

# 스마트폰 기반의 u-NMS 성능 분석

준회원 김 채 환\*, 손 우 진\*, 종신회원 이 경 근\*

## Performance Analysis of Smartphone based u-NMS

Chaehwan Kim\*, Woojin Sohn\* Associate Members, Kyung-Geun Lee\* Lifelong Member

### 요 약

ubiquitous network management system (u-NMS)는 최근 다양하게 활용되고 있는 스마트폰을 사용한 네트워크 관리 시스템이다. u-NMS의 목표는 NMS에서 스마트폰의 이동성을 활용하여 네트워크 관리자의 편의성을 부여하고, 효율적으로 NMS 관리를 하는 것이다. 본 논문은 무선 네트워크를 기반으로 모니터링 웹 서버와 원격제어가 가능한 스마트 NMS 에이전트와 무선 환경에서 발생하는 핸드오버 시 지연시간, 패킷 손실 등의 문제점을 해결하기 위한 이동성 관리 서버를 제안한다. u-NMS에서 네트워크 관리자는 스마트 NMS 에이전트를 통해서 네트워크의 트래픽 상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있으며, 긴급한 장애가 발생하였을 때 원격제어를 통해 효율적으로 네트워크를 관리 할 수 있다. 본 논문에서 성능평가는 구현된 테스트 베드를 이용하여 진행하며, 스마트 NMS 에이전트를 이용하여 이동성 관리 서버의 성능을 측정한다. 이동성 관리 서버는 이동성 관리 프로토콜(MIPv6)와 비교하여 초기접속에서 평균 지연시간을 65% 줄였으며, 네트워크 관리 센터까지의 processing delay를 줄인 것으로 나타났다.

**Key Words** : u-NMS, Mobility Management Server, Smart NMS agent, Handover, Processing delay

### ABSTRACT

ubiquitous network management system (u-NMS) is the network management system based on smartphone which are recently of wide use. The purpose of the u-NMS is to provide convenience for network administrator utilizing the mobility of smartphone and to manage the network efficiently. This paper proposes the smart NMS agent and the mobility management server (MMS). The smart NMS agent enables to use the monitoring web server and remote control application on the smartphone in wireless network. The MMS is developed to reduce the problems such as handover latency and packet loss, which can be taken place in wireless network. The network manager can monitor traffic in real time through the smart NMS agent and remotely control the network efficiently when sudden failures happen in the u-NMS. In this paper, performance evaluation is carried out with our test-bed system implemented. We focus on the measurement of the MMS performance. When the MMS is compared to previous mobility management protocol, our mobility management server reduces the average latency up to 65% in initial access, handover latency and processing delay to the network management center.

※ 본 연구는 2010년도 한국연구재단(20100212) 지원을 받아 수행된 일반연구사업임 (2010-0013534).

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력 과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2010-C6150-1001-0013).

\* 세종대학교 정보통신공학과(astro0821@url.sejong.ac.kr)

논문번호: KICS2011-02-127, 접수일자: 2011년 2월 25일, 최종논문접수일자: 2011년 6월 8일

## I. 서 론

최근 스마트폰의 보급으로 무선 네트워크가 급격하게 확충되고 있으며, 사용 빈도 또한 증가하고 있는 추세이다. 이로 인하여 과도한 무선 트래픽이 발생하고 있으며, 유·무선 통합 네트워크에서 과부하는 심각한 문제가 되고 있다. 이에 따라 네트워크의 혼잡을 사전에 차단하고, 효율적으로 네트워크를 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템 (Network Management System : NMS) 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다. 네트워크 관리 시스템은 네트워크의 효율성과 생산성을 최대화하기 위해 복잡한 네트워크를 제어하는 시스템이며, 네트워크 관리 센터, 관리 대상인 네트워크 장비, 네트워크 관리 프로토콜, 관리정보베이스(MIB) 등으로 이루어진다. 네트워크 관리 시스템의 구조를 살펴보면, 네트워크 관리 센터는 SNMP (Simple Network Management Protocol)와 CMIP (Common Management Information Protocol)을 활용하여 네트워크 관리 에이전트로부터 관리정보베이스(MIB)를 수집하고 분석한다. 이를 통해 네트워크 관리자는 실시간으로 네트워크의 혼잡 정도를 판단하고, 네트워크를 제어 할 수 있다.

기존 NMS 연구는 네트워크 관리 센터를 중심으로 네트워크 관리 프로토콜과 MIB의 분석 방식에 대해서 이루어 졌다. 그러나 최근 몇 년 사이 NMS 연구는 IETF에서 MIPv6, HMIPv6, PMIPv6과 같은이동성 지원 프로토콜이 표준화됨에 따라서 무선 인프라를 활용한 네트워크 관리와 긴급 장애에 대처하는 방안 에 초점을 맞추고 있다<sup>1-3)</sup>. 대표적인 예로 현재 상용화된 HP의 Openview는 네트워크 관리자가 PDA와 같은 이동성 노드를 사용하여 외부에서 네트워크 관리 센터를 제어 한다. 이러한 시스템은 네트워크 관리자에게 이동성을 부여 하였으며, 네트워크 관리의 효율성을 극대화 시켰다. 그러나 Openview는 무선 네트워크에서 발생하는 핸드오버 시 지연시간, 패킷 손실 등의 문제점 때문에 네트워크 관리에 심각한 장애요소가 되고 있다. 또한 Openview에서 사용한 PDA는 스마트폰에 비하여 그 사용성이 낮고, 어플리케이션 개발이 복잡하기 때문에 네트워크를 관리하기에 어려움이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문은 스마트폰의 어플리케이션을 이용하여 실시간으로 네트워크 트래픽을 관리하고 네트워크 관리 센터를 원격 제어 하기 위한 스마트 NMS 에이전트와 무선 통신망에서 스마트 NMS 에이전트의 이동성을 관리하기 위한 이

동성 관리 서버(MMS)를 포함하는 ubiquitous network management system(u-NMS)를 제안한다. 제안한 u-NMS는 다음 세 가지 의문점을 고려하여 각 절에서 해결 방안을 서술한다.

- 1) 무선 통신망에서 스마트폰을 기반으로 하여 네트워크 관리 시 발생하는 문제점을 어떻게 해결해야 하는가?
- 2) 긴급 장애에 대처하기 위해서 스마트 NMS 에이전트는 어떠한 기능을 수행해야 하는가?
- 3) 스마트 NMS 에이전트의 이동성 지원을 지원하기 위해서 이동성 관리 서버는 어떠한 기능을 수행해야 하는가?

