

# 이동 노드의 접속점 변경에 따른 IP 데이터그램 유실의 최소화 방안

정희원 권혜연\*, 박애순\*, 이재경\*, 박종원\*\*

## A Mechanism for Minimizing Loss of IP Datagrams by Changing in Point-of-Attachment of Mobile Node

Hye-yeon Kwon\*, As-soon Park\*, Jae-kyung Lee\*, Jong-won Park\*\* *Regular Members*

### 요약

이동 IP 지원 환경에서 이동 노드가 방문 중인 외부 에이전트를 떠나 새로운 외부 에이전트로 이동하면, 새로운 외부 에이전트에서의 이동 노드는 등록이 완료될 때까지 위치 식별이 어렵게 된다. 따라서 이 동안에 발생하는 이동 노드를 목적지로 하는 데이터그램은 이동 노드에게 전달되지 못하고 유실된다. 본 논문에서는 이러한 이동 노드가 외부 에이전트를 변경하는 중에 발생하는 데이터그램이 유실되지 않도록, 이전의 외부 에이전트가 새로운 외부 에이전트로 해당 데이터그램을 터널링하는 메커니즘에 대해 기술한다. 이 메커니즘은 이동 노드가 등록 과정에서 자신의 변경된 위치를 이전의 외부 에이전트에게 알려주어, 이전의 외부 에이전트가 홈 에이전트로부터 터널링되는 데이터그램을 새로운 외부 에이전트를 통해 이동 노드에게 전달할 수 있도록 한다. 이러한 방법은 인접 외부 에이전트간의 등록과 터널링에 걸리는 시간이 짧으므로, 유실되는 데이터그램의 수를 최소화하고 추가적인 메시지와 확장 필드의 사용을 요구하지 않는다.

### ABSTRACT

The Temporal Tunnel Mechanism for Mobile IP(MIP) is proposed for minimizing loss of datagrams during handoff. In MIP, When a Mobile Node moves to Foreign Agent and changes its point-of-attachment, the IP datagrams for MN are lost because the MN's new location can't be recognized in networks until it is registered to Home Agent. By this mechanism, the Mobile Node informs a new address at New Foreign Agent to Previous Foreign Agent during registration. Then Previous Foreign Agent transmits the IP datagrams that are tunneled by Home Agent to Mobile Node. The losses of datagrams are minimized without additional messages and extensions by the mechanism proposed.

### I. 서론

이동 인터넷 프로토콜(Mobile Internet protocol, 이하 이동 IP)은 에이전트 발견과 등록 그리고 터널링 절차에 의해 이동하는 호스트 또는 라우터를 지칭하는 이동 노드(Mobile Node, 이하 MN)에게 인터넷의 어느 위치에서도 자신을 목적지로 하는 IP 데이터그램의 수신을 가능하게 해준다<sup>[1][2][3][4][5]</sup>.

이러한 이동 IP 환경에서 이동 노드가 현재 등록되어있는 외부 에이전트(Foreign Agent, 이하 FA)를 벗어나 다른 외부 에이전트로 이동하는 중에 발생하는 IP 데이터그램은 자연스럽게 홈 에이전트(Home Agent, 이하 HA)에 의해 이동 노드의 이전에 등록된 외부 에이전트(Previous FA, 이하 PFA)로 계속 터널링된다. 그러나 터널링 종단의 PFA는 이미 새로운 외부 에이전트(New FA, 이하 NFA)

\* 한국전자통신연구원(hykweon@etri.re.kr, aspark@etri.re.kr, jklee@etri.re.kr)

\*\* 충남대학교 공과대학 정보통신공학부(jwpark@crow.chungnam.ac.kr)

논문번호 : 00285-0726, 접수일자 : 2000년 7월 26일

로 이동한 이동 노드에게 터널링 된 데이터그램을 전달할 수 없게 되어 해당 데이터그램은 폐기되거나 홈 에이전트로 되돌려 보내지게 된다. 이것은 상위 계층에서의 재전송을 증가시키거나 홈 에이전트와 PFA간의 라우팅 순환을 발생시킨다<sup>[2][3]</sup>.

위와 같은 상황의 데이터 손실을 최소화하기 위한 연구는 많이 진행되어 왔으나 대부분 홈 에이전트가 관여하거나 위치 등록기를 통한 이동성 관리<sup>[6][7]</sup> 또는 버퍼를 이용한 저장 후 전송 방식<sup>[8]</sup>으로 홈 에이전트 또는 외부 에이전트의 부하를 증가시키고 불필요한 제어 메시지의 사용을 요구한다.

본 논문에서는 이동 노드의 새로운 등록 과정에 PFA를 개입시켜 PFA가 자연스럽게 이동 노드의 현재 위치를 알도록 함으로써, PFA가 홈 에이전트로부터 터널링 된 데이터그램을 NFA 영역에 있는 이동 노드로 다시 터널링시킬 수 있도록 하는 이동 IP를 위한 일시적인 터널 메커니즘을 제안한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 제1장 서론에 이어 2장에서는 이동 IP의 특징과 이동 IP가 갖고있는 문제점을 분석한다. 3장에서는 이동 노드의 외부 에이전트 변경 중에 발생하는 IP 데이터그램의 유실을 줄이기 위한 이동 IP를 위한 일시적인 터널 메커니즘을 기술한다. 4장과 5장에서는 제안된 메커니즘의 성능을 분석하고 결론과 향후 연구과제에 대해 기술한다.

## II. 이동 IP 개요 및 연구 동기

본 절에서는 이동 IP의 기본적인 특성에 대해 알아보고, 이동 IP의 장단점과 핸드오프중의 데이터 손실에 대한 연구 동기를 나타내었다.

