BR에 필요한 대역폭의 크기를 명시한다.

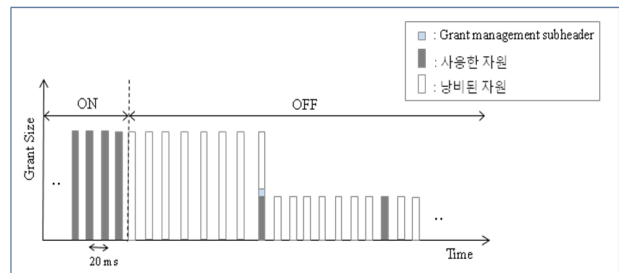
[7]은 기존의 VoIP 스케줄링 알고리즘이 음성 구간과 비음성 구간 간의 다른 데이터 전송률을 고려하지 않고 음성 구간의 데이터 생성 주기에만 근거하여 상향링크에 대역폭을 할당함에 따라, 비음성 구간에서의 상향 링크 자원이 낭비되는 문제를 해결하였다. 이를 위해, 비음성 구간에서의 기지국은 주기적인 대역폭 할당을 중지하고 사용자의 요청에 의해서만 대역폭을 할당하는 방안을 제안하였다. 하지만 비음성 구간 동안에 패킷을 전송하는 경우와 비음성 구간에서 음성 구간으로 변경 시에 대역폭을 할당받기 위해 경쟁 방식 기반의 임의접근방법을 사용함에 따라, 음성사용자의 수가 증가 할수록 접속 지연이 증가하게 되며 대역폭 요청에 대한 응답을 보장할 수 없는 한계가 있다.

3. 제안 방안

본 장에서는 묵음 삭제 기능과 함께 CNG 모드를 지원하는 VoIP 트래픽 서비스의 비음성 구간에서의 상향 링크 자원의 효율성 향상을 위한 개선된 ertPS 스케줄링 알고리즘에 대해 설명한다. 묵음 삭제 기능을 지원하는 VoIP의 경우 사용자에게 연결 상태라는 것을 알리기 위해 수신자의 청각에 편안한 잠음을 재생시키는 CNG 모드를 함께 지원한다. 802.16e 시스템에서는 묵음 삭제 지원 VoIP와 같은 ERT-VR의 서비스품질 제공을 위해 ErtPS 알고리즘이 제

안되었다. 하지만, ErtPS 알고리즘은 주기적으로 데이터 패킷을 생성하는 서비스 플로우를 위해 설계되었으므로, CNG 모드 지원 VoIP 트래픽 서비스에 적용할 경우에 비음성 구간에서의 낮은 전송률로 인한 상향 링크에서의 대역폭 낭비가 발생하게 된다. (그림 2)는 [4]에서 정의된 SAMR(Simplified AMR) 코덱에 기반한 VoIP 트래픽에 대해 비음성 구간 동안에 발생하는 ErtPS 알고리즘의 자원 낭비 과정을 보여준다. SAMR은 음성 구간과 비음성 구간 동안의 패킷 생성 시간이 각각 20ms와 160ms이며 대역폭의 할당 주기는 20ms이 된다. 이러한 환경에서 음성이 묵음 상태가 되면 패킷의 생성 시간 간격은 160 ms로 변경되지만 대역폭의 할당 주기는 음성 구간에서의 패킷 생성 시간 간격인 20 ms로 계속 유지되기 때문에, 비음성 구간 동안에 160ms 마다 7번의 Grant가 낭비된다.

개선된 ErtPS는 위와 같은 상향링크 자원의 활용과 관련된 비효율성을 해결하기 위해, 기지국에게 사용자의 음성 상태 정보를 제공하여 기지국이 사용자에게 각 음성 상태에 적합한 Grant 주기로 대역폭을 할당하도록 한다. 제안 방안에서는 기지국에게 사용자의 음성 상태의 변화를 알리기 위해 CQICH를 활용한다. 802.16e 시스템에서는 채널 상황을 최대한 반영하여 사용자가 최대 전송속도로 전송하도록 AMC(Adaptive Modulation&Coding) 기법을 제공하며, 최대 매 프레임마다 최소한의 오버헤드로 단말의 채널 품질 정보를 보고하기 위해 CQI 채널을 사용한다. ErtPS에서는 사용자가 데이터를 전송하는데 필요한 대역폭을 할당 받지 못한 경우, 기지국에게 이를 알리기 위한 코드워드를 전송하기 위해 CQI 채널을 사용할 수 있다. 한편, 기지국이 사용자에게 각 음성 상태에 적합한 Grant 주기로 해당 대역폭을 할당하기 위해서는, 호 설정 시 사용자와 기지국 간에 사용자의 각 음성 상태에 대한 Grant 할당 주기와 Grant 할당 크기에 대한 설정이 미리 이루어져야 한다. 802.16e 표준 규격에서는 DSA(Dynamic Service Addition) 프로세싱을 통해 스케줄링 서비스와 관련된 QoS 파라미터를 교환하며, 이 QoS에는 Unsolicited grant 간격(Unsolicited grant interval)과 최대 지속 트래픽 전송률에 대한 파라미터가 정의되어 있다. 제안 방안에서는 Unsolicited grant 간격을 오직 음성 구간에서의 Grant 할당 주기로 사용하며, 비음성 구간에서의 Grant 할당주기에 대한 파라미터를 새롭게 추가하였다.