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절은 관련 연구를 소개하고, 3절에서는 u-NMS의 전반적인 시스템의 구성과 기능을 살펴본다. 4절에서는 스마트 NMS 에이전트의 기능적 측면에 대해서 설명하고, 5절에서는 이동성 관리 서버에 수행 절차에 대해 서술한다. 6절에서는 테스트 베드를 통해서 측정된 결과를 분석하고 7절에서는 결론을 서술한다.

## II. 무선 통신망에서 NMS 연구

오늘날 무선 통신망을 활용한 네트워크 관리 방식은 다양한 형태로 나타나고 있으며, 모바일 웹 기반 관리 시스템과 원격제어 관리 시스템 등으로 분류 할 수 있다<sup>4,5)</sup>. 원격제어 관리 시스템에서 네트워크 관리자는 Telnet, SSH, FTP 등의 다양한 프로토콜을 사용하여 네트워크 관리 센터에 접속하고 네트워크의 장비, 성능, 장애, 트래픽 등을 관리한다. 모바일 웹 관리 시스템에서 네트워크 관리자는 이동성 노드(Mobile Node)의 접근성을 높이기 위해 EJB (Enterprise JavaBeans), J2EE 등을 기반으로 한 웹서버 페이지로서 NMS를 구축하며, 어떠한 특정 프로토콜에 대해 제한 없이 네트워크의 트래픽을 모니터링 하고, 네트워크를 관리한다.

그러나 기존의 무선 통신망을 활용한 네트워크 관리 방식은 모바일 노드의 이동성을 지원해주는 제어 서버가 없기 때문에 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 네트워크 관리자가 핸드오버를 수행하면 기존의 TCP/IP 연결은 새롭게 구성되고 이로 인하여 모니터링 웹 서버나 네트워크 관리 센터와의 접속은 끊어진다. 이것은 핸드 오버 완료 후, 새롭게 서버로 접속을 시도해야 한다는 것을 의미하며, 핸드오버로 인

한 지연시간 외에 네트워크 관리 센터로의 인증절차로 인해 추가적인 지연시간이 소요된다. 둘째, 핸드오버 시 이러한 지연시간은 심각한 패킷 손실을 초래하며, 네트워크 관리자가 긴급한 장애를 처리 할 경우의 패킷 손실이라면, 네트워크 전체가 마비 될 수 있다. 셋째, 무선 네트워크에서 초기 접속 시간은 복잡한 수평 절차, 링크의 대역폭, 이동노드의 수에 따른 채널 간섭 등 다양한 요소들에 의하여 많은 시간이 소요된다.

본 논문에서 제안한 u-NMS는 이동성 관리 서버를 개발하여 무선 통신망에서의 단점을 보완한다. 또한 u-NMS는 스마트 NMS 에이전트 즉, 스마트폰을 사용하기 때문에 네트워크 관리 대상(캠퍼스 네트워크, 사내 네트워크, 공장 네트워크 등)에 따라 특화된 스마트 NMS 에이전트를 어플리케이션으로 구현할 수 있다. 스마트폰은 이동 중 네트워크 관리 센터를 통제할 수 있으며, 장애 발생의 근원지로 이동성이 자유롭기 때문에 긴급한 장애가 발생하였을 때 빠른 대처가 가능하다.

### III. 유비쿼터스 네트워크 관리 시스템(u-NMS) 구조

본 논문에서는 지속적인 표준화 작업과 개발이 진행되고 있는 IEEE 802.11 기반으로 테스트 베드를 구축한다. 일반적으로 IEEE 802.11에서는 하나의 AP가 서비스하고 있는 지역을 BSS(Basic Service Set)라고 하고, 동일한 ESSID를 사용하는 AP들의 집합을 ESS (Extended Service Set)라고 한다.

그림 1은 IEEE 802.11g를 기반으로 하는 WiFi망에서 u-NMS의 테스트 베드 구조를 보여준다. 스마트

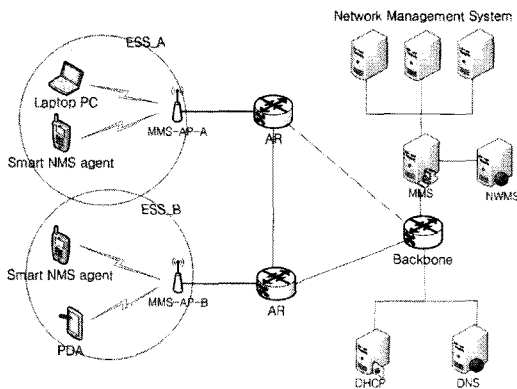


그림 1. 유비쿼터스 네트워크 관리 시스템의 테스트베드 구조  
Fig. 1. Testbed architecture of ubiquitous network management system.

NMS 에이전트가 동일한 ESS 지역 내에서 BSS 사이를 이동할 경우에는 제 3계층에서의 핸드오버가 필요하지 않다. 그러나 스마트 NMS 에이전트가 하나의 ESS 지역에서 다른 ESS 지역으로 이동할 경우에는 제 3계층 핸드오버가 필요하다.

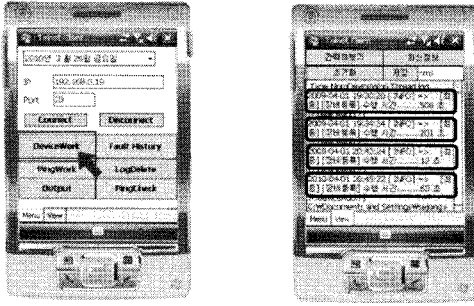
그림 1에서의 같이 u-NMS의 테스트 베드는 무선 랜 환경에서 스마트 NMS 에이전트, 이동성 관리 서버로 구성된다. 스마트 NMS 에이전트는 두 개의 ESS (MMS-AP-A, MMS-AP-B) 통신망에서 네트워크 트래픽 모니터링, 장애이력 검색, 장비등록 등의 기능을 수행한다. 그리고 이동성 관리 서버는 네트워크 관리 센터의 백본 라우터에 위치하여 MAC 인증 절차, MAC 포워딩, MIB 데이터 버퍼링 등의 기능을 수행한다.

### IV. 스마트 NMS 에이전트의 기능

스마트 NMS 에이전트는 스마트폰을 이용하여 네트워크 장비와 네트워크 트래픽 등을 모니터링하고, 관리한다. 본 논문에서 u-NMS는 캠퍼스 네트워크를 관리 대상으로 하며 캠퍼스 내 네트워크 관리 센터를 구축하고 건물별 네트워크 장비 현황 및 장애 이력을 기록한다.

