

# 이동 패킷 망에서 핸드오프시 데이터 유실을 최소화하는 알고리즘

The Algorithm for minimizing data loss In handoff between Packet networks of 3GPPx

최승권, 류재홍, 최운수, 이병록, 조용환  
충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부

Ryu Jae-Hong, Choi Woon-Soo, Choi Seung-Kwon,  
Lee Byong-Rok, Cho Yong-Hwan  
Chungbuk National Univ.

## 요약

이 논문은 모바일 노드를 위해 3GPPx 네트워크와 PDSN 사이에 빠른 핸드오프 계획을 제안한다. 이 방법은 PDSN과 PPP 사이 핸드오프의 과정에 일어날 수 있는 단락을 안전하게 수행될 수 있게 하며, PDSN이 자신의 유효 범위 내에 움직이는 모바일 교점을 다시 인식할 때, 모바일 노드의 통신 채널이 기존에 수신되었던 모바일 노드 정보에 의거하여 빠르게 확증될 수 있는 시스템을 제공한다. 결과적으로, 핸드오프 과정에서는 PPP를 재연결하지 않고 수행되며, 이전에 설정된 PPP 세션을 끝내는 것과 터미널을 가지고 PPP 세션을 확증하는 것을 위해 필요했던 시간이 줄게 되고 PDSN과 모바일 노드 사이에 핸드오프 절차가 더 빨리 수행될 수 있다.

## Abstract

This paper proposes a fast handoff scheme between PDSNs in 3GPPx network for a mobile node. It introduces a method by which handoff can be performed without reestablishing PPP connection that may occur in the process of performing handoff between PDSNs. The method for handoff between PDSNs which provide packet services to a mobile node, requires that the PDSNs should receive subscribers information about mobile nodes from their neighbor PDSNs forming a communication network. When the PDSN recognizes the mobile node moving into its coverage area, it can quickly establish a communication channel with the mobile node based on the already received subscriber information. As a result, handoff is performed without reestablishing PPP. Accordingly, handoff between PDSNs can be performed faster, removing time needed for establishing a PPP session with a terminal and for terminating a previously set up PPP session

## I. 서론

3세대 디지털 이동통신 시스템은 고속의 무선 패킷 데이터 통신과 국제적인 무선 이동통신 가입자의 로

밍 서비스를 목표로 개발되었다.

복유립 중심의 3GPP에서는 음성을 포함한 데이터, 멀티미디어 서비스를 IP기반으로 하여 패킷을 전송하는 구조를 취하고 있으며, All IP망의 특징은 고속

무선 데이터를 지원하는 GPRS(General Packet Radio Service)를 기반으로 하고 있다[1]. 패킷 도메인에서는 GPRS의 네트워크에 이동성 관리와 이동 호스트의 PDP(Packet Data Protocol) 서비스를 지원 한 GGSN(Gateway GPRS Support Node)과 SGSN (Serving GPRS Support Node)이 포함되어 있다. GGSN은 PDN(Packet Data Network) 및 인터넷과의 연동 지점으로, SGSN은 BSS(Base Station System)을 통하여 이동 호스트와 연결되어 있어 관리 영역 안에 들어 있는 호스트가 보내는 또는 이동 호스트로 향하는 패킷을 전달하는 역할을 담당하며, SGSN으로부터 전달되는 패킷은 GGSN을 통하여 적절한 PDP로 변환하여 상대방 패킷 데이터 네트워크로 보내지고 반대인 경우는 그 역으로 이행하게 된다[2][3]. 위에서 기술한 바와 같이 3GPP2에서 광 대역 이동성 지원을 위하여 MIP를 적용하였으며 PDSN은 FA의 기능을 수행할 수 있다. 이때 하나의 PDSN에서 다른 PDSN으로 MN이 이동할 경우 지원되는 이동성을 광대역 이동성이라 하며, PDSN 관리 영역 안의 RN에서 다른 RN으로 이동 시에 지원되는 이동성을 협 대역 이동성이라 한다. 본 논문에서는 이동 패킷 망에서 핸드오프 시 데이터 유실을 최소화하는 알고리즘에 대한 연구 결과를 기술한다.