### 1. 구성 요소

이동 IP는 이동 노드와 홈 에이전트 그리고 외부 에이전트로 구성된다. 이동 노드는 IP 주소의 변경 없이 위치의 이동이 가능한 호스트나 라우터를 지칭한다. 홈 에이전트는 이동 노드의 위치 정보를 관리하고 이동 노드를 향한 데이터그램을 이동 노드가 현재 속한 망으로 전달하는 기능을 갖는다. 외부 에이전트는 이동 노드가 방문한 외부 망에서 이동 노드의 홈 에이전트로부터 전달된 데이터그램을 이동 노드에게 전달하는 기능을 가지며 이동 노드가 송신하는 데이터에 대한 기본 게이트웨이로 동작한다.

### 2. 주소 체계

이동 IP의 이동 노드는 새로운 망에서의 식별과 라우팅을 위해 홈 주소(Home Address)와 COA (Care-of-address)라는 두개의 이원화된 주소체계를 갖는다. 홈 주소는 이동 노드에게 영구히 부여된 고정 IP 주소를 나타내며, COA는 이동 노드가 방문하는 새로운 외부 망으로부터 매번 부여되는 IP 주소를 나타낸다. COA는 이동 노드의 홈 망에서 외부 망까지의 라우팅에 이용되며 홈 에이전트로부터 이동 노드로 향하는 터널의 종단점이 된다.

한편, COA는 외부 에이전트의 개입과 주소 할당 방법에 따라 FA COA와 Co-located COA로 나뉘어진다. FA COA는 외부 에이전트의 에이전트 광고 메시지를 통해 제공되는 COA로서 외부 에이전트의 IP 주소이거나 외부 에이전트가 제공하는 임시 IP 주소가 된다. Co-located COA는 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)<sup>[17]</sup> 또는 PPP (Point-to-Point Protocol)<sup>[18]</sup> 등에 의해 이동 노드에 임시로 부여되는 지역 IP 주소로서 이동 노드는 이 주소를 자신의 망 인터페이스들 중 하나와 연관시킨다<sup>[1][2][3]</sup>.

### 3. 동작 절차

이동 IP는 그림 1과 같이 에이전트 발견과 등록, 터널링의 세 단계 절차로 동작한다. 에이전트 발견 절차는 이동 노드가 자신의 현재 위치를 알아내는 단계로 이동 노드는 자신의 현재 위치가 외부 망으로 판단되면 새로운 COA를 부여받는다. 등록 절차는 이동 노드가 새로이 부여받은 COA를 자신의 홈 에이전트에 등록하는 단계로 홈 에이전트가 이동 노드의 현재 위치를 파악할 수 있도록 한다. 터널링 절차는 홈 에이전트가 외부 에이전트 영역에 있는 이동 노드에게 데이터를 전달해주는 단계로 해당 데이터는 캡슐화와 역캡슐화 과정을 거친다.

### 4. 이동 IP의 장단점

이동 IP는 이동 노드가 인터넷의 어느 위치에서도 자신의 홈 망에 있는 것처럼 데이터의 수신이 가능하며, 프로토콜이 단순하고 제어 메시지의 교환이 제한된 장점을 가진다. 또한 이동 노드의 이동성 바인딩 정보는 홈 에이전트에서만 관리되어 항상 일관성을 유지할 수 있다<sup>[1][2][3]</sup>.

그러나 한편으로 이동 노드의 경로 유지에 따른 망의 오버헤드와 간헐적인 데이터의 손실을 감수하여야 한다. 그 중에 대표적인 문제점이 Triangle Routing, 외부 에이전트 변경에 따른 데이터의 손

실, 인접 영역 등록 등과 같은 것이 있다<sup>[9][10] [11]</sup>. Triangle Routing은 그림 2와 같이 이동 노드가 송신하는 데이터그램은 외부 에이전트를 통해 상대 노드로 직접 라우팅 되지만, 상대 노드로부터 이동 노드로 전송되는 데이터그램은 반드시 이동 노드의 홈 에이전트를 경유하여야 한다. 따라서 상대 노드와 이동 노드간의 더 짧은 경로가 있음에도 불구하고 반드시 홈 에이전트를 통해야 하는 비효율성을 가진다. 데이터 손실 문제는 이동 노드가 이동하기 위하여 현재 등록된 외부 에이전트 PFA를 벗어나 인접 외부 에이전트 NFA로 이동하는 경우, 이동 노드가 NFA에서의 등록을 완료할 때까지 홈 에이전트가 PFA로 터널링하는 데이터가 손실되는 문제이다. 인접 영역 등록 문제는 이동 노드가 바로 인접한 지역으로 이동하여도 에이전트 발견이나 등록과 관련된 많은 제어 메시지가 요구됨으로써 망의 성능 저하는 물론 서비스 품질(QoS)에도 영향을 주는 경우이다. 한편, 이외에도 이동 노드가 아주 짧은 시간에 계속적으로 움직이면, NFA에서의 새로운 등록이 매번 요구됨으로 빈번한 등록 메시지의 교환이 발생하는 경우도 문제가 되고 있다.

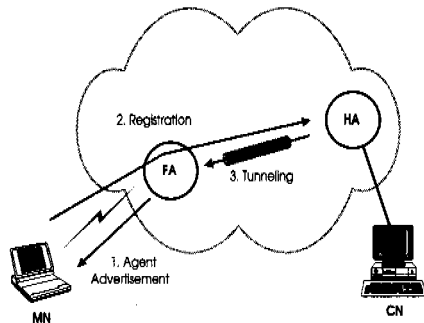


그림 1. 이동 IP 동작 절차

통신 중인 이동 노드가 현재 등록된 외부 에이전트에서 다른 외부 에이전트로 이동하여 링크 계층 접속점 (Point-of-Attachment)을 변경하는 현상을 핸드오프라고 한다. 이동 노드는 핸드오프를 감지하면 새로운 외부 에이전트 NFA에서의 등록을 시도한다. 이때 통신 중인 상대 노드가 계속적으로 보내는 IP 데이터그램은 자연스럽게 홈 에이전트에 의해 이전에 등록된 외부 에이전트 PFA로 터널링된다. 그러나 PFA는 홈 에이전트가 보내는 터널링 데이터를 이미 자신의 영역을 벗어난 이동 노드에게 전달할 수가 없다. 따라서 해당 데이터그램은 폐기되거나 홈 에이전트로 다시 되돌려 보내져서 상위 계층에서의 재전송을 증가시키거나 홈 에이전트와 외부 에이전트간의 라우팅 순환을 유발시킨다<sup>[2][3][11]</sup>.