(그림 2) 비음성 구간에서의 ErtPS 스케줄링의 비효율성

3.1 코드워드 및 QoS 파라미터 추가

ErtPS에서는 사용자가 데이터를 전송하는데 필요한 대역폭을 할당 받지 못한 경우에 기지국에게 이를 알리기 위해 CQICH 코드워드를 전송하고, 코드워드를 수신한 기지국은 최대 지속 트래픽 전송률에 따라 대역폭을 할당하도록 정의되어 있다. 제안 방안에서는 이와 같은 코드워드를 ON 코드워드라 명하고 ON 코드워드의 전송 시점을 사용자의 음성 상태가 묵음에서 음성으로 변경되는 시점으로 변경한다. 즉, 제안 방안에서는 ErtPS에서 사용한 대역폭 요청 헤더 대신에 CQICH를 활용하며, CQICH는 상향 링크 제어 심볼 구간에 이미 정의된 제어 채널이므로 추가적인 오버헤드가 발생하지 않는다. 또한, 사용자의 음성 상태가 음성에서 묵음으로 변경된 것을 기지국에게 알리기 위해 비음성 구간에 대한 OFF 코드워드를 추가하였다. <표 1>에서는 ON/OFF 코드워드 값과 각 코드워드의 전송 시점을 보여준다. 기지국은 ON 코드워드를 수신하면 음성 사용자가 비음성 구간에서 음성 구간으로 전이되었음을 인식하고, OFF 코드워드를 수신하면 음성 구간에서 비음성 구간으로 전이되었음을 인식한다.

기지국이 CQICH 코드워드 수신을 통해 음성 사용자의 음성 상태의 변화를 인지하면, 해당 음성 상태에 대한 Grant 할당 주기에 따라 해당 크기의 Grant를 할당해야 한다. 음성 구간에서의 Grant 할당 주기는 QoS 파라미터인 Unsolicited grant 간격을 사용하며, 음성 상태가 비음성 구간에서 음성 구간으로 변경되면, 기지국은 QoS 파라미터인 최대 지속 트래픽 전송률에 따라 Grant를 할당한다. 제안 방안에서는 QoS 파라미터로 비음성 구간에서의 Grant 할당 주기에 해당하는 OFF grant 간격과 비음성 구간에 적합한 Grant 크기인 OFF 최대 지속 트래픽 전송률을 추가로 정의하였다. OFF grant interval 값과 OFF 최대 지속 트래픽 전송률은 음성 코덱의 비음성 구간에서의 전송률과 비트율에 의해 결정된다. <표 2>는 음성/비음성 구간에 해당하는 Grant 할당 주기 및 Grant 할당 크기와 관련된 QoS 파라미

<표 1> ON/OFF CQICH 코드워드

	ON 코드워드	OFF 코드워드
코드워드	0b111011	0b111001
전송 시점	비음성 구간에서 음성 구간으로 전이 시	음성 구간에서 비음성 구간으로 전이 시

<표 2> 개선된 ertPS를 위한 QoS 파라미터

	음성 상태	묵음 상태
Grant 할당 주기	Unsolicited grant interval	OFF grant interval
Grant 할당 크기	Maximum sustained traffic rate	OFF Maximum sustained traffic rate

터를 보여준다. (그림 3)과 (그림 4)는 개선된 ErtPS에서 정의된 비음성 구간을 위해 추가된 QoS 파라미터의 TLV 인코딩 포맷을 보여준다.