## II. PDSN간 핸드오프 알고리즘

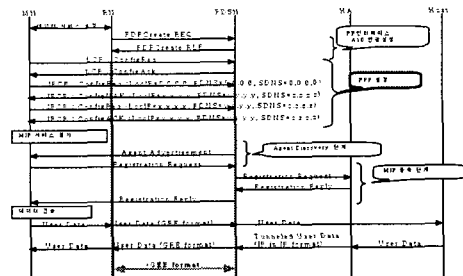
### 2.1 기본 개념

PDSN(Packet Data Serving Node)은 무선 패킷 데이터 통신에서 RN(Radio Network)과 Packet Data Network을 연결시키는 장치로 무선 가입자에게 패킷 데이터 통신을 사용할 수 있도록 한다. PDSN의 주요 기능으로는 MN와의 link layer 유지(PPP 유지), IP address 할당(dynamic address인 경우), NAI(Network Access Identifier)와 클라이언트 IP 주소의 식별, MN(Mobile Station)의 패킷 데이터 서비스에 대한 인증, 서비스 허용, 과금 등을 AAA

(Authentication, Accounting and Administration)에게 시키는 일과 패킷을 외부 Packet Data Network 또는 MIP(Mobile IP)의 HA로 route 하는 기능, FA(Foreign Agent) 기능 등이 있다[4][5]. PDSN은 매우 큰 영역을 관리하므로 MN의 이동에 따른 잦은 핸드오프의 발생은 일어나지 않는다. 그러나 PDSN 사이에 핸드오프 발생시 PDSN 관리영역 내에서 RN간에 일어나는 핸드오프보다 그 지연이 길어 질 수도 있다. 그 이유는 HA가 MN에게 패킷을 전달하기 위해서 FA인 PDSN에게 패킷을 전달하고, PDSN은 받은 패킷을 RN을 통해서 MN로 전달하게 되는 계층구조로 이루어져 있다. 따라서 PDSN이 변경되는 핸드오프가 발생하면 HA와 MN 사이의 모든 중간 노드의 변경 및 등록과정이 발생하게 되어 그만큼 지연이 길어진다. 따라서 PDSN간의 빠르면서 데이터 유실이 없는 seamless한 핸드오프 처리가 필요하게 된다.

#### 2.1.1 Mobile IP의 등록 절차

Inter PDSN 핸드오프를 지원하기 위해서 MIP를 이용하여야 하며, 이를 위해서 PDSN이 FA 기능을 지원한다. MN가 다른 PDSN이 관리하는 영역으로 이동하였을 때 MN는 홈 망에 있는 것과 같은 동일한 서비스를 받을 수 있다. MIP 기반의 네트워크에서는 MN가 이동하여도 주어진 IP주소를 계속 유지하는 것이 가능하다. 이 MIP의 이동성은 PDSN과 홈 IP 망의 HA를 통하여 지원되며, PDSN에서는 FA 역할 및 PPP 세션 형성과 종료, 인증, 압축과 관련된 기능을 수행한다[6].



▶▶ 그림 1. 기존의 Registration 절차

MIP 이동성 지원은 MIP의 등록 과정을 거쳐 서비스를 제공 받을 수 있다. <그림 1>과 같이 호를 처음 접속할 경우, MN이 데이터 서비스 요구를 포함한 발신 메시지를 RN에게 전송한다. 이를 수신한 RN은 PDSN에게 이런 사실을 알려 RP 연결 설정을 하고, PPP 연결 설정 절차를 수행한다. 이때 MN의 자신의 주소를 PDSN으로부터 할당을 받지 않고 PPP 설정을 완료하게 되고, PDSN은 Advertisement 메시지를 MN에게 주기적으로 발송한다.

MN은 Advertisement 메시지를 보고 MIP RRQ(Mobile IP Registration Request)를 PDSN에게 보내면, PDSN과 HA는 가입자가 MIP가 지원 가능한 가입자 인지를 검색 및 인증을 하고, 인증이 되지 않는 가입자이면 PDSN은 MIP RPL(Mobile IP Registration Reply)의 코드에 에러를 포함하여 MN에 전송 및 호를 해제한다.

정상적으로 MIP를 수행 가능한 가입자 이면 PDSN은 방문자 리스트 정보를 유지하고, 해당 MN의 IP address를 MIP RLP에 실어서 MN에 알림으로써 등록 절차를 마치게 된다.

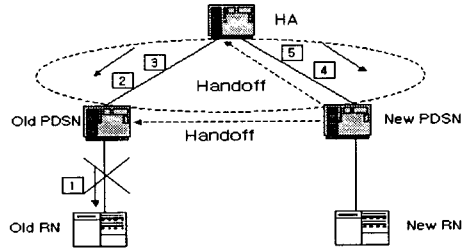
### 2.1.3 핸드오프 시 데이터 전송의 문제점

PDSN간의 핸드오프 발생시 핸드오프 처리의 방법에 대하여 설명한다.