이와 관련된 연구로 대표적인 것이 이동 IP에서의 경로 최적화 (Route Optimization in MIP)에 의한 Smooth Handoff<sup>[12]</sup>와 이동 IP를 위한 버퍼 관리 메커니즘 (Buffer Management for MIP)<sup>[8]</sup>이 있다. Smooth Handoff는 경로 최적화에 의해 각 노드에서의 이동성 바인딩 정보가 최신으로 유지되면서, PFA가 터널링 된 데이터그램을 이동 노드의 현재 위치로 전달할 수 있도록 한다. 그러나 이 메커니즘은 프로토콜이 복잡하고 제어 메시지의 사용이 빈번하며 복잡한 인증과 키 분배 메커니즘을 요구한다<sup>[9][11]</sup>. 이동 IP를 위한 버퍼 관리 메커니즘은 외부 에이전트를 변경하는 이동 노드를 위해 PFA가 버퍼를 할당하여 터널링 된 데이터그램을 저장한 뒤, 이동 노드의 등록이 완료되면 버퍼에 저장된 데이터를 이동 노드에게 전달해주는 저장 후 전송 방식이다. 이 메커니즘은 핸드오프중의 데이터 손실을 줄일 수 있으나 버퍼 관리를 위한 외부 에이전트의 오버헤드와 빈번한 제어 메시지의 사용이 문제가 된다.

본 논문에서는 이러한 이동 노드의 외부 에이전트 변경에 따른 IP 데이터그램의 손실을 최소화하기 위한 방안으로서 이동 IP를 위한 일시적인 터널 메커니즘을 기술한다.

### III. 이동 IP를 위한 일시적인 터널 메커니즘

일반적으로 이동 노드는 현재 등록된 외부 에이전트의 경계면을 오고 가거나 이웃한 셀 또는 서브넷을 향해 움직이게 된다. 이는 이동 노드가 점유하는 두 개의 외부 에이전트 PFA와 NFA가 인접하고 있거나 아주 가까운 위치에 놓여 있을 가능성을 보

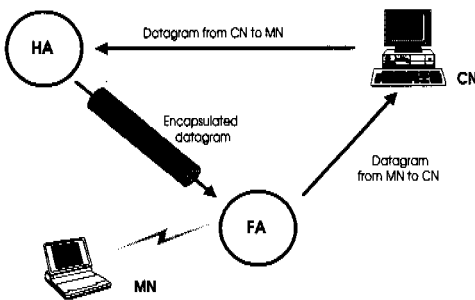


그림 2. Triangle Routing

## 5. 연구 동기 및 사례 분석

여준다<sup>9)</sup>. 따라서 PFA와 NFA 사이의 데이터 전송 시간이 이동 노드가 홈 에이전트에 등록하면서 걸리는 시간에 비해 아주 짧거나 미약함을 가정할 수 있다. 이때 만약 PFA가 이동 노드의 새로운 COA를 알고 있으면, 이동 노드의 등록 시간 동안 PFA는 홈 에이전트로부터 도착되는 실시간 데이터(in-flight data)들을 무사히 이동 노드에게 전달할 수 있다.

이동 IP를 위한 일시적인 터널 매커니즘은 이동 노드가 NFA에서 등록을 시도하는 과정에 PFA가 개입되도록 한다. 이 과정에서 PFA는 이동 노드의 새로운 COA를 알게 되어 NFA와의 데이터 전달을 위한 일시적인 터널을 형성한다. PFA는 이 터널을 통해 이동 노드의 등록이 완료 될 때까지 홈 에이전트가 터널링하는 데이터를 이동 노드에게 전달할 수 있다. 이후 홈 에이전트에서의 등록이 완료되면 홈 에이전트는 자연스럽게 PFA와의 터널을 중단하고 NFA와의 터널을 형성한다. 따라서 어느 일정 시점이 되면 PFA로 터널링되는 데이터는 없게 되고, 이동 노드의 요구에 의해서나 또는 PFA에서 자동으로 일시적인 터널에 대한 등록이 해제된다. PFA가 이동 노드의 등록에 개입되는 과정은 이동 노드가 홈 에이전트로 보내는 등록 요구 메시지가 자연스럽게 PFA를 거쳐가도록 하는 방법으로 처리 된다.

제안된 매커니즘은 기본적인 이동 IP 매커니즘에 기반하며, FA COA를 사용하고 이동 노드와 외부 에이전트간의 인증은 이동 노드와 외부 에이전트간의 인증 확장 필드를 사용하여 이루어진다.

1. 시나리오

제안된 매커니즘은 이동 노드의 등록 과정에서 등록 요구 메시지와 등록 응답 메시지(선택)가 PFA를 거쳐가도록 경로를 설정하는데 이를 간단히 요약하면 그림 3과 같다.

그림 3에서 이동 노드가 보내는 등록 요구 메시지는 NFA, PFA 그리고 홈 에이전트의 순서로 전송된다. PFA는 수신된 등록 요구 메시지를 통해 이동 노드의 새로운 COA를 방문자 리스트에 기록하여 이를 임시 등록으로 간주한다. 이후 홈 에이전트가 PFA로 터널링하는 데이터는 PFA에 의해 역캡슐화된 뒤 다시 새로운 COA로 캡슐화 되어 NFA로 전달된다. NFA는 이를 다시 역캡슐화하여 이동 노드에게 전달한다.