스마트 NMS 에이전트는 기능적 구성에 따라 원격 제어 모듈과 네트워크 모니터링 모듈로 분류 할 수 있다. 원격 제어 모듈은 윈도우 운영 체제와 호환성을 높이기 위하여 윈도우 모바일 OS를 기반으로 개발되었으며, 장애 발생 시 네트워크 관리 센터를 원격 제어 함으로써 대처가 가능하다. 또한 네트워크 관리자는 원격 제어 모듈을 이용하여 장애 이력 관리, 장비 등록 등의 기능을 수행 할 수 있다. 그림 2는 캠퍼스 네트워크 내 건물별 네트워크 장비를 등록하는 과정을 보여준다. 그림 2-A는 관리자 계정을 이용하여 접속할 때 볼 수 있는 메인 화면이며, 장비등록, 장애이력, 수행 log 삭제 등의 관리 메뉴로 구성된다. 장비등록(DeviceWork) 메뉴를 실행하면 그림 2-B에서 장비 등록 이력을 확인 할 수 있는데, 네트워크 장비가 추가 되었을 경우에는 장비 내역을 등록 할 수도 있다. 이러한 원격 제어 모듈의 기능을 활용한다면 네트워크 관리자는 손쉽게 네트워크 관리 센터를 제어 할 수 있다.

네트워크 모니터링 모듈은 데이터 트래픽, 네트워크 장비의 성능, 네트워크 ping 관리 등을 이동 중에도 모니터링 한다. 네트워크 모니터링 모듈의 대표적인 기능은 ICMP를 활용한 네트워크 장비 모니터링,



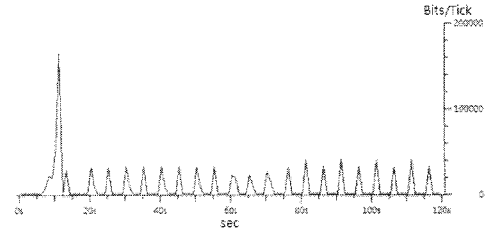
(A) 원격 제어 모듈의 메인 화면 (B) 원격 제어 모듈에서 장비등록 기능을 수행하였을 때

그림 2. 스마트 NMS 에이전트를 이용한 네트워크 장비 등록 과정  
 Fig. 2. Registration process of network devices using the smart NMS agent.

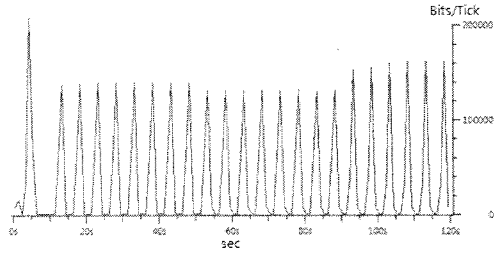
성능 모니터링, 트래픽 모니터링 등으로 구분할 수 있다. 스마트 NMS 에이전트는 네트워크 관리 센터로부터 분석된 MIB 데이터를 실시간으로 전송 받는다. 이를 기반으로 스마트 NMS 에이전트는 언제 어디서든 장애 관련 상황을 파악할 수 있고 대처가 가능해진다. 스마트폰을 활용한 스마트 NMS 에이전트는 3G 망과 WiFi망의 구분이 필요 없이 언제 어디서나 장애 관리센터로의 접근이 가능하기 때문에 네트워크 장비에 대한 상태 데이터, 장애 데이터 그리고 통계 데이터 등을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.

그림 3은 무선 환경에서 Airpcap을 이용하여 u-NMS의 동작에 따른 NMS의 전송 데이터의 크기를 시간에 대해 분석한 것이다. 그림 3(a)와 3(b)는 시간에 따라 장비의 성능 및 장애를 모니터링하기 위해 필요한 데이터의 크기를 보여주며, 그림 3(c)은 장애 이력, 장비 관리, 이벤트 조회 기능을 수행 할 때 필요로 하는 데이터의 크기를 보여준다. 그림 3에서 각 기능별 데이터의 크기를 비교해 보면 스마트 NMS 에이전트가 장애 이력을 관리 하였을 시 최대 500Kbits/Tick로 가장 큰 데이터 전송률을 나타내고 있다. 이러한 결과를 고려하였을 때, 스마트 NMS 에이전트는 일반적인 3G망과 WiFi망 중 어느 한 곳에 문제가 발생하더라도 시스템을 관리하는 데는 큰 영향을 끼치지 않는다. 그러나 제안된 u-NMS는 90% 이상의 WiFi 망이 구축되어 있는 캠퍼스 네트워크 지역을 대상으로 하고 있고, 3G망 보다 평균 데이터 전송률(6Mbps-54Mbps)이 20배 가량 높은 IEEE 802.11g 기반의 WiFi망에서 수행한다.

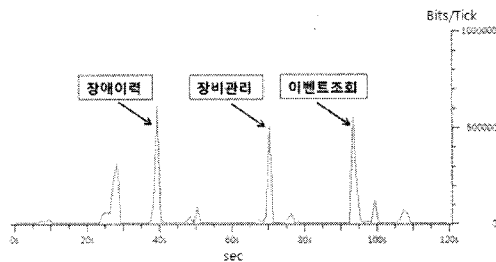
하지만 WiFi 무선망은 3G 무선통신망에 비하여 사용할 수 있는 이동성 노드의 수가 제한적이며 통신반



(a) Ping을 활용한 장애 관리에 따른 데이터의 크기



(b) 실시간 장비 성능 모니터링에 따른 데이터의 크기



(c) 메뉴를 클릭하였을 때 장애 이력, 장비 관리 그리고 이벤트 조회에 따른 데이터의 크기

그림 3. u-NMS의 기능에 따른 데이터의 크기  
 Fig. 3. Data size according to the function of u-NMS.

경 또한 더 작기 때문에 스마트 NMS 에이전트가 네트워크를 관리 시 WiFi 무선망의 통신 범위를 넘어서는 이동을 할 경우, 스마트 NMS 에이전트는 재접속에 필요한 일련의 과정을 WiFi 망이 바뀔 때마다 반복하게 된다. 이것은 불필요한 지연시간을 늘리는 결과를 가져오게 된다. 특히 그림 3의 (a),(b)와 같이 실시간 서비스를 요구하는 네트워크 관리 시스템에서의 이러한 핸드오버 지연시간은 패킷손실률의 증가를 야기하며 결국 안정적인 서비스를 지원하는데 장애가 된다. 이에 따라 우리는 이동성 관리를 위한 서버를 구축하였으며 다음 5절에서 이와 관련된 기능 및 수행 절차를 설명할 것이다.

