

# Cellular IP 네트워크에서 인다이렉트 핸드오프 성능 개선

정희원 정 원 수\*, 윤 찬 영\*\*, 오 영 환\*

## An Enhanced Indirect Handoff for Cellular IP Network

Won-soo Jung\*, Chan-young Yun\*\*, Young-hwan Oh\* *Regular Members*

### 요 약

현재 유·무선 통합망에서 인터넷 서비스를 제공하기 위한 많은 작업이 진행 중이며 IP 이동성 문제를 해결하기 위한 방식으로 Mobile IP를 사용하고 있다. 그러나 Mobile IP는 셀룰러 기반의 무선 접속망에서 잦은 핸드오프를 처리하는데 있어서 여러 가지 제한점을 갖는다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 마이크로 이동성 프로토콜이 제안되고 있으며, 마이크로 이동성 프로토콜 방식으로 Cellular IP, HAWAII, Hierarchical Mobile IP 등이 있다. Cellular IP는 일정 지역 내에서 seamless 한 이동성을 제공하기 때문에 특별한 관심을 받고 있다. 그러나 Cellular IP 인다이렉트 핸드오프 방식은 핸드오프가 발생할 경우 새로운 영역의 BS이 핸드오프를 인식하는 과정이 필요하기 때문에 핸드오프 인식과정에서 패킷 유실 및 중복이 발생하여 UDP 및 TCP 성능저하가 발생한다. 본 논문에서는 Cellular IP 인다이렉트 핸드오프 방식을 개선한 핸드오프 방식을 제안하였으며, 문제점을 해결하기 위하여 크로스오버 노드를 통한 시그널링 과정과 버퍼링 과정을 사용하였다. 새로운 영역의 BS에게 핸드오프 사실을 알리기 위해서 게이트웨이까지 전송되는 핸드오프 요청 패킷을 크로스오버 노드에서 처리함으로써 불필요한 시그널링 트래픽을 감소 시켰다.

Key Words : Mobile IP, Cellular IP, Indirect Handoff

### ABSTRACT

Currently, there are many efforts underway to provide Internet service on integrated wireless and wired networks. Supporting IP mobility is one of the major issues to construct IP based wireless network. Mobile IP has been proposed to solve the IP Mobility problem. But, in processing frequent handoffs in cellular based wireless access network, Micro mobility protocols have been proposed to solve these problems. Micro mobility protocols proposed the Cellular IP, HAWII, and Hierarchical Mobile IP. Cellular IP attracts special attention for its seamless mobility support in limited geographical areas. New BS must be known to occur begging of handoff in Cellular IP indirect handoff. Therefore during perceiving of hanoff, packet loss or packet duplication still can occur in Cellular IP indirect handoff, which results in the degradation of UDP and TCP performance. In this paper, we propose a enhanced indirect handoff scheme for Cellular IP. Proposed handoff scheme is using a crossover node to minimize the signalling procedure and using a buffering to minimize the packet loss or packet duplication.

\* 광운대학교 전자통신공학과 (jshan@kw.ac.kr),  
접수번호 : KICS2005-08-322, 접수일자 : 2005년 8월 4일

\*\* 계원조형예술대학 임베디드소프트웨어

## I. 서론

이동 통신기술의 발전으로 유선 환경에서 뿐만 아니라 무선 환경에서도 개인 휴대 단말기 및 PDA를 이용하여 인터넷을 사용하고자 하는 수요가 급증하고 있으며, 이동호스트의 seamless 한 연결을 위하여 이동호스트에서 인터넷으로 연결되는 게이트웨이까지의 모든 구성요소들이 IP 프로토콜을 기반으로 구성 될 것으로 기대 되고 있다. 그러나 IP 프로토콜을 기반으로 망을 구성할 경우 호스트가 이동 중인 경우 IP 상위계층인 트랜스포트계층간의 접속을 유지하지 못하게 설계되었기 때문에 이동성 지원 프로토콜로는 적합하지 않다<sup>[1][2]</sup>.

무선망에서 이러한 이동성을 지원하는 방식으로 IETF의 Mobile IP가 있다. Mobile IP는 이동호스트가 다른 위치로 접속위치를 변경하더라도 계속 접속위치를 유지시켜 줄 수 있도록 기존의 IP 프로토콜의 기능을 확장한 것이다. 그러나 Mobile IP 방식은 이동호스트가 빈번하게 이동하는 경우 네트워크에 많은 부하를 발생 시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 네트워크의 이동성 관리 구조를 매크로 이동성(macro mobility)과 마이크로 이동성(micro mobility)으로 구분하였다<sup>[3][4]</sup>.

