

모바일 와이맥스 시스템에서의 종단간 서비스 품질 향상

(End-to-End QoS Enhancement in Mobile WiMAX Systems)

추 상 민 [†] 오 성 민 ^{**} 조 성 현 ^{***} 김 재 현 ^{****}
 (Sang-Min Choo) (Sung-Min Oh) (Sunghyun Cho) (Jae-Hyun Kim)

요 약 본 논문에서는 종단간 QoS 성능 향상을 위해 모바일 와이맥스 시스템의 망 구조에 따른 성능 개선 방안에 대해 분석하고 그 중 계층간 QoS 파라미터 매핑과 IP 패킷 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 종단간 QoS에 관한 성능 평가를 위해, OPNET을 이용하여 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이션 결과에 의하면, 제안한 계층간 QoS 파라미터 매핑 기법을 이용한 경우 매체접근 제어 계층에서의 VoIP 패킷 평균 지연이 감소하며 상향링크 자원 효율성이 향상되었고 제안한 IP 패킷 스케줄링 알고리즘을 적용할 경우, VoIP 서비스의 종단간 패킷 평균 지연은 FIFO와 WRR 스케줄러보다 44%에서 67%정도까지 감소하였다.

키워드 : 모바일 와이맥스, 종단간 QoS, 계층간 연동, QoS 파라미터 매핑, IP 패킷 스케줄러

Abstract In this paper, we compare the QoS performance enhancement schemes according to the network architecture of mobile WiMAX system in order to improve the end-to-end QoS performance and propose QoS parameter mapping method and IP packet scheduling algorithm. To evaluate the end-to-end QoS performance, we implemented an end-to-end simulator of mobile WiMAX system using OPNET. Simulation results show that the proposed QoS parameter mapping scheme reduces the average delay of VoIP packet and improves uplink resource efficiency. And also, when the proposed IP packet scheduling algorithm is applied to the system, the end-to-end packet transmission delay of VoIP service can be reduced by 44-67 percent compared to FIFO and WRR scheduler.

Key words : Mobile WiMAX, End-to-End QoS, Cross-Layer Interworking, QoS Parameter Mapping, IP Packet Scheduler

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업(2008 F-015-01, 서비스 기술성을 위한 이동성 관리 기술 연구)과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원(IITA-2008-C1090-0801-0003) 사업의 일환으로 수행하였음
 · 이 논문은 2007학제 컴퓨터통신 워크샵에서 '모바일 와이맥스 시스템에서의 종단간 서비스 품질 향상'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 정 회 원 : 아주대학교 전자공학과
 choosm@ajou.ac.kr
^{**} 학생회원 : 아주대학교 전자공학과
 smallb01@ajou.ac.kr
^{***} 정 회 원 : 한세대학교 IT학부 교수
 dr.shcho@gmail.com
^{****} 정 회 원 : 아주대학교 전자공학과 교수
 jkim@ajou.ac.kr
 논문접수 : 2008년 1월 21일
 심사완료 : 2008년 6월 9일

Copyright©2008 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제35권 제5호(2008.10)

1. 서 론

최근 이동통신 사용자들은 고속의 무선 인터넷 접속 뿐만 아니라 유선 인터넷 수준의 서비스 품질을 요구하고 있으며 이러한 요구는 계속해서 증가하고 있다. 또한, 인터넷 사용의 보편화와 휴대용 기기의 발전으로 사용자들은 언제 어디서나 자유로이 인터넷에 접속할 수 있는 네트워크 환경을 기대하고 있다. 이러한 배경 하에 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16e 표준은 IEEE 802.16d 표준을 기반으로 단말의 이동성을 지원하며 기존 802.16d 표준의 기능을 향상시키기 위해 진행되었으며 2006년 2월에는 해당 표준 문서가 발행되었다[1]. IEEE 802.16e 표준 문서에서는 사용자 단말에게 고정 및 이동 광대역 무선 접속 제공을 위한 물리 계층과 매체접근제어 계층의 기능에 대해서만 정의하고 있다. 또한 IEEE 802.16e 표준에서는 다양한 동작 모드를 제시하고 있기 때문에 시스템 장비

간의 호환성 문제가 발생한다. 따라서 한국에서는 와이브로, 그리고 북미와 유럽에서는 와이맥스라는 산업 포럼들을 통해 표준의 일부 기능을 구체화하며 발전시키고 있다. 최근 몇 년간, IEEE 802.16e 시스템과 모바일 와이맥스 시스템에 대한 관련 연구가 진행되고 있지만 대부분의 연구들이 물리 계층과 매체접근제어 계층에 집중되어 있었다[1-5]. [2]에서는 IEEE 802.16e 시스템에서의 물리 계층과 매체접근제어 계층간 연동 프로토콜 기법을 제안하고 있다. 또한, 계층간 적응적 프레임 워크와 계층간 동작을 위한 프리미티브 설계에 대한 예를 제시하고 있으며 계층간 프로토콜을 고려한 시뮬레이터를 소개하고 있다. [3]에서는 IEEE 802.16 망에서의 QoS 이슈들에 대한 연구뿐만 아니라 매체접근제어 계층에서의 QoS 보장을 위한 기법들을 분석하였다. 그러나 이러한 연구들은 IEEE 802.16 시스템에서의 물리 계층과 매체접근제어 계층에만 집중되고 있으며 종단간 QoS에 관한 연구 결과는 미흡한 실정이다. 대부분의 통신 시스템과 유사하게 IEEE 802.16e 시스템도 계층간 오버헤드로 인해 하위 계층에서의 처리율에 비해 상위 계층에서의 처리율이 떨어진다. 본 논문에서 수행한 시뮬레이션 결과에 의하면 IEEE 802.16e 시스템 매체접근제어 계층의 상향링크 및 하향링크 처리율은 물리 계층 처리율에 비해 각각 75% 그리고 90% 밖에 되지 않는다[2]. 더욱이 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 응용 계층에서의 처리율은 IP 계층 및 상위 계층에서의 오버헤드로 인해 매체접근제어 계층 처리율의 78% 정도로 분석되었다. 이는 매체접근제어 계층에서의 QoS가 확실히 보장되지 않으면 종단간 QoS 또한 보장받지 못할 수 있다는 것을 의미한다. 그러므로 종단간 QoS 제공을 위해서는 물리 계층과 매체접근제어 계층뿐만 아니라 매체접근제어 계층과 상위 계층간 연동 설계가 필요하다.