### V. 이동성 관리 서버의 기능

스마트 NMS 에이전트는 무선 통신망에서 긴급한 장애에 대처하기 위해서 실시간 서비스(real time

service)를 끊임없이 제공받는 것이 중요하다. 실시간 서비스를 제공하기 위하여 IETF (Internet Engineering Task Force)는 이동성 관리 프로토콜로서 MIPv6, FMIPv6, PMIPv6을 제안하였다.

그러나 MIPv6, FMIPv6, PMIPv6은 IP 기반의 네트워크에서 이동 중 재설정 되는 제 3계층 IP 주소, 인접 주파수 검색 등의 과정 때문에 지연시간과 패킷 손실이 발생하고 이로 인하여 실시간 서비스 지원이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 스마트 NMS 에이전트를 대상으로 이동성을 지원하기 위하여 이동성 관리 서버를 제안한다. 그림 4는 무선 랜에서 스마트 NMS 에이전트의 이동성을 지원하기 위해 이동성 관리 서버에서 수행되는 신호 흐름도이다. 그림 4의 트리거링 ACK는 무선 랜에서 스마트 NMS 에이전트가 핸드오버 시 발생하는 제2계층 핸드오버 트리거링 ACK를 의미한다. 신호의 흐름도를 살펴보면, 이동성 관리 서버는 핸드오버를 기준으로 하여 무선통신지원 모듈과 핸드오버 제어 모듈로 구성된다.

무선통신지원 모듈은 스마트 NMS 에이전트가 처음 접속 하였을 때부터 핸드오버 전까지 스마트 NMS 에이전트의 이동성을 지원하며, MAC 인증절차, 접속 로그 캐싱, MAC 포워딩 기능을 수행한다. 그리고 핸드오버 지원 모듈은 스마트 NMS 에이전트가 핸드오버 시 이동성을 지원하며, MIB 데이터 버퍼링 기능을 포함한다.

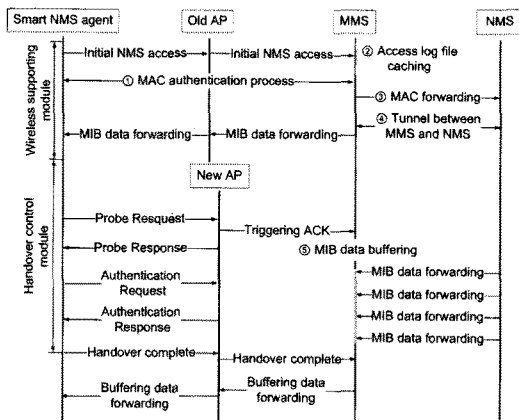


그림 4. 이동성 관리 서버의 신호 흐름도  
Fig. 4. Signal flow of the mobility management server.

### 5.1 무선통신지원 모듈

IEEE 802.11g 표준에서는 무선 통신망에서 제 2계층 프레임이 802.3 유선 통신망으로 변환되는 프로토콜 스택 과정을 정의하였다<sup>6)</sup>. 본 논문에서는 이러한

프로토콜 스택 과정을 기반으로 스마트 NMS 에이전트의 이동성을 지원하기 위하여 MAC 테이블을 정의한다. MAC 테이블은 스마트 NMS 에이전트의 MAC 주소, 내부 IP 주소(Internal IP address) 그리고 각각의 스마트 NMS 에이전트에 대한 우선순위로 구성되며, 이동성 관리 서버가 구축 될 때 작성된다. 여기서 내부 IP 주소는 MAC 테이블에 포함되어 있으며, 이동성 관리 서버로부터 부여 받는 사설 IP 주소이다. 스마트 NMS 에이전트는 내부 IP 주소를 할당 받아야만 네트워크 관리 센터와 통신을 할 수 있다. 실제 네트워크를 관리하는 관리자 즉, 스마트 NMS 에이전트는 극소수이기 때문에 이동성 관리 서버에서는 이러한 내부 IP 주소를 관리 할 수 있다.

이동성 관리 서버는 네트워크 관리 센터로 전송되는 모든 패킷을 대상으로 MAC 인증 절차를 수행한다. MAC 인증 절차는 MAC 주소가 저장된 MAC 테이블을 통해서 이루어지며, 등록되지 않은 이동 노드의 MAC 주소는 네트워크 관리 센터와 통신이 차단된다. MAC 인증 과정 후, 이동성 관리 서버는 접속로그 캐싱 과정을 수행한다. 접속로그 캐싱의 수행 절차는 이동성 관리 서버가 스마트 NMS 에이전트의 access log 파일을 할당된 캐쉬 메모리에 기록하는 것으로서 프락시 서버에서 접속로그를 캐싱하는 수행절차와 동일하다. 접속 로그 캐싱의 역할은 핸드오버를 수행한 후, 접근하는 스마트 NMS 에이전트를 대상으로 MMS가 직접 캐싱 파일을 포워딩함에 따라서 접속 시간을 줄인다.

그림 5는 이동성 관리 서버가 MAC 테이블을 사용하여 MAC 포워딩을 수행하는 절차를 보여준다. MAC 포워딩은 스마트 NMS 에이전트의 핸드오버를 대비하기 위해 스마트 NMS 에이전트가 초기 접속 시 이루어지는 터널링 과정을 의미한다. 본 논문에서 제 3계층 핸드오버는 MIPv6에서의 처리로 가정하며, 이동 감지, 주소 생성, 주소검증, 그리고 홈 에이전트와 상대 노드에게 차례로 새로운 주소에 대한 바인딩 정보를 갱신하는 과정으로 구성된다. 이러한 핸드오버 절차에서 홈 에이전트와 corresponding node (CN) 사이의 터널링 과정은 핸드오버 시 지연시간에서 상당 부분을 차지하며, 홈 에이전트와 CN 사이의 거리에 따라서 지연시간이 발생한다. 제안된 이동성 관리 서버의 특징은 스마트 NMS 에이전트를 대상으로 하여 이동성을 지원하고, 스마트 NMS 에이전트의 특징은 네트워크 관리를 하기 위하여 항상 네트워크 관리 센터로 접속한다. 본 논문은 이러한 특징을 기반으로 다음과 같은 MAC 포워딩을 정의한다.