마이크로 이동성을 관리하는 프로토콜은 Cellular IP, HAWAII, Hierarchical Mobile IP가 있으며, Cellular IP 특징에 관하여 살펴보도록 한다<sup>[5][6]</sup>. Cellular IP의 핸드오프 방식 중 한 가지 방법인 인다이렉트 핸드오프는 핸드오프 과정에서 게이트웨이까지 불필요한 트래픽이 전달 되어 네트워크 내부의 성능을 저하시키는 원인이 된다<sup>[7][8][9]</sup>.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 크로스오버 노드(Crossover Node)에서 새로운 영역의 BS에게 전달되는 라우트 업데이트 패킷(route update packet) 정보를 확인하여 게이트웨이까지 라우트 업데이트 패킷을 전달하지 않고 직접 새로운 영역의 BS에게 라우트 업데이트 패킷을 전달한다. 또한 크로스오버 노드에서 새로운 영역의 BS에게 라우트 업데이트 패킷을 전달함과 동시에 이동단말에게 전송되는 패킷을 버퍼링(buffering)하게 된다. 이러한 과정을 통해 인다이렉트 핸드오프 과정에서 발생하는 시그널링 트래픽과 패킷의 유실을 최소화 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II에서 Mobile IP의 동작 특성과 문제점 그리고 Cellular IP의 특징에 관하여 살펴보고 III에서는 본 논문에서 제안

하고자 하는 핸드오프 시그널링 방식에 대한 구체적인 방안을 제시하고, IV에서는 본 논문이 제안하고 있는 방안의 성능을 평가한 후에 V에서 결론을 맺기로 한다.

## II. 이동성 지원 프로토콜

### 2.1 Cellular IP

#### 2.1.1 Cellular IP 특징

Cellular IP 프로토콜은 마이크로 셀 기반 네트워크 환경에서 이동성 지원을 위해 미국 콜롬비아 대학에서 에릭슨 연구소의 도움과 많은 핸드오프 기술을 적용하여 개발된 것이다. 이 프로토콜의 특징은 위치 관리와 핸드오프 지원이 Cellular IP 접속 네트워크에서의 라우팅과 통합이 되며 제어 메시지를 최소화하기 위해 이동호스트에 의해 전송되는 일반 데이터 패킷이 이동호스트의 위치 재생에 사용된다. Cellular IP 네트워크 내에 있는 모든 노드는 이동호스트로부터 전송되어지는 패킷들을 감시하며 위치데이터 베이스를 분산 관리 및 유지하여 이동호스트의 패킷을 라우팅하는데 사용된다. 또한 이동호스트의 식별을 위해 IP를 사용한다.

이동호스트는 active와 idle 두 개의 상태를 갖는다. active는 이동호스트가 패킷을 송신하거나 수신하고 있는 상태를 나타내며 idle은 패킷 송 수신 전혀 없는 상태를 나타내며 이동호스트의 상태 테이블로 관리 된다. 또한 이동호스트는 페이징 업데이트(paging-update)와 페이징 제거(paging-teardown) 그리고 라우트 업데이트(route-update)와 같은 제어 패킷을 Cellular IP 게이트웨이로 주기적으로 전송한다. 이러한 주기적 제어 패킷의 전송으로 인한 시그널링 증가를 최소화하고 이동호스트의 전원을 절약하기 위해 몇 개의 페이징 영역을 두어 idle 상태의 이동호스트가 같은 페이징 영역 내에서 핸드오프

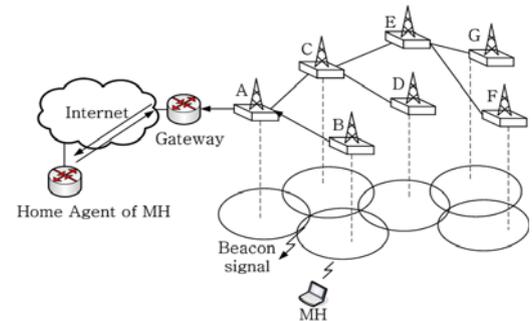


그림 1. Cellular IP 구조

할 경우 제어 패킷을 전송하지 않는다. Cellular IP 네트워크 내 모든 기지국들은 몇 개의 페이징 영역으로 나뉘며 이동호스트에게 주기적 비콘 신호 (beacon signal)을 통해 COA(Care Of Address)를 할당 한다. 그리고 이동호스트로의 패킷 전달을 위해 라우트 캐쉬에 이동호스트의 COA를 저장 관리 한다. Cellular IP 게이트웨이는 자신의 영역 내에 있는 모든 이동호스트의 위치 등록 및 그 관리 역할을 한다. 패킷은 hop by hop을 기반으로 Cellular IP 네트워크 내에서 라우팅 되며 그 방향은 이동호스트로부터 게이트웨이 쪽으로 상향 링크(up link)와 반대 방향의 하향 링크(down link)가 있으며 최단거리 알고리즘(shortest path algorithm)에 의해 구성되어 있다.

### 2.2 인다이렉트 핸드오프(Indirect Handoff)

인다이렉트 핸드오프는 TDMA 기반의 망에서 사용된다. 이 경우, MH는 새로운 영역의 BS 방향으로 라우트 업데이트 패킷을 직접 보낼 수 없다. MH는 새로운 영역의 BS에게 라우트 업데이트 패킷을 전송하는 것이 아니라 현재 영역의 BS에게 라우트 업데이트 패킷을 보낸다. 이 패킷은 새로운 영역의 BS의 위치정보 데이터베이스를 포함한다. 세미소프트 핸드오프와는 달리 인다이렉트 핸드오프는 게이트웨이로 라우트 업데이트 패킷을 보내고 게이트웨이는 일반적인 IP 라우팅을 통하여 새로운 영역의 BS에게 라우트 업데이트 패킷을 전달한다. 이후의 과정은 세미소프트 핸드오프 과정과 일치한다. 인다이렉트 핸드오프 시그널링 방식은 그림 2와 같다.