본 논문에서는 종단간 QoS 성능을 향상시키기 위하여 모바일 와이맥스 시스템의 망 구조 기능들을 분석하고 시뮬레이션을 통하여 QoS에 관한 성능을 분석한다. 본 논문의 2장에서는 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 망 구조에 대해 살펴보고, 종단간 QoS 모델과 제안하는 알고리즘들은 3장에서 제시한다. 4장에서는 종단간 시뮬레이션을 이용하여 성능을 분석하고 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

2. 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 망 구조 망 참조 모델

모바일 와이맥스에서는 망 구조를 크게 Access Service Network(ASN)과 Connectivity Service Network(CSN)로 구분하고 있다[6]. ASN 및 CSN은 망에서 특정 기능을 수행하는 논리적 단위로 정의된다. ASN은

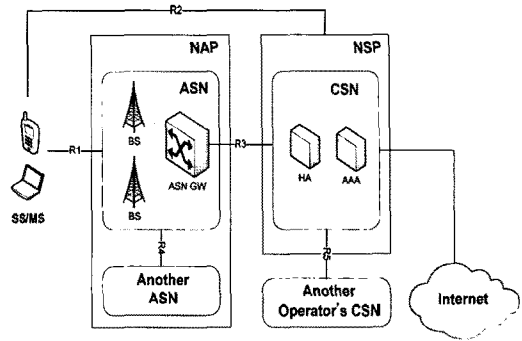


그림 1 모바일 와이맥스 망 참조 모델

단말의 무선 접속을 위해 필요한 기능들을 제공해 주며 CSN은 와이맥스 가입자들에게 IP 연결 서비스를 제공하기 위한 망 기능들로 구성되어 있다. 그림 1은 모바일 와이맥스에서 정의하고 있는 망 참조 모델을 보이고 있다. 그림 1에서 NAP와 NSP는 각각 Network Access Provider 및 Network Service Provider를 의미한다. NAP는 NSP에 와이맥스 무선 접속 기반시설을 제공하는 기본 단위이다. NSP는 와이맥스 가입자 관점에서 Home NSP와 Visited NSP로 구분할 수 있다. Home NSP는 와이맥스 가입자에 대한 서비스 수준 합의(service level agreement), 인증(authentication), 권한(authorization), 과금(billing) 등의 기능을 제공하는 기본 단위이다. 반면 Visited NSP는 로밍 와이맥스 가입자에 대한 데이터 혹은 제어 트래픽을 Home NSP로 라우팅 해주는 기능을 제공한다. NAP 및 NSP는 각각 ASN과 CSN을 구성 요소로 포함하고 있다. ASN은 하나 이상의 기지국과 ASN-게이트웨이(ASN-GW)로 구성되어 있으며 CSN은 라우터, AAA(Authentication, Authorization Accounting) 프로시/서버, 사용자 데이터 베이스 그리고 연동 게이트웨이 장비들과 같은 망 요소로 구성될 수 있다. 와이맥스 포럼에서 정의하고 있는 ASN 및 CSN의 세부적인 기능들은 다음과 같은 것들이 있다[6].

- ASN 기능
 - 단말과의 2 계층 연결
 - 가입자 세션에 대한 인증, 권한 그리고 세션 어카운팅의 AAA 메시지를 와이맥스 NSP로 전달
 - 망 검색 및 와이맥스 가입자가 선호하는 NSP 선택
 - 단말과의 3 계층 연결 설정을 위한 릴레이 기능
 - 무선 자원 관리
 - ASN anchor 이동성 관리
 - CSN anchor 이동성 관리
 - 페이징 및 위치 관리
 - ASN-CSN 터널링

• CSN 기능

- 사용자 세션을 위한 단말 IP 주소 및 엔드-포인트 (End-point) 파라미터 할당
- 인터넷 접속
- AAA 프록시 또는 서버
- 사용자 가입 프로파일 기반의 정책 및 승인 제어
- ASN-CSN 터널링 제공
- 로밍을 위한 CSN간 터널링
- ASN간 이동성 관리
- IP 멀티미디어 서비스를 위한 연결

그림 1에서 나타내고 있는 바와 같이 와이맥스 망 참조 모델은 5개의 참조 연결점(reference point)으로 구성되어 있다. 참조 연결점은 서로 다른 기능을 수행하는 엔티티들 간의 프로토콜 및 절차를 정의한다. 각각의 참조 연결점들에 대한 구체적 내용은 다음과 같다[6].

• R1

- ASN과 와이맥스 가입자간의 프로토콜 및 절차를 포함
- IEEE 802.16e-2005 무선 인터페이스 표준 기반

• R2

- CSN과 단말간의 인증, 권한 그리고 IP 호스트 구성 관리에 대한 프로토콜 및 절차로 구성

• R3

- AAA, 정책 시행 그리고 이동성 관리 기능을 제공하기 위한 ASN과 CSN간의 컨트롤 플레인(control plane) 기능 및 프로토콜로 구성
- ASN과 CSN간의 사용자 데이터 전송을 위한 베어러 플레인(bearer plane) 기능들을 포함

• R4

- ASN과 ASN 게이트웨이 간의 단말 이동성을 조정하는 ASN의 다양한 기능적 엔티티들의 컨트롤 플레인 및 베어러 플레인 프로토콜의 시작과 종료 기능들로 구성

• R5

- Visited NSP와 Home NSP에 의해 작동하는 CSN간의 연동을 위한 컨트롤 플레인 및 베어러 플레인 프로토콜의 기능들로 구성

ASN 프로파일

앞에서 언급한 것과 같이 ASN은 하나 이상의 기지국과 ASN-게이트웨이로 구성된다. 이때 하나의 기지국과 ASN-게이트웨이는 하나의 물리적인 노드로 구성되거나 또는 물리적으로 독립적인 노드로 구성될 수 있으며 종단간 QoS는 ASN 구조에 의해 큰 영향을 받을 수 있다. 이러한 이유로 인해 본 논문에서는 모바일 와이맥스 시스템에서의 구체적인 ASN 구조를 소개한다. 모바일 와이맥스 포럼의 Network Working Group