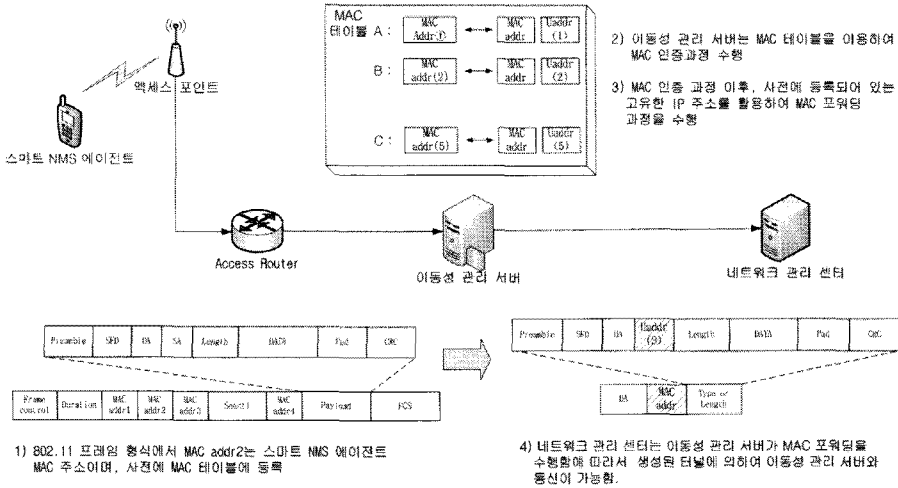


그림 5. MAC 테이블을 이용한 MAC 포워딩 수행 절차  
Fig. 5. Performance procedure of MAC forwarding using the MAC table.

첫째, 이동성 관리 서버는 제 3계층 IP 주소를 내부 IP 주소로 변환 한다. 핸드오버 완료 후, 발생하는 문제점 중에서는 제 3계층 IP 주소의 재설정으로 인하여 네트워크 관리 센터로의 접속이 끊어진다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 5에서 이동성 관리 서버는 초기 설정 시 MAC 주소를 변환 하는 것 과 동시에 제 3계층 IP 주소 또한 변환 시킨다. 이로써 이동성 관리 서버는 핸드 오버 동안 스마트 NMS 에이전트와 네트워크 관리 센터 사이 접속 로그가 끊이지 않게 한다. 그림 5에서와 같이 스마트 NMS 에이전트로부터 전송된 패킷은 MAC 테이블을 기반으로 일치하는 MAC 주소를 찾는다. 일치하는 MAC 주소가 발견되면, 이동성 관리 서버는 그에 상응하는 내부 IP 주소와 이동성 관리 서버의 MAC 주소로 제 2, 3 계층 헤더를 변환 한다. 변환된 헤더는 터널을 통해서 네트워크 관리 센터로 전송된다. 이와 같은 MAC 포워딩 과정은 네트워크 관리 센터가 이동성 관리 서버를 목적지로 인식하게 하고, 핸드오버 시 스마트 NMS 에이전트와의 접속이 끊이지 않게 유지 시켜준다.

둘째, 터널링 과정은 스마트 NMS 에이전트가 네트워크 관리 센터로 초기 접속 시 이루어진다. 기존 터널링은 핸드오버 시 이루어 졌기 때문에 지연시간을 발생시키는 요소가 되었다. 그림 5에서와 같이 이동성 관리 서버는 스마트 NMS 에이전트가 초기 접속 시 전송되는 패킷에 대해서 목적지 주소를 이동성 관리 서버의 MAC 주소로 변환함으로써 터널링 과정을 수행한다. 이것은 스마트 NMS 에이전트의 목적지 주소는 항상 네트워크 관리 센터라는 가정으로부터 가능

하며, 이로 인하여 핸드오버 시 터널링 때문에 발생하는 지연시간은 없어진다.

셋째, 이동성 관리 서버는 백본에 위치함에 따라서 핸드오버 시 터널링 과정에서 소요되는 지연시간을 최대 60%까지 줄일 수 있다. 터널링 과정은 터널링이 수행되는 processing delay에 비례한다. 즉, 이동성 관리 서버가 백본에 위치하여 네트워크 관리 센터와 이동성 관리 서버간의 터널링 과정에서의 소요 시간을 최소화하고, 원활한 패킷 필터링을 수행 할 수 있다.

### 5.2 핸드오버 제어 모듈

본 논문은 WiFi 망에서 스마트폰을 이용하여 핸드오버 시 평균 패킷 손실률을 실험하였다. 실험은 재전송되는 패킷에 대해서는 고려하지 않았으며, 측정 결과에 따르면 평균 5%로의 패킷 손실률을 보였다. 네트워크 관리에서 5%의 패킷 손실률은 MIB 데이터의 손실 가능성을 높이며, 지연시간의 정도에 따라서 패킷 손실률이 높아진다. 특히, 장애 관리에서는 네트워크 관리 센터의 장애 이력을 조회하고, 장애 관리 DB(Data Base)를 분석해야 하기 때문에 데이터 전송의 신뢰성이 요구된다.

이에 따라서 본 절에서는 MIB 데이터 버퍼링을 제안하여 손실되는 패킷으로 인해 발생하는 장애요소를 해결한다. 본 논문에서 제 2 계층 핸드오버 과정에서 트리거링 ACK는 사전에 핸드오버를 AP에게 알리는 역할을 한다. 본 장에서는 이러한 ACK를 트리거링 이벤트로 정의하고 이를 기준으로 핸드오버 제어 모듈을 수행한다. 기존에 연구 되었던 패킷 버퍼링은 모

든 이동 노드를 대상으로 하였으며, 시간에 연속적으로 수행 되었다<sup>7)</sup>. 이러한 방법은 버퍼링이 수행되는 시스템의 CPU 처리 속도와 대비하여 그보다 많은 패킷이 전송 되었을 경우 오버헤드를 발생시킨다. 이것은 핸드오버 지연시간 보다 더 많은 processing delay 을 갖기 때문에 효율적인 버퍼링이라고 할 수 없다. 본 논문에서 제안하는 MIB 데이터 버퍼링의 특징은 핸드오버 시 트리거링 ACK에 의해서 동작을 시작하며, 스마트 NMS 에이전트를 대상으로 수행된다.

그림 6은 버퍼링의 구조를 보여준다. 그림 6과 같이 MIB 데이터 버퍼링은 계층화 모듈에 의해서 패킷의 버퍼링 우선순위를 결정한다. 우선순위는 네트워크 관리자의 권한 여부에 따라서 달라지며, 체계적인 네트워크 관리를 위해 MAC 테이블에 등록되어 있는 MAC 주소를 바탕으로 우선순위를 달리 한다. 또한 버퍼의 크기는 통상적으로 네트워크를 관리하는 관리자의 인원이 적기 때문에 세분화하지 않았으며, 세분화에 따른 계층화 모듈에서의 processing delay를 줄이기 위해서 이다. 계층화 작업 이후, 버퍼링이 수행되고 필요한 버퍼의 크기는 Appenzeller Rule-of-thumb을 응용하여 스마트 NMS 에이전트에 적합한 공식을 도출한다.

