

# 융합 망에서 사용자에게 QoE를 제공하기 위한 VoIP 성능 분석

정회원 이 규 환\*, 오 성 민\*, 종신회원 김 재 현\*

## A Performance Analysis of VoIP in the FMC Network to provide QoE for users

Kyu-Hwan Lee\* , Sung-Min Oh\* *Regular Members*, Jae-Hyun Kim\* *Lifelong Member*

### 요 약

다양한 트래픽에 대한 사용자의 요구 증대와 망 기술의 발전은 각각의 분리된 망을 하나의 망으로 융합해가고 있다. 하지만 융합 망에서 음성 사용자에게 QoE를 제공하기 위해서는 융합 망에서 VoIP 성능분석 연구가 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 사용자가 융합 망에서 VoIP를 사용할 때 발생할 수 있는 음성 품질저하 시나리오를 제시한다. 특히, 본 논문에서는 융합 망 구성요소 별로 시나리오를 나타내고 음성 품질 개선 포인트를 찾는다. 시뮬레이션 결과, HSDPA 무선 계층에서 패킷 손실이 발생했을 경우와 3GPP와 인터넷 프로토콜 백본의 게이트웨이인 GGSN에서 QoS 파라미터 mapping을 하지 않았을 경우, 그리고 무선 랜에서 non-QoS AP를 사용하였을 경우 음성 품질저하가 발생하는 것을 살펴 볼 수 있었다.

**Key Words** : Fixed Mobile Convergence, VoIP, QoS, QoE, HSDPA, WLAN, IP

### ABSTRACT

Due to increase of user requirement for various traffics and the advance of network technology, each distinct network has converge into FMC(Fixed Mobile Convergence) networks. However, we need to research the performance analysis of VoIP(Voice over Internet Protocol) in the FMC network to provide QoE for the voice user of FMC network. Therefore, this paper introduces the scenario which is the situation of voice quality degradation when a user uses VoIP to communicate with other users in the FMC network. Especially, this paper presents scenario in terms of the component of the network and finds the improvement point of voice quality. In the simulation results, three improvement points of voice quality are found as following: voice quality degradation by packet loss in the physical layer of the HSDPA network, by utilizing GGSN without QoS parameter mapping mechanism which is gateway between 3GPP and IP backbone, and by using non-QoS AP in the WLAN network.

### I. 서 론

음성, 영상 및 데이터 서비스에 대한 이용자들의 다

양한 요구 증대와 망 기술의 빠른 발전은 기존에 각각 분리되어 있던 단일 망에서 망의 광대화 및 효율적인 망 운영을 위한 융합(Fixed Mobile Convergence)

※ "본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT산업원천기술개발사업[2009-F-043-01, 사용자 중심 이동성 제어를 통한 중단 없는 이동성 제공 기술 개발]과 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2010-(C1090 -1021-0011))

\* 아주대학교 전자공학과 무선 인터넷 연구실(lovejiyoon7, smallb01, and jkim}@ajou.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-10-461, 접수일자 : 2009년 10월 13일, 최종논문접수일자 : 2010년 3월 5일

망으로의 진화를 가속시키고 있다<sup>[4]</sup>. 특히, VoIP (Voice over Internet Protocol) 및 SIP(Session Initiation Protocol)를 사용하여 맥내의 무선 랜 (Wireless LAN)과 이동통신망이 인터넷 프로토콜 백본으로 융합되어 음성통화서비스를 제공하는 서비스가 운영 중이고 이를 위한 듀얼모드(무선랜/CDMA) 단말기가 출시되어 있는 상태이다<sup>[5,6]</sup>.

하지만 각기 다른 기간망을 사용하는 사용자들이 음성통화서비스를 사용할 때 각각의 기간망 사이에 QoS(Quality of Service) 파라미터 mapping이 제대로 수행 되지 않거나 망 종단의 무선 계층에서 채널 상황이 악화될 경우 사용자의 QoE(Quality of Experience)가 저하되는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 음성통화 서비스를 사용하는 사용자들에게 QoE를 제공하기 위해서는 망 구성 요소 간 패킷 전송성능과 망 종단 간 객관적 음성통화 지표 성능을 분석하여 음성통화 품질을 저하시키는 요인들을 찾아내고 개선해야한다.

그러므로 본 논문에서는 무선 랜과 3GPP HSDPA 망을 인터넷 프로토콜 백본으로 융합한 망에서 사용자들이 VoIP를 사용하여 음성통화서비스를 제공받을 때, 융합 망에서의 구성요소별 음성 통화 품질저하 시나리오를 제시하고, 통신 종단 간 성능분석을 통하여 음성 품질 개선 포인트를 도출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 IEEE 802.11e, HSDPA, E-model에 대하여 기술하며, 3장에서는 융합 망에서의 음성품질 저하 예상 시나리오들을 제시한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 통신 종단 간 성능분석을 수행하고, 음성 품질 개선 포인트를 도출하며, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 기술

### 2.1 IEEE 802.11e

EDCA는 기존 IEEE 802.11의 DCF에서 서비스에 따른 차별화된 QoS(Quality of Service)를 제공하지 못하는 단점을 보완한 프로토콜로 서비스에 따라 각기 다른 접근 대기시간을 사용한다. 각 서비스의 우선순위에 따라 CW(Contention Window)와 AIFSN(Arbitration Inter Frame Space Number)이 다르며, 우선순위가 높은 서비스가 우선적으로 패킷을 전송할 수 있는 기회를 얻는다. IEEE 802.11e 표준에서는 크게 4가지의 AC(Access Category)와 각각 서비스별 AIFSN, CW 및 TXOP(Transmission Opportunity)를 정의하고 있다.<sup>[8]</sup>

### 2.2 HSDPA

HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)는 기존의 WCDMA Release 99 및 Release 4와 동일한 주파수 대역에서 사용 가능한 고속의 하향 패킷 데이터 서비스를 위한 시스템이며, 전송 효율 증대를 위해 AMC(Adaptive Modulation and Coding)와 H-ARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)기법을 사용한다. 또한 Node B에 스케줄러기능을 추가하고 기존의 10ms이었던 TTI(Transmission Time Interval)를 2ms로 변경하여 빠른 채널 적응을 수행 할 수 있도록 설계되어 있다 <sup>[9]</sup>.