Type	Length	Value	Scope
[145/146].47	2	ms	DSx-REQ, DSA-RSP DSC-REQ, DSC-RSP

(그림 3) <OFF grant 간격>의 TLV 인코딩

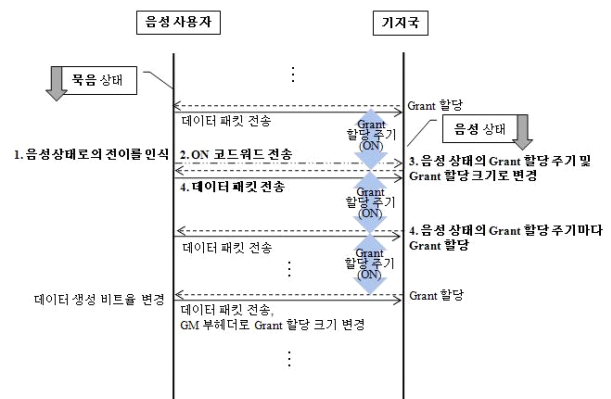
Type	Length	Value	Scope
[145/146].10	4	Rate (in bits per second)	DSx-REQ, DSx-RSP DSx-ACK, REG-RSP

(그림 4) <OFF 최대 지속 트래픽 전송률>의 TLV 인코딩

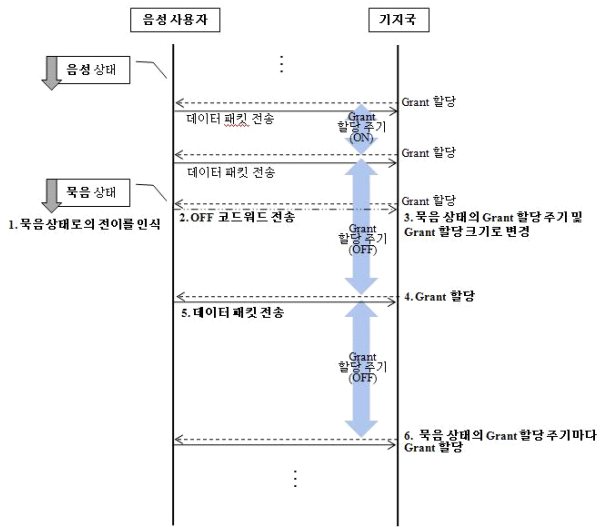
3.2 개선된 ErtPS 알고리즘의 동작과정

음성 사용자는 자신의 음성 상태가변경되면 해당 CQICH 코드워드 전송을 통해 기지국에게 알린다. 음성 구간과 비음성 구간 간의 음성 상태 변화는 VAD(Voice Activity Detector) 또는 SD(Silence Detector)를 통해 인지 가능하다 [8]. 사용자는 음성이 음성 상태로 변경되면 기지국에게 이를 알리기 위해 CQICH ON 코드워드를 전송한다. 기지국이 이를 수신하면, QoS 파라미터 음성 구간에 해당하는 Unsolicited grant 간격 주기로 최대 지속 트래픽 전송률에 따라 Grant를 할당한다. 또한, 이후의 음성 구간에서의 Grant 크기는 기존의 ErtPS와 마찬가지로 트래픽 전송률에 따라 변경 가능하다. (그림 5)는 음성 구간에서의 개선된 ertPS의 동작 과정을 보여준다.

사용자는 음성이 묵음 상태로 변경되면 기지국에게 이를 알리기 위해 CQICH OFF 코드워드를 전송한다. 기지국은 이를 수신하면, QoS 파라미터 중 비음성 구간에 해당하는 OFF Grant 간격 주기로 OFF 최대 지속 트래픽 전송률에 따라 Grant를 할당한다. (그림 6)은 비음성 구간에서의 개선된 ertPS의 동작 과정을 보여준다.



(그림 5) 음성 구간에서의 개선된 ErtPS 동작 과정



(그림 6) 비음성 구간에서의 개선된 ErtPS 동작 과정

한편, 사용자의 음성 데이터는 ON/OFF 트래픽 전송률에 따라 일정하게 생성되어 전송되는 반면에, 음성 상태가 변하는 순간에 기지국이 사용자에게 할당하는 Grant의 시점은 사용자의 음성 상태의 전이를 알려주기 위해 코드워드를 수신하는 시간으로 인해 약간의 지연이 발생하게 된다. 제안 방안에서는 ON/OFF 코드워드 수신에 의한 Grant 할당 시점의 지연을 없애기 위해 기지국이 최근에 사용자에게 할당된 Grant의 시점을 저장한다. 즉, 기지국이 ON/OFF 코드워드를 수신한 시간을 시점으로 하여 Grant를 할당하는 것이 아니라, 최근에 Grant가 할당되었던 시간을 기준으로 음성/비음성 구간에서의 Grant 할당 간격 주기에 따라 다음 번 Grant를 할당한다. 따라서, ON/OFF 코드워드 수신에 의한 발생하는 Grant 할당 지연은 음성 상태 전이 후 첫 번째 패킷에만 영향을 받게 되므로 이로 인한 성능 저하를 최소화하였다.