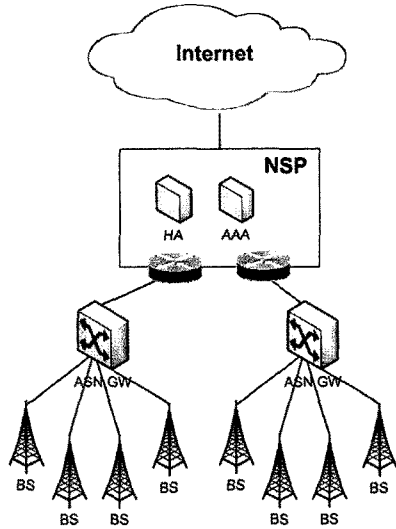


그림 2 ASN 프로파일(A,C)에 따른 망 구조

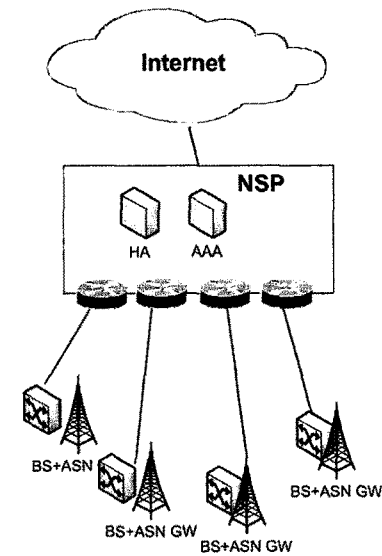


그림 3 ASN 프로파일(B)에 따른 망 구조

(NWG) Release 1에서는 프로파일 A, B, C라는 ASN 상호 운용 프로파일을 정의하고 있다[6]. 프로파일 A와 프로파일 C는 기지국과 ASN-게이트웨이가 별도의 장치로 구분되어 ASN을 구성하는 2-tier 형태의 망 구조이며 프로파일 B는 기지국과 ASN-게이트웨이가 하나의 물리적인 노드로써 ASN을 구성하는 1-tier 형태의 망 구조이다. 그림 2와 3은 ASN 프로파일 종류에 따른 망 구조를 나타내고 있다. 그림 2에서와 같이 프로파일 A와 C는 기지국과 ASN-게이트웨이가 물리적으로 분리된 형태이며 하나의 ASN-게이트웨이가 다수의 기지

국을 제어하는 중앙집중형(centralized) ASN 구조이다. 반면 프로파일 B와 같은 1-tier 형태의 망 구조는 분산형(distributed) ASN 구조이다. 프로파일 A와 프로파일 C의 차이점은 무선 자원 관리 기능의 분리 여부이다. 프로파일 A의 경우 무선 자원 관리를 분리하여 무선 자원 에이전트 및 무선 자원 제어를 각각 기지국과 ASN-게이트웨이에서 수행한다. 반면 프로파일 C의 경우에는 무선 자원 관리를 분리하지 않고 기지국에서 무선 자원 관리 기능을 수행한다.

3. 모바일 와이맥스 시스템에서의 종단간 QoS

3.1 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 QoS 모델

본 절에서는 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 QoS 모델을 정의하고자 한다. 앞서 설명한 바와 같이 종단간 QoS 모델은 망 구조에 따라 그 형태가 달라질 수 있다. 이러한 이유로 인해 망 구조에 대한 연구와 표준화 작업이 진행되고 있다. 특히 관련 연구들은 종단간 QoS 성능을 향상시키기 위해서 1-tier 형태의 망 구조보다 2-tier 형태의 망 구조가 더 적합하다는 결론을 내리고 있다. 또한 이는 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(Long Term Evolution)의 SAE(System Architecture Evolution)에 반영되어 3GPP LTE에서도 기지국과 접속 게이트웨이로 구성된 2-tier 형태의 망 구조를 표준으로 채택하고 있다[7]. 모바일 와이맥스 망

은 첫 단계부터 ASN 프로파일 A/C와 같은 2-tier 형태의 망 구조로 전개될 것이다[6]. 따라서 본 논문에서는 ASN 프로파일 A와 C를 기반으로 하는 2-tier 형태의 망 구조에서의 종단간 QoS 모델을 정립하고자 한다. 그림 4는 본 논문에서 정의하는 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 QoS 모델을 나타내고 있다. 그림 4에서의 IP 컨버전스는 [1]에서 제시하는 컨버전스 부계층을 의미한다.

그림 4에서처럼 단말은 새로운 세션을 시작할 때 응용서비스의 종류에 따른 응용 계층에서의 QoS 요구사항들을 요청할 수 있다. 이러한 응용 계층에서의 QoS 요구사항은 종단간 QoS 파라미터로 해석할 수 있다. 대표적인 종단간 QoS 파라미터는 다음과 같다.

- 종단간 전송율
- 종단간 패킷 전송 지연
- 종단간 패킷 전송 지연변이
- 종단간 패킷 손실율
- 호 절단을

종단간 QoS 관련 일부 기능들은 망 구조와 종단간 QoS 정책에 따라 기지국 또는 ASN-게이트웨이에 위치할 수 있다. 예를 들어 서비스 플로우 관련 기능, 무선자원 관리 기능, 이동성 관리 기능 및 컨버전스 부계층 기능들은 망 구조에 따라 기지국 또는 ASN-게이트웨이에 위치할 수 있다. 주의해야 할 사항은 QoS 관련

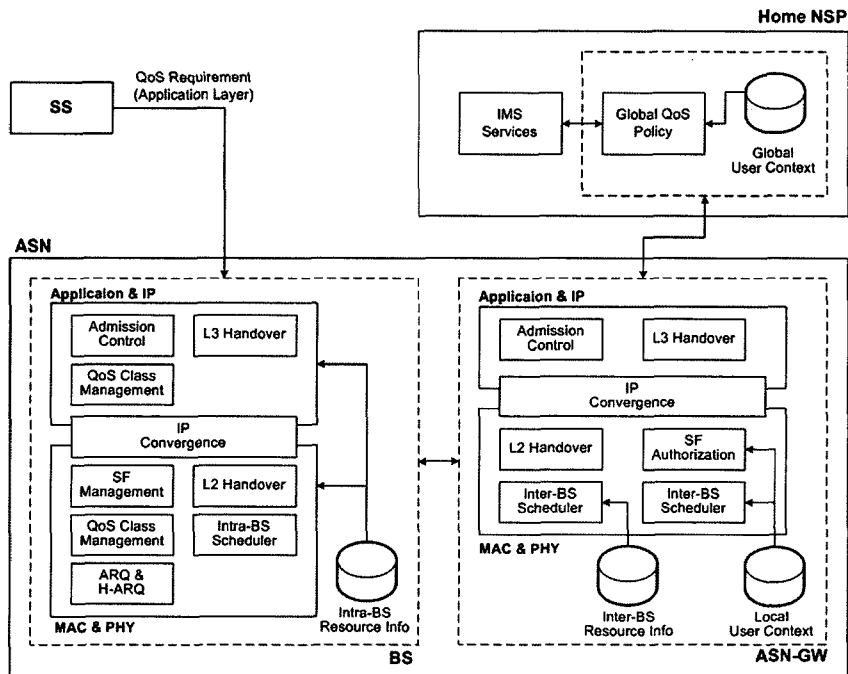


그림 4 모바일 와이맥스 종단간 QoS 모델

기능들의 위치에 따라 종단간 QoS 성능이 크게 달라질 수 있다는 것이다.