한편, 홈 에이전트가 이동 노드의 등록에 대한 응

답으로 보내는 등록 응답 메시지는 PFA, NFA 그리고 이동 노드의 순서로 전송된다. 이동 노드는 성공적인 등록 응답 메시지를 수신하면 선택적으로 PFA에게 직접 유효시간을 0으로 하는 등록 요구 메시지를 송신하여 PFA가 임시 등록을 해제하도록 할 수 있다. 이러한 등록 과정은 그림 4와 같은 메시지 흐름으로 나타낼 수 있다.

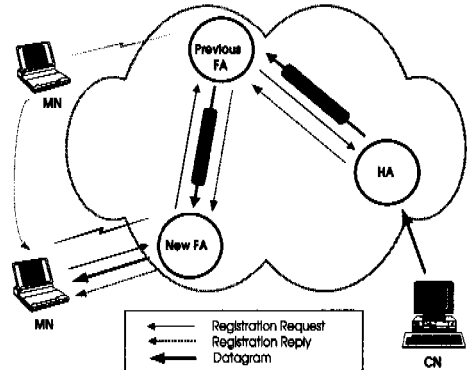


그림 3. 이전에 등록된 외부 에이전트를 통한 등록 절차

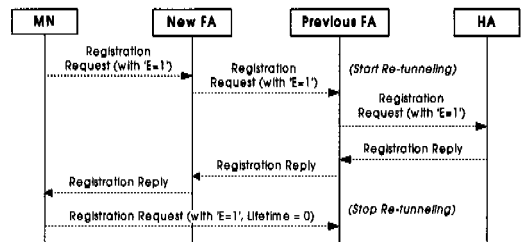


그림 4. 메시지 흐름

2. 임시 등록 해제

PFA에서의 임시 등록은 이동 노드가 직접 해제를 요구하거나, PFA에서의 유효 시간이 종료되면 자동으로 해제된다. 이동 노드가 직접 해제를 요구하는 경우, 이동 노드는 홈 에이전트로부터의 성공적인 등록 응답이 수신되면 즉시 PFA에게 임시 등록의 해제를 요구한다. 이때의 해제 절차는 이동 노드가 다음 절에서 설명되는 수정된 등록 요구 메시지를 PFA에게 직접 전송하게 되는데, 이때 이 메시지의 'E' 플래그는 '1'로 설정되고 "Lifetime" 필드는 '0'으로 설정되며 이에 대한 응답은 요구되지 않는다.

PFA는 이동 노드의 방문자 리스트에 있는 등록 유효 시간이 종료되면 이동 노드가 재등록을 요청하지 않거나 등록 해제 요청이 없는 경우로 판단한다. 이때 PFA는 임시 등록을 즉시 해제하지 않고 홈 에이전트로부터 이동 노드를 향해 계속적으로

터널링되고 있는 데이터가 있는지를 확인한다. 만일 등록 유효 시간이 종료되었으나 계속 터널링되는 데이터가 있는 경우, PFA는 자신의 판단에 의해 임의의 시간만큼 등록 유효 시간을 다시 설정할 수 있다. 만일 계속 터널링되는 데이터가 없는 경우 PFA는 즉시 임시 등록을 해제한다.

3. 제어 메시지

PFA에서의 임시 등록을 위해서 MIP의 이동성 에이전트 광고 메시지와 등록 요구 메시지의 "reserved bit" 중 한 비트를 'E' (Extraordinary Registration) 플래그로 사용한다. 외부 에이전트가 방송하는 이동성 에이전트 광고 메시지의 'E' 플래그는 방송하는 외부 에이전트가 일시적인 터널 메커니즘 수행 능력을 가지고 있어 임시 등록을 허용한다는 것을 알리는 플래그로 사용된다. 등록 요구 메시지의 'E' 플래그는 PFA가 자신을 목적지로 한 등록 요구 메시지를 수신했을 때 이 메시지가 새로 방문한 이동 노드의 등록 메시지인지 핸드오프 중인 이동 노드로부터 보내온 임시 등록을 위한 등록 메시지인지를 구별하기 위한 용도로 사용된다.

또한 NFA와 PFA간의 일시적인 터널에 의한 라우팅이 가능하도록 등록 요구 메시지의 "Home Agent Address" 필드를 "Home Agent Address/Previous FA Address" 필드로 수정하여 홈 에이전트 주소뿐만 아니라 PFA 주소로도 설정할 수 있도록 한다.

그림 5는 이렇게 수정된 이동성 에이전트 광고 메시지를 나타내며, 그림 6은 수정된 등록 요구 메시지를 보여준다.

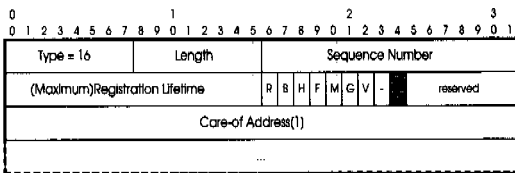


그림 5. 수정된 이동성 에이전트 광고 메시지

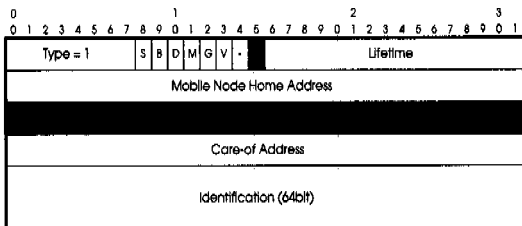


그림 6. 수정된 등록 요구 메시지

4. 인증

등록 절차에 있어 이동 노드와 홈 에이전트간의 인증은 이동 노드와 홈 에이전트간의 인증 확장 필드의 사용에 의해 이루어진다. 이 경우 PFA를 지나는 등록 요구 메시지의 이동 노드와 홈 에이전트간의 인증 확장 필드는 변하지 않는다.

이동 노드와 외부 에이전트간의 인증은 선택 사항으로 만약 이동 노드와 외부 에이전트간의 인증이 반드시 요구되면 이동 노드와 PFA간의 인증은 이미 이동 노드가 PFA를 처음 방문한 시점에 이루어지게 된다.