PDSN간에는 다른 주파수 채널로 통화 채널을 변경할 경우, 또는 서로 다른 프레임 오프셋(Frame Offset)을 가지는 통화 채널로 변경할 경우에는 하드 핸드오프를 할 수밖에 없으므로 Old PDSN과 RN을 통한 MN의 연결은 이미 끊어진 상태이다. 따라서 핸드오프의 처리는 새로 연결된 경로를 사용하는 전 방향 처리만을 고려하면 된다. 또한, Up Stream과 Down Stream에서의 처리를 구분해서 실행시켜야 한다.

핸드오프가 일어났을 때 순서제어가 왜 필요한지를 다음 그림을 참조하여 살펴본다. <그림 2>는 Down Stream 상황으로, 패킷의 정상적인 전달은(1, 2, 3, 4,

5)번 순으로 MN에게 전달되어야 한다. 그러나 패킷의 전송 중간에 핸드오프가 발생하게 되면 패킷의 순서변경 및 손실이 일어난다.



▶▶ 그림 2. Down Stream의 경우 패킷 손실

## III. 핸드오프 시 데이터 유실 최소화 방안

### 1. 기존 핸드오프 알고리즘 및 문제점

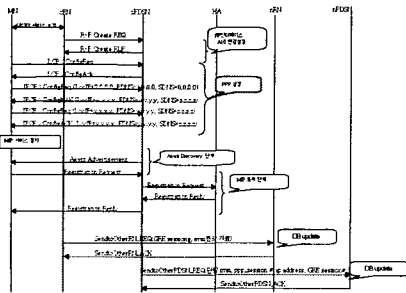
본 논문은 네트워크 환경에서 이동 MN에 대해서 IP 이동성 서비스를 제공하기 위한 IETF의 IP Mobility(RFC2002)를 따르는 환경에서 MN의 이동에 따른 FA(Foreign Agent)의 변경이 이루어지게 되면 MN의 새로운 CoA(Care of Address)를 HA(Home Agent)에 등록하고 IP 이동성 서비스를 제공함에 있어서 이웃한 FA들은 MN이 핸드오프될 수 있는 후보 FA로 보고 이들 상호 간에 자기 자신이 관할하는 MN에 대한 정보를 사전에 공유하여 핸드오프가 일어나면 보다 빠르고 안전한 핸드오프를 제공하는 절차와 방법에 관한 것이다. 그리고 이런 알고리즘을 보완 하더라도 데이터의 유실은 어쩔 수 없이 발생 할 수밖에 없는데 이를 최소화하기 위한 방법으로 이동전의 PDSN에서 일정량의 전송 데이터를 버퍼링 하여 이동이 감지되면 버퍼링된 자료를 시퀀스 번호와 함께 변경된 PDSN으로 전송을 하여 데이터 유실을 최소화 하는 알고리즘을 제시한다.

### 2. 고속 핸드오프 지원 및 데이터 유실 방지

HLR/HSS에서 현재 MN이 속한 cPDSN(current PDSN)에게 주변 nPDSN(Neighbor PDSN)들에 대한 정보와 핸드오프 감지를 알려주고, cPDSN은 현

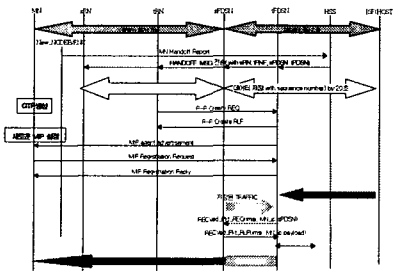
드오프 시 필요한 MN에 관한 정보를 사전에 미리 nPDSN들에게 전파하여 놓음으로써 핸드오프가 일어났을 때 PPP 재설정과 해제 절차 없이 보다 신속하고 신뢰성 있는 핸드오프가 이루어져 IP 이동성 서비스를 제공함에 있다

가. 본 제안에서의 MIP를 등록하는 절차는 다음 그림과 같다.



▶▶ 그림 3. 제안에서의 MIP를 등록하는 절차

나. 본 제안에서의 핸드오프 서비스 절차는 다음 그림과 같다.