식 (1)은 Rule-of-thumb의 공식을 의미하며, 표 1에서는 버퍼의 크기를 구하기 위한 각 파라미터를 정의한다.

$$B_{size} = \frac{RTT \times C}{\sqrt{M}} \quad (1)$$

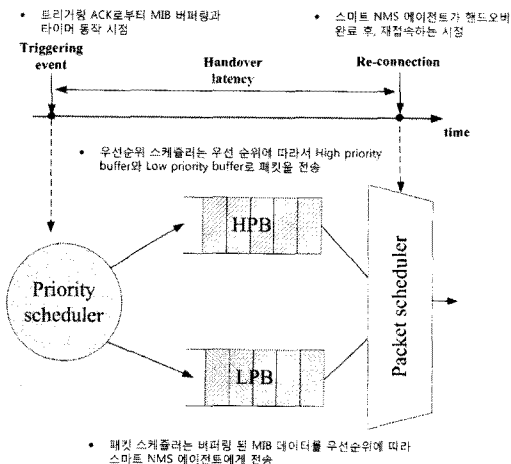


그림 6. MIB 데이터 버퍼링의 구조  
Fig. 6. Architecture of the MIB data buffering

식 (1)은 앞서 언급한 버퍼링의 문제점과 같이 많은 오버헤드가 발생한다. 이와 달리 MIB 데이터 버퍼링은 스마트 NMS 에이전트의 이동성 지원에 초점을 맞추어 설계했기 때문에 스마트 NMS 에이전트만을 대상으로 하며, 핸드오버 동안에만 버퍼링을 수행한다. 이러한 전제는 식 (1)을 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$NB_{size} = \begin{cases} \frac{RTT \times C}{\sqrt{M}} \times T_{latency} & \text{for } 0 < t \leq T_{latency} \\ 0 & \text{for } t > T_{latency} \end{cases} \quad (2)$$

$$RTT = 0.255e^N + 0.015 \quad (3)$$

$$T_{latency} = T_{wire} + T_{wireless} + T_{MN-NMserver} \quad (4)$$

위의 식 (2)에서 RTT 값은 실험 통하여 얻은 결과로서 그림 9를 통해서 얻을 수 있으며, 무선 랜에서 핸드오버 시 지연시간으로서 식 (4)은 참고문헌[8]을 인용한다. 식 (4)에서  $T_{MN-NMserver}$ 은 핸드오버 완료 시점을 핸드오버 완료 후 스마트 NMS 에이전트가 네트워크 관리 센터까지로 재접속까지로 정의하였기 때문에 포함된다. 식 (2)을 기반으로 설계된 MIB 데이터 버퍼링은 핸드오버 동안에만 버퍼링을 수행하며, 한정된 노드를 대상으로 동작함에 따라서 메모리 사용량과 오버헤드를 최소화 할 수 있다. 이렇게 결정된 버퍼의 크기를 이용하여 이동성 관리 서버는 핸드오

표 1. MIB 데이터 버퍼링에서 버퍼 크기를 구하기 위해 사용되는 파라미터

Table 1. Parameters to calculate the buffer size in the MIB data buffering

파라미터	의미
$B_{size}$	버퍼 크기
C	링크의 대역폭
M	TCP flow의 수
N	스마트 NMS 에이전트의 수
RTT	이동 노드에서 네트워크 관리 센터까지의 Round Trip Time
$T_{latency}$	스마트 NMS 에이전트가 핸드오버 시 발생하는 지연시간
$T_{wire}$	스마트 NMS 에이전트가 핸드오버 시 유선 구간에서 소요되는 지연시간
$T_{wireless}$	스마트 NMS 에이전트가 핸드오버 시 무선 구간에서 소요되는 지연시간
$T_{MN-NMserver}$	핸드오버 완료 후, 스마트 NMS 에이전트가 네트워크 관리 센터로 재접속하는데 소요되는 시간

버 동안 패킷을 버퍼링한다.

MIB 데이터 버퍼링에서 버퍼의 사이즈를 결정하는 것만큼 버퍼의 초기화 시점을 정하는 것도 매우 중요한 요소이다. 여기서 초기화 시점은 핸드오버가 완료되는 시점과 스마트 NMS 에이전트로 버퍼링된 패킷을 전송하는 시점을 의미한다. 만약 버퍼의 전송 시점이 정확하지 않다면, 버퍼 내에서 버퍼링 된 packet의 TCP sequence number가 구분 할 수 없게 섞여서 전송된 패킷은 손실된다. 따라서 RFC3775에서 규정한 핸드오버 latency와 그림 8에서 측정한 결과 값을 이용하여 최대 핸드오버 지연시간은 2sec로 가정한다. 본 논문에서는 정해진 시간 동안 스마트 NMS 에이전트가 재접속을 하는 경우에 버퍼링한 패킷을 스마트 NMS 에이전트에게 전송하고, 시간을 초과할 경우에는 버퍼링된 패킷을 초기화 한다. 이외에 vertical 핸드오버와 같은 상황에서 2sec를 초과하는 지연시간은 고려하지 않는다.

## VI. 실험 및 결과 분석

### 6.1 초기 접속 시간에 관한 성능 분석

이동성 관리 서버의 접속로그 캐싱은 스마트 NMS 에이전트를 대상으로 하여 네트워크 관리 센터로 접속 위해서 필요한 access 로그 파일을 캐싱 하는 것이다. 그림 7은 이동성 관리 서버의 사용 유무에 따라서 접속 속도의 차이를 보여준다. 정확한 delay time을 측정하기 위하여 실험은 동일한 bandwidth를 가지는 link에서 한대의 스마트 NMS 에이전트를 이용하여 진행되었다. 그림 7에서 X축은 실험횟수, Y축은 Time(sec)를 의미하며, 측정은 스마트 NMS 에이전트

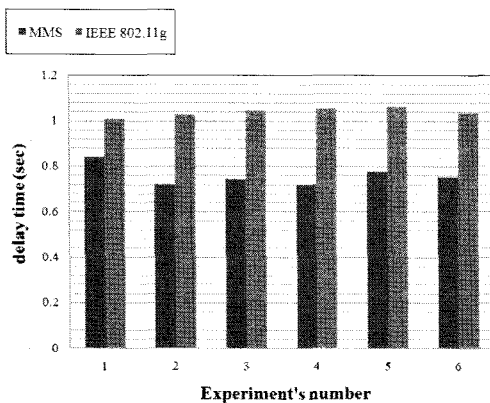


그림 7. 이동성 관리 서버의 사용에 따른 초기 접속 시간  
Fig. 7. Initial access time according to the using mobility management server