이동 노드와 NFA간의 인증은 등록 과정에서 이동 노드와 외부 에이전트간의 인증 확장 필드가 사용된다. 따라서 제안된 메커니즘에서의 이동 노드와 NFA, PFA 그리고 홈 에이전트 사이의 별도의 인증 절차는 요구되지 않는다.

5. 이동 노드 고려 사항

이동 노드는 외부 에이전트들과 홈 에이전트로부터 이동성 에이전트 광고 메시지를 수신하면 다음과 같은 필드들을 검사하여, 추후에 핸드오프가 발생한 시점에서 사용할 일시적인 터널 메커니즘의 사용 여부를 판단하고 이를 기록한다. 이 정보는 이동 노드가 핸드오프 발생을 감지한 시점에서 사용된다.

- 수신된 이동성 에이전트 광고 메시지의 'F' 플래그가 '1'이면 이동 노드는 외부 에이전트임을 판단하고 다음을 검사한다.
  - 수신된 이동성 에이전트 광고 메시지의 'E' 플래그가 '1'이면 이동 노드는 현재의 외부에이전트가 핸드오프 중의 일시적인 터널 메커니즘을 지원한다고 판단한다.
- 수신된 이동성 에이전트 광고 메시지의 'F' 플래그가 '0'이거나 'R' 플래그가 '0'이면, 이동 노드는 일시적인 터널 메커니즘에 의한 임시 등록을 시도하지 않는다.

이동 노드는 외부 에이전트에서 처음 접속을 시도하거나 홈 에이전트에서 외부 에이전트로 이동하는 경우, 등록 요구 메시지의 'E' 플래그를 '0'으로 설정하고, "Home Agent Address or Previous FA Address" 필드를 홈 에이전트 주소로 설정하여 전송한다.

이동 노드는 통신 중에 NFA를 발견한 경우, 이전에 이미 PFA가 이동성 에이전트 광고 메시지를 통해 임시 등록의 허용을 알렸으면 다음과 같이 동작한다.

- NFA에서의 최초 등록 시 'E' 플래그를 '1'로 설정하고 "Home Agent Address or Previous FA Address" 필드를 PFA 주소로 설정한 등록 요구 메시지를 NFA로 송신한다.

- 이동 노드는 홈 에이전트로부터의 등록 응답 메시지를 수신하면 선택에 따라 PFA의 임시 등록 해제를 즉시 요구하거나, 유효 시간의 종료에 따른 재등록을 하지 않음으로써 PFA가 자동으로 임시 등록을 해제하도록 한다.

- 이동 노드는 등록 유효 시간 내에 응답을 수신하지 못하면 기본 이동 IP 절차로 다시 등록을 요청한다.

#### 6. 외부 에이전트 고려 사항

외부 에이전트는 임의의 이동 노드에 대해 NFA로 동작할 수도 있고 PFA로 동작할 수 있다. 외부 에이전트는 이동성 에이전트 광고 메시지를 방송할 때 이동 노드의 핸드오프 시 일시적인 터널 메커니즘 지원 능력을 알리는 'E' 플래그를 '1'로 설정한다.

외부 에이전트는 'E' 플래그가 '1'인 등록 요구 메시지를 수신하면 해당 이동 노드의 방문자 리스트가 존재하는 지를 판단하여 다음과 같이 동작한다.

- 해당 이동 노드의 방문자 리스트가 존재하지 않으면, 외부 에이전트는 NFA로서 다음과 같이 동작한다.

- NFA는 해당 이동 노드를 새로 방문한 이동 노드로 간주하고 새로운 방문자 리스트를 만든다.

- 해당 이동 노드의 방문자 리스트가 존재하면 외부 에이전트는 PFA로서 다음과 같이 동작한다.

- PFA는 수신된 등록 요구 메시지를 처리하고 방문자 리스트에 이동 노드의 새로운 COA를 추가한다.

- PFA는 수신된 등록 요구 메시지의 송신을 위해 해당 이동 노드의 방문자 리스트를 검색하여 찾아낸 홈 에이전트 주소를 IP 헤더의 목적지 주소로 설정하여 전송한다.

- PFA는 수신된 등록 응답 메시지의 송신을 위하여 해당 이동 노드의 방문자 리스트를 검색하여

찾아낸 COA를 IP 헤더의 목적지 주소로 설정하여 전송한다.

- PFA는 홈 에이전트로부터 이동 노드로 향하는 터널링 데이터를 역캡슐화 한 뒤 이를 다시 이동 노드의 COA로 캡슐화하여 NFA로 전송한다.
- PFA는 이동 노드로부터의 등록 해제 요청이 있거나 등록 유효 시간이 종료되면 3.3절의 등록 해제 절차를 따른다.

#### 7. 장단점

일시적인 터널 메커니즘은 인접하는 두 외부 에이전트 PFA와 NFA간의 임시 등록과 일시적인 터널링에 의해 이동 노드의 핸드오프 동안 유실될 가능성이 있는 데이터그램의 수를 줄일 수가 있다. 이는 홈 에이전트와 이동 노드간의 거리가 멀면 필수 등록 등록에 걸리는 시간이 길어짐으로써 더 많은 보상 효과를 가진다. 또한 네트워크에 부하를 주는 부가적인 자원의 사용을 요구하지 않으며, 추가적인 메시지와 확장 필드를 사용하지 않고 별도의 인증 절차가 필요치 않는다. 그러나 이동 노드가 NFA에서 홈 에이전트로 등록을 시도하는 과정에서 PFA가 개입하므로 등록이 지연될 수 있으며 PFA에 임시 등록을 시도하는 중에는 여전히 데이터그램의 유실이 발생한다.

### IV. 성능 평가

본 장에서는 제안된 메커니즘에서의 데이터의 손실을 추정해보고 이전에 발표된 연구 사례들과 비교한 결과를 나타내었다.