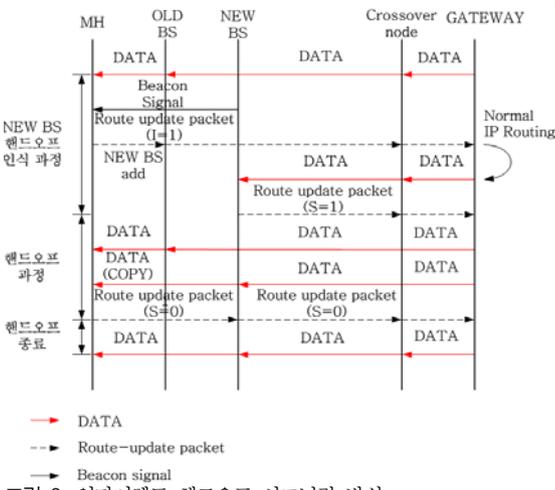


그림 2. 인다이렉트 핸드오프 시그널링 방식

인다이렉트 핸드오프 방식을 사용하는 경우 TDMA 기반의 망에서 하드 핸드오프 과정의 성능을 보완할 수는 있으나, 새로운 영역의 BS에 라우트 업데이트 패킷을 전달하는 과정에서 하드 핸드오프와 마찬가지로 기존 채널과의 연결을 종료한 후 새로운 채널과 연결되기 때문에 핸드오프 기간 동안 패킷 손실을 발생하여 UDP 및 TCP 성능 저하를 발생 시킨다.

### III. 제안한 버퍼링 및 시그널링 과정

인다이렉트 핸드오프 방식은 핸드오프가 발생할 경우 MH가 새로운 영역의 BS에게 핸드오프 사실을 알리기 위해 게이트웨이 까지 라우트 업데이트 패킷을 전송한다. 또한 게이트웨이는 새로운 영역의 BS이 핸드오프 사실을 인식하기전에 새로운 영역의 BS 방향으로 데이터를 전송한다. 이로 인하여 인다이렉트 핸드오프 방식을 사용할 경우 핸드오프 인식 과정에서 패킷 유실 및 불필요한 시그널링이 발생하게 된다. 제안한 방식은 핸드오프 인식과정에서 발생하는 패킷 유실을 방지하기 위하여 크로스오버 노드에서 버퍼를 사용하여 패킷을 버퍼링하는 방식과 불필요한 시그널링 과정을 최소화하는 방법을 제안 하도록 한다.

#### 3.1 제안한 버퍼링 과정

크로스오버 노드에서 핸드오프 인식과정에서 발생하는 패킷유실을 방지하기 위한 버퍼링 과정은 그림 4와 같은 알고리즘 방식으로 수행 되며 알고리즘을 수행할 가정은 다음과 같다.

1. 도메인 내의 모든 라우터는 BS의 위치정보 데이터베이스를 나타내는 "BS specific routing table"를 포함 하고 있다.
  2. 도메인 내의 모든 라우터는 크로스오버 노드로 결정될 경우 버퍼링 과정을 수행한다.
- 제안한 버퍼링 방식은 다음과 같은 단계로 진행된다.

단계 1: 핸드오프가 발생하는 경우 기존영역의 BS은 라우트 업데이트 메시지를 상향 링크 방향으로 전송한다.

단계 2: 라우트 업데이트 메시지를 수신한 라우터는 BS specific routing table을 비교하여 새로운 영역의 BS의 엔트리가 존재하는지 확인한다. 새로운 영역의 BS의 엔트리가 존재하는 경우 라우터는

크로스오버 노드가 되며 라우터 업데이트 메시지를 새로운 BS에게 전달한다. 그렇지 않은 경우 라우터는 라우트 업데이트 패킷을 자신의 상향 링크 방향으로 전송한다.

단계 3: 크로스오버 노드가 결정된 후 크로스오버 노드는 새로운 영역의 BS으로 라우트 업데이트 메시지를 전달한다. 이 경우 크로스오버 노드는 새로운 영역의 BS으로 전송되는 패킷을 버퍼링하기 시작한다.

단계 4: 크로스오버 노드는 새로운 영역의 BS으로부터 라우트 업데이트 메시지에 대한 응답 메시지를 받았는지를 확인한다. 응답 메시지를 받은 경우 버퍼링을 중단하고 기존 영역의 BS과 새로운 영역의 BS 양 방향으로 버퍼링한 패킷을 전송한다.