가 네트워크 관리 센터에 접속 시 초기 delay time에 관하여 실시한다. 또한 실험에서 IEEE 802.11g는 이동성 관리 서버가 적용되지 않는 무선랜 환경에서 스마트 NMS 에이전트의 초기 접속 속도를 측정한 것이다. 본 논문에서 초기 접속 시간은 스마트 NMS 에이전트가 네트워크 관리 센터와 통신을 하기 위해 무선 공유기에서부터 네트워크 관리 서버까지의 지연시간을 의미하며, ACK와 재전송 시간은 포함되지 않는다. 또한 MAC 테이블에 구성에 따른 지연시간은 최초 스마트 NMS 에이전트가 네트워크 관리 센터의 통신을 위해 구성될 때 발생하기 때문에 초기 접속 시간에 포함되지 않는다. 측정값을 살펴보면, 총 6번의 실험에서 초기 delay time은 이동성 관리 서버의 지원을 받는 스마트 NMS 에이전트가 그렇지 않은 것 보다 평균 65% 성능이 향상한 것을 볼 수 있다.

이동성 관리 서버는 네트워크 관리자인 스마트 NMS 에이전트만을 대상으로 하여 MAC 테이블이 작성하고, 접속 로그를 기록한다. 이러한 저장 장치와 MAC Frame의 관리는 control frames에서 지연시간을 최소화 할 수 있다<sup>9)</sup>. 즉 이동성 관리 서버는 스마트 NMS 에이전트가 어떠한 데이터를 원하고, 어디에 있는지 알 수 있기 때문에 초기 스마트 NMS 에이전트가 접속 시 처리지연 (Processing Delay)을 줄일 수 있다. 그러나 실험 횟수에 따라 각 파라미터 값이 크게 변화하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 인접 채널간의 간섭, 거리에 따른 SNR의 차이 등의 무선 네트워크의 불안정성으로 인해서 나타난 결과이다.

### 6.2 핸드오버 시 지연시간에 관한 성능 분석

본 논문에서는 핸드오버 시 이동성 관리 서버의 성능을 측정하기 위하여 한대의 스마트 NMS 에이전트가 그림 1의 테스트 베드에서 ESS 간의 이동 시 지연시간을 측정 하였다. 또한 지연시간의 측정은 트리거링 ACK을 기준으로 하여 핸드오버를 시작할 때부터 핸드오버가 완료된 후 네트워크 관리 센터로 접속 할 때 까지를 지연시간으로 정의하여 실험한 다. 실험은 핸드오버 시 작용하는 MAC 포워딩의 기능적 측면을 비교하기 위하여 3가지로 구분하여 실시하였다. 1) 통합 이동성 관리 서버에 대한 지연시간, 2) MAC 포워딩을 제외한 이동성 관리 서버에 대한 지연시간, 3) IEEE 802.11g 무선 랜 환경에서 이동성 관리 서버가 없을 경우 지연시간으로 분류한다. 우선 위의 지연시간 결과는 일반적으로 MIPv6에서 규정하고 있는 표준 핸드오버 지연시간보다 느린 것을 볼 수 있는데, 그 이유는 핸드오버 완료 시점을 어떻게 정의하는가에



따른 차이이다.

본 논문에서 핸드오버 시 지연시간은 핸드오버 완료 후, NMS까지 재접속 하는데 소요되는 지연시간으로 정의하였다. 또한 그림 8에서 이동성 관리 서버의 사용하였을 때와 사용하지 않을 때 (IEEE 802.11g)를 살펴보면, 이동성 관리 서버의 지원을 받는 스마트 NMS 에이전트가 평균 40% 핸드오버 지연시간을 단축하였다. 이러한 결과는 홈 에이전트의 역할을 하는 이동성 관리 서버가 백본 하단에 위치함에 따라서 Binding update에 소요되는 지연시간을 줄여주고, 핸드오버 완료 후 접속 로그 캐싱의 역할에 따라 나타난 결과이다. 또한 MAC 포워딩의 사용 유무에 따라서 지연시간의 변화를 살펴보면 통합 이동성 관리 서버와는 200msec 그리고 IEEE802.11g와는 50msec의 차이를 나타낸다. 이것은 네트워크 관리 센터까지의 processing delay를 최소화 하고, Binding update에 소요되는 지연시간이 줄었기 때문에 나타난 결과이다.

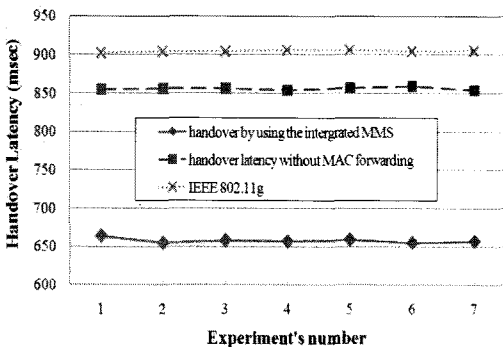


그림 8. WiFi 네트워크에서 스마트 NMS 에이전트의 핸드오버 지연시간  
Fig. 8. Handover latency of the smart NMS agent in WiFi network.

### 6.3 무선 네트워크 혼잡에 따른 RTT 성능 분석

본 실험은 네트워크 관리 센터까지를 기준으로 스마트 NMS 에이전트가 장애 데이터를 모니터링 함에 따라서 발생하는 RTT와 동시에 WiFi망에 접속하는 MN의 수를 변화 시켜 RTT의 변화를 측정한다. 그림 9에서처럼 X축은 스마트 NMS 에이전트의 수를 의미하며, Y축은 스마트 NMS 에이전트의 수에 따른 RTT (msec)의 변화를 나타낸다.