#### 1. 데이터 손실 분석

이동 노드가 핸드오프 중에 홈 에이전트에 등록하는 과정과 PFA를 통해 등록하는 과정을 간단히 나타내면 그림 7과 같다.

그림 7에서 각 구성 요소들은 다음과 같이 가정된다.

- 홈 에이전트 HA는 PFA로 초당  $\delta$ 개의 IP 데이터그램을 터널링한다.

- 이동 노드 MN이 PFA를 떠나 NFA를 발견하기 까지 걸리는 시간은  $\alpha$ sec 이다.

- MN이 NFA를 통해 개시한 등록이 홈 에이전트에 도달할 때까지 걸리는 시간은  $\beta$ sec이다.

- MN에서 PFA로 임시 등록하는데 걸리는 시간은

$\beta'$ sec이다.

- PFA에서 다시 HA로 등록하는데 걸리는 시간은  $\lambda$ sec이다.
- IP 데이터그램은 Fragmentation되지 않았다.
- 각 에이전트에서 캡슐화와 역캡슐화에 걸리는 시간은 고려하지 않는다.
- 네트워크의 라우터나 이동성 에이전트들 또는 이동 노드에서 제어 메시지를 처리하는데 걸리는 시간과 라우팅 판단에 걸리는 시간은 고려하지 않는다.
- HA와 PFA는 등록 요구 메시지를 받는 순간부터 NFA로 데이터를 터널링한다.

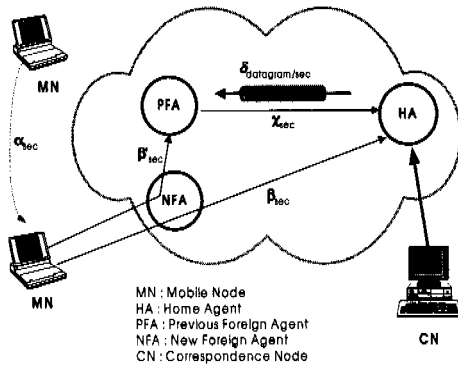


그림 7. 네트워크 전송 모델

상기 가정을 두고 이동 IP의 동작을 살펴보면, MN이 통신을 지속하며 이동하는  $a$ sec 동안과 HA에 등록하는  $\beta$ sec 동안에, HA가 수신하여 PFA로 터널링되는 초당  $\delta$ 개의 데이터그램은 MN에게 전달될 수 없다. 특히, MN과 HA간의 거리가 멀어지면 멀어질수록  $\beta$ sec의 값은 커지게 되므로 유실되는 데이터그램의 수는 증가한다.

그러나 제안된 일시적인 터널 메커니즘에서는 MN이 이동하는  $a$ sec 동안과 임시 등록하는  $\beta'$ sec 동안에만 데이터그램의 유실이 발생한다. 여기서 MN과 PFA, 그리고 NFA간의 거리는 인접 셀 또는 서브넷으로 간주되므로  $\beta'$ sec는  $\beta$ sec에 비해 아주 작다.

이와 같은 네트워크 모델에서의 데이터 손실량을 수식으로 계산하기 위하여 그림 8과 같은 이동 IP 구성 요소간의 시간 모델을 나타내었다. 그림의 왼쪽에 나타나는 파라메타들은 MN이 이동을 시작하여 데이터를 다시 수신할 때까지 걸리는 시간들을 나타낸다. 여기서 MN이 이동하는 시간은  $a$ sec이며 HA에 등록하여 HA로부터 데이터를 전달받기까지 걸리는 시간은  $\lambda$ sec이다. 한편 HA에서 MN까지

전달되는 데이터는 초당  $\rho$ 개이다. PFA에 임시 등록하여 PFA로부터 데이터를 전달받기까지 걸리는 시간은  $\lambda'$ sec이며, PFA에서 HA로 등록되어 비로소 PFA가 아닌 HA로부터 데이터를 전달받기까지 걸리는 시간은  $\mu$ sec이다. 참고로 그림 7에서 보였던 등록 요구 메시지의 송수신에 걸리는 시간을 그림의 오른쪽에 나타내었다.

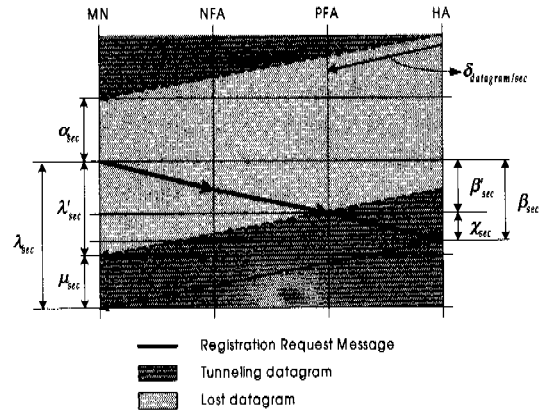


그림 8. 일시적인 터널 메커니즘을 위한 시간 모델

이동 IP에서 MN이 외부 에이전트를 변경하여 HA에 새로 등록하고, HA가 NFA로 데이터를 터널링하여 MN에 해당 데이터가 도착할 때까지 걸리는  $(a+\lambda)$ sec 시간 동안에 PFA로 터널링된  $\rho$ 개의 데이터그램은 유실되게 된다. 이때 유실되는 IP 데이터그램의 수  $L$ 은 수식(1)과 같다.

$$L = \rho \times (a + \lambda) \tag{1}$$

일시적인 터널 메커니즘의 경우, HA로부터 PFA로 터널링되는 데이터그램은 PFA가 MN으로부터 임시 등록을 받은 순간부터 MN에게 재 터널링된다. 따라서 MN이 등록 요구 메시지를 송신한 후, PFA로부터 터널링되는 데이터가 MN에 도달할 때까지  $(a+\lambda')$ sec 시간 동안에만 데이터의 유실이 발생된다. 이때 유실되는 IP 데이터그램의 수  $L'$ 은 수식(2)와 같다.