종단간 QoS 성능은 계층간 설계에 의해서 영향을 받을 수 있는데 그 중에서도 특히 IP 계층과 매체접근제어 계층간의 연동에 의해 큰 영향을 받을 수 있다. [2]에서는 모바일 와이맥스 시스템의 성능 향상을 위한 매체접근제어 및 물리 계층간 연동 이슈에 대한 연구 결과들을 보여주고 있다. 그러나 [2]에서의 연구 결과는 주로 단말과 기지국간 무선 채널에서의 QoS 이슈에 집중되어 있다. 종단간 QoS를 향상시키기 위해서는 IP와 매체접근제어 계층간 연동을 포함하는 상위 계층에서의 계층간 연동도 함께 고려해야 한다. 예를 들어 IP 계층에서의 서비스 클래스와 매체접근제어 계층에서의 서비스 클래스간 매핑 기법, 응용 계층에서의 QoS 파라미터와 매체접근제어 계층에서의 QoS 파라미터 매핑 방안 등이 이에 해당 된다. 실제 응용 계층에서 정의하고 있는 서비스 플로우 별 QoS 파라미터와 모바일 와이맥스 매체접근제어 계층에서 정의하고 있는 서비스 플로우 별 QoS 파라미터가 다르므로 계층간 서비스 플로우 QoS 파라미터 매핑 기능에 의해 종단간 QoS 성능은 차이를 보일 것이다.

3.2 제안하는 알고리즘

3.2.1 QoS 파라미터 매핑 기법

본 논문에서는 무선 자원 관리 기능, 이동성 기능, IP 패킷 스케줄러, 서비스 클래스 및 파라미터 매핑 기법 등과 같이 종단간 QoS 성능에 영향을 미치는 여러 요인들 중에서 QoS 파라미터 매핑 기법과 IP 패킷 스케줄러에 대해 제안한다.

[8]과 [9]에서는 QoS 보장을 위한 방안 중 하나인 QoS 파라미터 매핑 기법들을 제안하고 있다. [8]에서는 IP 계층에서 정의되어 있는 IntServ(Integrated Service)와 DiffServ(Differentiated Service)를 IEEE 802.16 시스템의 매체접근제어 스케줄러의 종류와 매핑시키는 방안을 제안하고 있으며 [9]는 IntServ에서 사용하는 FlowSpecs과 IEEE 802.16 매체접근제어 계층의 QoS 파라미터간의 매핑 기법을 소개하고 있다. 그러나 [8]과 [9]에서처럼 IP 계층과 매체접근제어 계층간의 QoS 파라미터 매핑만을 수행하게 되면 응용 계층에서의 서비스 플로우 별 QoS 요구 사항과 매체접근제어 계층에서 사용되는 QoS 파라미터가 다른 경우가 발생한다. 이는 매체접근제어 계층에서의 서비스 플로우 별 QoS 파라미터는 매체접근제어 계층에서 측정된 값들을 기반으로 하기 때문이다. 이러한 경우 부정확한 QoS 파라미터에 의해 응용 계층에서의 서비스 플로우 QoS 성능이 저하될 수 있다. 특히 VoIP의 경우에는 표 1과 같이 응용 계층에서의 코덱 종류에 따라 패킷 크기와 전

표 1 VoIP 코덱에 따른 트래픽 특성

VoIP 코덱	패킷 크기(bytes)	전송 주기(msec)
G.711	160	20
G.729	10	10
G.723.1	19.88	30

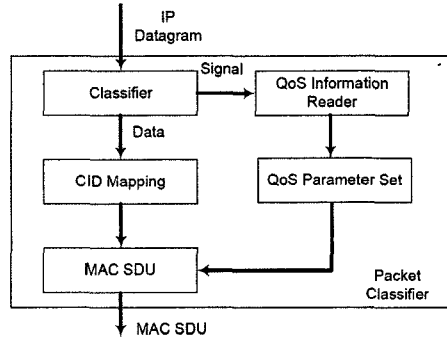


그림 5 패킷 분류기의 기능 블록도

송 주기가 상이하기 때문에 QoS 보장에 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 응용 계층에서의 QoS 파라미터를 매체접근제어 계층으로 전달하는 QoS 파라미터 매핑 방안이 요구된다. QoS 파라미터 매핑을 위해 매체접근제어 계층에 패킷 분류기를 정의하여 서비스 플로우 별 QoS 파라미터 정보를 획득 할 수 있다.

그림 5는 제안하는 패킷 분류기의 기능에 대해 나타내고 있다. 패킷 분류기는 상위 계층으로부터 IP 패킷을 수신하면 TCP/UDP 패킷의 포트 번호와 응용 계층 프로토콜 종류를 통해 시그널링 패킷과 데이터 패킷을 구분한다. 시그널링 패킷은 SIP(Session Initiation Protocol) 및 RTCP(Real Time Control Protocol)와 같이 종단간 세션 관리 프로토콜에서 정의한 메시지를 포함한 패킷을 의미하며 데이터 패킷은 서비스 트래픽의 데이터를 포함한 패킷을 의미한다. 시그널링 패킷인 경우에는 응용 계층에서의 QoS 파라미터 정보를 수신하기 위해 시그널링 패킷에 포함되어 있는 SDP(Session Description Protocol) 또는 SDPng(Session Description Protocol Next Generation)에서 정의한 서비스 플로우 QoS 파라미터 정보를 이용한다. 데이터 패킷인 경우에는 IP 헤더 필드의 정보를 이용하여 CID(Connection ID)와 매핑한다.