그림 9는 실험을 통해서 분석된 RTT(Round Trip Time)의 결과 값을 보여준다. MN의 수가 2 ~ 4 사이에 RTT의 변화는 이동성 관리 서버를 적용하였을 때와 그렇지 않았을 때의 차이가 크지 않은 것을 볼 수 있다. 이동성 관리서버의 성능 보다는 링크의 대역폭

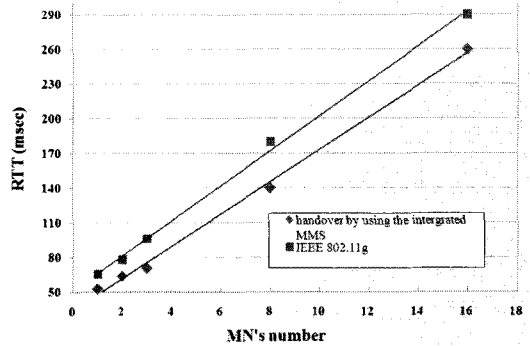


그림 9. 스마트 NMS 에이전트에서 네트워크 관리 센터까지의 RTT 측정값  
Fig. 9. Round Trip Time to smart NMS agent from network management center.

의 영향에 따라서 나타난 결과이다. 그러나 이동성 관리 서버는 MN의 수가 증가함에 따라서 평균 RTT를 33% 줄인 것을 확인할 수 있다.

RTT는 일반적으로 전송지연(Transmission Delay), 전파지연(Propagation Delay), 처리지연(Processing Delay) 및 큐잉지연(Queuing Delay)으로 구성된다<sup>[10]</sup>. 이 중 제안된 네트워크에서 거리는 일정하고, 대역폭은 MN의 수와 상관없이 일정하며, 네트워크 혼잡은 미미하기 때문에 전파지연, 전송지연 그리고 큐잉지연은 일정하다고 가정 할 수 있다. 그림 9에서 MN의 수에 비례하여 RTT가 증가하는 이유는 전송지연, 전파지연 그리고 큐잉지연이 일정하고, 이동성 관리 서버의 처리지연이 스마트 NMS 에이전트의 수에 비례한다는 가정에 따라 RTT의 선형적 증가 특성이 나타난 것으로 볼 수 있다.

## VII. 결 론

u-NMS은 무선 네트워크를 기반으로 하는 스마트 NMS 에이전트를 통해서 네트워크를 효율적으로 관리 할 수 있는 시스템이다. 본 논문에서 스마트 NMS 에이전트는 네트워크 모니터링 모듈과 원격제어 모듈로 구성된다. 측정의 신뢰성을 높이기 위해서 본 논문에서는 스마트폰 즉, 스마트 NMS 에이전트를 사용하여 실험을 수행하였다. 또한 NMS의 특성을 반영하여 개발된 이동성 관리 서버는 MAC 인증 절차, 접속로그 캐싱, MAC 포워딩, MIB 데이터 버퍼링 등의 기능을 한다. 특히, 이동성 관리 서버의 특징을 고려하여 특정 모바일 노드를 대상으로 무선 네트워크의 문제점을 해결한다는 것은 여러 분야에 적용 가능하다는 것을 의미한다.

향후 계획은 NMS의 특성에 맞추어 개발된 이동성 관리 서버를 응용하여 다양한 분야에 적용하는 것이다. 특히, 홈 네트워크 분야에서는 스마트폰을 활용한 연구가 활발히 진행 중이며, 다양한 어플리케이션이 개발되고 있다. 또한 네트워크 소자, 관리 기능이 신뢰성과 편의성 등을 필요로 하므로 급격하게 확대된 것으로 본다. 따라서 이동성 관리 서버에 대한 지속적인 연구와 기술개발이 필요 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 안두성, 이현진, 김재현, “SIP 기반 Network Mobility에서 서비스 단절 시간을 줄이기 위한 효율적인 세션 복원 절차”, 한국통신학회 논문지, 제35권. pp.988-998, October 2010.

[2] R. Raghavendra, E.M. Delding, P.A.K. Acharya, K.C. Almeroth, “Antler A multi-tiered approach to automated wireless network management”, *IEEE INFOCOM 2008*, pp.1-6, April 2008.

[3] Z. Wen-bo, X. Hai-feng, S Pei-gen, “A Network Management Architecture in Wireless Sensor Network”, *IEEE CMC 2010*, Vol.3, pp.401-404, April 2010.

[4] H.Matsuura, N. Morita, “EJB-based Implementation of L1VPN NMS Controlled by Each Customer”, *IEEE INM 2009*, pp.614-621, June 2009.

[5] X. Olin Lu, “SESANMS: A Scalable and Extensible Architecture for Web Based NMS”, *IEEE ICISE 2009*, pp.2722-2725, December 2009.

[6] IEEE Std 802.11g, “Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Amendment 8: Medium Access Control(MAC) Quality of Service Enhancements,” 2005.

[7] G. Appenzeller, I. Keslassy, and N. McKeown. “Sizing router buffer.” in Proc. *ACM SIGCOMM 2004*, pp.281-292, July 2004.

[8] 류성근, 문영성, “IEEE 802.11 네트워크 기반 Mobile IPv6 Fast handover 성능 향상 방안”, 정보과학회논문지. 제 35권. pp.46-55 February 2008.

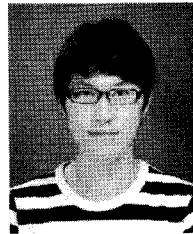
[9] L. Hwa-Chun, L. Pei-Shin, “Using Dynamic Control Frames to Reduce Packet Delays in

Transceiver Array-Based Single-Hop WDM Network”, *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, vol. 26, pp.742, April 2008.

[10] N. V. Mnisi, O. J. Oyedapo, A. Kurien, “Active Throughput Estimation Using RTT of Differing ICMP Packet Sizes”, *IEEE BROADCOM 2008*, pp.480-485, November 2008.

김 채 환 (Chaehwan Kim)

준회원



2010년 2월 세종대학교 정보통신 공학과 졸업  
 2010년 3월 세종대학교 정보통신 공학과 석사과정  
 <관심분야> 네트워크 관리, IT-건설 융합, 모바일 네트워크

손 우 진 (Woojin Sohn)

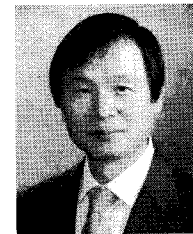
준회원



2011년 2월 세종대학교 정보통신 공학과 졸업  
 2011년 3월 세종대학교 정보통신 공학과 석사과정  
 <관심분야> 네트워크 관리, IT-건설 융합, 모바일 네트워크

이 경 근 (Kyung-Geun Lee)

종신회원



1981년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1983년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사졸업  
 1992년 8월 Cornell University, School of Electrical Engineering, 공학박사 졸업  
 1992년~1998년 삼성전자 정보통신 본부 수석연구원  
 1998~현재 세종대학교 정보통신공학과 교수  
 <관심분야> 유무선 네트워크, 통신 프로토콜, 차세대 인터넷, 네트워크 관리, IT-건설 융합