### 2.3 E-model

E-Model은 ETSI에서 표준화한 통화품질에 관한 객관적 평가 방법을 말한다<sup>[14]</sup>. E-Model에서 정의하는 통화품질에 관한 객관적 평가 지표인 R값과 MOS(Mean Opinion Score)는 수식 (1)과 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$R = Ro - Is - Id - Ie + A \quad (1)$$

$$MOS = 1 + 0.035R + 7 \times 10^{-6} R(R - 60) \times (100 - R) \quad (2)$$

이때,  $R_o$ 는 회선잡음, 송·수화 실내 경음, 가입자선 잡음에 대한 주관적 품질을 의미하고,  $I_s$ 는 측음(sidetone), 양자화 변형에 의한 주관적 품질 저하를 의미한다.  $I_d$ 는 송신한 사람 및 수신한 사람의 에코, 절대 지연에 의한 주관적 품질 저하를 의미하고  $I_e$ 는 낮은 비트율 부호화, 패킷 손실 또는 셀 손실 등에 의한 주관적 품질 저하,  $A$ 는 모바일 통신 등의 편리성이 주관적 품질(만족도)에 끼치는 영향을 보완하는 요인을 의미한다. 일반적으로 R값은 70이상 MOS는 3.6이상 되어야 사용자가 통화품질에 불편을 느끼지 않는다<sup>[15]</sup>. 응용 계층에서 패킷 전송지연과 패킷 손실률이 MOS에 미치는 영향을 자세히 살펴보면 그림 1과 2와 같다( $R_o$ 가 94.77,  $I_s$ 는 1.43, 그리고 codec은 G.729<sup>[16]</sup>를 사용했을 경우<sup>[17]</sup>). 그림 1은 종단 간 패킷 전송지연의 증가에 따른 MOS의 변화를 나타낸다. 종단 간 패킷 전송지연이 200ms보다 증가하게 되면 MOS가 급격히 감소하는 것을 살펴볼 수 있다. 그림 2는 패킷 손실률의 증가에 따른 MOS의 변화를 나타낸다. 패킷 손실률이 증가할수록 MOS가 exponential하게 감소하는 것을 살펴 볼 수 있다.

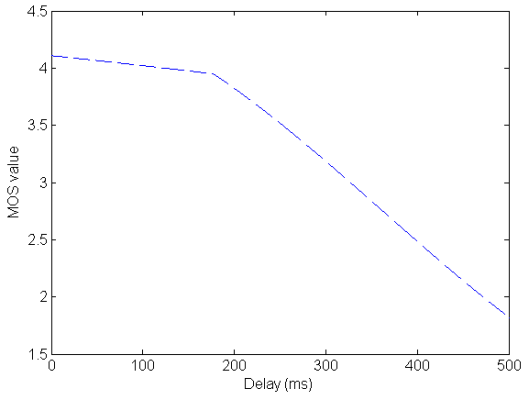


그림 1. MOS vs. 종단 간 패킷 전송지연

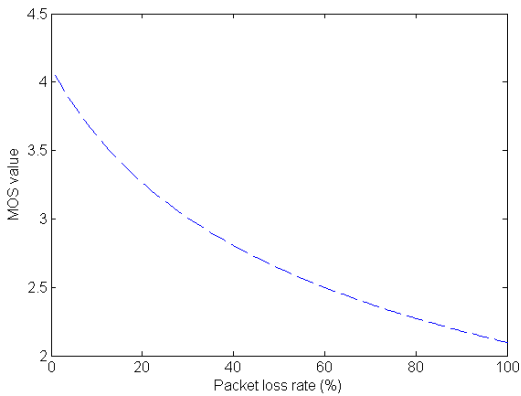


그림 2. MOS vs. 패킷 손실률

### III. 융합 망에서의 음성품질 저하 예상 시나리오

본 장에서는 무선 랜과 HSDPA망의 융합 망에서 VoIP를 사용할 때 음성 품질 저하 예상 시나리오에 대하여 상세히 기술한다. 그림 3은 융합 망의 참조 망 구조를 나타낸다. 무선 랜 단말기와 HSDPA 단말기(UE)는 VoIP로 음성 통화를 할 수 있고, HSDPA망과 무선 랜은 인터넷 프로토콜 백본으로 연결되어 있다. 본 논문에서 고려한 음성 품질 저하 예상 시나리오는 다음과 같다.

1) 시나리오 1. UE-Node B간 채널 상황 변화에 의한 전송 지연 및 패킷 손실 발생으로 인한 음성품질 저하

2) 시나리오 2. GGSN(Gateway GPRS Support Node)에서 QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우 대기행렬 지연(queueing delay) 발생에 의한 음성 품질 저하

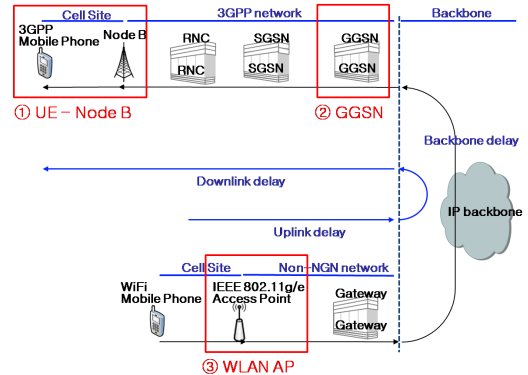


그림 3. 융합 망의 참조망 구조

3) 시나리오 3. 무선 랜에서 non-QoS AP(DCF)를 사용할 경우 전송지연 발생에 의한 음성 품질 저하

#### 3.1 시나리오 1 UE-Node B

UE와 Node B간 채널 상황은 path loss, shadowing, multi-path에 의해 급격히 변화한다. 그림 4는 평균 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)가 35/15/0dB일 때