▶▶ 그림 4. 본 제안에서의 핸드오프 서비스 절차

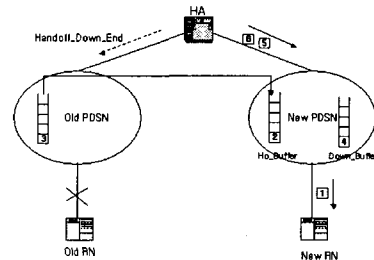
### 3. 데이터 유실 방지 알고리즘

핸드오프 지연시간(handoff latency)에 의한 송수신 트래픽 데이터의 유실을 방지하기 위하여 sPDSN에서 20초 이상 데이터를 버퍼링 하며, 버퍼링 된 데이터를 tPDSN로 UDP를 통해 전달해주어 데이터의 손실을 방지한다. 이때 데이터의 손실 유무를 알 수 있도록 하기 위하여 HA와 PDSN간에 Counter를 두

어 순차번호(sequence number)를 관리한다. 핸드오프가 발생하여 PDSN이 절체 될 때 순차번호의 일련성을 검사함으로써 데이터 유실을 알 수 있다.

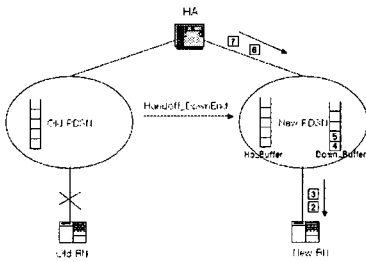
첫 번째로 Download stream Handoff Sequence Control Down Stream에서 핸드오프 발생시 실제 패킷의 순서제어를 살펴본다. 핸드오프가 발생하면 New PDSN은 Old PDSN에게 Handoff\_Gen 메시지를 전달한다.Handoff\_Gen을 받은 Old PDSN은 이 메시지를 다시 HA에게 전달하고 New PDSN에게는Handoff\_Ack 메시지를 전달한다. Old PDSN의 Down\_Buffer에는 패킷(1, 2)번이 저장되어 있고, 패킷 (3)번이 Old PDSN으로 전송되고 있다. 그 이후의 과정은 <그림 5>에 나타나 있다.

HA는 Handoff\_DownEnd 메시지를 Old PDSN에게 전송하고, 동시에 새로운 패킷 (4, 5)번을 New PDSN에게 전송한다. Old PDSN은 현재 Down\_Buffer에 저장 되어 있는 패킷 (1, 2)번을 New PDSN의 Ho\_Buffer로 저장하고 받은 패킷을 New RN에게 전송하기 시작한다.



▶▶ 그림 5. Down Handoff Sequence Control 단계 1

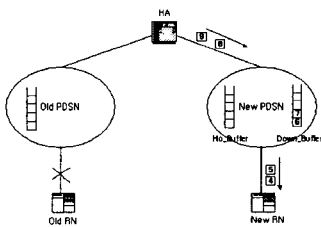
<그림 6>에서 Old PDSN은 Down\_Buffer에 있는 패킷 (3)번을 모두 New PDSN에게 전송하고 Handoff\_DownEnd 메시지를 New PDSN에게 전송한다. New PDSN은 Ho\_Buffer에 저장된 패킷 (2, 3) 번을 우선적으로 New RN에게 전송하고, HA로부터 들어오는 패킷 (4, 5)번은Down\_Buffer에 저장한다.



▶▶ 그림 6. Down Handoff Sequence Control 단계 2

<그림 7>은 Handoff Sequence Control의 완료 단계를 보이고 있다. Old PDSN으로부터 받아서 Ho\_Buffer에 저장한 모든 패킷을 New RN으로 전송을 했을 때(Ho\_Buffer가 비었을 때), 비로소 Handoff Sequence Control이 완료된다. New PDSN의 Down\_Buffer에 저장 되어있는 (4, 5)번 패킷이 New RN으로 전송되고 다시 (6, 7)번 패킷은 Down\_Buffer에 저장되며 HA는 New PDSN에게 (8, 9)번 패킷을 전송한다.

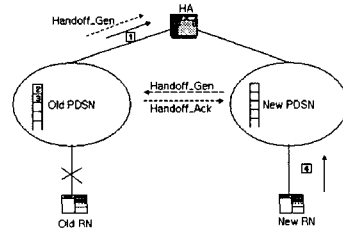
두 번째로 Up stream Handoff Sequence Control을 살펴보면 <그림 8>은 핸드오프가 발생했을 때의 Up Stream 처리를 보여준다. 우선 패킷 (1)번은 정상적으로 HA에게 전달된다. 이때 핸드오프가 발생하여 New PDSN은 Old PDSN에 Handoff\_Gen 메시지를 전달한다.