<표 3>은 SAMR 코덱 기반의 VoIP 트래픽에 대해 비음성 구간 (비음성 구간은 평균 1.5초로 가정[4]) 동안의 ErtPS와 개선된 ErtPS 방안을 통해 상향 링크에 할당된 대역폭($ErtPS_{ul_grant_size}$, $Improved_ErtPS_{ul_grant_size}$)과 사용한 대역폭($ErtPS_{usage}$, $Improved_ErtPS_{usage}$)을 정량화한 것이다. 수식 (1), (2)에 따르면 ErtPS 방안은 1.5초 동안의 비음성 구간에서 할당된 대역폭 중 약 13% 이하의 대역폭만을 사용하며, VoIP 세션이 길어질수록 대역폭의 낭비가 더 커지게 된다. 반면에, 수식 (3), (4)에서 보는 것과 같이 제안방안의 경우 각 비음성 구간에서 기지국이 사용자의 음성이 묵음 상태로 변한 것을 인지하기 바로 직전에 사용자에게 할당한 한 개의 Grant는 실제로 사용되지 않으므로, 할당된 상향 링크 대역폭 중에 음성 상태 패킷 크기만큼 낭비가 발생하며 VoIP 세션이 길어질수록 대역폭의 낭비가 일정하게 증가하지만 ErtPS 방안을 통해 낭비된 대역폭의 2% 정도 밖에 안되므로 그 값이 무시할 수 있을 정도로 매우 적다고 볼 수 있다. 또한, 비음성 구간 별 대역폭 사용량을 비교했

<표 3> 비음성 구간에서의 할당/사용된 대역폭

$ErtPS_{ul_grant_size} = (A * 8)_{bytes} + (I * 8)_{bytes} * (1.5s/0.016s - 1)$	(1)
$ErtPS_{usage} = (I + G)_{bytes} + I_{bytes} * (1.5s/0.016s - 1)$	(2)
$Improved_ErtPS_{ul_grant_size} = A_{bytes} + I_{bytes} * 1.5s/0.016s$	(3)
$Improved_ErtPS_{usage} = I_{bytes} * 1.5s/0.016s$	(4)

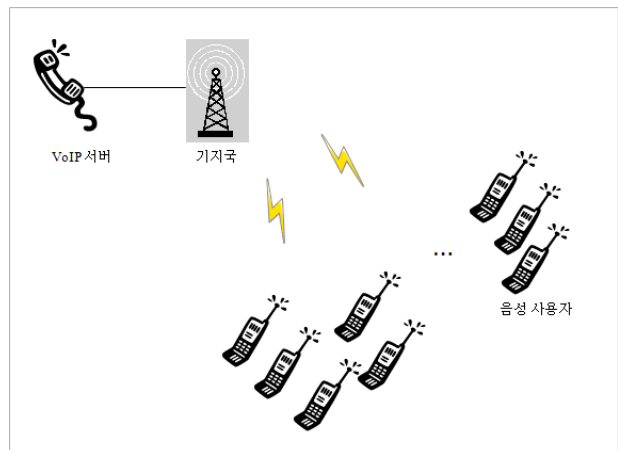
A: 음성 상태 패킷 크기 (79 bytes: MAC(6)+UDP/IP(28)+RTP(12)+payload(33))
 I: 비음성 상태 패킷 크기 (53 bytes: MAC(6)+UDP/IP(28)+RTP(12)+payload(7))
 G: GM 부헤더 크기 (2 bytes)

을 때, 제안 방안이 ErtPS 방안보다 약간 적은 대역폭을 사용함을 확인 할 수 있다.

4. 성능 평가

개선된 ErtPS 알고리즘의 성능 평가를 위해 OPNET Modeler 14.5를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 네트워크 모델은 (그림 7)에서 보는 것과 같이 VoIP 서버와 기지국 그리고 음성 사용자들로 구성된다. 기지국과 음성 사용자들의 맥과 물리 계층의 속성은 IEEE 802.16m draft[4]와 IEEE 802.16e 표준[1]에 따라 설정하였으며, OPNET에서의 실험 환경 변수는 <표 4>와 같다. 채널 대역폭은 10MHz이고 UL과 DL의 부채널 수는 각각 30, 35개로 설정하였다. frame duration은 5ms으로 설정하였으며 CQI channel 보고 주기는 10ms으로 설정하였다.

