

# Flow-based Seamless Handover Scheme for WLANs Using an Overlaid 4G Network

Jae-In Choi<sup>†</sup> · In-Soo Park<sup>\*\*</sup> · You-Ze Cho<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

The rapid increase of mobile devices such as smart phone and smart pad have raised the needs for seamless multimedia services during moving at anytime and anywhere. Current 4G mobile devices are equipped with both 4G (LTE) and WLAN (WiFi) interfaces, and mobile services operators provide wireless Internet services using 4G network with a wider coverage and WiFi zone. Generally users prefer to use the Internet services through WLAN rather than LTE in the coverage of WLAN. However, since WLAN has a long L2 handover latency, it is difficult to support seamless services during a handover. In this paper, we proposed an efficient handover scheme based on flow mobility for WLANs to support a seamless service during handovers by using the overlaid 4G network with a wider coverage. Also, we showed the outperformance of the proposed scheme on a testbed.

**Keywords :** Wireless LAN, 4G, Proxy Mobile IPv6, Flow Mobility, Seamless Handover

# 중첩된 4G망을 이용한 플로우 기반의 끊김없는 WLAN 핸드오버 방안

최재인<sup>†</sup> · 박인수<sup>\*\*</sup> · 조유제<sup>\*\*\*</sup>

## 요약

스마트 폰, 스마트 패드 등 다양한 모바일 기기의 등장으로 인해, 어디서나 이동 중에도 끊김없는 멀티미디어 서비스의 필요성이 증대하고 있다. 현재 4G 모바일 기기들은 4G (LTE)와 WLAN (WiFi) 인터페이스를 동시에 가지고 있으며, 이동 통신사업자들은 커버리지가 넓은 4G망 뿐만 아니라 WiFi zone을 통하여 무선 인터넷 서비스를 지원하고 있다. 일반적으로 사용자들은 WLAN 커버리지내에서는 LTE를 통한 서비스보다도 데이터 사용량에 제한이 없는 WLAN을 통한 서비스를 선호하고 있다. 그러나 WLAN은 L2 핸드오버 지연이 매우 크기 때문에 핸드오버를 수행하는 동안에 끊김없는 서비스가 어려운 문제가 있다. 본 논문에서는 flow mobility를 기반으로 WLAN 간에 핸드오버를 수행하는 동안 서비스 반경이 넓은 4G망을 활용하여 끊김없는 서비스를 지원할 수 있는 방안을 제안하였으며, 테스트베드 구현을 통하여 제안 방안의 우수성을 검증하였다.

**키워드 :** 무선랜, 4G, PMIPv6, 플로우 이동성, 끊김없는 핸드오버

## 1. 서론

스마트 폰, 스마트 패드 등 다양한 모바일 기기의 등장으로 인해, 어디서나 이동 중에도 끊김없는 멀티미디어 서

비스의 필요성이 증대하고 있다. 현재 4G 모바일 기기들은 4G (LTE)와 WLAN (WiFi) 인터페이스를 동시에 가지고 있으며, 이동 통신사업자들은 커버리지가 넓은 4G망뿐만 아니라 WiFi zone을 통하여 무선 인터넷 서비스를 지원하고 있다. 일반적으로 사용자들은 WLAN 커버리지 내에서는 LTE를 통한 서비스보다도 데이터 사용량에 제한이 없는 WLAN을 통한 서비스를 선호하고 있다. 그러나 WLAN은 L2 (Layer 2) 핸드오버 지연이 매우 크기 때문에 AP (Access Point) 간 핸드오버를 수행하는 동안에 끊김없는 서비스를 지원하지 못하는 문제가 있다. WLAN에서는 핸드오버를 위해 매번 스캐닝, 인증, 재결합과정을 수행해야 하기에 때문에 수 초까지의 긴 L2 핸드오버 지연이 발생하는 걸로 보고되고

\* 본 논문은 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(SW,컴퓨팅)10041145, 자율군집을 지원하는 웹밍형 정보기기 내장 소프트웨어 플랫폼 개발과 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2013R1A1A4A01012534).

† 비 회 원 : 경북대학교 전자공학부 박사과정

\*\* 준 회 원 : LG전자 연구원

\*\*\* 정 회 원 : 경북대학교 전자공학부 교수

논문접수 : 2013년 8월 21일

수정일 : 1차 2013년 10월 31일, 2차 2013년 12월 9일

심사완료 : 2013년 12월 9일

\* Corresponding Author : You-Ze Cho(yzcho@ee.knu.ac.kr)

있다[1].

본 논문에서는 4G와 WLAN의 다중 인터페이스를 갖는 모바일 기기를 위해 flow mobility를 기반으로 WLAN간에 핸드오버를 수행하는 동안 커버리지가 넓은 4G망을 활용하여 끊김없는 서비스를 지원할 수 있는 방안을 제안하였으며, 테스트베드 구현을 통하여 제안 방안의 우수성을 검증하였다. 단말의 IP mobility를 지원하기 위한 방안으로는 네트워크 기반의 이동성 관리기술인 PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6)를 고려하였다.

