

---

# 이동단말의 로밍에 따른 VoIP 서비스 품질 분석

최대우\*

## Evaluation of VoIP Service Quality under the Roaming of Mobile Terminals

Dae-Woo Choi\*

### 요 약

본 연구에서는 음성 및 데이터 단말의 로밍이 VoIP 호의 품질에 미치는 영향을 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석하였다. MIPv4와 MIPv6에 상관없이 최대 용량의 VoIP 호가 진행중인 상태에서 한 단말의 로밍이 시작되면 무선구간 다운링크에서 재전송이 증가하게 되어 모든 VoIP 호의 품질이 급격히 최저수준으로 저하되었다. 또한 로밍해서 진입하게 된 셀에서도 최대용량의 호가 진행중인 경우에는 모든 호의 품질이 급격히 저하되므로 로밍서비스를 하는 경우에는 일종의 호수락 제어의 필요성이 제기된다. 데이터 트래픽의 경우에 로밍해서 들어가는 쪽의 품질이 더 많이 저하되었다.

### ABSTRACT

In this paper we evaluated by simulation the effect of VoIP roaming and data traffic roaming on other VoIP calls. Regardless of MIPv4 or MIPv6, the quality of voice of all VoIP calls falls down quickly to the bottom level after the start of roaming by one voice terminal. That was caused by the excessive retransmission on downlink. Thus it seems that we need a kind of call admission control when we adopt the roaming service on VoIP calls. Data traffic degrades also the voice quality especially at the foreign agent side.

### 키워드

VoIP, MIPv4, MIPv6, Internet Phone, 인터넷 전화

## 1. 서 론

이동 전화를 통한 VoIP (mVoIP) 서비스는 ISP들에 의한 서비스의 제한 등 망의 중립성 문제가 제기되고 있음에도 불구하고 수요는 늘어나고 있다[1]. 또한 전세계적으로 볼 때 mVoIP 사용자는 2012년 1억 명 또는 2013년에 3억명에 달할것으로 예측되고 있고 국내에서는 이미 사용자 3500만명을 돌파한 카카오톡과 1200만명의 마이피플이 mVoIP 서비스를 제공

하는 대표적인 스마트폰 앱이다[2][3]. 한편 모바일 IP 전화의 다른 형태로서 MANET에서의 VoIP 성능에 관한 연구[4][5]와 모바일 VoIP 서비스의 품질 측정에 관한 연구[6][7]가 진행되고 있다. 소프트 핸드오버를 제공하지 않는 IP망의 특성상 3G망과 같은 수준의 끊어짐 없는 음성전화 서비스를 구현하기는 매우 어렵다고 할수 있으나 IPv6를 이용한 빠른 로밍방식의 연구가 진행되고 있다[8].

본 연구에서는 WiFi로 접속한 VoIP 단말과 테이

---

\* 동명대학교 전자공학과(wchoi58@gmail.com)

접수일자 : 2012. 06. 11

심사(수정)일자 : 2012. 07. 26

게재확정일자 : 2012. 08. 09

터 단말이 MIPv4 또는 MIPv6를 이용하여 로밍하게 될 때 다른 VoIP 호의 품질에 미치는 영향에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 Mobile IP 기술의 개요를 살펴보고 제3장에서 VoIP단말의 로밍과 데이터 단말의 로밍에 의한 기존 VoIP 호의 품질저하의 원인을 분석하고 제4장에서 개선방안의 제시와 함께 결론을 맺는다.

## II. Mobile IP 기술

IP 주소는 호스트의 고유 식별자가 아니고 호스트가 인터넷에 접속하는 위치를 의미한다. 위치가 달라졌다는 의미는 호스트가 속해있는 망식별자 (network id 또는 prefix)가 이동의 결과로 이전과 달라졌다는 것이다. 호스트가 이동하게 되면 새로운 IP 주소를 할당받아서 설정하여야 한다.