CNG 기능을 지원하는 VoIP 트래픽은 802.16e 시스템의 성능 보완 및 개선을 위해 제안된 IEEE 802.16 TGm에서 정의된 SAMR 음성 코덱을 적용하였다. SAMR은 링크 상태에 따라 8개의 다른 비트 전송률을 선택하는 AMR 코덱을 간소화하여 링크 적응(Link Adaptation)을 사용하지 않고 음성 구간에서 12.2 Kbps를 사용하는 최악의 경우의 시나리오를 가정한다. 또한, 평균 1초 간의 음성 구간에서 20ms마다 33bytes의 데이터를 생성하고 평균 1.5초 간의 비음성 구간에서 160ms마다 7bytes의 데이터를 생성한다. 음성 사용자의 수에 따른 제안 방안의 성능 평가를 하기 위해,



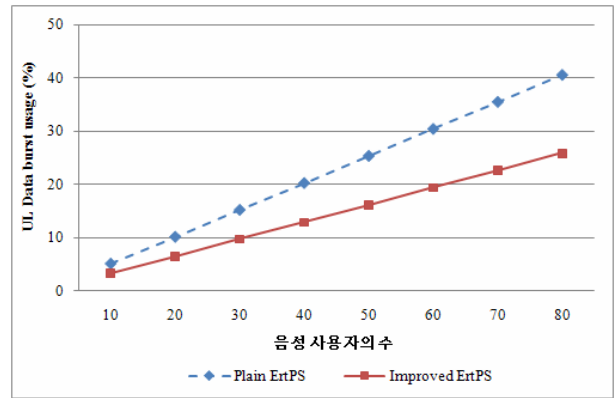
(그림 7) 네트워크 모델

<표 4> 실험 환경

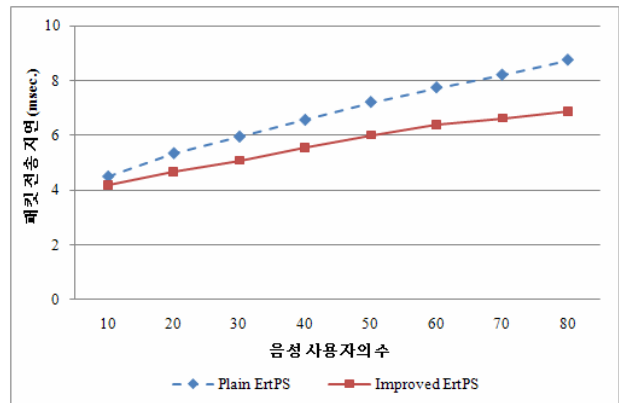
사용자 수	10~80명
시뮬레이션 시간/횟수	400초/10번
채널 대역폭	10MHz
다중화방식	OFDMA
Frame duration	5ms
Symbol duration	102.857ms
부반송파 수	1024 (데이터 부반송파 수 = 840)
부채널 수	UL: 30, DL: 35
RTG, TTG	60ms, 105.714ms
CQI channel 보고 주기	10ms
무선링크의 지연시간	20ms

음성 사용자 수를 단계적으로 증가시켜 보면서 상향 링크 데이터 버스트 사용율(UL data burst usage)과 패킷 전송 지연을 측정하였다. CQI 채널을 이용한 무선링크의 채널 품질 정보에 대한 보고 주기는 [4]에 따르면 최대 매 프레임 기간인 5ms로 설정할 수 있다. 제안 방안에서 CQI 채널 주기를 5ms로 설정할 경우, 3.2절에서 설명한 바와 같이 기지국의 Grant 할당 시점이 사용자의 음성 상태의 전이를 알리는 코드워드를 수신하는 시간으로 인해 발생하는 지연이 줄게 된다. 그러나 이미 제안 방안에서는 코드워드 수신 시점을 기준으로 Grant를 할당할 경우의 연속된 Grant 할당 지연을 없애기 위해, 기지국이 최근에 Grant가 할당되었던 시간을 기준으로 음성/비음성 구간에서의 Grant 할당 간격 주기에 따라 다음 번 Grant를 할당하는 방법을 제안하였다. 따라서, CQI 채널 주기를 5ms로 설정하더라도 음성 상태 전이 후 첫 번째 패킷에 대해서만 약간의 지연이 줄게 되므로 거의 성능 차이가 없게 된다. 이에, 본 실험에서는 잦은 CQI 채널 사용으로 인한 상향 링크의 오버헤드와 음성 패킷의 전송 주기를 고려하여 CQI 채널 주기를 10 ms로 설정하였다.