표 2는 IEEE 802.16 표준에서 정의하는 QoS 파라미터와 SDP 또는 SDPng에 있는 QoS 파라미터 정보를 매핑한 예를 보여주고 있다. VoIP 트래픽의 경우 SDP에 있는 코덱 정보를 이용하면 표 1과 같이 코덱에 따른 패킷 크기와 전송 주기를 알 수 있기 때문에 표 2와

표 2 QoS 파라미터 매핑 방식

QoS 파라미터	VoIP 트래픽	Video 트래픽	그 외 트래픽
최대 지속가능한 트래픽율 (Maximum Sustained Traffic Rate)	- 코덱 매핑 - 패킷 크기×패킷 도착 주기	- SDPng QoS 정보 - 최대 비트 전송율	- SDPng QoS 정보 - 최대 비트 전송율
최대 트래픽 버스트 (Maximum Traffic Burst)	- 코덱 매핑 - 패킷 크기	- SDPng QoS 정보 - 최대 버스트 크기	- SDPng QoS 정보 - 최대 버스트 크기
최소 보장 트래픽율 (Minimum Reserved Traffic Rate)	- 코덱 매핑 - 패킷 크기×패킷 도착 주기	- SDPng QoS 정보 - 지속가능한 비트 전송율	- SDPng QoS 정보 - 지속가능한 비트 전송율
필요한 최소 트래픽율 (Minimum Tolerable Traffic Rate)	- 코덱 매핑 - 패킷 크기×패킷 도착 주기	- SDPng QoS 정보 - 지속가능한 비트 전송율	- SDPng QoS 정보 - 지속가능한 비트 전송율
상향링크 스케줄링 종류 (Uplink Grant Scheduling Type)	- ertPS 또는 UGS	- rtPS	- nrtPS - BE
요청받지 않은 허가 간격 (Unsolicited Grant Interval)	- 코덱 매핑 - 패킷 도착 주기	-	-
요청받지 않은 폴링 간격 (Unsolicited Polling Interval)	- 코덱 매핑 - 패킷 도착 주기	- SDPng QoS 정보 - 최대버스트크기/최대비트전송율	-
SDU 패킷간 도착 간격 (SDU Inter-arrival Interval)	- 코덱 매핑 - 패킷 도착 주기	- 측정값	- 측정값

같은 QoS 파라미터 매핑이 가능하다. 비디오 트래픽과 그 이외에 다른 트래픽의 경우에는 SDPng에 있는 최대 비트율, 최대 버스트 크기, 지속가능한 비트율과 같은 정보를 이용하여 QoS 파라미터 매핑이 가능하지만 SDU 패킷간 도착 간격과 관련된 정보는 알 수 없기 때문에 이것은 측정된 값을 이용하여 QoS 파라미터 매핑을 할 수 있다. 이와 같이 매체접근제어 계층에서의 QoS 파라미터를 응용 계층에서의 QoS 파라미터와 매핑하여 서비스 플로우 별 QoS를 보장해 주는 것을 Parameterized 방식이라 정의한다. 반면 Prioritized 방식은 서비스 클래스만을 구분하고 매체접근제어 계층에서의 QoS 파라미터들은 고정된 값으로 설정하고 사용하는 방식이라 정의하였다.

3.2.2 IP 패킷 스케줄러

IP 패킷 스케줄러는 ASN 프로파일 구조에 따라 기지국 또는 ASN-게이트웨이에 위치할 수 있다. IP 패킷 스케줄러가 기지국에 위치한 경우에는 기지국과 ASN-게이트웨이간 상향링크가 높은 전송 속도를 제공하는 광케이블이나 Gigabit Ethernet이기 때문에 기지국에서의 IP 패킷 스케줄러는 유용하지 않을 수 있지만 QoS 제공을 위해서는 IP 패킷 스케줄러가 ASN-게이트웨이에 있을 필요가 있다. 이는 ASN-게이트웨이는 IP 망과 바로 연결되어 있고 IP 망에서 혼잡이 발생할 수 있기 때문이다.

본 논문에서 그림 6과 같은 우선순위와 우선적 자원 할당 기법을 혼합한 DPS(Dynamic Processor Sharing) 방식의 IP 패킷 스케줄러를 제안한다. 단말에서 음성 트래픽이 발생하면 ASN-게이트웨이에서는 필요한 자원을 우선적으로 할당하고 음성 패킷이 스케줄러에 도착하면 가장 우선적으로 스케줄링을 수행하기 때문에

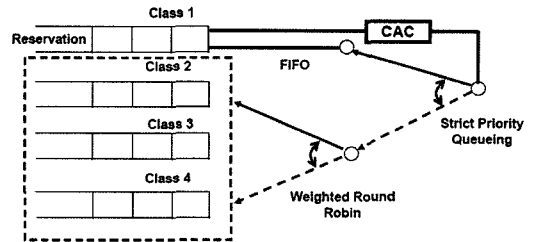


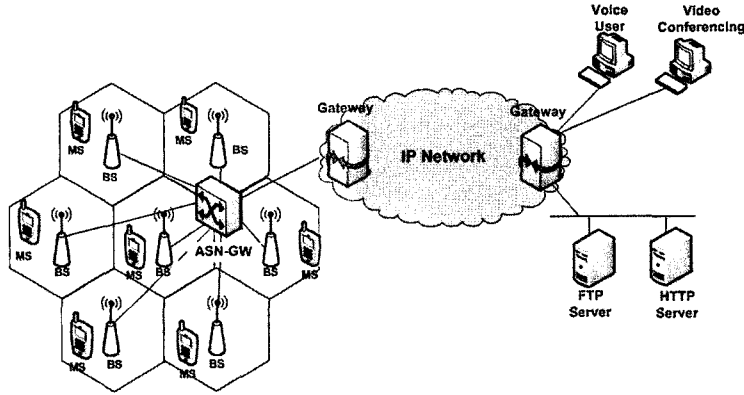
그림 6 QoS 클래스를 고려한 DPS 방식의 패킷 스케줄러

음성 패킷은 큐잉 지연 없이 전송하게 된다. 하지만 만약 음성 트래픽의 양이 증가하여 자원의 대부분을 점유하게 되면 다른 서비스 클래스의 QoS를 보장하지 못하기 때문에 서비스 클래스간의 불공평 현상이 발생할 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 음성 서비스 클래스에 대해서는 호 수락 제어를 적용하였다. 또한 음성 서비스 클래스를 제외한 다른 서비스 클래스에 대해서는 공평성 보장을 위해 weighted round robin (WRR)을 적용하였고 WRR에서 사용하는 가중치는 UMTS에서 정의하는 delay budget을 이용하였다[10].