현재 단말의 다중 인터페이스를 이용하여 flow별로 이동성을 지원할 수 있는 flow mobility 기술은 IETF (Internet Engineering Task Force)를 중심으로 활발한 연구가 이루어지고 있다. 호스트 기반의 flow mobility의 경우 이미 표준으로 제정되어 있으며, 네트워크 기반의 flow mobility 기술의 경우에는 IETF netext 워킹 그룹에서 표준화를 진행하고 있다[2-5]. Flow mobility의 장점은 flow 기반의 이동성 지원을 통해 서비스의 특성에 가장 적합한 네트워크를 선택해 서비스를 제공할 수 있어, QoS/QoE (Quality of Service/Quality of Experience)를 적용하기 쉽다는 것이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 flow mobility의 표준화 동향과 WLAN 핸드오버에 대해서 설명을 하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 WLAN과 중첩된 4G망을 이용한 flow 기반의 WLAN 핸드오버 방안에 대해 설명한다. 4장에서는 제안방안을 테스트베드로 설계 및 구현하여 테스트베드 상에서 성능을 분석한 결과를 보여주며, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 플로우 이동성

플로우 이동성 (flow mobility)를 지원하기 위한 multiple CoA (Care of Address) 등록, flow binding, traffic selector의 3가지 항목에 대한 표준은 IETF RFC 5648, 6088, 6089로 제정되어 있다[3-5].

Flow mobility는 하나의 HoA (Home Address)에 여러 개의 CoA가 할당 되어 같은 HoA를 가지고 서로 다른 CoA를 통해서 트래픽을 전달해야 한다. 따라서 IETF RFC 5648에서는 flow mobility를 지원하기 위해 기존의 Binding Update (BU)를 확장하여 mobility option에 각각의 CoA들을 구분하기 위한 Binding Identification number (BID)를 추가하였다[3].

Flow mobility는 flow 단위의 이동성을 지원해주기 때문에 flow에 따라 선택적으로 트래픽을 이동 시킬 수 있다. 이를 위해 flow 단위의 binding이 필요하다. 따라서 Home Agent (HA)는 기존의 binding cache 뿐만 아니라 flow binding cache를 유지한다. Flow binding cache는 BU를 통해서 초기화 및 업데이트가 이루어지며, flow binding 정보를 전달하기 위해 기존의 BU의 mobility option에 flow binding 정보를 추가하였다[4].

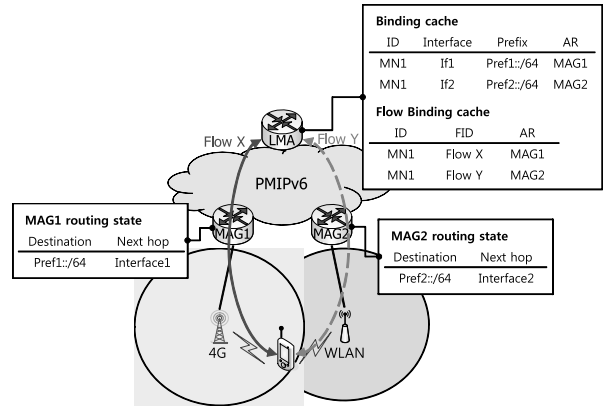


Fig. 1. Binding cache before flow handover

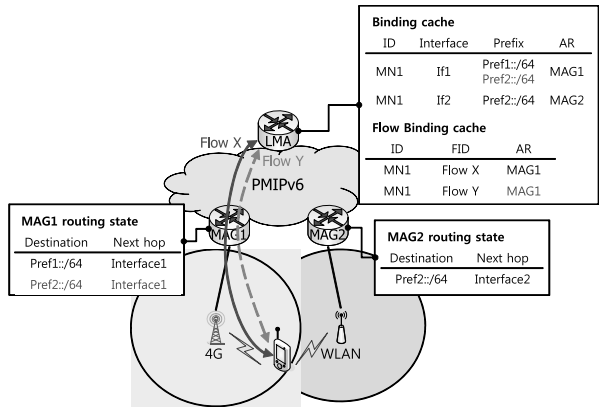


Fig. 2. Binding cache after flow handover

각 항목은 각각의 flow를 구분하기 위한 Flow Identification (FID)와 우선순위를 나타내는 Flow Identification Priority (FID-PR), 그리고 트래픽 지정자 (traffic selector)로 구성된다. 트래픽 지정자는 각 flow에 트래픽을 어떤 인터페이스를 통해 전달해주는지를 지정해주며, LMA (Local Mobility Anchor)로 들어오는 트래픽을 flow 단위로 구분해주는 역할을 한다. 트래픽 지정자는 flow binding cache에 저장되며, flow binding 정보와 함께 HA로 전달된다[5].

네트워크 기반의 flow mobility는 호스트 기반의 flow mobility 기술을 기반으로 네트워크 기반의 이동성 관리 기술을 지원하기 위해 확장 구현되었으며, IETF netext 워킹 그룹에서 표준화를 진행하고 있다. [6]에서는 PMIPv6를 기반으로 flow mobility를 지원하기 위하여 단말에 Logical interface (LIF)가 추가하였다. LIF 주 기능은 각기 다른 인터페이스로부터 서로 다른 IP 주소를 가지고 들어오는 트래픽을 하나의 IP 주소로 합쳐주어 IP 계층에서는 동일한 IP 주소를 사용할 수 있도록 하는 기능을 한다. 또한 이중 망간의 핸드오버와 멀티호밍 그리고 flow mobility를 지원하기 위하여 다양한 기능을 가지고 있다. [7]에서는 PBU (Proxy Binding Update)와 PBA (Proxy Binding Acknowledgment)의 확장을 통해서 flow binding 정보를 전달하며 또한 LMA와 MAG (Mobile Access Gateway)간에 HNP (Home

Network Prefix)를 주고받기 위하여 HUR (HNP Upade Request), HUA (HNP Update Acknowledge)를 PBU와 PBA를 확장하여 새롭게 정의 하였다.