제안방안을 통한 상향링크 대역폭의 활용 면에서의 성능을 평가하였으며, (그림 8)은 음성 사용자 수의 변화에 따른 상향 링크의 평균 데이터 버스트 사용량(UL Data burst usage)을 측정된 결과를 보여준다. 상향 링크의 데이터 버스트 사용량은 상향 링크 서브프레임 중에 데이터의 전송을 위해 할당된 서브프레임의 비율을 의미한다. (그림 9)에서와 같이 개선된 ErtPS의 상향 링크의 데이터 버스트 사용량이 모든 음성 사용자 수에 대해 ErtPS 방안보다 낮은 것을 볼 수 있다. 이것은 개선된 ErtPS 방안은 사용자가 비음성 구간으로 전이되면 Grant 할당 주기가 비음성 구간에 적합하게 변경하는 반면에, ErtPS 방안은 비음성 구간에서도 음성 구간에서의 Grant 할당 주기를 유지하기 때문에 할당된 대역폭의 사용률이 떨어지기 때문이다. 특히, 음성 사용자 수가 증가할수록 두 방안의 상향 링크의 데이터 버스트 사용량에 대한 차이가 커지며, 이것은 음성 사용자 수가 증가할수록 기지국에서 낭비되는 상향 링크 자원이 증가함을 의



(그림 8) 음성 사용자 수에 따른 평균 UL data burst usage



(그림 9) 음성 사용자 수에 따른 패킷 전송 지연

미한다. 음성 사용자 수가 최대 80명인 경우 개선된 ErtPS는 ErtPS에 비해 14% 정도 상향 링크 자원을 절약하게 된다. 본 실험은 음성 구간과 비음성 구간을 모두 포함하여 400초 동안의 VoIP 세션에서 상향 링크에 할당된 대역폭을 측정된 결과이며, 비음성 구간만을 측정할 경우 대역폭의 활용 면에서 제안 방안과 ErtPS 방안과의 성능 차이는 더욱 클 것이다.

(그림 9)는 음성 사용자 수의 증가에 따른 평균 패킷 전송 지연을 측정된 결과를 보여준다. 패킷 전송 지연은 패킷이 큐에 들어와 링크 상으로 전송되기 전까지의 시간을 말하며 다음과 같은 식을 만족한다[2].

$$\text{패킷 전송 지연} = \text{하향 링크의 서브 프레임 기간} + \text{TTG} + \text{큐잉 지연}$$

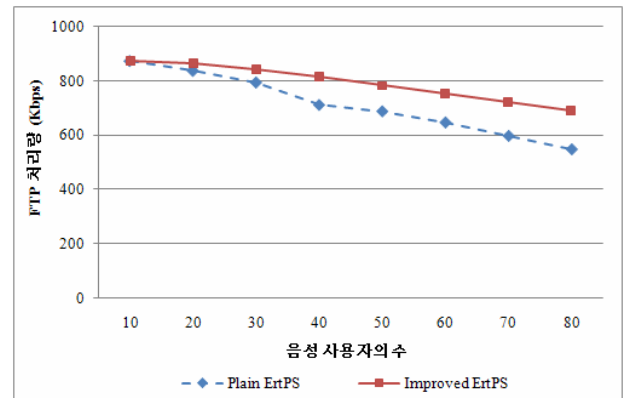
맥 프레임은 하향 링크 서브 프레임과 상향 링크 서브 프레임으로 나누어져 있으며, 하향 링크 서브 프레임으로 시작하여 상향 링크 서브 프레임으로 끝난다. TTG(Transmit transition gap)는 전송에서 수신 또는 수신에서 전송으로 모드를 변경하기 위해 하향 링크 서브 프레임과 상향 링크 서브 프레임 사이에 있는 시간 간격이다. 상향 링크 서브 프레임은 하향 링크의 서브 프레임 기간과 TTG 후에 시작

된다. 또한, 상위 계층에서 패킷이 내려오면 데이터에 대한 Grant를 수신할 때까지 데이터 큐에 보관되므로, 상향 링크의 패킷 전송 지연은 하향 링크의 서브 프레임 기간과 TTG 그리고 큐잉 지연의 합으로 계산된다. 이 때, 하향 링크의 서브 프레임 기간과 TTG는 상수 값인 반면에 큐잉 지연은 스케줄링 알고리즘에 따라 달라지는 값으로 패킷 전송 지연에 가장 큰 영향을 미친다.