만일 호스트가 데이터 연결 중에 이동하여 IP주소가 바뀌게 되면 진행중이던 연결(data connection)이 단절되고 서비스는 중지된다. 이러한 문제점을 해결해서 연결이 끊어지지 않고 계속 서비스를 제공해 줄수 있는 기술이 Mobile IP 이다.

### 2.1 MIPv4

MIPv4 (Mobile IPv4) 기술은 홈주소(Home address)와 외탁주소(Care of Address, CoA)라고 하는 두가지의 주소와 IP 터널링 기법을 사용하게 된다. Mobile IP 기능을 처리하는 모듈을 에이전트라고 하면 이동호스트(Mobile Node, MN)가 처음 연결을 시작할 때 위치한 곳에 있는 것을 홈에이전트 (Home Agent, HA)라 하고 옮겨간 위치에 있는 것을 외지에이전트 (Foreign Agent, FA)라고 한다. 홈에이전트와 외지에이전트 기능은 무선라우터 또는 AP(Access Point)가 수행하게 된다. MN이 통신하는 상대측은 대응노드 (Corresponding Node, CN)라고 한다. 여기서는 HA의 전파가 도달되는 영역을 셀1이라고하고 FA의 전파가 도달되는 영역을 셀2라고 정의한다.

그림 1에 따라 MIPv4의 동작과정을 설명하면 다음과 같다.

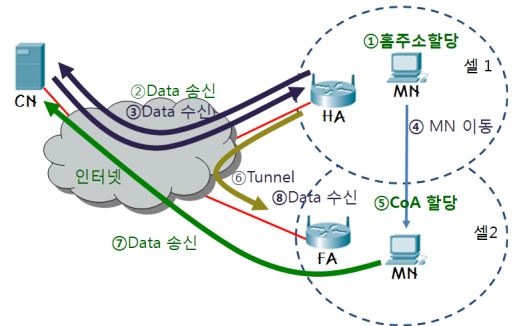


그림 1. MIPv4의 동작과정  
Fig. 1 Operations of MIPv4

- (1) MN이 셀1 지역의 HA로부터 홈주소를 받음
- (2)(3) MN이 CN과 연결설정을 하여 통신을 개시
- (4) MN이 셀2로 이동하여 FA와 접속(로밍 시작)
- (5) MN이 FA로부터 CoA를 할당받고 FA는 HA로 CoA와 홈주소를 통보
- (6) HA에서 FA로 IP 터널이 형성(로밍 완료)
- (7) 상향트래픽은 MN, FA를 거쳐 CN으로 전달
- (8) 하향트래픽은 CN, HA, IP 터널, 그리고 FA를 거쳐 MN에 전달

MIPv4의 경우 CN에서 MN으로 내려오는 트래픽은 HA를 거쳐 터널로 전달되는데 이것을 삼각라우팅 (Triangular Routing)이라하며 패킷전달시 추가 지연이 발생하는 것 외에 HA쪽에는 터널에 망자원을 배정해야하고 부하가 가중되는 단점이 있다.

### 2.2 MIPv6

MIPv6 (Mobile IPv6) 기술은 IPv6 망에서 사용되는 기술로 삼각라우팅의 문제점을 해결하기 위해 로밍후 MN이 CN에게 자신의 CoA를 알려서 하향 트래픽이 HA를 거치지 않고 현재 있는 위치로 바로 전달될수 있도록 한 것이며 이것을 경로 최적화 (Route Optimization) 기술이라 한다. 이 방식을 사용하기 위해서 CN을 포함한 이동단말들은 IPv6 기능외에 Mobile IPv6 모듈을 추가로 탑재해야 하고 MN은 이동시 HA와 CN에 모두 자신의 CoA를 등록해야 한다 [8].