그림 1과 그림 2는 flow mobility 핸드오버에 있어 핸드 오버 수행 전/후의 binding cache의 변화를 보여준다. LMA는 binding cache 뿐만 아니라 추가적으로 각 단말이 이용하는 flow를 구분하기 위한 flow binding cache를 관리한다. 또한 MAG들은 단말의 인터페이스에 할당되어진 HNP를 관리하여 단말로 전달되는 플로우의 라우팅을 수행한다. 그림 1에서 단말이 MAG2와 연결이 끊어지거나 단말 혹은 LMA가 flow 핸드오버를 결정하게 되면, LMA는 핸드오버 대상 flow (flow Y)와 함께 이동 단말의 인터페이스에 할당된 HNP 정보를 MAG1에게 전달한다. MAG1이 flow binding cache의 업데이트를 수행한 이후의 binding cache는 그림 2와 같이 변경되어 flow Y가 MAG1을 통하여 이동 단말에게 전달된다.

### 2.2 WLAN 핸드오버

이동 단말의 WLAN에서의 핸드오버 절차는 그림 3과 같다. 단말이 기존에 연결된 AP와 연결이 끊어지고 나면 새로운 AP와 연결을 하기 위해 모든 채널을 돌아가며 Probe Request를 보내 주변에 위치한 모든 AP를 찾고, 서비스 받기에 가장 적합한 최적의 AP를 선정하는데 이를 스캐닝 과정이라 한다. Probe Request를 보내고 나서 Min Channel Time에서부터 Max Channel Time 사이의 시간 값 중 임의의 값을 선택하여 Probe Response를 기다린다. 이런 방식의 스캐닝 절차는 매우 긴 시간을 요구하기 때문에 AP로부터 오는 Beacon을 받아 최적의 AP를 찾는 Passive 스캐닝과 이전에 받은 Probe Request를 기반으로 특정 채널만을 선택해 스캐닝 하는 Selective 스캐닝 등의 다양한 스캐닝 방법을 통해 스캐닝 시간을 줄이기 위한 연구가 계속되고 있다.

스캐닝 과정이 완료되면 선택한 AP로 자신의 인증 정보를 authentication request 통해 보내게 되고, AP는 인증 정보를 확인한 후 authentication response를 통해서 인증정보가 유효한지를 알린다. 인증 정보가 유효한 경우에는 AP와

의 인증이 성공적으로 완료되며, 다음 단계인 재결합 과정으로 진행된다. Reassociation request와 reassociation response를 통해서 재결합 과정을 성공적으로 수행하면 L2 핸드오버를 완료한다[8].

WLAN에서 핸드오버 지연을 줄이기 위한 다양한 핸드오버 방안들이 활발히 연구되고 있다. [9]에서는 시간 소모가 많은 스캐닝을 핸드오버할 때 수행하는 것이 아니라, 핸드오버에 앞서 미리 수행하는 Proactive Scan을 기법을 제안하였다. 스캐닝을 언제 수행할 것인지 그리고 실제 핸드오버는 언제 수행할 것인지 결정하기 위해 전송률과 신호 세기를 이용하였다. 그러나 이 기법은 모든 채널을 스캐닝하기 때문에 스캐닝에 소모되는 시간이 크다.

[10]에서는 무선망을 구성하는 모든 AP들의 시간을 동기화하여 일정한 시간 간격으로 비콘을 보내는 SyncScan 기법을 제안하였다. 노드는 주기적으로 수신되는 비콘들을 통해 주변 AP들이 사용하는 채널과 신호 대 잡음비 (Signal-to-Noise Ratio, SNR)를 알 수 있다. 따라서 핸드오버 시의 스캐닝 과정이 불필요하게 되어 핸드오버 시간을 단축할 수 있다. 그러나 무선망을 구성하고 있는 모든 AP들의 시간을 정밀하게 동기화하는데 어려움이 있다.

[11]에서는 L2 context를 L3 context에 포함시켜 전송함으로써 IEEE 802.11f에서 신속한 인증 과정을 지원하여 핸드오버의 지연을 줄이기 위한 방안을 제안하였고, [12]에서는 이동 단말의 방향을 기반으로 인접한 AP들 사이에서 단말의 다음 접속할 AP를 예측하고 두 개의 안테나를 이용하여 신속한 핸드오버를 지원할 수 있는 방안을 제안하였다. [13]에서는 핸드오버 전에 pre-handover 단계를 추가하여 candidate AP들의 advertisement 메시지를 수집하게 하고 핸드오버를 수행하기 위한 새로운 AP가 candidate AP들에 속하면 스캐닝을 포기함으로써 핸드오버 지연을 줄이는 방안을 제안하였다.