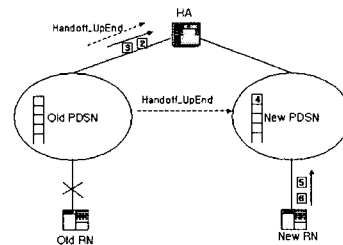
▶▶ 그림 7. Down Handoff Sequence Control의 완료

Handoff\_Gen 메시지를 받은 Old PDSN은 HA에게 Handoff\_Gen 메시지를 전송하고 New PDSN에게는 Handoff\_Ack를 전송한다. New RN은 패킷 (4)번을 달하게 된다. Handoff\_Gen 메시지를 받은

Old PDSN은 HA에게 Handoff\_Gen 메시지를 전송하고 New PDSN에게는 Handoff\_Ack를 전송한다. New RN은 패킷 (4)번을 New PDSN에게 전송한다.

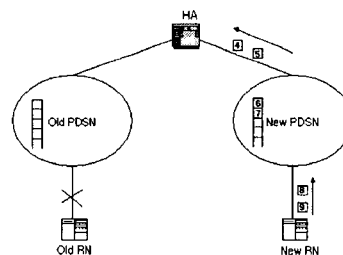


▶▶ 그림 8. Up Stream의 경우 Handoff 발생



▶▶ 그림 9. UP Stream Handoff Sequence Control 단계1

<그림 9>에서 Old PDSN은 Up\_Buffer에 들어있던 (2, 3)번 패킷을 전송하고 나서 HA와 New PDSN에게 Handoff\_UpEnd 메시지를 전송하면서 모든 역할을 끝마친다. New PDSN은 New RN으로부터 온 (4)번 패킷을 Up\_Buffer에 저장하고 New RN은 (5, 6)번 패킷을 New PDSN에게 전송한다.



▶▶ 그림 10. Up Stream Handoff Sequence Control

<그림 10>에서 New PDSN은 Handoff\_UpEnd 메시지를 받았기 때문에 Up\_Buffer에 저장되어 있던 패킷 (4, 5)번을 HA에게 전송하고, New RN에서 온 패킷 (6, 7)번을 Up\_Buffer에 저장한다. New RN은 이후의 패킷들 (8, 9,...)번을 정상적으로 전송할 수 있다.

#### IV. 결과분석

본 장에서는 핸드오프 방식과 새로 제시한 고속 핸드 오프 방식의 접속시간을 시뮬레이션을 통해 알아 보고 비교 및 성능 평가를 하였다. 시뮬레이션을 위해 먼저 이동망의 모든 장비를 구비 할 수 없어, 단말과 RN은 시뮬레이션 장비로 개발 하였고, 실제 논문에서 중요한 부분을 차지하는 PDSN은 실제로 시스템화 하여 구현하였다.

첫 번째 실험은 본 논문을 적용하지 않은 상태에서의 이동성 시험을 수행 한 것으로 핸드오프 시 PPP를 재설정 하는 시험으로 이때 전송되는 메시지를 보면 PPP를 재설정하기 위해 LCP나 IPCP 메시지가 송수신 되는 것을 볼 수 있으며, PPP 설정이 완료 후에 MIP를 설정한다. 그리고 사용자 데이터가 전송되는데 그때까지의 시간이 상당히 소요 된다는 것을 알 수 있다.

두 번째의 실험은 본 논문의 내용을 적용한 후 이동성 시험을 수행 한 곳으로— 핸드오프시 PPP 재설정을 하지 않는 시험으로 이때 전송되는 메시지에는 PPP 설정과 관련한 LCP, IPCP 메시지가 송수신되는 것을 볼 수 없고, 바로 MIP 설정을 거친 후 바로 사용자 데이터가 송수신되는 것을 볼 수 있다.