### III. 단말의 이동성에 따른 VoIP 품질 영향분석

#### 3.1 시뮬레이션 환경

MN의 이동에 따른 VoIP 전화의 품질을 분석하기 위하여 그림 2와 같은 망을 구성하고 OPNET 모델러 14.5를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

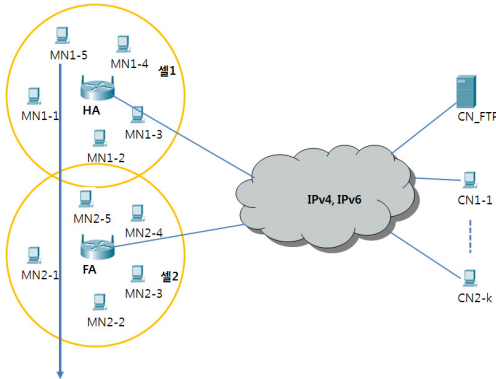


그림 2. 시뮬레이션 망 구성도  
Fig. 2 Structure of the simulation network

IEEE802.11b 표준의 WiFi 셀 두개를 각각 셀1과 셀2로 부르기로 한다. HA, FA, 그리고 CN과 인터넷이 연결되는 속도는 Fast Ethernet으로 설정하고 인터넷 내부는 44.736Mbps의 백본으로 설정 하였다. 각 셀에는 G.711 표준의 VoIP 이동전화를 배치하고 각 통화의 상대방은 인터넷을 지나서 연결된 유선 VoIP 단말기(CN1-1, ..., CN2-k)로 가정한다. MNi-j는 CNi-j에 대응된다.

이동단말과 HA/FA의 출력을 1mW로 하고 수신감도를 -95dBm으로 할 경우 전파도달거리가 약 500 미터로 시뮬레이터에서 측정되었으며 이에 따라 셀1과 셀2의 중심간 간격은 800 미터로 하였다.

Mobile IP의 경우는 3G 등의 이동통신과 달리 소프트웨어 핸드오버를 제공하지 않기 때문에 MN이 HA와 접속중에 이동하게 되면 HA와의 신호가 완전히 끊어진 후에 새로운 에이전트 FA를 찾아서 연결하게 되므로 L3 이상에서는 연결 끊김이 방지되더라도 L2에서의 끊김없는 서비스는 불가능하다. 따라서 로밍할때는 불가피하게 데이터 전송이 중지되는 시간이 발생되게 된다.

본 시뮬레이션에서는 VoIP 단말과 데이터 단말의 로밍이 다른 VoIP 호에 미치는 영향을 MIPv4와 MIPv6에 대하여 분석하였다.

#### 3.2 VoIP 통화 품질 요구사항

음성품질 지표인 MOS (Mean Opinion Score)는 ITU-T에서 표준화 한 것으로 전화 음성 만족도를 가장 낮은 1에서 가장 높은 5 사이의 값으로 표현하는데[9] TTA에서는 중간 품질로 3.6이상 그리고 수용가능한 품질로 2.5 이상을 요구하고 있다[10].

참고문헌 [11]에 따르면 G.711 코덱을 사용할 경우 음성품질 요구조건 (MOS > 2.5)을 만족하면서 최대 수용가능한 VoIP 호의 수는 5개 이다. 수용가능한 VoIP 호의 수는 음성 코딩방식에 따라 다르며 G.729a VAD의 경우 27개 까지 수용가능하나 본 연구에서는 G.711 코덱을 사용하여 분석하였다.