하지만 위와 같은 방안들은 실제적으로 링크 계층 핸드오버 시간을 줄일 수는 있겠지만 링크 계층 핸드오버에 의한 서비스의 단절은 피할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 WLAN간 핸드오버 시에 서비스의 연속성을 지원할 수 있는 방안을 제안한다.

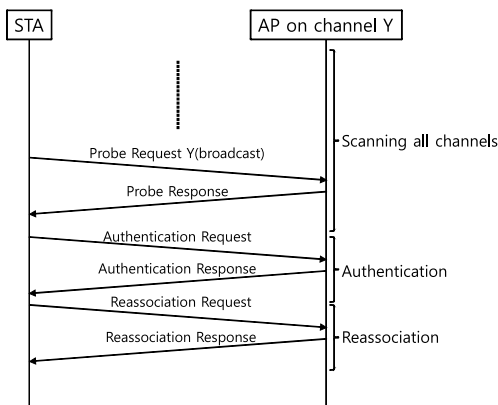


Fig. 3. WLAN L2 handover procedure

### 3. 중첩된 4G 네트워크를 활용한 끊김없는 WLAN 핸드오버 방안

본 논문에서는 PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) 환경에서 서비스 반경이 큰 4G망을 활용한 끊김없는 WLAN간 핸드오버 지원 방안을 제안한다. 특히 WLAN에서의 긴 핸드오버 지연과 4G망의 큰 서비스 반경을 고려하여 WLAN에서의 핸드오버 동안에 서비스 flow를 4G망으로 잠시 우회시킴으로써 서비스 지연과 단절을 최소화 한다.

기존의 WLAN 핸드오버의 경우 핸드오버 동안 링크의 단절이 발생하지만 제안한 핸드오버 방안에서는 WLAN과 단말간의 연결이 끊어짐이 예상되면 (MAG에서 link going

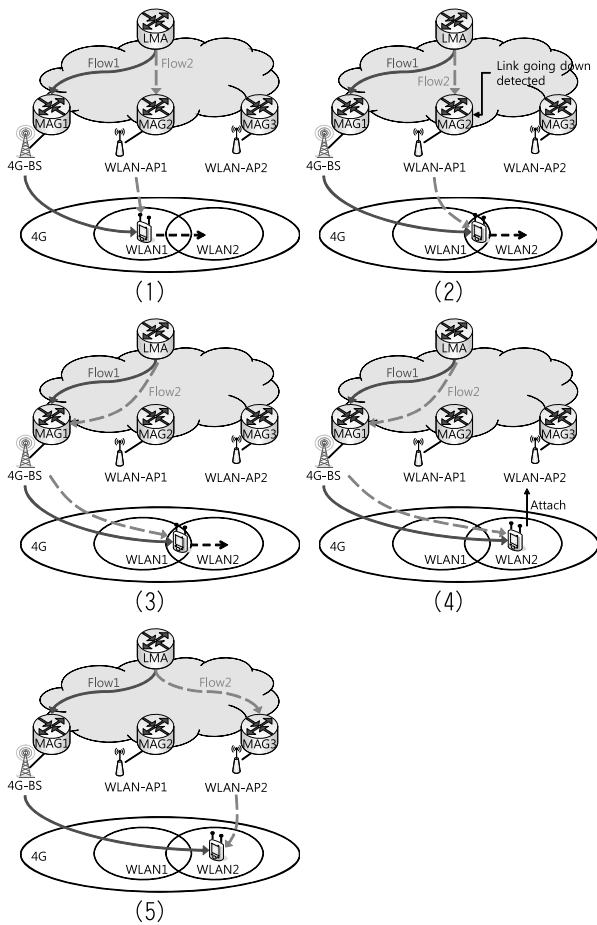


Fig. 4. Handover operation of the proposed scheme

down이 감지되면) MAG의 flow를 미리 4G망으로 이동시켜 WLAN간의 L2 핸드오버 동안에 지속적인 서비스가 가능하게 하며, WLAN L2 핸드오버가 완료되면 다시 4G망을 통해서 제공되던 flow를 원래의 WLAN로 이동시켜 핸드오버 절차를 완료한다. 이를 위하여 PBU와 PBA를 확장하여 FMQ (Flow Mobility reQuest)와 FMR (Flow Mobility Response) 메시지를 새롭게 정의하여 효율적으로 인터페이스 간에 flow의 이동을 지원할 수 있도록 하였다.

그림 4에서는 중첩된 4G망을 이용한 WLAN의 AP간의 끊김없는 핸드오버 과정을 나타낸다. 그림 4의 (1)과 같이 단말은 4G와 WLAN 인터페이스를 가지고 있으며 각각의 인터페이스를 통해서 MAG1과 MAG2에 연결이 되어 있다.

4G망과 WLAN은 서로 중첩되어 있고 4G망은 훨씬 넓은 커버리지를 가지며, 단말은 점선을 따라서 이동을 하면서 그림 4의 (2)와 같이 단말이 WLAN1과 WLAN2의 커버리지의 교차점을 지날 때 핸드오버가 발생한다. 기존의 WLAN 핸드오버의 경우에는 핸드오버 동안 MAG2와의 연결이 단절되지만 제안한 핸드오버 방안에서는 그림 4의 (2)와 같이 MAG2에서 link going down을 감지하게 되면, 즉 WLAN1과의 연결이 끊어짐이 예상되면 서비스 flow2를 서비스 반경이 넓은 4G망으로 미리 이동시킨다.