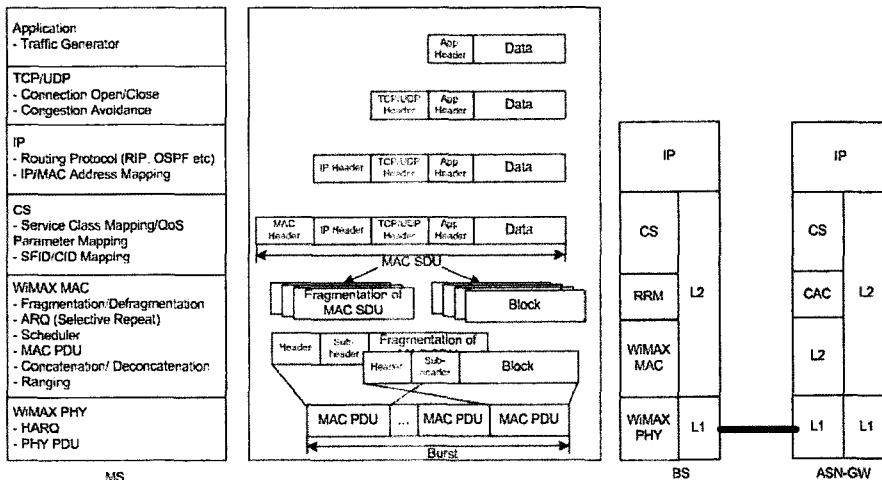
4. 모의실험 및 성능 분석

4.1 종단간 시뮬레이터 구현

본 논문에서는 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 QoS 성능을 분석하기 위해 OPNET을 이용하여 종단간 시뮬레이터를 구축하였다. 그림 7은 시뮬레이터의 망 모델과 노드 모델을 나타낸다. 시뮬레이터는 ASN 프로파일 A/C와 같이 2-tier 형태의 망 구조를 가정하였고 기지국 및 ASN-게이트웨이의 기능은 프로파일 C를 기준으로 구현하였다.



(a)



(b)

그림 7 ASN 종단간 시뮬레이터: (a) 종단간 시뮬레이터 망 모델 (b) 단말, 기지국 그리고 ASN-게이트웨이 노드 모델

단말 및 기지국의 물리 계층과 매체접근제어 계층은 IEEE 802.16e 2005 표준 문서[1]에 기반을 두어 설계하였으며 IP, TCP/UDP, 응용 계층은 OPNET에서 제공하는 모듈을 이용하여 시뮬레이터를 구축하였다. 응용 계층에서 데이터가 생성되면 데이터는 패킷 형태로 하위 계층인 TCP/UDP 그리고 IP 계층으로 전송된다. 매체접근제어 계층에서는 IP 패킷을 수신하면 MCS(Modulation and Coding Scheme) 레벨과 스케줄링 정보에 따라 단편화(fragmentation) 작업을 수행한다. 본 시뮬레이터는 모든 계층에 걸친 패킷 전송 절차가 구현되어 있기 때문에 각 계층에서 발생하는 오버헤드에 관한 성능을 분석할 수 있다.

종단간 QoS 성능 평가를 위해 본 시뮬레이터에 응용 계층과 매체접근제어 계층간 QoS 파라미터 매핑 기법을 구현하였고 종단간 QoS 성능 비교를 위해 ASN-게

이트웨이에 적용한 IP 패킷 스케줄러로는 first-in first-out(FIFO), WRR 그리고 제안하는 DPS가 있다.

4.2 시뮬레이터 환경 및 시나리오

시뮬레이션 환경 설정을 위해 본 시뮬레이터에는 단말의 이동성에 따른 path loss, log-normal shadowing 그리고 frequency-selective Rayleigh fading을 고려하였다. 또한 5msec TDD(Time Division Duplex) 프레임 크기를 이용하는 IEEE 802.16e OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)시스템을 고려하였다. 다중 셀 간섭을 구축하기 위해서는 7개의 hexagonal 셀을 구현하였고 사용자의 이동성은 정지, 보행 그리고 차량 이동 상태와 같이 세 가지 유형으로 구분하였다[2]. 또한 IP 망에서의 혼잡 환경을 구현하기 위해 ASN-게이트웨이와 IP 망 게이트웨이간에는 PPP-E1 링크를 사용하였다.

표 3 QoS 파라미터 매핑 기법의 성능분석을 위한 시나리오

	매체접근제어 계층 default 코덱	응용 계층 코덱	매체접근제어 계층 QoS 파라미터와 응용 계층 코덱과의 비교
시나리오 1	G.711	G.723.1	-패킷 크기: larger -전송 주기: shorter
시나리오 2	G.711	G.729	-패킷 크기: larger -전송 주기: longer
시나리오 3	G.729	G.711	-패킷 크기: smaller -전송 주기: shorter
시나리오 4	G.729	G.723.1	-패킷 크기: smaller -전송 주기: shorter

계층간 QoS 파라미터 매핑 기법에 대한 성능 분석을 위해서 한 셀 당 한 명의 VoIP 사용자만 있는 경우를 가정하였고 사용한 VoIP 코덱의 종류 및 트래픽 특성은 표 1과 같다. 본 논문에서는 QoS 파라미터 값이 고정적인 Prioritized 방식과 QoS 파라미터 매핑 기법이 적용된 Parameterized 방식에 대한 성능 비교를 위해 총 네 가지의 시뮬레이션 시나리오를 설정하였고 각 시나리오에 대한 설명은 표 3에서 제시하고 있다. 매체접근제어 계층default 코덱이라는 것은 매체접근제어 계층에서 코덱이 사용된다는 것이 아니라 default 코덱에서 정의하는 패킷 크기와 전송 주기에 대한 정보를 QoS 파라미터 값으로 설정한다는 것을 의미한다.

IP 패킷 스케줄러에 대한 성능 분석을 위해 사용한 트래픽 모델은 다음과 같다. 음성 코덱 방식은 전송 속도가 64kbps인 G.711로 설정하였다. 비디오 스트리밍은 프레임 크기가 18.2kbytes이고, 프레임 전송률은 10frames/sec로 설정하였다. 또한 FTP(File Transfer Protocol)는 파일 크기가 평균 2Mbytes인 절단로그정규(truncated-log-normal) 분포로 설정하였고, 이용 시간(reading time)은 평균이 180sec인 지수분포를 따르도록 설정하였다. HTTP(Hypertext Transfer Protocol)는 HTTP 1.1 프로토콜을 적용하였으며, 페이지 도착간격 시간(page inter-arrival time)은 평균이 30 sec인 지수분포로 설정하였다. Object 크기는 평균이 10kbytes인 로그정규분포를 따르도록 설정하였다[11].