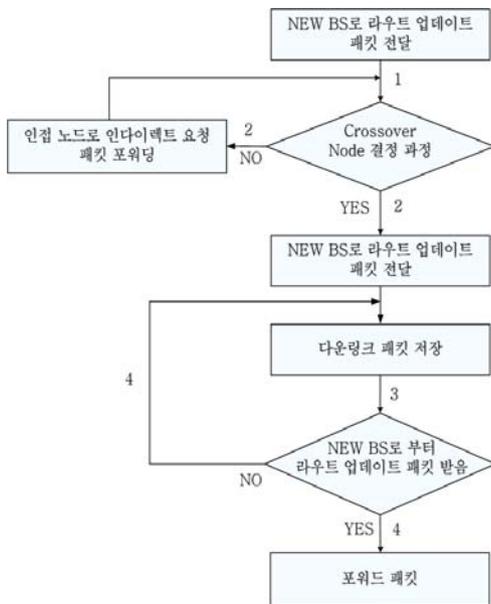


그림 3. 제안한 버퍼링 구조

### 3.2 제안한 시그널링 과정

기존의 인다이렉트 핸드오프 방식의 시그널링 과정은 게이트웨이에서 새로운 영역의 BS에게 전송되는 라우트 업데이트 메시지를 처리하기 때문에 새로운 영역의 BS이 핸드오프를 인식하는 과정에서 불필요한 트래픽이 발생하게 된다. 제안한 방식은 크로스오버 노드에서 BS으로 전송되는 라우트 업데이트 패킷을 처리하기 때문에 게이트웨이까지 핸드오프 요청 메시지를 전달함으로써 발생하는 시그널링 트래픽을 최소화 한다. 제안한 방식의 시그널링 과정은 그림 4와 같다.

핸드오프가 발생하는 경우 MH는 크로스오버 노드로 라우트 업데이트 패킷을 전송한다. 크로스오버 노드는 BS specific routing table을 참조하여 새로운 영역의 BS으로 라우트 업데이트 패킷을 전송한다. 새로운 영역의 BS은 핸드오프가 발생한 것을 인식한 후 크로스 오버 노드에게 핸드오프 응답 메시지로 라우트 업데이트 패킷을 전송한다. 크로스오버 노드는 라우트 업데이트 패킷을 받게 되면 크로스오버 노드에 버퍼링하고 있던 패킷을 기존 영역의 BS과 새로운 영역의 BS 양방향으로 전송한다. 핸드오프가 종료되는 경우 MH는 핸드오프가 종료됨을 알리는 메시지로 라우트 업데이트 패킷을 게이트웨이에게 전달함으로써 핸드오프를 종료하게 된다.

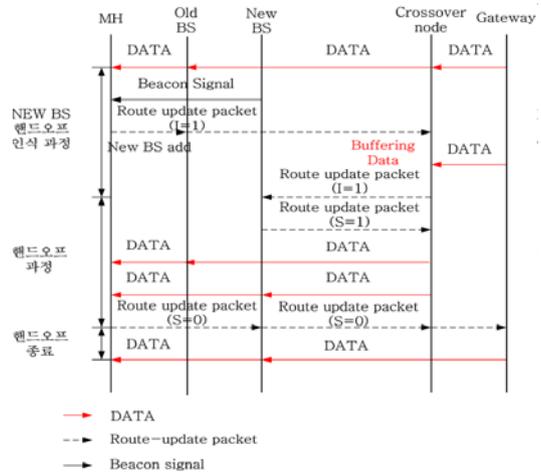


그림 4. 제안한 시그널링 방식

## IV. 시뮬레이션 및 고찰

본 장에서는 각각 서로 다른 핸드오프 방식을 사용하였을 경우 발생하는 UDP 및 TCP 환경에서의 패킷 유실과 중복되는 패킷에 관한 성능을 비교 분석 함으로서 제안한 핸드오프 방식의 성능 개선을 보이고자 한다. 제안한 방식의 성능 측정의 위하여 ns-2로 시뮬레이션을 수행하였으며 시스템 성능 측정시 발생하는 패킷 유실 방지에 중점을 두었다. 성능 평가 비교 대상은 소프트 핸드오프 방식이 아닌 하드 핸드오프 방식으로 소프트 핸드오프 방식을 사용하는 세미소프트 핸드오프 방식은 성능 평가를 하지 않는다.

먼저 Cellular IP 내의 모든 링크의 전송지연을 동일 값으로 설정한 토폴로지에 관하여 시뮬레이션

을 하였으며 다음으로 실제 토폴로지와 유사한 환경을 위하여 무선 상황의 특성인 추가지연을 감안한 환경의 토폴로지에 관하여 시뮬레이션을 하였다.

4.1 시뮬레이션 1: 링크의 전송지연을 동일 값으로 한 설정

4.1.1 실험 환경

그림 5는 시뮬레이션 1에서 사용한 토폴로지를 보여준다. 시뮬레이션 1에 사용된 모델들은 Cellular IP 내의 모든 링크의 전송지연을 동일 값으로 설정한 구조이며, 제안한 핸드오프 방법을 사용하였을 경우 얻을 수 있는 효용에 대해 보다 명시적으로 알아보기 위하여 우선 실제 무선 환경 특성을 고려한 모델을 대신하여 전송지연이 동일한 구조의 모델을 제시 하였다. N1부터 N5까지는 Cellular IP 노드들이며 N0는 게이트웨이이다.