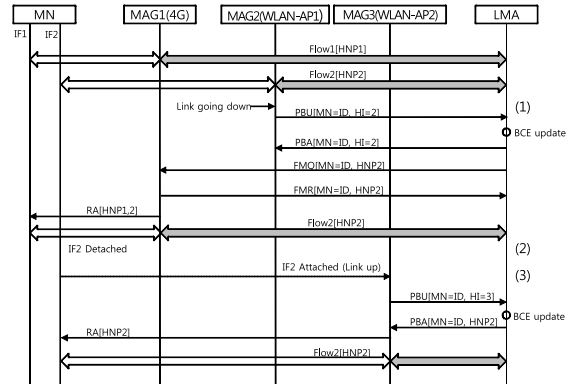


Fig. 5. Handover procedure of the proposed scheme

이 때, MAG2와 연결되어 있는 WLAN-AP1은 단말의 수신신호세기 (RSS: Received Signal Strength) 값을 측정하여 정해진 임계값 (threshold) 이하로 내려가면 link going down으로 판단하고 MAG2에게 link going down triggering을 통해 단말과의 연결이 끊어짐을 알린다. 임계값은 망사업자의 정책에 따라 정해질 수 있으며, IEEE 802.11 표준에서 정의하고 있는 cell search threshold 값을 임계값으로 사용할 수도 있다[14, 15].

MAG2는 HI (Handover Initiate)를 LMA에게 PBU를 통해서 전달하고, LMA는 자신의 flow binding cache를 참조하여 MAG2의 flow2를 4G망에 속한 MAG1으로 이동시킨다. 그 결과, 단말이 WLAN1의 영역 밖으로 이동해 MAG2와의 연결이 끊어지더라도 그림 4의 (3)과 같이 MAG1, 즉 4G 인터페이스를 통해서 지속적으로 서비스를 제공받는다. 그림 4의 (4)와 같이 단말의 WLAN 인터페이스가 MAG3의 AP에 연결되면 LMA는 4G 망으로 우회 시켜두었던 flow2를 MAG3로 이동시켜 그림 4의 (5)와 같이 핸드오버를 완료하여 서비스 지연 및 단절을 최소화한다.

제안 방안에서의 전체 핸드오버 절차는 그림 5와 같다. Flow1은 MAG1을 통해서 단말의 IF1 (4G 인터페이스)으로 트래픽을 전달하며, flow2는 MAG2를 통해서 단말의 IF2 (WLAN 인터페이스)로 트래픽을 전달하고 있다. Flow1은 HNP1을 사용하고, flow2의 경우에는 HNP2를 사용한다. 그림 5의 (1) 지점에서 MAG2는 단말의 IF2의 link going down을 감지하게 되고 MAG2는 곧 IF2의 연결이 끊어짐을 알게 된다. 이후 MAG2는 HI를 포함하는 PBU를 통해 LMA에게 flow2에 대한 핸드오버를 시작하도록 한다. PBU를 받은 LMA는 binding cache를 업데이트 한 후 flow binding cache를 참조하여 MAG1으로 flow2를 이동시키기 결정한다. 이 때 MAG1이 flow2의 HNP (즉, HNP2)에 대한 정보가 없다면 FMQ를 통해서 HNP2를 MAG1에게 알려준다. MAG1은 자신의 routing table을 업데이트 한 후 FMR을 통해서 LMA에게로 적용이 완료되었음을 알린다. LMA는 FMR을 받으면 flow2의 트래픽을 MAG1으로 보내 서비스를 지속적으로 유지한다.

그림 5의 (2) 지점에서 IF2의 L2 핸드오버의 시작으로

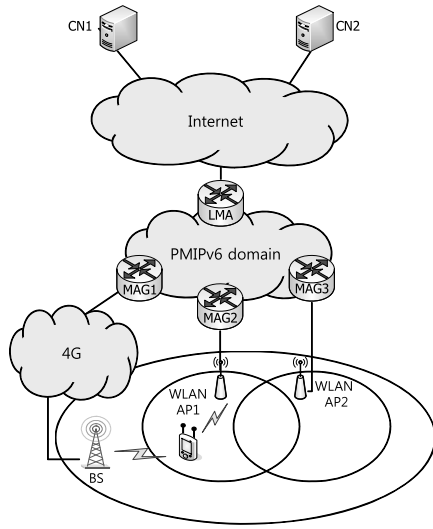


Fig. 6. Network topology for testbed

IF2와 MAG2 간의 연결이 끊어지게 되고, 일정 시간이 지난 후에 그림 5의 (3)에서 L2 핸드오버가 완료되면 다시 단말의 IF2가 MAG3에 연결을 요청하게 된다 (Link up). 요청을 받은 MAG3는 기존의 절차와 동일하게 PBU를 LMA에게 보낸다. LMA는 자신의 BCE를 업데이트 하고, flow2의 HNP (HNP2)를 PBA를 통해 MAG3에게 알려주면 MAG3는 HNP2에 대한 라우팅 테이블을 업데이트 하게 된다. 그 후에 flow2의 트래픽은 LMA <-> MAG3 <-> IF2를 통해서 전달되어지며 핸드오버는 완료된다.