4.3 모의실험 결과 및 분석

본 절에서는 제안한 알고리즘에 대한 성능 분석 결과를 기술한다. 분석 결과로는 QoS 파라미터 매핑 성능 분석, 계층별 오버헤드 분석 그리고 IP 패킷 스케줄러 성능 분석이 있다.

4.3.1 QoS 파라미터 매핑 성능 분석

Prioritized 방식과 Parameterized 방식과의 성능 비교를 위해 시나리오에 따른 평균 지연 및 할당된 상향링크 자원량에 관한 성능을 분석하였다. 평균 지연은 단말의 매체접근제어 계층에서 상위계층으로부터 SDU 패

표 4 시나리오 별 평균 지연(msec)

	Prio. ertPS	Prio. UGS	Para. ertPS(동기화)	Para. UGS(동기화)
시나리오 1	7	7	22 (5)	22 (5)
시나리오 2	12	12	7 (5)	7 (5)
시나리오 3	5	>10(sec)	11 (5)	11 (5)
시나리오 4	3	7	22 (5)	22 (5)

킷을 수신한 시점에서부터 기지국의 매체접근제어 계층에서 SDU 패킷을 수신할 때 까지 소요된 시간을 의미한다.

시나리오 별 평균 지연에 대한 결과는 표 4에서 제시하고 있다. 시나리오 3의 Prioritized UGS 경우가 평균 지연이 상당히 증가하는 결과를 보인다. 이것은 응용계층에서는 160byte 크기의 패킷이 전송되지만 매체접근제어계층에서는 10byte 크기의 패킷만을 전송하므로 계속해서 단말기의 버퍼에 패킷들이 쌓이기 때문이다. 또한 Parameterized 방식을 효과적으로 사용하기 위해서는 동기화 알고리즘이 필요한데 이것은 Grant management subheader의 FLI(Frame Latency Indication)와 FL(Frame Latency) 필드를 이용하여 단말의 매체접근제어 계층이 자원을 할당받는 시점과 단말의 응용계층으로부터 데이터가 전달되는 시점과의 동기화가 가능하다. 따라서 동기화 알고리즘이 적용된 경우에는 지연이 5msec인 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 시나리오에 따른 할당된 상향링크 자원을 나타내고 있다. 분석 결과에 의하면 시나리오 2에서의 Prioritized 방식에 ertPS를 적용한 경우는 할당 받는 자원은 적지만 10msec만큼의 패킷 전송 주기 차이 때문에 지터가 발생하는 문제점이 있다. 이 경우는 제외하고는 Parameterized 방식이 낭비되는 무선 자원을 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 Parameterized 방식에 ertPS와 UGS를 적용시킨 경우 모두 동일한 자원량을 사용하는데 이것은 무음 압축(silence suppression)이 적용되지 않아서 무음 구간과 유음 구간의 차이가 발생하지 않았기 때문이다. 무음 압축을 적용하면 가변적인 자원량에 대해 동작하는 ertPS의 경우가 상향링크 자원의 낭비를 감소시킬 것으로 예상된다. 또한 시나리오 3의 Prioritized 방식에 UGS를 적용시킨 경우가 가장 적은 무선 자원을 사용하여 자원 효율성이 가장 좋지만 이 경우는 표 4에서처럼 지연이 무한히 증가하기 때문에 QoS가 급격히 저하될 것으로 분석된다. 매체접근제어 계층에서의 평균 지연과 자원량을 분석하고 비교한 결과 동기화 알고리즘이 적용된 Parameterized 방식이 Prioritized 방식보다 시스템 성능을 향상시키는 것을 확인하였다.

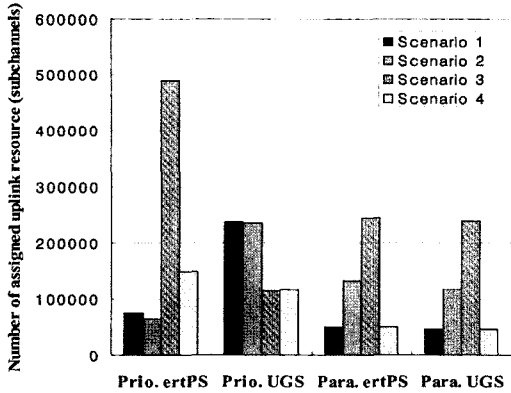


그림 8 시나리오 별 할당된 상향링크 자원량

4.3.2 계층별 오버헤드 분석

그림 9는 모바일 와이맥스 시스템의 물리 계층, 매체 접근제어 계층, IP 계층 그리고 응용 계층에서의 상향링크 처리를 성능을 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과에 의하면 앞서 기술한 시뮬레이션 환경 하에서 매체접근제어 계층에서의 처리율은 물리 계층 처리율보다 12% 정도가 낮게 나타나며 IP 계층에서의 처리율은 물리 계층과 매체접근제어 계층 처리율의 79%와 92% 수준임을 알 수 있다. 또한 응용 계층에서의 처리율은 물리 계층 처리율과 매체접근제어 계층 처리율보다 각각 30%와 22% 정도 낮게 나오는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과에 의하면 주어진 매체접근제어 계층과 물리 계층의 처리율을 통해 응용 계층과 IP 계층에서의 처리율을 알아 낼 수 있다. 예를 들어 물리 계층에서의 상향링크 전송 속도가 1Mbps라 하더라도 사용자가 인지하는 응용 계층에서의 전송 속도는 0.7Mbps밖에 나오지 않는 것이다. 이것은 매체접근제어 계층과 물리 계층에서의 QoS가 보장된다 하더라도 각 계층에서의 오버헤드에

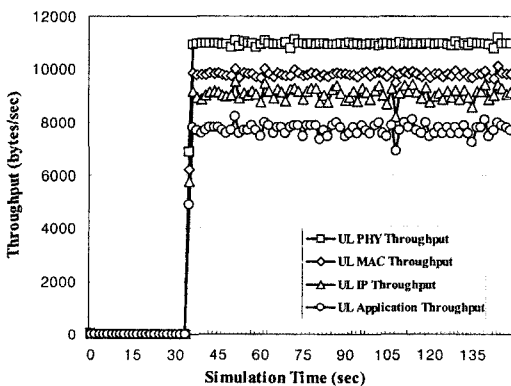


그림 9 물리 계층, 매체접근제어 계층, IP 계층, 응용 계층에서의 처리를 비교

의해 종단간 QoS는 보장되지 않을 수 있다는 것을 의미한다.