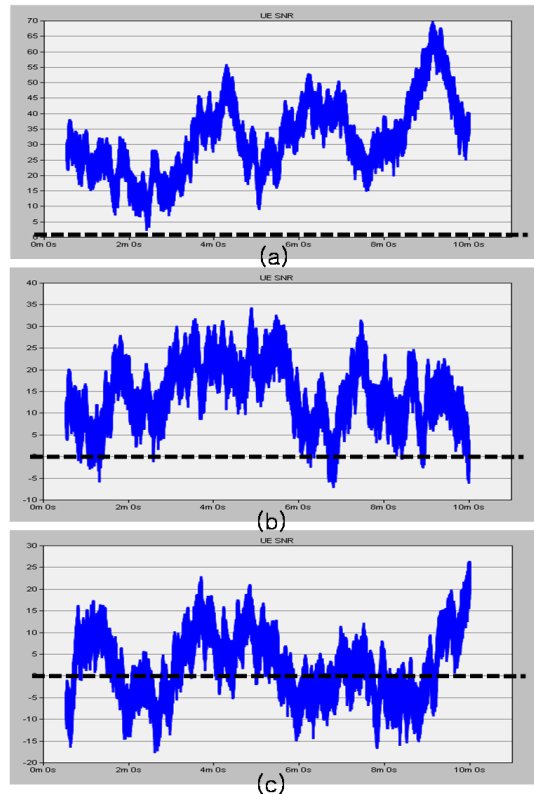


그림 4. (a)평균 잡음비가 35dB일 때의 실시간 잡음비, (b) 평균 잡음비가 15dB일 때의 실시간 잡음비, (c)평균 잡음비가 0dB일 때의 실시간 잡음비

의 실시간 점유비를 나타낸다. 그림 4.(b),(c)에서 보는 것과 같이 평균 점유비가 15/0dB일 때는 점유비가 0dB이하(점선 아래)로 떨어지는 구간이 발생하여 전송 지연 및 패킷 손실을 야기할 수 있다<sup>[10]</sup>.

3.2 시나리오 2 GGSN-인터넷 프로토콜 백본

인터넷 프로토콜 망에서는 전송하는 패킷의 QoS를 제공하기 위하여 Inserv와 Diffserv를 사용한다<sup>[18]</sup>. Differv에는 default PHB(Per Hop Behaviors), CS(Class Selector) PHB, AF(Assured Forwarding) PHB, EF(Expedited Forwarding) PHB의 서비스 클래스가 존재하고 3GPP망에서는 4가지 서비스 클래스(conversation, streaming, interactive, back ground)가 존재 하는데 GGSN에서 인터넷 프로토콜 망과 3GPP 망간 QoS 파라미터 mapping이 존재하지 않을 경우에는 그림 5에 나타난 예시와 같이 대기행렬 지연이 발생할 수 있다. GGSN에서 QoS 파라미터 mapping 기능을 제공하지 않아 모든 패킷이 default PHB로 전송 되면 트래픽량이 증가할 경우 대기행렬 지연이 증가하여, 특히 지연에 민감한 음성 트래픽 같은 경우에는 QoS 요구사항을 만족시킬 수 없는 경우가 발생 할 수 있음을 살펴 볼 수 있다. GGSN에 인터넷 프로토콜 망(Diffserv를 사용할 경우)과 3GPP망간 QoS 파라미터 mapping이 존재하는 경우에는 음성통화 트래픽(conversation)과 다른 서비스들의 클래스(streaming, interactive, background)가 구분이 되어 QoS를 제공할 수 있다. Diffserv를 사용할 경우 conversation은 EF로 stream은 AF41로 서비스 클래스를 mapping시킬 수 있고 interactive는 AF31으로 background는 AF11로 서비스 클래스를 mapping시킬 수 있다. 그림 6은 GGSN에서 QoS 파라미터 mapping을 수행하는 경우의 예를 나타낸다. QoS 파라미터 mapping을 GGSN에서 수행하게 되면 트래픽량이 증가하게 되

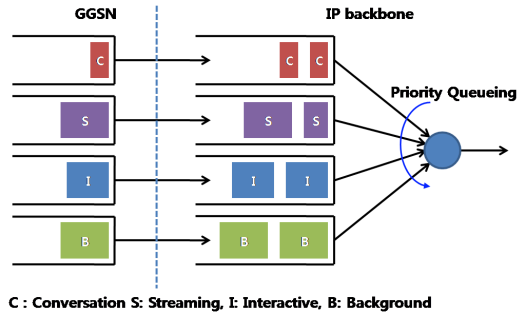


그림 6. GGSN에서 QoS 파라미터 mapping을 수행하는 경우의 예시

라도 지연에 민감한 음성 트래픽은 패킷 전송에 우선권을 갖기 때문에 QoS를 보장할 수 있다.