(그림 9)에서 보는 것과 같이, 음성 사용자가 증가할수록 ErtPS 방안과 개선된 ErtPS 방안 모두 상향링크에서의 패킷 전송 지연이 증가한다. 상향 링크의 한정된 자원이 다수의 음성 사용자에게 의해 공유됨에 따라, 사용자가 많은 경우에 각 사용자는 매 패킷 전송 시에 필요한 충분한 대역폭을 할당 받지 못하는 경우가 발생하게 된다. 기지국이 할당할 Grant가 사용자의 전송 패킷 크기보다 작으면 해당 패킷은 한 맥 프레임에 전달될 수 없으므로, 두 방안 모두 음성 사용자가 증가할수록 패킷의 큐잉 지연이 길어지면서 결과적으로 패킷 전송 지연이 증가하게 된다. 그러나 모든 사용자 수의 경우에 대해 ErtPS에 비해 개선된 ErtPS의 패킷 전송 지연이 낮은 걸 볼 수 있는데 그 요인은 다음과 같다. 개선된 ErtPS는 음성 구간과 비음성 구간 간의 음성 상태 변경을 기지국에게 알리기 위해 CQICH 방식만을 사용하므로 전송 지연이 CQICH의 채널 품질정보의 보고 주기와 관련된 반면에, ErtPS는 GM 부헤더와 BWR 헤더가 혼합되어 사용되며 이로 인해 무선 링크의 지연에 영향을 받게 된다. (그림 8)과 (그림 9)의 결과를 통해 제안 방안은 기존의 ErtPS 스케줄링 알고리즘과 유사 또는 더 적은 패킷 전송 지연을 유지하면서 무선링크의 자원 사용량을 효과적으로 줄일 수 있다. 한편, 이전 실험을 통해 제안 방안의 VoIP 트래픽에 대한 UL 자원 활용률이 평균 50% 미만인 것을 확인하였는데, (그림 9)에서 보면 사용자 수에 따른 패킷 전송 지연이 동일하지 않고 증가하는 것을 볼 수 있다. 실험에서 각 사용자가 VoIP 세션을 시작하는 시간이 다르며, 이로 인해 각 시점마다 발생하는 VoIP 패킷의 전체 크기도 다양하게 된다. 따라서, (그림 8)에서 VoIP 트래픽에 대한 UL 자원의 활용률은 평균적으로 50%이하를 보이나, 사용자들의 각 VoIP 패킷에 대한 맥 프레임의 상향 링크 데이터 버스트는 최대 100%까지 사용될 수도 있다. 맥 프레임의 상향 링크의 데이터 버스트 사용률이 100%라는 것은 기지국이 상향 링크에 할당할 Grant를 사용자가 모두 활용했다는 의미이므로, 기지국이 할당할 Grant 크기가 사용자의 전송 패킷 크기보다 작아 해당 패킷이 한 맥 프레임에 전달될 수 없어 패킷의 일부만을 전달하는데 사용된 프레임이 이에 포함된다. 이러한 맥 프레임들의 큐잉 지연으로 인해 패킷 전송 지연이 발생하게 된다. 상향링크에 할당할 수 있는 한정된 자원으로 인해 이러한 형태의 맥 프레임은 사용자 수가 많아질수록 증가하게 되므로, 음성사용자 수가 증가할수록 패킷 전송 지연이 미세하게 증가하게 된다.

개선된 ErtPS 방안과 ErtPS 방안의 상향 링크 활용도를 비교하기 위해 BE(Best Effort) 서비스에 대한 처리량을 측

정하는 실험을 수행하였다. 일정 수의 VoIP 사용자를 서비스해주고 남은 상향 링크 자원은 BE서비스를 위해 사용된다. (그림 7)의 네트워크 모델에 BE 서비스를 적용할 FTP 사용자 3 명을 추가하였으며 FTP 사용자들은 동시에 각각 500 Kbytes의 패킷을 상향 링크를 통해 전송한다. (그림 10)은 음성 사용자 수를 변경하면서 FTP 처리량을 측정한 결과를 보여준다. 두 방안 모두 음성 사용자의 수가 증가할수록 더 많은 상향 링크 자원이 VoIP 사용자를 위해 사용되므로 FTP 사용자에게 할당되는 상향 링크 자원의 양이 감소하여 FTP 처리량이 감소하나, 개선된 ErtPS 방안은 비음성 구간에서의 상향 링크 자원의 낭비를 최소화하였기 때문에 음성 사용자 수가 증가하더라도 ErtPS 방안에 비해 FTP 사용자의 처리량이 큰 것을 볼 수 있다.



(그림 10) 음성 사용자 수에 따른 FTP 처리량

5. 결론

IEEE 802.16e 시스템은 가변 비트율로 생성되는 음성 삭제 지원 VoIP 트래픽 서비스의 QoS 제공을 위해 ErtPS 상향 링크 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. VoIP 서비스에서 목음이 삭제될 경우에 사용자에게 연결 상태라는 것을 알리기 위해, 수신자의 청각에 편안한 잡음을 재생시키는 CNG 모드를 함께 지원해야 한다. CNG 기능을 사용할 경우, 음성 상태의 비음성 구간에서는 전송률을 낮추어 드물게 데이터를 생성함에 따라 음성 구간과는 다른 간격으로 데이터를 생성하게 된다. 하지만 기존의 ErtPS 스케줄링이 주기적으로 데이터 패킷을 생성하는 서비스 플로우를 위해 설계되었기 때문에, 다른 주기로 데이터가 생성되는 비음성 구간에 적용될 경우에 상향 링크 자원이 비효율적으로 사용되게 된다. 이에 본 논문에서는 음성 사용자의 비음성 구간에서 발생하는 상향 링크 자원의 낭비를 최소화하기 위해, 음성 상태에서의 패킷 생성 시간 간격을 고려하여 개선된 ErtPS 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안 방안에서는 사용자가 기지국에게 자신의 음성 상태의 변화를 알리고, 기지국은 사용자의 각 음성 상태에 따라 해당 주기로 대역폭을 할당한다. 이를 위해, 추가적인 오버헤드 없이 802.16e 시스템에