#### 4. 테스트베드를 통한 성능분석

본 장에서는 성능 분석을 위해 설계/구현한 테스트베드에 대해 기술하고, 테스트베드를 통해서 성능을 분석한다.

##### 4.1 테스트베드 설계 및 구현

제안 방안의 성능 분석을 위하여 그림 6과 같은 네트워크 토폴로지를 갖는 테스트베드를 구성하였고 ATNOG의 OPEN PMIP [16]을 기반으로 구현되었다. LMA와 MAG는 PC를 사용하였으며, 운영체제는 Ubuntu 11.04 (Kernel ver. 2.6.39)를 사용하였다. 또한 MN의 경우에는 LIF를 추가하기 위하여 Windows를 기반으로 설계되었다. WLAN AP는 IEEE 802.11g를 지원하는 Cisco Aironet 1200을 사용하였고,

Table 1. Parameter values for performance evaluation

Parameters	Value	
Wireless Access Technology	MAG1: LTE (KT) MAG2, MAG3: IEEE 802.11g	
CBR Traffic	Packet interval	1 ms
	Packet size	1024 bytes

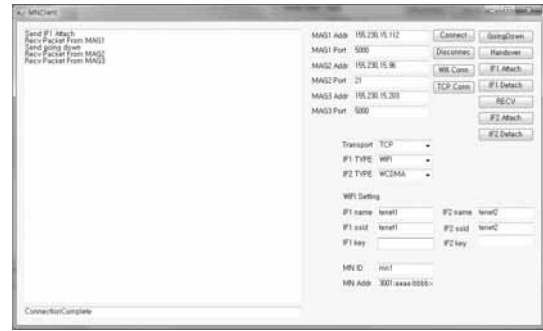


Fig. 7. MNClient

LTE는 KT의 실제 상용망을 사용하였다. 성능 분석을 위한 파라미터 값은 표 1과 같다.

기존의 OPEN PMIPv6의 경우 WLAN만을 지원하는 문제점이 있다. 또한 사업자가 운영하는 4G망을 직접적으로 수정할 수 없어, 4G 기지국의 MAG를 4G 코어망 외부에 위치시키고 단말과 MAG간에 터널을 형성하여 PMIPv6를 지원하도록 하였다.

MAG와 단말간의 터널 형성을 위해 MAG에서는 pcap (packet capture) [17]을 통해 LMA에서 오는 패킷을 캡처해 새로운 IP 헤더를 붙여 전송하는 기능을 추가하였다. 단말의 경우 그림 7과 같이 LIF 기능을 에뮬레이션하는 MNClient 프로그램을 설계/구현하여 각기 다른 무선 인터페이스부터 들어오는 패킷을 합치는 기능과 MAG와의 터널을 형성하는 기능을 가지게 하였다. 또한 테스트베드 상에서 실제로 설치된 WLAN AP들의 커버리지가 서로 중첩되는 환경이기 때문에 link going down trigger를 위한 에뮬레이터 기능도 MNClient에 추가하였다. MNClient는 각각의 MAG와의 연결을 위한 IP 주소 및 포트번호 설정 부분, 인터페이스의 연결 설정 부분, 단말 정보 입력 부분, 핸드오버를 위한 L2 trigger 에뮬레이터 기능 부분 등으로 구성 되어있다.

LMA에서는 flow mobility를 지원하기 위하여 binding cache를 확장하여 하나의 HoA에 여러 개의 CoA를 가질 수 있도록 하였고, HNP 정보를 MAG에게 알려주기 위한 메시지인 FMQ와 FMR를 PBU와 PBA를 확장하여 구현하였다.

##### 4.2 성능 분석

성능은 핸드오버 동안의 WLAN과 LTE 인터페이스의 전송률, 패킷 손실, 전체적인 UDP 전송률을 통해 평가하였다.

핸드오버가 이루어지는 동안의 각 인터페이스의 트래픽을 보면 기존의 WLAN 핸드오버 방안의 경우 L3 핸드오버 지연 및 L2 핸드오버 지연이 발생할 때 그림 8의 WLAN 그래프와 같이 연결이 끊어지는 현상을 확인 할 수 있다. 기존의 WLAN 핸드오버 방안에서는 4G망을 이용하지 않기 때문에 3초간의 서비스의 단절 및 지연이 발생하게 되며, 전체 전송률도 그림 8의 전체 그래프와 같이 떨어지는 현상이 발생한다. 이에 반해 WLAN과 LTE 인터페이스를 이용하는 제안 방안의 경우 그림 9에서와 같이 WLAN 인터페이스의 연결이 끊어진 시간 동안 LTE 인터페이스를 통해



Fig. 8. Throughput during handover using WLAN

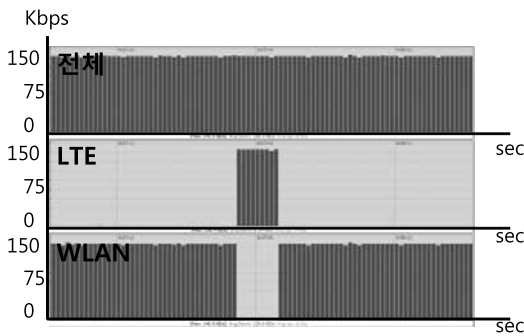


Fig. 9. Throughput during handover using LTE and WLAN

트래픽을 전달 받을 수 있는 것을 확인할 수 있고 전체 전송률도 그림 9의 전체 그래프에서와 같이 지속적으로 유지됨을 확인할 수 있다.