3.3. 시나리오 3 무선 랜-인터넷 프로토콜 백본

인터넷 프로토콜 백본에서 서비스를 서비스 클래스에 따라 분류하여 전송하더라도 무선 랜에서 Non-QoS AP를 사용하여 QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우 AP에서 STA(STation)로 전송되는 트래픽이 AP의 하나의 대기행렬로 전송되어 대기행렬 지연이 발생할 수 있다. 또한, AP와 STA들이 동일하게 채널 접근을 수행하기 때문에 채널 접근 지연이 발생할 수 있다. 그림 7에서 보는 것과 같이 AP가 QoS 파라미터 mapping을 제공하지 않는 경우 지연에 민감한 음성 트래픽 같은 경우에는 QoS 요구사항을 만족할 수 없는 경우가 발생할 수 있음을 살펴볼 수 있다. 또한 그림 8에서 보는 것과 같이 무선 랜에 존재하는 AP를 포함한 다수의 STA들이 경쟁 방식으로 데이터를 전송하게 되기 때문에 채널 접근 지연이 발생할 수 있다.

무선 랜에서 EDCA기능을 제공하는 QoS AP를 사용할 경우에는 서비스 클래스 별로 AIFSN과 CW값이 다르고 TXOP기간 동안 패킷을 계속 전송할 수 있

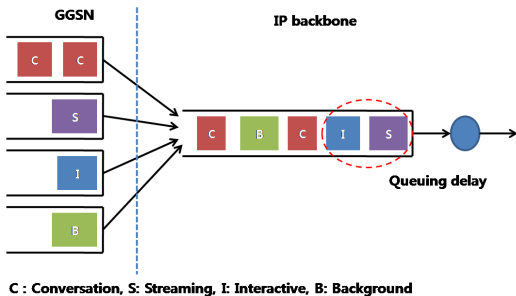


그림 5. 인터넷 프로토콜 망과 3GPP망간 QoS 파라미터 mapping이 존재 하지 않았을 경우에 대기행렬 지연이 발생하는 예시

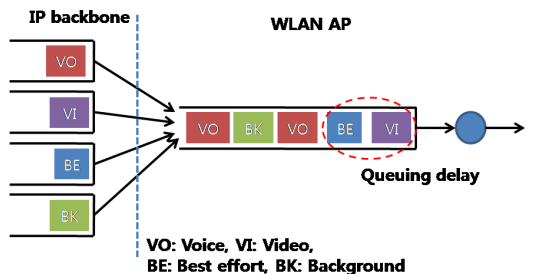


그림 7. Non-QoS AP를 사용하여 QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우 발생하는 대기행렬 지연 예시

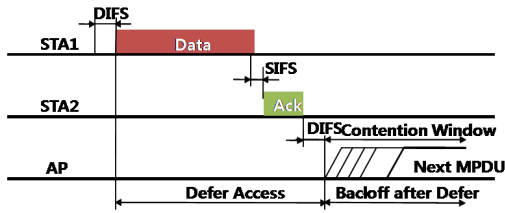


그림 8. 경쟁 방식으로 데이터를 전송하기 하기 때문에 발생하는 채널 접근 지연 예시

는 기회를 제공하여 QoS를 보장해 할 수 있다.

#### IV. 망 중단 간 성능분석 및 음성 품질 개선 포인트 도출

본 장에서는 망 구성 요소 간 패킷 전송성능(패킷 전송 지연 및 패킷 손실률)이 망 중단 간 객관적 음성 통화 품질 평가지표(MOS)에 미치는 영향을 분석하여 본 논문에서의 예상 시나리오를 검증해 보고 구성 요소 별 음성 품질 개선 포인트 도출한다.

##### 4.1 망 중단 간 성능 분석

본 논문에서는 융합 망에서 사용자들이 VoIP를 사용하여 음성통화서비스를 제공받을 때 통신 중단 간 성능분석을 위하여 무선 랜 단말기, AP(non-QoS/supported QoS), IP backbone, GGSN, Node B, UE로 구성된 융합 망을 시뮬레이션 하였다. 무선 랜 단말기와 UE는 서로 VoIP를 이용하여 음성 통화가 가능하고 VoIP codec은 G.729를 사용하였다. 자세한 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같고, 시뮬레이션에 사용한 Node B와 UE 사이의 채널 모델과 트래픽 모델은 각각 표 2와 표 3에 나타내었다<sup>7)~13)</sup>. 본 논문에서는 QoS 파라미터 mapping 기능이 없을 경우 음성 품질 저하 발생여부만을 살펴보면 되기 때문에 시뮬레이션 시나리오 2와 시나리오 3에 망 내에 트래픽(음성, 비디오, 데이터)의 비율은 트래픽량에 따라 임의로 설정하였다.

그림 9와 그림 10은 각각 Node B와 UE 사이의 평균 잡음비에 따른 HSDPA에서의 평균 패킷 전송 지연과 패킷 손실률을 나타낸다(시나리오 1). Node B와 UE사이의 SNR이 15~35dB에서는 안정적인 패킷 전송 지연과 패킷 손실률을 나타내지만 UE가 셀 가장자리로 이동하면서 Node B와 UE 사이의 평균 잡음비가 0dB값에 가까워질수록 패킷 전송 지연과 패킷 손실률이 증가하는 것을 살펴 볼 수 있다. 그림 11은 Node B와 UE 사이의 평균 잡음비의 변화에 따른 무선 랜

단말기와 UE간 중단 간 패킷 전송 지연을 보여준다(시나리오 1). HSDPA에서의 패킷 손실에 의한 재전송 지연이 평균 중단 간 패킷 전송지연에 영향을 미쳐 평균 잡음비가 감소할수록 전송지연이 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림 12는 Node B와 UE 사이의 평균 잡

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
3GPP side	
Frame duration	2ms(Downlink)/10ms(Uplink)
MCS Level	QPSK 1/2, 3/4, 16QAM 9/16,3/4
HARQ scheme	I2R(Adaptive incremental redundancy)
MAX. uplink bit rate(WCDMA)	384kbps
MAX. Downlink bit rate(HSDPA)	720kbps(Spreading Code 1개 사용)
distance between Node B and UE	0~1.5km
WLAN side	
Physical characteristics	Extended rate PHY(IEEE 802.11g)
Data rate	54Mbps
Transmit Power	0.005W
Packet reception-power threshold	-95dBm
Retry limit	7(long)/4(short)
AP beacon interval	100ms
IP backbone	
IP backbone delay	20ms