#### 3.3 VoIP 단말의 로밍에 따른 통화 품질 영향

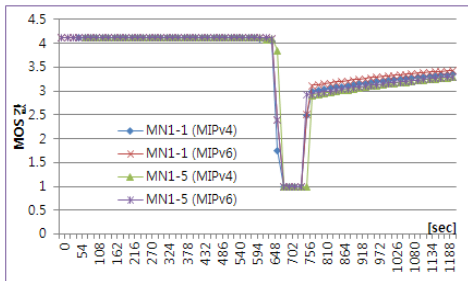
셀1과 셀2에 4개씩의 VoIP 호가 진행되고 있는 상태에서 셀1에서 다섯번째 VoIP 단말(MN1-5)을 HA-FA를 잇는 직선과 평행하게 셀2를 향해 4Km/h의 속도로 2Km를 이동시켰다. 이는 약간 빠르게 보행하는 속도이고 셀2의 전파도달 거리를 벗어나게 되는 거리이다. MN1-5는 HA부터 신호가 수신되지 않게 되면 새로운 에이전트 (FA)를 찾게 되고 로밍절차를 시작한다. MOS가 최하 값인 1이 유지되는 시구간을 로밍구간이라 할 때 MIPv4의 경우 MN1-5로 측정 한 로밍구간은 출발 11분0초부터 12분 41초까지 1분 41초였으며 MIPv6인 경우 경로 최적화 기술을 적용하였으나 로밍구간은 1분 30초로 비슷하였다.

그림 3은 셀1과 셀2에 있는 VoIP 단말의 통화품질의 변화이다. 그림 3(a)에서 보는 바와 같이 MN1-5의 로밍구간 동안 셀1내 MN1-1의 음성품질이 MOS = 1 까지 급격히 저하되었다가 로밍 완료후 서서히 회복된다. 이 현상은 셀1내의 다른 모든 VoIP호에서 동일하게 나타났다. 그 이유는 로밍하는 동안 셀1내에는 MN1-5로 음성 트래픽이 전달되지 않기 때문에 무선 구간에서 재전송이 반복되고 하향링크의 버퍼 오버플로우가 발생되기 때문으로 분석되었다.

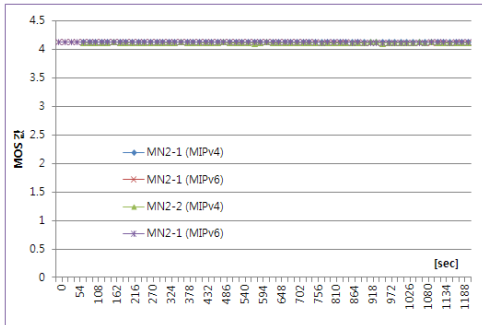
로밍이 완료되면 MIPv4를 사용하는 경우 MN1-5로 가는 트래픽이 터널을 통하여 셀2로 전달되므로

무선구간의 재전송이 더 이상 발생하지 않게 되고 이때부터 셀내 전체 호의 품질이 회복된다. MIPv6를 사용하는 경우에는 경로 최적화에 의해 MN1-5로 가는 트래픽이 셀1으로 더 이상 오지 않게 되어 전체호의 품질이 회복된다.

셀2에는 4개의 단말이 통화중인 상태에서 MN1-5가 로밍해서 들어와도 최대용량을 넘지 않기 때문에 그림 3(b)에 나타난 바와 같이 기존의 통화에 영향이 없음을 알 수 있다.



(a) MN1-1(셀1) 및 MN1-5 (셀1-셀2)



(b) MN2-1 및 MN2-2 (셀2)

그림 3. VoIP호의 로밍에 따른 음성 품질의 변화(로밍후 최대용량 이내)

Fig. 3 Quality of voice call with VoIP roaming (within max. capacity after roaming)

그림 4는 MIPv6 환경에서 셀2에 이미 5개의 VoIP 호가 진행중인 상태에서 로밍으로 인하여 최대 VoIP 갯수를 초과하는 경우이다. 셀1에 있는 VoIP호(MN1-1)는 MN1-5의 로밍후 품질이 정상을 회복한 반면 MN1-5가 들어간 셀2의 MN2-1와 MN1-5는 MOS가 급격히 떨어지며 최대용량 초과로 인하여 통화품질이 회복하지 못하는 것을 알 수 있다. 이러한 현

상은 MIPv4에서도 마찬가지이다.