$$L' = \rho \times (a + \lambda') \tag{2}$$

이때, 수식(1)의  $\lambda$ 는  $(\lambda'+\mu)$ 보다 작으나 MN과 HA간의 거리가 멀고 MN이 위치한 NFA와 PFA간의 거리가 근접하다는 전제하에 같다고 본다. 그러면 수식(2)는 다시 수식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L' = \rho \times (\alpha + \lambda - \mu) \quad (3)$$

이 수식(3)에 수식(1)을 대치하면 수식(4)와 같이 나타낼 수 있는데,

$$L' = L - \rho\mu \quad (4)$$

수식(4)를 통해 이동 IP에서 손실되는 데이터는 일시적인 터널 메커니즘에서 손실되는 데이터보다  $\rho\mu$ 만큼이 많음을 볼 수 있다. 여기서  $\rho\mu$ 는 MN에서 인접 PFA까지의 임시 등록이 완료되면 이미 데이터의 전달이 가능해 지므로, PFA와 HA간의 제어 메시지 처리와 HA가 다시 NFA와의 터널을 만드는 과정에서 손실되는 데이터의 수로 추정된다. MN은 이 시간 동안 PFA를 통해 데이터를 전달받으며, 아무리 HA에서 멀어져도 최소의 데이터 손실을 보장 받을 수 있다.

### 2. 타 메커니즘과의 효율성 비교 분석

수많은 라우터와 에이전트가 존재하는 인터넷과 이동 노드가 접속하는 무선 링크는 한정되어 있으므로, 한정된 자원의 사용과 하나의 이동 노드가 움직이면서 발생시키는 제어 메시지의 수와 크기는 망 전체에 큰 영향을 준다<sup>[2][3]</sup>. 본 절에서는 이전에 연구된 사례 중에서 대표적인 경로 최적화에 의한 Smooth Handoff와 버퍼 관리 메커니즘과 비교하여 제안된 메커니즘의 성능을 분석하고자 한다.

경로 최적화에 의한 Smooth Handoff는 바인딩 캐쉬의 유지를 위해 각 에이전트 또는 노드간에 주고받는 메시지와 확장 필드의 수가 많이 요구된다<sup>[12]</sup>. 또한, 버퍼 관리 메커니즘은 MN, PFA 그리고 NFA 사이에 버퍼 관리를 위한 메시지와 확장 필드가 빈번히 사용되고 외부 에이전트에서의 별도의 버퍼 관리가 요구된다<sup>[8]</sup>. 표 1은 Smooth Handoff, 버퍼 관리 메커니즘 그리고 일시적인 터널 메커니즘에서의 추가적인 자원의 사용을 비교한 결과를 나타내었다.

그림 9는 경로 최적화에 의한 Smooth handoff과 버퍼 관리 메커니즘 그리고 일시적인 터널 메커니즘에서 사용되는 메시지와 확장 필드의 수를 비교하기 위한 단순화된 네트워크 토폴로지를 나타낸다. 이들 메시지와 확장 필드의 수는 각 메커니즘들의 시나리오에서 나타나는 메시지와 확장 필드의 수를 나타내며, 모든 선택 메시지와 확장 필드를 포함한다. 그림 9에 나타난 CN, HA, PFA 그리고 NFA와 라우터는 서로 다른 경로를 가진 네트워크 전체를 의

표 1. 추가적인 자원의 사용 비교 결과

비교대상 비교모델	버퍼의 사용	추가적인 인증 정책	추가적인 메시지 수
Smooth Handoff	불필요	필요	6
버퍼 관리 메커니즘	필요	불필요	5
일시적인 터널 메커니즘	불필요	불필요	0

미한다. 여기서 각 구성 요소간에 전송되는 데이터 들은 항상 1번 라우터를 지나고 있다. 또한, MN과 PFA 그리고 MN과 NFA 사이의 링크는 무선 인터페이스를 갖는다. 표 2는 이와 같이 가정된 네트워크 토폴로지에서의 라우터와 무선 링크를 지나는 제어 메시지들과 메시지에 추가되는 확장 필드의 수를 비교하여 나타내었다.

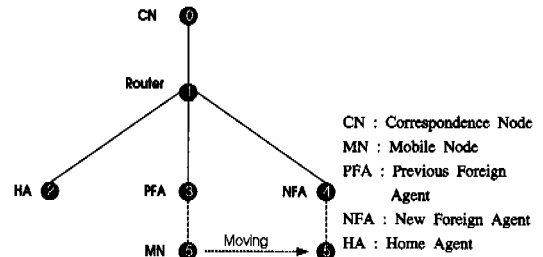


그림 9. 단순화된 네트워크 토폴로지

Smooth Handoff의 경우, 핸드 오프가 발생하면 MN과 NFA간의 무선 링크는 한 개의 “Previous FA Notification Extension”을 포함한 등록 요구 메시지와 등록 응답 메시지가 전송된다. 여기서 라우터 1번을 지나는 메시지는 등록 요구 메시지, 등록 응답 메시지, 바인딩 갱신 메시지, 바인딩 경고 메시지, 바인딩 요구 메시지, 그리고 바인딩 응답 메시지를 포함하여 모두 6개의 메시지가 있다.

버퍼 관리 메커니즘의 경우, Mobile Assisted Handoff(MAH), System Assisted Handoff(SAH), 그리고 PFA Notification Extension Handoff(PFANEH)로 나뉘어지는 세 개의 시나리오가 있다. 이들 시나리오에 따라 사용하는 메시지가 다르나 대부분 버퍼 제어 요구 메시지와 버퍼 제어 응답 메시지가 사용되며, “Previous FA Notification Extension”등과 같은 확장 필드가 빈번히 사용된다.