핸드오버 지연시간 동안의 패킷 손실을 측정하기 위해 CN에서 MN으로 전송되는 패킷에 번호를 매겨, MN이 패킷을 수신했을 때의 패킷 번호를 확인 하였다. 기존의 WLAN 핸드오버 방안의 경우 LTE 인터페이스를 사용하지 않기 때문에 서비스의 연결이 지속되지 않아 그림 10과 같이 3초의 핸드오버 지연시간 동안 패킷의 손실이 발생하게 된다. 이에 반해 WLAN과 LTE 인터페이스를 이용한 제안 방안의 경우에는 WLAN 인터페이스만을 이용하는 기존의 방안과 달리 WLAN과 LTE 인터페이스 모두를 사용하여 그림 11과 같이 4.5초에서 핸드오버가 발생하더라도 핸드오버가 이루어지는 동안 지속적으로 LTE 인터페이스를 통해 서비스를 제공 받을 수 있어 패킷의 손실이 없는 것을 확인할 수 있다. WLAN은 핸드오버 시 스캐닝, 인증, 재결합 과정을 매번 수행하기 때문에 핸드오버가 완료될 때까지 상당히 긴 지연이 필요하게 된다. 따라서 제안 방안을 사용할 경우 이와 같은 긴 L2 핸드오버 지연을 최소화할 수 있어 효율적으로 핸드오버를 수행할 수 있다.

UDP 전송률을 살펴보면 WLAN 인터페이스를 만을 이용한 경우 전송률이 핸드오버를 시작하는 6초에서 그림 12와 같이 급격히 떨어진다. 반면에 LTE와 WLAN을 활용한 제안 방안의 경우 그림 13의 7초에서 핸드오버가 발생하지만 핸드오버 동안 LTE를 통해서 서비스를 제공받기 때문에 전

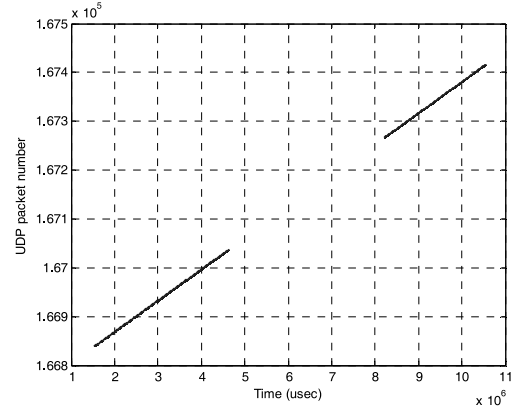


Fig. 10. Packet number received at MN using WLAN

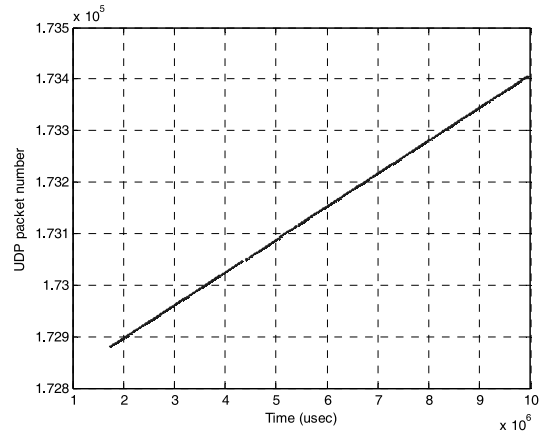


Fig. 11. Packet number received at MN using WLAN and LTE

송률이 떨어지지 않고 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 WLAN과 같이 긴 L2 핸드오버 지연을 가지는 시스템을 위해 flow mobility를 기반으로 WLAN과 중첩된 4G망을 활용하여 끊임없는 WLAN 핸드오버 방안을 제안하였다. WLAN간에 핸드오버가 예상되면 WLAN을 통해서 서비스가 이루어지던 flow를 커버리지가 넓은 4G망으로 flow를 이동을 시켜 WLAN의 L2 핸드오버 동안에도 지속적으로 서비스를 유지하고, WLAN 핸드오버가 완료되면 4G로 우회시켰던 flow를 원래의 WLAN으로 다시 이동시켜 서비스를 제공한다. 이를 통해 핸드오버 동안 발생하는 서비스의 지연과 단절 그리고 패킷의 손실을 최소화 하였다.

또한 제한 방안의 성능 평가를 위해 OPEN PMIPv6를 기반으로 테스트베드를 설계/구현하였으며, 이를 통해 제안 방안의 우수성을 검증하였다.