표 2. Node B와 UE 사이의 채널 모델

Parameter	Explanation
Propagation model	$L = 128.1 + 37.6 \log_{10}(R)$ (Cost 231 model, R in kilometers)
Slow fading	As modeled in UMTS 30.03 (Log-normal dist.)
Std. deviation of slow fading	8dB
Correlation Distance of slow fading	50 meter
Carrier frequency	2GHz
Fast fading	Rayleigh dist. (Std. deviation 3dB)
BS total Tx power	Up to 44dBm
BS antenna gain	14dBi
UE noise figure	9dB
Thermal Noise	-174dBm/Hz

표 3. 시뮬레이션 트래픽 모델

Parameter	Value
Voice traffic	
Codec	G.729
Voice frame per packets	1
Compression delay	20ms
Decompression delay	20ms
FTP traffic	
File size	750,000/1,050,000/15,000,000/1,650,000 byte (constant)
Inter-request time	1/1.2/2/3sec (exponential dist.)
Video traffic	
Frame size	34560/120000byte (constant)
Frame inter-arrival rate	30frame/sec
Type of service	
Best effort(FTP)	2
Interactive video(Video)	1
Interactive voice(Voice)	0

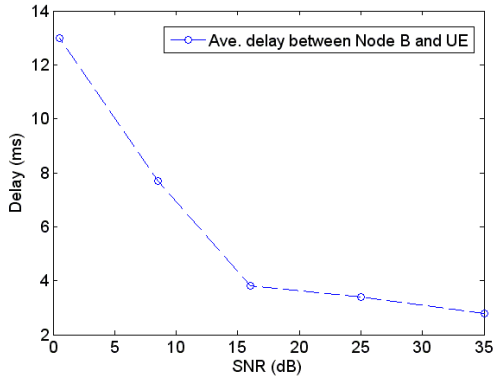


그림 9. 잡음비의 변화에 따른 Node B와 UE사이의 평균 전송 지연(시나리오 1)

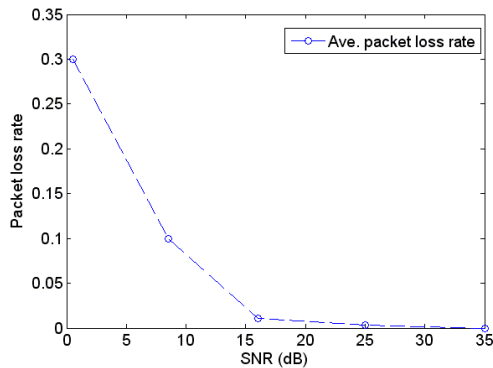


그림 10. 잡음비의 변화에 따른 Node B와 UE사이의 평균 패킷 손실률(시나리오 1)

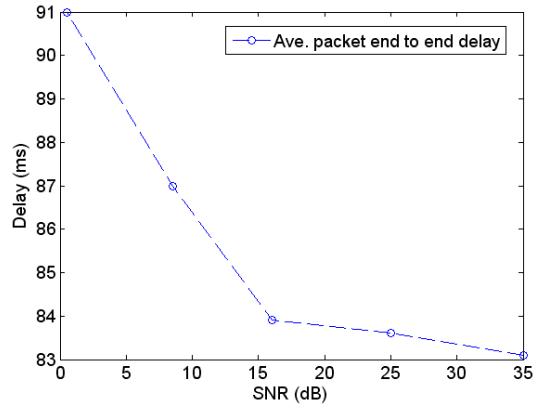


그림 11. 잡음비의 변화에 따른 UE와 무선 랜 단말기 사이의 종단 간 평균 패킷 전송 지연(시나리오 1)

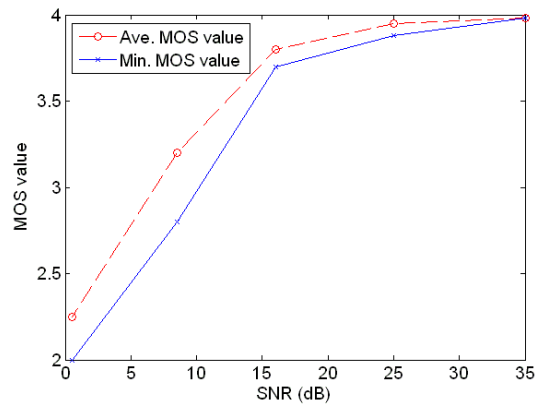


그림 12. 잡음비의 변화에 따른 MOS(시나리오 1)

음비의 변화에 따른 MOS의 평균과 최저 값을 나타낸다(시나리오 1). Node B와 UE사이의 평균 잡음비가 0dB와 가까워질수록 MOS가 감소하는 것을 살펴볼 수 있다. MOS의 감소 요인으로는 그림 1과 그림 2에서 나타난 MOS와 종단 간 패킷 전송지연과 패킷 손실률의 관계에서 알 수 있듯이 Node B와 UE사이의 종단 간 패킷 전송지연 보다는 패킷 손실률의 영향이 더 큰 것을 살펴 볼 수 있다. Node B와 UE 사이의 평균 잡음비가 0dB에 가까워져도 UE와 무선 랜 단말기 사이에 종단 간 평균 전송지연이 200ms보다 작기 때문에 MOS에 큰 영향을 주지 않지만 패킷 손실률은 30%로 증가하여 MOS에 큰 영향을 준다.