4.3.3 종단간 VoIP 전송 평균 지연 분석

그림 10은 IP 패킷 스케줄러 종류에 따른 종단간 VoIP 패킷 전송 지연을 나타내고 있다. 하나의 VoIP 세션에 요구되는 전송 속도는 물리 계층에서 75kbps이다. 그림 10은 WRR과 FIFO 스케줄러의 경우에는 VoIP 사용자가 아홉 명을 넘게 되면 종단간 VoIP 패킷 전송 지연이 갑작스럽게 증가하는 것을 보여주고 있다. 반면 제한한 DPS 스케줄러의 경우에는 종단간 VoIP 패킷 전송 지연에 변화가 없다. 이것은 제한한 알고리즘은 VoIP 패킷을 가장 우선적으로 처리하기 때문이다. 제한한 스케줄러는 종단간 VoIP 패킷 전송 지연을 WRR과 비교했을 때 44%에서 67%정도까지 감소시킬 수 있다.

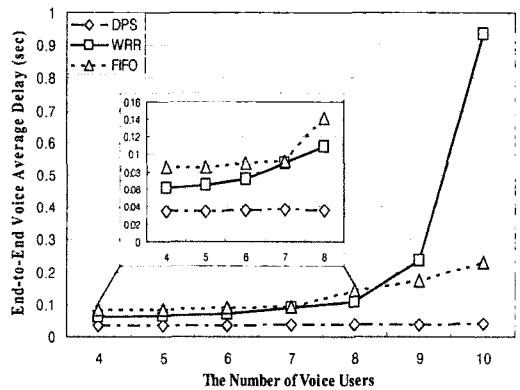


그림 10 스케줄러 종류에 따른 종단간 VoIP 패킷 평균 지연

5. 결론

본 논문에서는 모바일 와이맥스 시스템의 종단간 QoS 성능을 향상시킬 수 있는 이슈들을 소개하였다. 우선 종단간 QoS 성능에 영향을 미칠 수 있는 모바일 와이맥스 망 구조를 분석하였다. 또한 QoS 관련 기능들의 계층간 연동 설계의 한 예로서 음성 서비스의 QoS를 향상시킬 수 있는 응용 계층과 매체접근제어 계층간 QoS 파라미터 매핑 기법과 IP 패킷 스케줄러를 제안하였다. 종단간 QoS 성능을 평가하기 위해 와이맥스 ASN 프로파일 C를 기반인 종단간 모바일 와이맥스 시뮬레이터를 구현하였고 물리 계층부터 응용 계층까지 포함시켰다. 분석 결과 QoS 파라미터 매핑 기법이 적용된 경우에는 평균 지연이 감소하였고 상향링크 자원 효율성에 대한 이득이 있었다. 또한 제한한 IP 패킷 스케줄러가 음성 서비스의 종단간 QoS 성능을 향상시킬 수

있음을 확인하였다.

모바일 와이맥스 시스템의 종단간 QoS 성능 향상을 위해서는 본 논문에서 고려한 QoS 관련 기능뿐만 아니라 무선 자원 관리, 이동성 관리 그리고 재전송 기법 등의 기능들에 대한 성능 분석 및 성능 향상을 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.16e-2005, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Feb. 2006.
- [2] T. Kwon, et al., "Design and implementation of a simulator based on a cross-layer protocol between MAC and PHY layers in a WiBro Compatible IEEE 802.16e OFDMA system," IEEE Commun. Mag., pp.136-146, Dec. 2005.
- [3] C. Cicconetti, et al., "Quality of Service Support in IEEE 802.16 Networks," IEEE Network, pp. 50-55, Mar. 2006.
- [4] A. Ghosh, D. Wolter, J. Andrews, and R. Chen, "Broadband wireless access with WiMAX/802.16: current performance benchmarks and future potential," IEEE Commun. Mag., pp. 129-136, Feb. 2005.
- [5] C. Hoymann, "Analysis and Performance Evaluation of the OFDM-based Metropolitan Area Network IEEE 802.16," Comp. Net., Vol.49, No.3, pp.341-363, Oct. 2005.
- [6] WiMAX Forum NWG, WiMAX End-to-End Network System Architecture - Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points, Dec. 2005.
- [7] 3GPP TR 23.882 v1.4.2, 3GPP System Architecture Evolution: Report on Technical Options and Conclusions (Release 7), Oct. 2006.
- [8] J.Chen, W.Jiao, and Q.Guo, "Providing integrated QoS control for IEEE 802.16 broadband wireless access systems," in Proc.VTC-2005 Fall, vol. 2, pp. 1254-1258, Sep. 2005.
- [9] S.Hong and O.Kwon, "Considerations for VoIP Services in IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Systems," in Proc.VTC-2006 Spring, vol. 3, pp. 1226-1230, May. 2006.
- [10] 3GPP TR 25.853 v0.4.0, Delay Budget within the Access Stratum (Release 4), Mar. 2006.
- [11] C50-20010802-02, 1xEv-DV Evaluation Methodology-Addendum, Jul. 2001.



추 상 민

2006년 아주대학교 전자공학부(학사). 2008년 아주대학교 전자공학과(석사). 관심분야는 MAC 프로토콜, 재전송 프로토콜



오 성 민

2004년 아주대학교 전자공학부(학사). 2006년 아주대학교 전자공학과(석사). 2006년~현재 아주대학교 전자공학과(박사과정) 관심분야는 QoS 성능분석, 4G 네트워크



조 성 현

1995년 한양대학교 전산과(학사). 1997년 한양대학교 전산과(석사). 2001년 한양대학교 전산과(박사). 2001년~2005년 삼성종합기술원 전문연구원. 2006년 삼성전자 정보통신연구소 책임연구원. 2006년~2008년 Stanford Univ. 전자공학과 박사후 연수. 2008년~현재 한세대학교 IT학부 전임강사 관심분야는 4G, IEEE 802.16, WiMAX, 3GPP LTE, Multi-hop, Handover, RRM



김 재 현

1991년 한양대학교 전산과(학사). 1993년 한양대학교 전산과(석사). 1996년 한양대학교 전산과(박사). 1997년~1998년 UCLA 전기전자과 박사후 연수. 1998년~2003년 Bell Labs, Performance Modeling and QoS Management Group 연구원 2003년~현재 아주대학교 전자공학부 부교수. 관심분야는 무선 인터넷 QoS, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16/20