본 논문에서 제안한 PPP 재설정 없는 PDSN간의 핸드오프에 따르면, PDSN간의 핸드오프 시 PPP를 재설정하면 Ts의 시간이 소요된다. 반면 PPP를 재설정하지 않으면 약 최소 10개 정도의 LCP, IPCP 설정 메시지를 전송하지 않아 Tt의 시간이 소요 된다. 따라서 Tr 만큼의 설정 시간을 줄일 수 있다. 이를 수식

화 하면 다음과 같다.

$$T_s = 2TLcp\_ConfigReq + 2TLcp\_ConfigAck + 2TIpcp\_ConfigReq + 2TIpcp\_ConfigAck \quad (1)$$

$$T_t = TLcp\_TermReq + TLcp\_TermAck \quad (2)$$

감소된 시간(Tr)은 다음과 같다.

$$T_r = T_s + T_t + T_{nl} \quad (3)$$

Tnl은 네트워크는 Latency 시간을 나타내며, 이는 네트워크의 node나 트래픽 load들에 의해 좌우 된다.

본 논문의 알고리즘은 저희 실험실에서 실제 시험을 통해 실측한 것이고, 실제로 PPP를 재설정을 하지 않고 이동성 시험을 한 경우, 그렇지 않은 경우와 약 1.2초의 시간 절약이 되는 것을 보여 준다. 그리고 마지막으로 이동통신에서 MN의 이동에 의한 핸드오프 시 문제가 되는 것은 망에서 MN으로 데이터를 전송하는 download가 문제가 되지 나머진 크게 문제가 되지 않으나, 망에서 MN으로 데이터를 전송할 경우 거치는 FA(COA에 해당)에서 터널링이 일어나고 해당 데이터를 기지국에 전송하여 해당 MN까지 데이터를 전송하는데, 만약 MN이 다른 FA로 이동하였을 경우, 이전 FA에서는 데이터를 MN으로 전송하는 길이 막히게 되므로 데이터 유실이 발생한다. 이를 방지하기 위해 현재 MN이 접속된 FA에서는 항상 20초 이상의 데이터를 저장할 수 있는 기능을 가지고 있어야 하며, MN의 이동을 HLR/HSS로부터 지시를 받았을 때 tPDSN으로부터 수신한 데이터의 전송요구가 있을 때 이전에 저장된 데이터를 이동된 FA로 UDP 전송한다. 이동된 FA는 해당 데이터를 수신하면 관련 데이터를 위에서 언급한 접속관련 절차를 수행하지 않아도 되므로 바로 MN에 데이터를 보낼 수 있다. 그리고 마지막으로 더 추가 하여야 할 사항은 단말과 FA에서 데이터의 안정성 및 일치성을 보장하기 위해 HA와 FA간에 Download

Counter를 두어 수신한 메시지의 번호를 가지고 이동하였더라도 자신이 수신한 메시지가 이동으로 인해 한 번 더 수신되었는지를 검사 하는 기능과 이동으로 인해 유실된 데이터가 있는 지를 검증하는 용도로 사용할 수 있다.

- [5] 김정환, 배현주, 박경준 “공중 무선랜에서의 사용자 인증과 로밍 기술”, NCS2002, pp816~819  
 [6] C. E. Perkins, “IP Mobility Support,” RFC 2002, Oct. 1996.

## V. 결론

본 논문에서는 현재 이동 통신망에서 가장 문제로 생각하는 접속 시간 단축 및 seamless한 이동성을 제공하기 위한 방법과 문제점을 살펴보고, 이를 해결하기 위한 방안으로 PPP 재설정 없는 PDSN간의 핸드오프 방안을 제안 하였다. 새로운 알고리즘은 PPP의 중단점이 MN와 PDSN이라는 것에 착안하였고, 이를 MN와 PDSN간의 핸드오프가 발생을 하면 가장 많은 데이터 유실이 발생하고, 시간도 가장 오래 걸린다는 것에 착안을 하였다. 현재까지의 결과로는 접속시간과 이동시에 데이터를 줄이는데 상당한 결과를 도출하였다는 것을 증명 하였다. 향후에는 더 발전되고 seamless를 지원하기 위해선, 이동이 자주 발생하는 RN이나 기지국간의 이동성을 지원하는 연구가 필요하다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] Girish Patel, Steven Dennett, “The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network,” IEEE Personal Communications, Aug. 2000.  
 [2] Tomas Robles, et al., “QoS Support for an ALL-IP System Beyond 3G”, IEEE Communications Magazine, Aug. 2001, pp64~72  
 [3] Juha Ala-Laurila, et al., “Wireless LAN Network Architecture for Mobile Operators”, IEEE Communications Magazine, Nov. 2001, pp.82~89  
 [4] Apostolis K. Salkintis, et al., “WLAN-GPRS Integration for Next-generation Mobile Data Networks”, IEEE Wireless Communications, Oct. 2002, pp.112~124