그림 13과 그림 14는 GGSN에서 인터넷 프로토콜 백본망으로 전송되는 트래픽량의 증가에 따른 GGSN에서의 평균 대기행렬 지연과 평균 패킷 손실률을 나타낸다(시나리오 2). QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우에는 트래픽량이 95%이상 될 때 대기

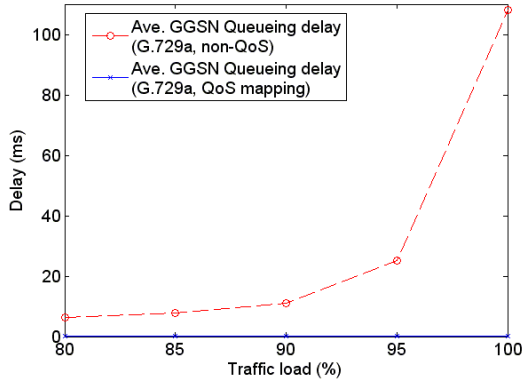


그림 13. 트래픽량 증가에 따른 GGSN에서 평균 대기행렬 지연(시나리오 2)

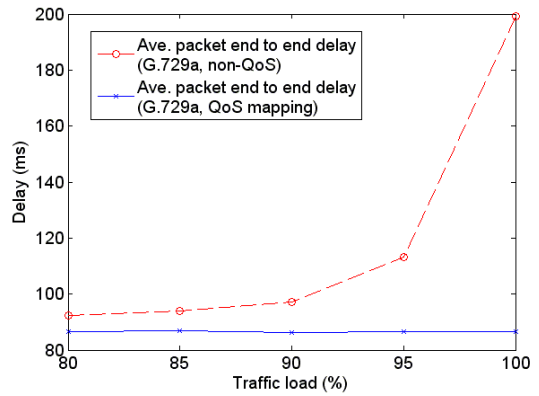


그림 15. 트래픽량 증가에 따른 UE와 무선 랜 단말기 사이에 종단 간 평균 패킷 전송지연(시나리오 2)

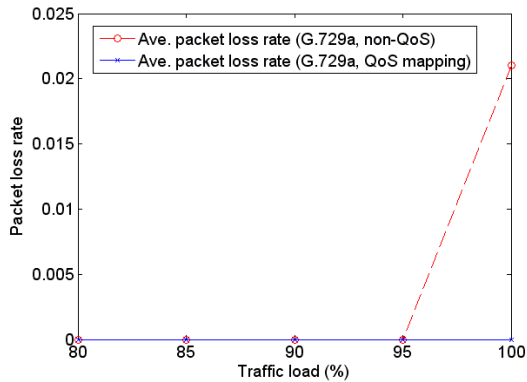


그림 14. 트래픽량 증가에 따른 GGSN에서 평균 패킷 손실률(시나리오 2)

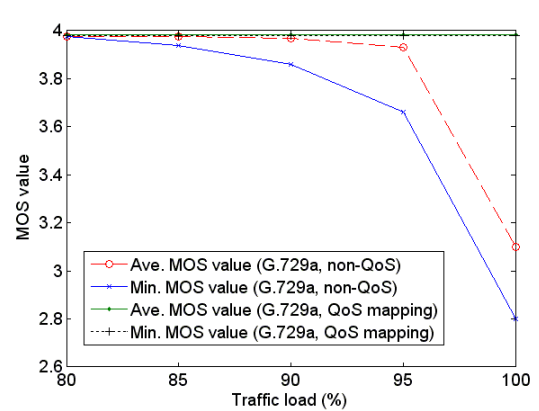


그림 16. 트래픽량 증가에 따른 MOS(시나리오 2)

행렬 지연이 급격히 증가하는 것을 살펴볼 수 있고 버퍼 오버플로에 의한 패킷 삭제 때문에 패킷 손실이 발생하는 것을 살펴 볼 수 있다. QoS 파라미터 mapping을 수행하였을 경우에는 대기행렬 지연은 1ms미만으로 발생하고 패킷 손실은 발생하지 않음을 살펴 볼 수 있다. 그림 15는 UE와 무선 랜 단말기 사이에 종단 간 평균 패킷 전송지연을 나타낸다(시나리오 2). QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우에는 GGSN에서의 평균 대기행렬 지연이 종단 간 평균 패킷 전송 지연에 영향을 미쳐 GGSN에서 인터넷 프로토콜백본망으로 전송되는 트래픽량이 증가할수록 종단 간 패킷 전송 지연이 증가하지만 QoS 파라미터 mapping을 수행하였을 경우에는 대기행렬 지연 지연이 거의 발생하지 않기 때문에 트래픽량이 100%로 증가하여도 종단 간 평균 패킷 전송지연이 90ms미만인 것을 살펴 볼 수 있다. 그림 16은 GGSN에서 인터넷 프로토콜 백본망으로 전송되는 트래픽량의 증가에 따른 MOS

의 평균과 최저 값을 나타낸다. QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우에는 트래픽량이 95% 이상 될 때 MOS가 급격히 감소하는 것을 살펴 볼 수 있다(시나리오 2). QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않을 경우에 MOS의 감소요인으로는 그림 1과 그림 2에 나타낸 MOS와 종단 간 패킷 전송지연과 패킷 손실률의 관계에서 알 수 있듯이 대기행렬 지연의 증가에 의한 영향이 패킷 손실에 의한 영향보다 큰 것을 살펴 볼 수 있다. 트래픽량이 100%일 때 패킷 손실률은 2% 내외로 MOS에 큰 영향을 미치지 않지만 종단 간 평균 패킷 전송지연은 200ms로 MOS에 큰 영향을 미치는 것을 살펴 볼 수 있다. QoS 파라미터 mapping을 수행하였을 경우에는 MOS값이 감소하지 않고 일정하게 유지되는 것을 살펴 볼 수 있다.