서 주기적으로 채널의 품질정보를 기지국에 전달하기 위해 사용되는 상향 링크 부채널인 CQI(Cannel Quality Information) 채널을 활용하였다. 제안 방안의 성능 평가를 위해, OPNET 시뮬레이터를 사용하여 ErtPS 방안과의 성능을 비교해 본 결과, 상향 링크의 대역폭 활용률과 패킷 전송 지연 면에서 기존의 ErtPS 알고리즘의 성능을 향상시켰음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] IEEE Standard 802.16e-2005, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems", February, 2006.

[2] 3GPP TS 26.071v8.0.0, "Technical Specification Group Services and System Aspects: Mandatory speech CODEC speech processing functions AMR speech CODEC: General description", 2008.

[3] 정보통신영문단체표준 TTA E.3G.26.975(R4-4.1.0), "IMT-2000 3GPP-AMR 음성 코덱의 성능 특징", 2002.

[4] R. Srinivasan, J. Zhuang, L. Jalloul, R. Novak, and J. H. Park, "Draft IEEE 802.16m Evaluation Methodology Document", April, 2007.

[5] Howon Lee, Taesoo, Kwon, Dong-Ho Cho, "An enhanced uplink scheduling algorithm based on voice activity for VoIP services in IEEE 802.16d/e system", IEEE communications letters, August, 2005.

[6] Howon Lee, Taesoo Kwon, Dong-Ho Cho, "Extended-rtPS Algorithm for VoIP Services in IEEE 802.16 systems," IEEE ICC 2006, June, 2006.

[7] Sung-Min Oh, Sunghyun Cho, Jae-Hyun Kim, Jonghyun Kwun, "VoIP Scheduling Algorithm for AMR Speech Codec in IEEE 802.16e/m System", IEEE communications letters, May, 2008.

[8] Chen Dong, Kuang Jingming, "A robust voice activity detector applied for AMR", WCCC-ICSP 2000. 5th International Conference on, Aug., 2000.

[9] 구교두, 문영성, "IEEE 802.16e 기반에서의 Improved Fast Handover Protocol using HMIPv6", 한국정보처리학회논문지 C, v.14C, no.6, pp.503-508, 2007년 10월.

[10] 박승준 et al, "VoIP망에서 QoS 보장을 위한 효율적인 스케줄링 알고리즘에 관한 연구", 한국정보처리학회 추계학술발표논문집(하), pp.1025-1028, 2000년 10월.

[11] 김용석, 박종안, "VoIP 음성품질 개선을 위한 전송패킷의 크기와 코덱분석", 한국정보처리학회 추계학술발표대회, pp.639-642, 2006년 5월.

[12] 김세진 et al, "OFDMA-TDD 환경에서 채널상태 예측 기반의 효율적이고 공평한 하향링크 스케줄링 기법", 한국정보처리학회 추계학술발표대회, pp.1057-1060, 2006년 5월

[13] 허성필, "휴대인터넷(Wibro) 환경에서의 온디맨드 서비스 제공 방안", 한국정보처리학회지, Vol.13, No.4, pp.98-106, 2006년 7월.



우 현 제

e-mail : hjwoo@ewhain.net

2004년 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)
 2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과(공학석사)
 2007년~현 재 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사과정
 관심분야: 무선 모바일 네트워크, Ad-hoc 네트워크, VANET



김 주 영

e-mail : jykim84@ewhain.net

2007년 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)
 2009년 이화여자대학교 컴퓨터학과(공학석사)
 2009년~현 재 LIG 넥스원 연구원
 관심분야: 모바일 네트워크, 무선 네트워크, MAC 프로토콜



이 미 정

e-mail : lmj@ewha.ac.kr

1987년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)
 1989년 University of North Carolina at Chapel Hill 컴퓨터학과(공학석사)
 1994년 North Carolina State University 컴퓨터공학과(공학박사)
 1994년~현 재 이화여자대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
 관심분야: 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어 전송을 위한 트래픽 제어, 인터넷 QoS, 트래픽 엔지니어링, 무선 이동 네트워크, Ad-hoc 네트워크