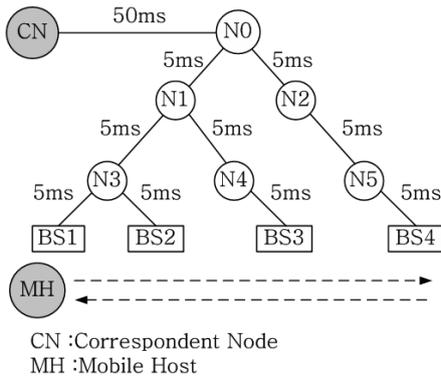


그림 5. 시뮬레이션 1을 위한 네트워크 토폴로지

4.1.2 실험 방법

시뮬레이션 1은 MH가 BS1에서 BS4 까지 일정한 속도로 이동한 후 다시 BS4에서 BS1으로 일정한 속도로 이동한 경우, 실제로 새로운 영역의 BS이 핸드오프를 인식하는 과정에서 얼마나 많은 패킷 유실 및 중복 패킷을 수신하게 되었는지에 대해 확인해 보기 위한 실험이다. 초기에 MH는 BS1과 접속하여 송수신 할 수 있도록 BS1의 위치에 위치한 것으로 간주한다. 각 링크의 전파 지연은 5ms라고 가정한다. CN(Correspondent Node)는 3sec에서부터 MH로 향하는 UDP와 TCP 트래픽을 생성시킨다. MH는 BS1으로부터 패킷을 전달 받게 되며, BS1과 접속을 유지한 채로 MH는 BS2, BS3, BS4를 향하여 이동하게 된다. 이후에 BS4에 위치한 MH는 다시 BS3, BS2, BS1을 향하여 이동하여 최종적으로 BS1과 접속하여 패킷을 수신할 수 있는

상태까지 이동하게 된다. 링크계층의 핸드오프 시간은 10ms, 크로스오버 노드에서 패킷 지연은 20ms라고 가정한다.

4.1.3 실험 결과

표 1은 UDP 실험에서 MH가 감지한 유실 패킷과 중복패킷 수로 Cellular IP 하드 핸드오프, 인다이렉트 핸드오프, 제안한 핸드오프 방법을 비교하여 표로 나타내었다.

표 1. UDP 결과: 시뮬레이션 1에서의 패킷 유실과 중복 패킷 수

	BS1->BS2	BS2->BS3	BS3->BS4	BS4->BS3	BS3->BS2	BS2->BS1
Hard Handoff	4/0	6/0	9/0	10/0	7/0	4/0
Indirect Handoff	2/2	3/2	5/2	3/2	3/2	1/2
Proposed Indirect Handoff	1/2	2/2	5/2	3/2	2/2	1/2
Proposed Indirect Handoff (Buffer)	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2

CN은 매 5ms 마다 패킷을 전송 시킨다. 실험에서 하드 핸드오프의 경우, 유실 패킷 수는 새로운 영역의 BS로부터 크로스오버 노드까지의 전파지연과 비례한다. 인다이렉트 핸드오프 방식의 경우 하드 핸드오프 방식에 비하여 패킷 유실 및 중복 패킷이 줄어들은 것을 알 수 있다. 인다이렉트 핸드오프 방식에서 패킷 유실이 발생하는 것은 새로운 영역의 BS이 핸드오프 사실을 인식하기 전에 게이트웨이로부터 패킷을 전송 받기 때문이다. 제안한 핸드오프 방법은 크로스오버 노드에서 버퍼를 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우 각각에 관하여 패킷 유실 및 패킷 중복을 측정하였다. 크로스오버 노드에서 버퍼를 사용하지 않는 경우 인다이렉트 핸드오프와 마찬가지로 패킷 유실이 발생하였다. 그러나 크로스오버 노드에서 버퍼를 사용하는 경우 패킷 유실은 발생하지만 패킷 중복은 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

그림 6은 시뮬레이션 1에서 시간에 따른 TCP 연결에 대한 throughput 변화를 그래프로 나타낸 것으로 하드 핸드오프 방식과 제안한 핸드오프 방식의 비교 결과이다. 하드 핸드오프 방식의 경우 MH가 새로운 영역의 BS으로 이동할 때 마다 채널 재접속 과정을 수행하여야 하기 때문에 제안한 핸드오프 방식에 비하여 심각한 throughput의 저하가 발생하는 것을 알 수 있다.