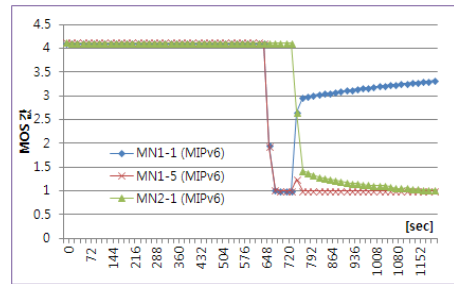
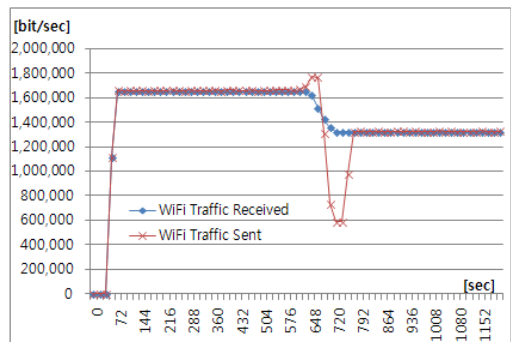


그림 4. VoIP호의 로밍에 따른 음성 품질의 변화(로밍후 최대용량초과, MIPv6)

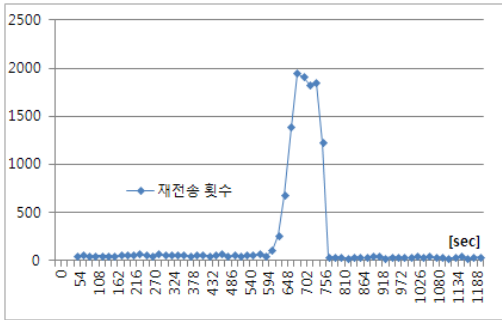
Fig. 4 Quality of voice call with VoIP roaming (exceeds max. capacity after roaming, MIPv6)

MIPv6의 경로최적화 기법의 적용에도 불구하고 MIPv4에 비해 실시간 트래픽의 품질은 좋아지지 않음을 알 수 있다. 경로최적화 기법에 의해 망자원은 절약될 수 있으나 모바일 기기에 MIPv6 모듈을 탑재해야되는 부담이 추가된 반면 로밍시간이 개선되지 않기 때문이다.

G.711 코덱을 사용하면 64Kbps로 일정한 속도의 음성 데이터가 발생한다. 그림 5는 셀1의 MAC 계층에서 성공적으로 송수신된 데이터 속도를 나타낸다. VoIP 호가 5개 진행되는 경우 그림5 (a)와 같이 오버헤드를 포함하여 송수신 각각 1.6Mbps 이상의 대역을 사용하고 있으며 MN1-5가 로밍하는 동안 다운링크의 전송량이 급격하게 감소하는데 그 이유는 셀1에서 MN1-5로 전파가 도달되지 않음으로 인해 그림5(b)에 보인 바와 같이 급격하게 증가된 재전송 때문이다. 이로 인하여 전체 VoIP호의 품질이 떨어지게 된다.



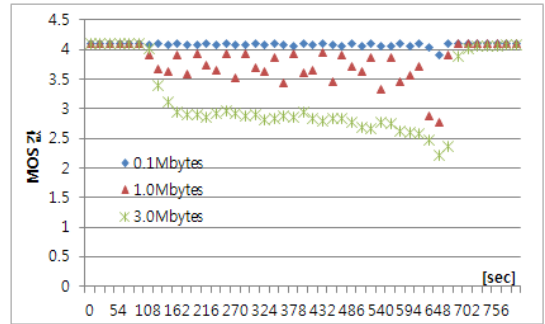
(a) WiFi 트래픽 전송속도



(b) 재전송 횟수

그림 5. 로밍에 따른 WiFi 대역 사용의 변화와 재전송 횟수(셀1, MIPv4)

Fig. 5 Usage of WiFi bandwidth and retransmission counts(Cell 1, MIPv4)



(b) IPv6 사용시

그림 6. 데이터 트래픽에 의한 음성 품질감소 (홈에이전트 쪽, 셀1)