그림 17과 그림 18은 무선 랜에서 트래픽량 증가에 따른 평균 무선 랜 패킷 전송지연과 종단 간 평균 패킷 전송 지연을 나타낸다(시나리오 3). 평균 무선 랜

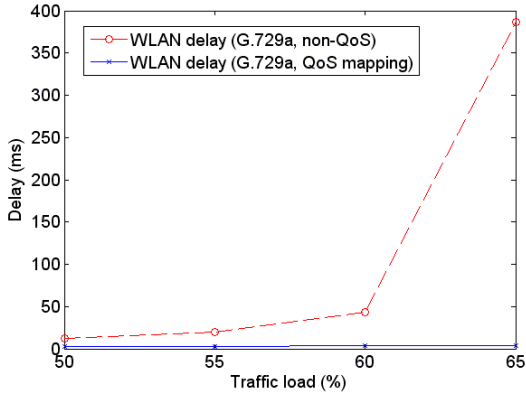


그림 17. 트래픽량 증가에 따른 AP와 무선 랜 단말기 사이의 평균 무선 랜 패킷 전송지연(시나리오 3)

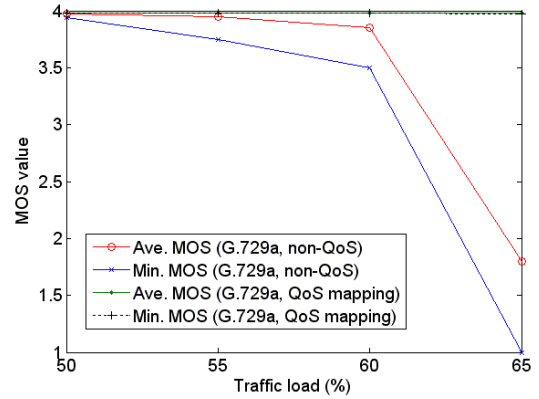


그림 19. 트래픽량 증가에 따른 MOS(시나리오 3)

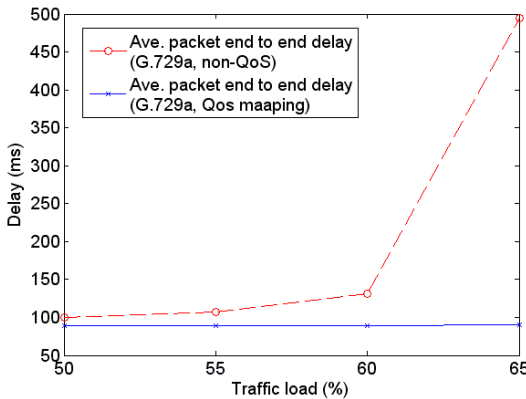


그림 18. 트래픽량 증가에 따른 UE와 무선 랜 단말기 사이에 중단 간 평균 패킷 전송지연(시나리오 3)

패킷 전송지연은 무선 랜의 MAC 계층에서 발생하는 패킷 전송지연을 나타낸다. non-QoS AP를 사용했을 경우에는 트래픽량이 60% 이상 될 때 평균 무선 랜 패킷 전송지연이 급격히 증가하는 것을 살펴볼 수 있고 그로 인하여 중단 간 평균 패킷 전송지연이 증가하는 것을 살펴 볼 수 있다. 무선 랜에서 트래픽량이 60% 이상인 경우에는 채널 접속 지연과 패킷 충돌의 증가로 의해 평균 무선 랜 패킷 전송지연이 급격히 증가한다<sup>[9]</sup>. QoS AP를 사용할 경우에는 평균 무선 랜 패킷 전송지연이 5ms 미만으로 발생하여 중단 간 평균 패킷 전송 지연이 90ms 이하로 발생하는 것을 살펴볼 수 있다. 그림 19는 무선 랜에서 트래픽량의 증가에 따른 MOS의 평균과 최저 값을 나타낸다(시나리오 3). non-QoS AP를 사용하는 경우에는 트래픽량이 60%이상 될 때 MOS가 급격히 감소하는 것을 살펴볼 수 있다. MOS의 감소 요인으로는 그림 1에 나타난 MOS와 중단 간 패킷 전송 지연의 관계에서 살

펴 볼 수 있듯이 트래픽량이 60%이상일 때 평균 무선 랜 패킷 전송지연의 증가로 인하여 중단 간 평균 패킷 전송지연이 500ms까지 발생하여 MOS에 큰 영향을 미치는 것을 살펴 볼 수 있다. QoS AP를 사용하면 MOS가 감소하지 않고 일정하게 유지되는 것을 살펴 볼 수 있다.

#### 4.2 음성 품질 개선 포인트 도출

시나리오 별로 망 구성요소별 음성 품질 개선 포인트를 도출해보면 다음과 같다.

**시나리오 1: HSDPA 무선 계층**에서는 UE가 셀 가장자리로 이동하면서 Node B와 UE 사이의 평균 잡음비가 0dB값에 가까워질수록 패킷 손실률이 증가하여 MOS가 급격히 감소하는 것을 살펴 볼 수 있다. 이러한 분석 결과로 볼 때, HSDPA 무선 계층에서 패킷 손실률을 감소시키는 것이 음성통화품질 개선 포인트임을 살펴 볼 수 있다.

**시나리오 2: QoS 파라미터 mapping**을 수행했을 경우에는 대기행렬 지연은 거의 발생하지 않았지만 QoS 파라미터 mapping을 수행하지 않았을 경우에는 GGSN에서 인터넷 프로토콜 백본망으로 전송되는 트래픽량이 증가함에 따라 대기행렬 지연이 급격히 증가하여 MOS가 급격히 감소하는 것을 살펴 볼 수 있다. 이러한 분석 결과로 볼 때, GGSN에서 인터넷 프로토콜 백본망으로 전송되는 트래픽량의 증가에 따른 대기행렬 지연을 감소시키는 것이 음성 통화품질 개선 포인트임을 알 수 있다.