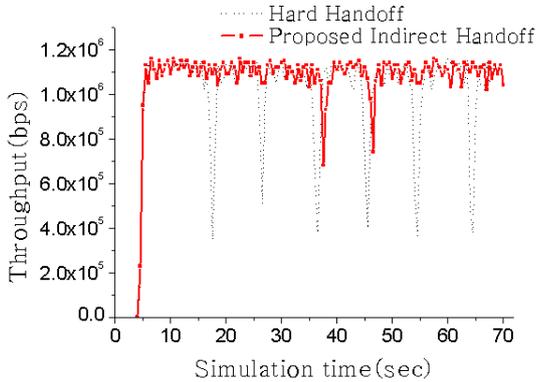


그림 6. 제안한 핸드오프와 하드 핸드오프 비교

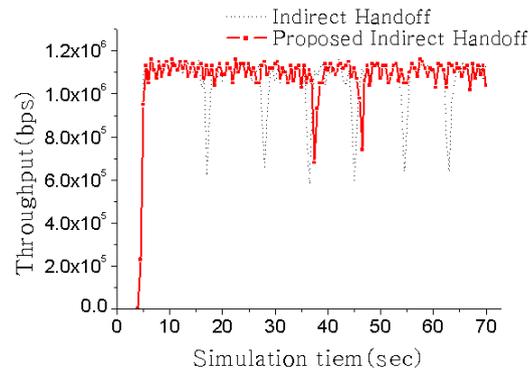


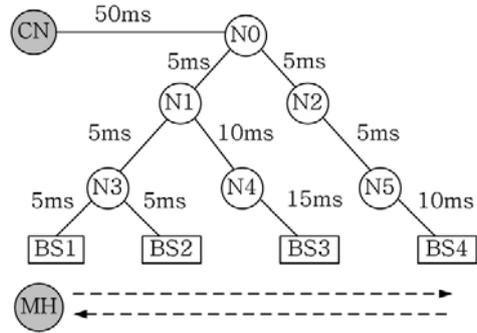
그림 7. 제안한 핸드오프와 인다이렉트 핸드오프 비교

그림 7은 시뮬레이션 1에서 시간에 따른 TCP 연결에 대한 throughput 변화를 그래프로 나타낸 것으로 인다이렉트 핸드오프 방식과 제안한 핸드오프 방식의 비교 결과이다. 인다이렉트 핸드오프 방식은 새로운 영역의 BS이 핸드오프를 인식하는 과정에서 채널의 재접속이 필요하기 때문에 MH가 새로운 영역의 BS으로 이동할 때마다 throughput 저하가 발생 하여 제안한 핸드오프 방식에 비하여 throughput의 저하가 발생하는 것을 알 수 있다.

## 4.2 시뮬레이션 2 : 링크의 추가지연을 고려한 설정

### 4.2.1 실험환경

그림 8은 시뮬레이션 2에서 사용한 토폴로지를 보여준다. 시뮬레이션 1에서는 Cellular IP 내의 모든 링크의 전송지연을 동일 값으로 설정한 구조를 이용하여 제안한 핸드오프 방법에서 발생할 수 있는 패킷 유실과 중복 패킷에 대해 살펴 보았다. 시뮬레이션 2에서는 실제 무선 환경 특성을 고려한 토폴로지 환경에서 제안한 방안의 효율성에 관하여 검토한다.



CN :Correspondent Node

MH :Mobile Host

그림 8. 시뮬레이션 2를 위한 네트워크 토폴로지

### 4.2.2 실험 방법

실제 네트워크상에서 응용프로그램이 겪는 RTT (Round Trip Time) 값은 물리적인 전파 지연보다 훨씬 크다. 우리는 이러한 실제상황을 감안하여 두 번째 실험에서는 각 링크의 전파지연을 5ms부터 15ms까지 다양하게 가정하였다(그림 8). 각 링크의 전파지연을 서로 다르게 설정하는 것은 실제 BS이 트리 토폴로지 상에서 다른 레벨에 위치할 수 있으며, 주변 트래픽 상황에 따라 무선망에서의 전송지연이 변화할 수 있기 때문이다. 시뮬레이션 1에서와 마찬가지로 MH는 BS1에서 BS4 사이를 이동한다. 나머지 시뮬레이션 환경은 시뮬레이션 1과 동일하다.

### 4.2.3 실험 결과

표 2는 UDP 트래픽 성능실험 결과를 표로 나타낸 것이다. 표 2의 결과는 표 1과 비교하여 패킷의 유실 수와 패킷의 중복 수가 증가한 것을 알 수 있다.

크로스오버 노드에서 버퍼를 사용하지 않았을 경우 인다이렉트 핸드오프와 비교하여 BS1에서 BS2로 BS4에서 BS3로 BS2에서 BS1으로 이동할 경우 중복패킷이 감소한 것을 알 수 있다. 인다이렉트 핸드오프 방식과 제안한 인다이렉트 핸드오프 방식의

표 2. UDP 결과: 시뮬레이션 2에서의 패킷 유실과 중복 패킷수

	BS1->BS2	BS2->BS3	BS3->BS4	BS4->BS3	BS3->BS2	BS2->BS1
Hard Handoff	4/0	8/0	13/0	14/0	8/0	5/0
Indirect Handoff	2/2	2/4	10/0	2/8	6/0	2/2
Proposed Indirect Handoff	1/2	2/4	10/0	2/7	6/0	2/1
Proposed Indirect Handoff (Buffer)	0/2	0/3	5/0	0/4	2/0	0/2

경우 BS2에서 BS3로 또는 BS4에서 BS3로 이동하는 경우 이전 경로의 전파 지연보다 새로운 경로의 전파지연이 긴 경우로 MH가 너무 일찍 핸드오프를 수행하기 때문에 중복패킷이 발생하게 된다. BS3에서 BS4로 또는 BS3에서 BS2로 이동하는 경우 이전 경로의 전파 지연이 새로운 경로의 전파지연 보다 긴 경우로 새로운 경로에 위치하는 BS이 핸드오프 사실을 인식하기 전에 크로스오버 노드를 통해 패킷이 전송되기 때문에 유실 패킷이 발생한다.