제안된 일시적인 터널 메커니즘 경우, 한번의 등록



표 2. 사용되는 메시지와 추가적인 확장 필드 수의 비교

참조점 및 메시지		라우터		무선 링크	
		메시지	확장필드	메시지	확장필드
Smooth Handoff		6	0	2	1
버퍼관리 메커니즘	MAH	6	0	6	0
	SAH	6	4	5	3
	PFANEH	5	6	4	7
일시적인 터널 메커니즘		3	0	3	0

요구 메시지와 등록 응답 메시지 그리고 선택적인 등록 해제를 위한 등록 요구 메시지를 포함하여 3개의 메시지가 무선 링크와 라우터를 경유한다. 이 메커니즘에서는 별도의 확장 필드는 사용되지 않는다.

### V. 결론

본 논문에서는 이동 IP가 지원되는 환경에서 이동 노드가 방문 중인 외부 에이전트를 벗어나 새로운 외부 에이전트로 이동할 때 유실되는 데이터를 최소화하는 메커니즘에 대해 기술하였다.

변경된 외부 에이전트에서 이동 노드는 홈 에이전트에서의 등록이 완료될 때까지 위치 식별이 어렵다. 따라서 등록이 완료되기 전까지 이동 노드의 이전에 등록된 외부 에이전트가 홈 에이전트로부터 터널링되는 데이터그램을 이동 노드에게 전달할 수 있도록 하는 시나리오를 보였다. 이 메커니즘은 인접 외부 에이전트간의 등록과 터널링에 걸리는 시간이 짧으므로 유실되는 데이터그램의 수를 최소화시킬 수가 있고, 추가적인 메시지와 확장 필드 그리고 자원의 사용이 요구되지 않는 장점을 가진다.

그러나 등록 과정에서 PFA가 개입되므로 기존의 이동 IP 방법에 비해 등록 시간이 지연될 수 있고, 외부 에이전트를 방문하는 이동 노드가 많아질 때 외부 에이전트의 부하가 발생할 수 있다. 따라서 외부 에이전트에 임시 등록하는 이동 노드와 새로 방문하는 이동 노드를 관리하는 메커니즘과 이동 노드가 빈번히 이동하는 경우의 임시 등록 관리가 향후 연구과제로 고려된다. 한편 객관적인 성능 분석을 위한 네트워크 시뮬레이션이 계속 진행되고 있다.

### 참고 문헌

[1] C. E. Perkins, "IP Mobility Support," IETF

RFC 2002, Oct. 1996.

[2] C. E. Perkins, *Mobile IP-Design Principles and Practices*, Addison-Wesley, 1998.

[3] J. Solomon, *Mobile IP - The Internet Unplugged*, Prentice-Hall, 1998.

[4] C. E. Perkins, "Mobile IP," *IEEE Comm. Magazine*, May 1997.

[5] C. E. Perkins, "IP Routing for Wireless/Mobile Hosts," *IETF Online proceeding* (<http://www.ietf.org/proceedings/99nov/46th-99nov-ietf-97.html>), Nov. 1999.

[6] R. Jain, T. Raleigh, D. Yang, and L. F. Chang, "Enhancing Survivability of Mobile Internet Access Using Mobile IP with Location Registers," *IEEE Comm. Magazine*, 1999.

[7] S. Rajagopalan and B. R. Badrinath, "An Adaptive Location Management Strategy for Mobile IP," *Proc. Mobicom '95*, Nov. 1995.

[8] M. Khalil, H. Akhtar, E. Qaddoura, C. E. Perkins and A. Cerpa, "Buffer Management for Mobile IP," *IETF Internet Draft* ([draft-mkhalil-mobileip-buffer-00.txt](http://draft-mkhalil-mobileip-buffer-00.txt)), Oct. 1999.

[9] C. Yang, K. Wu, and C. Tseng, "Support an Efficient Connection for Mobile IP," *IEEE*, 1998.

[10] M. Abate and M. D. Marco, "Performance Evaluation of Mobile IP Protocols in Wireless Environment," *IEEE*, 1998

[11] D. Johnson and C. E. Perkins, "Route Optimization in Mobile IP," *IETF Internet Draft* ([draft-ietf-mobileip-optim-09.txt](http://draft-ietf-mobileip-optim-09.txt)), Feb. 2000.

[12] C. E. Perkins and K. Y. Wang, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP," *IEEE*, 1999.

권혜연(Hye-yeon Kwon)

정희원



1990년 2월 : 충남대학교

계산통계학과 졸업

2000년 8월 : 충남대학교

컴퓨터공학과 석사

1990년 2월~현재 : 한국전자

통신연구원 선임연구원

<주관심 분야> 이동통신, 무선 데이터서비스

박 애 순(Ae-soon Park)

정회원



1987년 2월: 충남대학교  
계산통계학과 졸업

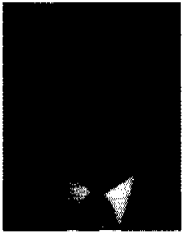
1997년 2월: 충남대학교  
전자공학과 석사

1998년 2월~현재: 충남대학교  
컴퓨터과학과 박사과정

1988년 2월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원  
<주관심 분야> 망관리, 이동통신, Mobile QoS, IMT-  
2000 패킷 서비스

이 재 경(Jae-kyung Lee)

정회원



1981년 2월: 경북대학교  
전자공학과 졸업

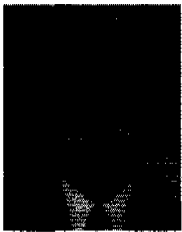
1999년 8월: 충남대학교  
컴퓨터공학과 석사

1983년~1984년: (주)금성반도체  
사내전산과

1985년~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원  
IMT-2000개발본부 이동패킷단말연구팀장  
<주관심 분야> 병렬운영체제, 실시간 운영체제, 이동  
통신, 단말기 하드웨어

박 종 원(Jong-won Park)

정회원



1979년 2월: 충남대학교  
전자공학과 졸업

1981년 2월: 한국과학기술원  
전산학과 석사

1991년 2월: 한국과학기술원  
전산학과 박사

1983년 5월~현재: 충남대학교 교수  
<주관심 분야> 컴퓨터구조, 영상처리, 영상통신