Fig. 6 Degradation of voice quality caused by data traffic (Home agent, Cell 1)

3.4 데이터 트래픽의 로밍에 따른 통화품질 영향

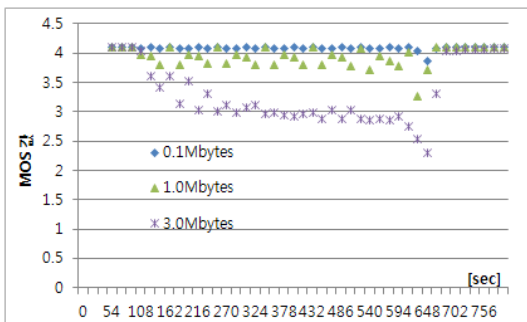
최대 수용가능한 수인 5개의 VoIP 호가 있는 상태에서 데이터 트래픽을 가하여 이에 따른 통화 품질의 변화를 분석하기 위하여 셀1내 MN1\_5가 원격지 FTP 서버로 연결되는 환경을 구축하였다.

다운링크 측 트래픽이 음성품질에 영향을 미치게 되므로[11] MN1\_5가 업로드 없이 30초마다 0.1Mbyte, 1Mbyte 또는 3Mbyte씩 다운로드 받으면서 4Km/h의 속도로 셀2로 로밍하도록 하였다.

그림 6에서 보는 바와 같이 홈 에이전트 쪽인 셀1에 데이터 트래픽이 가해 질 때 트래픽 량이 증가함에 따라 통화품질이 MIPv4, MIPv6의 경우 모두 3.0 이하로 저하되었다.

데이터 단말이 로밍해서 셀2로 이동할 경우 로밍하는 동안 전송되지 못한 트래픽이 축적되어 있으므로 셀2에서는 로밍초기에 정상 보다 많은 트래픽이 전송되게 되어 음성품질은 셀1보다 나쁘게 된다.

표 1은 데이터 단말의 로밍에 따라 셀1과 셀2에서 측정한 VoIP호의 MOS값 변동이다. 셀1보다 셀2에서의 품질저하가 더 심한 것을 알수 있으며 IPv6를 사용하는 경우가 IPv4를 사용할 때 보다 음성품질이 더 떨어짐을 알수 있다. 표 1의 값들은 데이터 트래픽이 가해지는 초기와 로밍 전후의 과도기적인 상황을 제외하기 위해 셀1인 경우 시뮬레이션 시각 306~486초, 셀2인 경우 954~1134초에 측정된 MOS값의 산술평균이다.



(a) IPv4 사용시

표 1. 데이터 트래픽 양에 따른 MOS값 변동  
Table 1. MOS values with various volume of data traffic

구분		30초마다 다운받는 파일크기[Mbytes]				
		0.1	0.5	1.0	3.0	5.0
셀1	IPv4	4.10	4.03	3.93	2.99	2.90
	IPv6	4.10	3.95	3.73	2.86	2.82
셀2	IPv4	4.11	4.02	3.92	2.77	2.73
	IPv6	4.00	3.12	2.31	2.22	2.23

#### IV. 결 론

본 논문에서는 MIPv4와 MIPv6를 적용하는 경우에 있어서 VoIP 호의 로밍과 데이터 연결중의 로밍이 음성 품질에 미치는 영향을 분석하였다.

VoIP 단말이 통화중에 로밍을 시도할 경우 홈에이전트와 외지에이전트 사이에 터널이 형성되거나(MIPv4) 경로최적화에 의해 대응노드까지 연결이 형성되어(MIPv6) 데이터를 전달받기까지는 트래픽이 단절된다. 이 때문에 음성품질이 최하로 떨어지는데 같은 셀 내에서 통화중이던 모든 VoIP호도 똑같은 통화품질 저하를 겪게된다. 그 이유는 홈에이전트쪽 무선 링크에서는 이미 전파가 도달하지 않아서 로밍하는 단말기로 가는 트래픽이 전송되지 못하고 과도한 재전송이 일어나게 됨으로써 전체적으로 오버플로우가 발생되기 때문으로 분석되었다. 외지 에이전트쪽에서는 로밍에 의해 최대수용 통화수를 넘지 않는다면 기존통화의 품질에 미치는 영향은 없다.