그림 9는 시뮬레이션 2에서 시간에 따른 TCP 연결에 대한 throughput 변화를 그래프로 나타낸 것으로 하드 핸드오프 방식과 제안한 핸드오프 방식의 비교 결과이다. 시뮬레이션 1에서와 마찬가지로 하드 핸드오프 방식은 제안한 핸드오프 방식에 비하여 throughput 저하가 발생하는 것을 알 수 있다. 35초 근방에서 제안한 핸드오프 방식의 throughput은 1150 Kbps에서 830Kbps로 떨어지는데, 이것은 MH가BS3에서 BS4으로 이동시 새로운 영역의 BS이 핸드오프를 인식하지 못한 상태에서 새로운 영역의 BS으로 패킷이 전송 되어 패킷 유실이 발생하였기 때문이다.

그림 10은 시뮬레이션 2에서 시간에 따른 TCP 연결에 대한 throughput 변화를 그래프로 나타낸 것

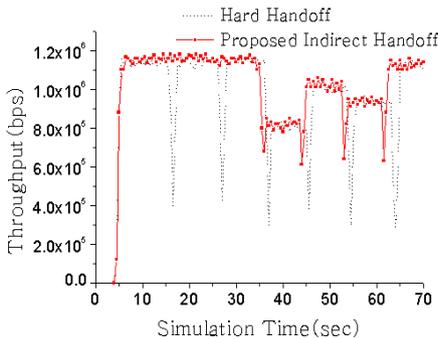


그림 9. 제안한 핸드오프와 하드 핸드오프 비교

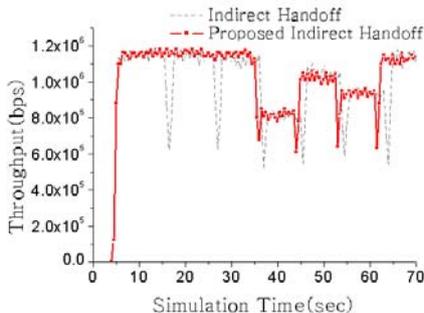


그림 10. 제안한 핸드오프와 인다이렉트 핸드오프 비교

으로 인다이렉트 핸드오프 방식과 제안한 핸드오프 방식의 비교 결과이다. 시뮬레이션 1에서와 마찬가지로 인다이렉트 핸드오프 방식은 제안한 핸드오프 방식에 비하여 throughput 저하가 발생하는 것을 알 수 있다.

그림 11은 새 경로의 전파지연이 이전 경로의 전파지연보다 짧은 경우이다. BS3에서 BS4로 핸드오프 할 경우, 새로운 영역의 BS은 이전영역의 BS보다 먼저 같은 패킷을 수신한다. MH가 새로운 영역의 BS으로 이동하기 전에 4057, 4058 패킷은 이미 새로운 영역의 BS에 도착하여 결국 유실된다.

그림 12의 경우는 새로운 경로의 전파지연이 이전 경로의 전파지연보다 긴 경우로 BS4에서 BS3로 핸드오프할 경우 43.55초에 실제 핸드오프가 종료되었다. 크로스오버 노드는 크로스오버 지연이 경과한 패킷들을 새로운 영역의 BS으로 흘려보낸다. MH는 43.55초부터 43.57초까지 새로운 영역의 BS로부터 패킷을 수신하는데, 이 패킷들은 이미 이전 BS에서 수신한 패킷들이다. 그러므로 MH는 3개 이상의 중복 ACK를 CN에게 보내게 되어 TCP혼잡제어 메커니즘을 구동시킨다.

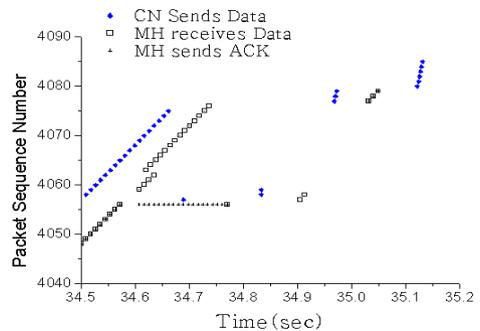


그림 11. 제안한 핸드오프 방식에서 TCP 연결의 송신자, 수신자 패킷추적(BS3->BS4)