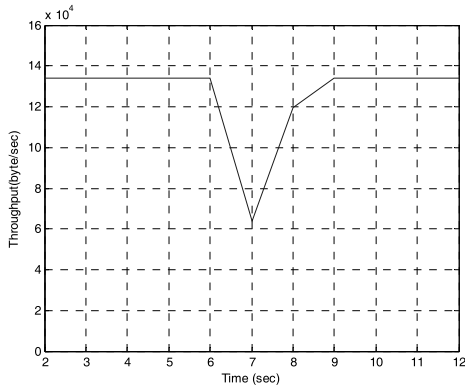


Fig. 12. UDP throughput during handover using WLAN

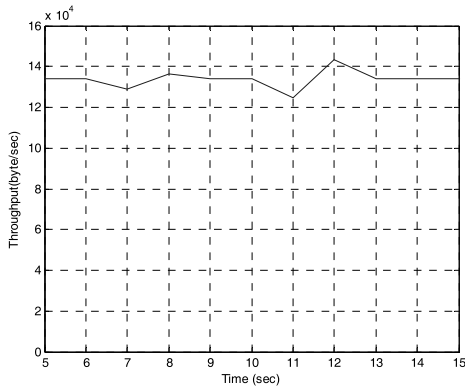


Fig. 13. UDP throughput during handover during using WLAN and LTE

**참 고 문 헌**

[1] Nicolas Montavont and Thomas Noel, "Handover Management for Mobile Nodes in IPv6 Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, Issue 8, pp.38-43, Aug., 2002.

[2] C. J. Bernardos, et al., "Proxy Mobile IPv6 Extensions to Support Flow Mobility," draft-bernardos-netext-pmipv6-flowmob-05.txt, Oct., 2012.

[3] R. Wakikawa, et al., "Multiple Care-of Addresses registration," RFC 5648, Oct., 2009.

[4] G. Tsirtsis, "Flow Bindings in Mobile IPv6 and Network Mobility (NEMO) Basic Support," RFC 6089, Jan., 2011.

[5] G. Tsirtsis, "Traffic Selectors for Flow Bindings," RFC 6088, Jan., 2011.

[6] Antonio de la Oliva, Carlos J. Bernardos, Maria Calderon, "IP Flow Mobility: Smart Traffic Offload for Future Wireless Networks," IEEE Communications Magazine, Vol.49, Issue 10, pp.124-132, Oct., 2011.

[7] Youn-Hee Han, Chan-Myung Kim, Jungsoo Park, Hyoungjun Kin, "A Technology Review on Flow-based IP Mobility Management," OSIA S&TR JOURNAL, Vol. 24, No. 2, pp.4-15, Sept., 2011.

[8] Julien Montavont, Nicolas Montavont, Thomas Noel, "Enhanced Schemes for L2 Handover in IEEE 802.11 Networks and Their Evaluations," in Proceedings of IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Sept., 2005, pp.1429-1434.

[9] H. Wu, K. Tan, Y. Zhang, and Q. Zhang, "Proactive Scan: Fast Handoff with Smart Triggers for 802.11 Wireless LAN," in Proceedings of INFOCOM, May, 2007, pp.749-757.

[10] I. Ramani and S. Savage, "SyncScan: practical fast handoff for 802.11 infrastructure networks," in Proceedings of INFOCOM, March, 2005, pp.675-684.

[11] M.S. Bargh, R.J. Hulsebosch, E.H. Eertink, A. Prasad, H.Wang, and P. Schoo, "Fast Authentication Methods for Handovers between 802.11 WLAN," in Proceedings of WMASH, October, 2004.

[12] Sushama Rani Dutta and Rohit Vaid, "A Fast Handoff Mechanism for Wireless LAN," International Journal of Engineering and Technology, Vol. 2, No.2, Feb., 2012.

[13] R.W. Pazzi, Z. Zhang, and A. Boukerche, "Design and evaluation of a novel MAC layer handoff protocol for IEEE 802.11 wireless networks," Journal of Systems and Software, Vol. 83, pp.1364-1372, 2010.

[14] IEEE Std 802.11-2007, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) And Physical Layer(PHY) Specifications," June, 2007.

[15] Abderrahmane Lakas and Mohammed Boulmalf, "Experimental Analysis of VoIP over Wireless Local Area Networks," JOURNAL OF COMMUNICATIONS, VOL. 2, NO. 4, JUNE, 2007, pp.3-9.

[16] ATNOG OPEN PIMIPv6 [Internet], <http://atnog.av.it.pt/>.

[17] libpcap [Internet], <http://www.tcpdump.org/>.

**최 재 인**

e-mail : cji1206@ee.knu.ac.kr

2006년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (학사)

2008년 경북대학교 전자공학과(석사)

2008년~현 재 경북대학교 전자공학부 박사과정



관심분야: 이동성 관리 기술, 네트워크 이동성, 차세대 이동 네트워크



### 박인수

e-mail : insoo1719.park@lge.com  
2009년 안동대학교 컴퓨터공학과(학사)  
2013년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
(석사)  
2013년~현 재 LG전자 연구원  
관심분야: 이동성 관리 기술, 차세대 이동  
네트워크



### 조유제

e-mail : yzcho@ee.knu.ac.kr  
1982년 서울대학교 전자공학과(학사)  
1983년 한국과학기술원 전기전자공학  
(석사)  
1988년 한국과학기술원 전기전자공학  
(박사)  
1989년~현 재 경북대학교 전자공학부 교수  
1992년~1994년 Univ. of Toronto, 방문교수  
2002년~2003년 미국 국립표준연구소(NIST), 객원 연구원  
관심분야: 차세대 이동 네트워크, 무선 애드혹 네트워크, 이동성  
관리 기술, Future Internet