VoIP 호가 진행중인 상태에서 FTP 등 데이터 트래픽이 전송되면 재전송이 늘어나게 되어 모든 호의 품질이 떨어진다. 데이터 단말이 로밍하는 경우 외지 에이전트 쪽의 통화품질 저하가 홈에이전트 쪽보다 심한데 로밍하는 동안 전송되지 못하고 누적된 트래픽이 원인이다. MIPv6의 경우가 MIPv4보다 음성 품질저하 정도가 더 큰 것으로 분석되었다.

스마트 폰 등 모바일 기기의 사용이 늘어나면서 로밍에 대한 요구도 점차 늘어날 것이다. 로밍 허용시에는 무선구간 대역 사용율이 높을 경우 하나의 로밍으로 전체 VoIP호의 품질이 급격히 저하될수 있으므로 호수락제어 등의 추가 절차가 필요할 것이다. 무선라우터에서 다운링크 트래픽의 스케줄링시 로밍이 예상되는 호의 패킷을 별도 처리함으로써 재전송횟수를 줄이고 전체적인 음성품질 저하를 막는 것은 후후의 연구과제이다.

#### 참고 문헌

[1] 이종기, "스마트폰과 mVoIP", 인터넷 정보학회지, 12권, 2호, pp. 34-39, 6, 2011.  
 [2] 정혜승, "모바일 스마트 워크의 혁신과 법.제도 현황", 한국 인터넷 정보학회지, 12권, 3호, pp.

29-32, 9, 2011.

[3] [http://biz.chosun.com/site/data/html\\_dir/2012/06/04/2012060401382.html](http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2012/06/04/2012060401382.html)  
 [4] 김영동, "다중침해가 있는 MANET에서 VoIP 트래픽의 전송성능", 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 257-262, 4, 2012.  
 [5] Young-Dong Kim, "Transmission Performance of MANETs based on Mobility of Attacking Nodes", Proceedings of KIECES 2011, Vol. 5, No.1, June 2011.  
 [6] 김범준, "소프트웨어 기반 모바일 VoIP 서비스 품질 측정", 한국전자통신학회논문지, 6권, 1호, pp. 55-60, 2011.  
 [7] 김동연, 김범준, "와이브로를 통한 모바일 VoIP 서비스의 측정기반 품질평가 방안", 한국전자통신학회논문지, 5권, 5호, pp. 528-533, 2010.  
 [8] 이수원, 장희진, 이병준, "Mobile IP 기반의 이종망간 핸드오버", 한국통신학회지(정보와통신), 24권, 4호, pp. 116-125, 4, 2007.  
 [9] ITU-T, "The E-Model, A Computational Model for Use in Transmission Planning, ITU-T Recommendation", G.107, Dec. 1998.  
 [10] TTAK.KO-01.0148, "모바일 인터넷전화 통화품질 기준", 한국정보통신기술협회, 12. 22, 2009.  
 [11] 최대우, "IEEE802.11b WiFi 환경에서 음성코딩 방식에 따른 VoIP 용량분석", 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 243-248, 2012.

#### 저자 소개



#### 최대우(Dae-Woo Choi)

1981년 경북대학교 전자공학과 공학사

1983년 경북대학교 전자공학과 공학석사

1997년 KAIST전기및전자공학과. 공학박사

1983.3~1999.2 ETRI 교환전송기술연구소 선임연구원

1999.3.~현재 동명대학교 전자공학과, 부교수

※ 관심분야 : TCP/IP, 통신프로토콜, 통신망