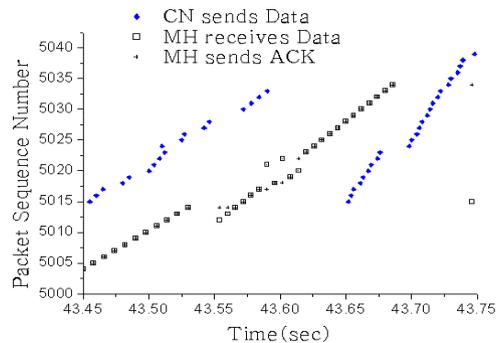


그림 12. 제안한 핸드오프 방식에서 TCP 연결의 송신자, 수신자 패킷추적(BS4->BS3)

## V. 결 론

제한된 공간에서 사용할 수밖에 없었던 유선 인터넷 통신을 무선 환경으로 확장함으로써 언제 어디서나 무선 인터넷을 통한 통신 서비스를 원하는 사용자들의 요구를 만족시킬 수 있게 될 것이다. 그러나 무선 환경에서 호스트는 이동성을 지니게 되므로 이동성 관리가 상당히 큰 문제로 대두 될 것이며, 이에 관한 연구가 계속적으로 진행되고 있다. 이러한 호스트의 이동성 문제를 해결하기 위하여 무선망의 모든 요소들은 IP 프로토콜을 기본적으로 사용하게 될 것이며 모든 이동성 관리는 IP 프로토콜을 기반으로 하게 될 것이다.

본 논문에서는 IP 프로토콜을 기반으로 무선 환경에서 효율적인 이동성 보장을 위하여 제안된 방안들을 살펴보았다. Cellular IP 핸드오프 중 한 기법인 Cellular IP 인다이렉트 핸드오프는 새로운 영역의 BS이 핸드오프 사실을 인식하기 전 게이트웨이로부터 패킷을 전달 받기 때문에 패킷 유실이 발생하며, MH가 새로운 영역의 BS에게 핸드오프 사실을 알리기 위하여 게이트웨이까지 라우트 업데이트 패킷을 전송하기 때문에 불필요한 시그널링이 발생할 수 있다는 문제점을 알 수 있었다.

제안한 핸드오프 방식에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 크로스오버 노드를 사용하였으며, 특히 크로스오버 노드에서 버퍼를 사용함으로써 새로운 영역의 BS가 핸드오프 사실을 인식하기 이전에 전송되는 패킷을 버퍼링함으로써 패킷 유실을 방지하였으며, 새로운 영역의 BS에게 핸드오프 사실을 알리기 위해서 게이트웨이 까지 전송되는 라우트 업데이트 패킷을 크로스오버 노드에서 처리하는 모델을 제안함으로써 불필요한 시그널링 발생을 최소화 하였다. 시뮬레이션을 통하여 링크의 전송지연을 동일 값으로 설정한 토폴로지와 링크의 전파 지연을 고려한 토폴로지에서 UDP 패킷에 관하여 제안한 핸드오프 방식이 패킷 유실 및 패킷 중복 감소하는 것을 알 수 있었으며 제안한 핸드오프 방식이 TCP 패킷에 관하여 MH가 새로운 영역의 BS으로 이동할 때마다 발생하는 throughput 이 향상 되는 것을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

[1] James D. Soloman, Mobile IP: The Internet Unplugged, 1997.

[2] E. Gustafsson, A. Jonsson, and C. Perkins, "Mobile IPv4 Regional Registration," IETF Internet Draft, <draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-07.txt>, October, 2002.

[3] Charles Perkins editor, "IP Mobility Support", Internet RFC 2002, Work in Progress 1996.

[4] Andrew T. Campbell, Javier Gomez, Sanghyo Kim, and Chieh-yih Wan, Columbia University, Comparison of IP Micromobility Protocol, December, 2001.

[5] A. Campbell et al, "Cellular IP", Internet Draft, draft-ietf-mobile-cellularip-00.txt, October 1999.

[6] Grønbaek, I. Cellular IP: overview and enhancements. Project I paper, 8. March 1996.

[7] Andra's Gergely Valko', Design and Analysis of Cellular Mobile Data Networks, 1999.

[8] Mona Ghassemian, Evaluation of Different Handoff Schemes for Cellular IP, 2001.

[9] Suraj Jaiswal, Handoff Mechanism in Cellular IP: Enhancement into the Indirect Handoff Mechanism.

[10] R. Ramjee et al, "HAWAII: a Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Networks,"

[11] Univ. of Columbia Micro-mobility Home Page. URL:http://comet.columbia.edu/micro-mobility/

[12] Univ. of Columbia Cellular IP Home Page. URL:http://comet.columbia.edu/cellularip/

정 원 수 (Won-soo Jung)

정희원



2003년 2월 대전대학교 통신공학과 졸업(공학사)  
2005년 2월 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)  
<관심분야> IEEE 802.11, Mobile IP, Micro Mobility

윤 찬 영 (Chan-young Yun)

정희원

한국통신학회 논문지 제 27권 8C호 참조

오 영 환 (Young-hwan Oh)

정희원

한국통신학회 논문지 제 29권 8C호 참조