**시나리오 3 : QoS AP**를 사용했을 경우에는 트래픽량의 증가와 관계없이 MAC 계층에서 패킷 전송 지연이 5ms이하로 작게 나타났지만 non-QoS AP를 사용했을 경우에는 트래픽량의 증가에 따라 MAC 계층에서의 패킷 전송 지연이 증가하여 MOS에 큰 영향을



미치는 것을 볼 수 있었다. 이러한 분석 결과로 살펴 볼 때, 무선 랜에서 non-QoS AP를 사용할 경우에 트래픽량 증가에 따라 같이 증가하는 패킷 전송 지연을 감소시키는 것이 음성 통화품질 개선 포인트임을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 융합 망에서 사용자들이 VoIP를 사용하여 음성 통화 서비스를 제공받을 때 발생할 수 있는 망 구성요소 별 음성 통화 품질저하시나리오를 제시하고, 통신 중단 간 성능분석을 통하여 각각의 음성 품질 개선 포인트를 도출했다. 도출한 음성 품질 개선 포인트는 다음과 같다.

1) HSDPA 무선 단에서 패킷 손실에 의한 MOS 감소

2) GGSN에서 인터넷 프로토콜 망으로 전송되는 트래픽량의 증가에 따라 발생하는 대기행렬 지연에 의한 MOS 감소

3) 무선 랜에서 non-QoS AP(DCF)를 사용할 경우에 트래픽량 증가에 따라 발생하는 전송 지연에 의한 MOS 감소

그러므로, 융합 망에서 음성 품질 개선을 위해서는 HSDPA 망에서 패킷 손실을 감소시키기 위한 재전송(HARQ) 기술, GGSN과 같은 이중망간의 게이트웨이에서 QoS 파라미터 mapping 기법, EDCA를 지원하지 않는 무선 랜에서 트래픽을 제어하는 승인제어 기술 등이 추가적으로 연구되어야 될 것이다.

## 참 고 문 헌

[1] 김영탁, "ALL-IP FMC (Fixed-Mobile Convergence)의 서비스 품질관리 기술," 전자공학회지, Vol.33, No.12, Dec., 2006, pp. 69-81.

[2] F. G. Harrison and S. R. Hearnden, "The Challenge to Realize Convergence of Fixed and Mobile Communications," *Electronic & Communication Engineering Journal*, June 1999, pp. 164-168.

[3] D. H. Yang et al., "Fixed and Mobile Service Convergence and Reconfiguration of Telecommunications Value Chains," *IEEE Wireless Commun.*, Vol.11, No.5, Oct. 2004, pp.42-47.

[4] G. Shen, R. S. Tucker, and T. Chae, "Fixed Mobile Convergence(FMC) Architectures for

Broadband Access: Integration of EPON and WiMAX," *IEEE Commun. Mag.*, Aug. 2007, pp.44-50.

[5] Fixed-Mobile Convergence Alliance, <http://www.thefmca.com/convergence-worldpublication>.

[6] UMA Today: <http://www.umatoday.com/>

[7] IEEE, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE Standard 802.11, June, 1999.

[8] IEEE "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements," IEEE Standard 802.11e, Nov., 2005.

[9] 3GPP TS 25.308 v8.3.0, "High Speed Downlink Packet Access (HSDPA), Overall description," 2008.

[10] S. M. Choo et al., "Study on Cross-Layer Retransmission Scheme in Wireless Communication System," *Master Chogree Thesis, Ajou Univ., Korea*, Aug., 2008.

[11] 3GPP TR 25.848 v4.0.0, "Physical layer aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access," 2001.

[12] UMTS 30.03 v3.2.0, "Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS," 1998.

[13] ITU-T Y.1541, "Network performance objectives for IP-based services," 2006.

[14] ITU-T G.107, "The E-model, a computational model for use in transmission planning", 2000.

[15] L. Carvalho, E. Mota, R. Aguiar, A.F. Lima, J.N. de Souza, A. Barreto, "E-Model Implementation for Speech Quality Evaluation in VoIP Systems" *IEEE Infocom*, New York, NY, June 2002.

[16] ITU-T G.729, "Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP)," 2007.

[17] OPNET Technologies, "Modeler Documentation," OPNET Documentation, 2008.

[18] K. Chan et al., "Differentiated Services Quality of Service Policy Information Base (RFC

3317),” IETF RFC 3317, Mar. 2003.

[19] F. Cail et al., “IEEE 802.11 wireless LAN: capacity analysis and protocol enhancement,” in *Proc. INFORCOM’98*, Mar., 1998.

이 규 환 (Kyu-Hwan Lee)

정회원



2007년 아주대학교 전자공학부  
2007년~현재 아주대학교 전자  
공학과 석/박사 통합과정  
<관심분야> WLAN, 무선망  
QoS, WPAN 보안 인증,  
Ad-hoc, Mesh network 등

김 재 현 (Jae-Hyun Kim)

중신회원



1987년~1996년 한양대학교 전  
산과 학사 및 석/박사  
1997년~1998년 미국UCLA 전  
기전자과 박사 후 연수  
1998년~2003년 Bell Labs, Per-  
formance Modeling and QoS  
Management Group, 연구원  
2003년~현재 아주대학교 전자공학부 부교수.

<관심분야> 무선인터넷 QoS, MAC 프로토콜,  
IEEE 802.11/15/16/20, 3GPP, 국방 기술네트워  
크 등

오 성 민 (Sung-Min Oh)

정회원



2004년 아주대학교 전자공학부  
2006년 아주대학교 전자공학과  
석사졸업  
2006년~현재 아주대학교 전자공  
학과 박사과정  
<관심분야> QoS 성능분석, 4G  
네트워크