

Mobile-IP에서의 이동성 관리와 Smooth handoffs

노 경 택*

Mobility Management and Smooth handoffs for Mobile-IP

Kyung-Taeg Rho*

요 약

Mobile-IP는 모빌컴퓨터 이용자가 IP 주소를 변경하지 않으면서 자유로이 장소를 이동할 수 있도록 개발된 프로토콜이다. 본래 IP 주소는 고정된 위치를 가정하고 개발되었기 때문에, Mobile-IP에서는 사용자의 이동성을 지원하기 위해 홈 에이전트(Home Agent)와 외부에이전트(Foreign Agent) 라는 개념을 도입하였으며 에이전트 발견(Agent Discovery), 등록(Registration), 터널링(tunnelling)등의 기법을 사용한다. 경로 최적화(route optimization)는 통신노드에게 이동 호스트의 care-of address를 알려 줌으로써 triangle routing 문제를 피할 수 있게되었다. 이외에도 보다 진보된 성능향상 방안으로 한 사이트 안에서 빈번한 지역이동성으로 야기되는 오버헤드를 줄이기 위한 외부 에이전트들의 계층화(Hierarchical FAs), 통신에 참여하는 외부 에이전트에 버퍼링 메카니즘(Buffering Mechanism)을 설치하여 이동 호스트로 향한 패킷을 분실하지 않도록 하는 Smooth handoffs 등의 방법들이 제안되었다. 본 논문에서는 호스트의 이동성을 지원하기 위해 고려해야 할 문제점과 기존에 제안된 기법들을 살펴보고자 한다.

Abstract

Mobile-IP has been designed to have mobile computer users move from place to place without changing their IP addresses. Mobile-IP introduces the following entities to support mobility: Home Agent, Foreign Agent, etc., and it uses the techniques such as Agent Discovery, Registration, and Tunnelling. Mobile-IP route optimization provides a mechanism by which correspondent nodes are enable to know the mobile host's care-of address to alleviate the triangle routing problem. As a further performance improvement, to alleviate the overhead resulted from the frequent local mobility within a site hierarchical foreign agents are presented, and as a foreign agent which is willing to participate in communication maintain a buffering mechanism not to loss packets for mobile host, smooth handoffs is presented. In this paper, the problems to be thought to support host's mobility and the existing method to support it is discussed.

* 서울보건대학 사무자동화과 조교수
논문접수: 1999.11.11. 심사완료: 1999.12.7

I. 서론

이동 컴퓨팅은 유선 인터넷과 연결되어 무선통신 분야에서 최근 떠오르는 분야이다. 인터넷에서 이동 컴퓨팅을 지원하기 위해서 이동성에 의해 발생하는 문제점들을 지원해야 할 것이다. TCP/IP 기반 인터넷 기술들은 대부분 고정 호스트들로 이루어진 유선망을 목적으로 고안되었다. 호스트 이동성은 이동 호스트에 대한 패킷들이 정확한 목적지에 전달될 수 있도록 라우팅 프로토콜에서 수정을 요구한다. 이동 호스트는 인터넷과 직접적으로 연결된 기지국(BS)과 통신 할 수 있도록 충분한 기반시설 지원이 있다는 가정 하에 Mobile-IP[1]는 이 문제점들을 해결하는 구조를 제공한다.

그러나, Mobile-IP에서 여러 가지 성능 상에 문제점들을 논할 필요가 있다. 첫째, Mobile-IP의 터널링(tunneling) 방법은 triangle routing 문제, 즉 패킷을 최적화된 경로로 전달하지 못하는 문제를 야기한다. 둘째, 핸드오프 시에 전송중인 패킷들은 오래된(out-of-date) 위치정보를 기초로 터널링되기 때문에 종종 분실하게 된다. 셋째, 작은 셀로 구성된 기지국들은 빈번한 핸드오프를 야기하고 또한 각각의 지역 핸드오프(local handoff) 발생 시마다 멀리 떨어진 홈 에이전트(HA)로 등록요청을 하는 것은 패킷손실을 더욱 발생시키는 오버헤드를 야기한다. 경로 최적화[2]는 통신노드(CN)와 기존 외부 에이전트(FA)에게 이동 호스트의 care-of address(CoA)를 알려 줌으로써 triangle routing과 핸드오프 발생 시 데이터 손실을 경감시킨다.

이 논문에서 외부 에이전트들의 계층화를 통한 관리를 이용함으로써 빈번한 지역 핸드오프시의 문제점들을 경감시킬 수 있다는 것을 제시한다. 또한 이를 이용함으로써 조그만 위치의 변경은 이동 호스트를 서비스하는 외부 에이전트들 중 하나에 의해서 다루어진다.

핸드오프 시 데이터 손실을 줄이기 위하여 외부 에이전트들이 버퍼링 스킴을 갖도록 한다. 외부 에이전트는 이동 호스트로 전달되는 패킷들을 버퍼에 저장한다. 핸드오프가 발생할 경우 이동 호스트는 등록메시지

(registration message) 안에 핸드오버 요청(handover request)을 신는다. 그리고 새로운 외부 에이전트(new FA)는 기존의 외부에이전트(previous FA)에게 바뀐 위치로 버퍼에 저장된 패킷들을 넘겨 줄 것을 요청한다. 본 논문은 2장에서 이동성 지원 프로토콜로서 에이전트 발견 (Agent Discovery)과 위치등록, Mobile-IP와 경로 최적화를 기술하고, 3장에서 Smooth Hand off를 기술하겠다. 4장에서 외부 에이전트의 계층화를 기술하겠으며, 5장에서 결론 및 향후계획을 기술하겠다.

II. 이동성 지원 프로토콜

이동 에이전트(HA or FA)는 고정 네트워크와 무선 네트워크 사이에 위치하여 두 네트워크의 전송속도나 전송방식 등 상이한 특성을 변환하여 상호 연결하는 기반 호스트의 역할을 수행한다. 또한 이동 호스트에 관한 위치 정보를 유지함으로써 호스트의 이동성을 지원하게 된다.

Mobile-IP는 에이전트 발견(agent discovery), 위치등록, 라우팅의 3가지 메커니즘을 통해서 이루어진다. 첫째, 이동 호스트들은 인터넷상에서 위치를 이동할 때마다 그들의 새로운 접속 점 (새로운 IP주소)을 결정할 수 있어야 한다. 둘째, 일단 새로운 접속 점에서 IP 주소를 알면 에이전트에게 등록해야한다. 마지막으로 Mobile-IP는 이동 호스트가 홈 네트워크를 벗어났을 때 이동 호스트로 패킷을 전달하는 메커니즘이 필요하다.

1. 에이전트 발견과 위치등록

IP header fields	UDP header	Mobile-IP message header	Extensions ...
------------------	------------	--------------------------	----------------

그림 1. Mobile-IP Registration Message Structure

이동 에이전트를 발견하는 과정은 이동 에이전트가 직접 접속한 서브 네트워크에 자신의 존재를 알리는 광고를 주기적으로 방송함에 있다. 그리고 두 가지 종류의 등록 메시지가 존재하는데 둘 다 UDP 포트 434를 이용해서

전달되는 등록요청 메시지와 등록응답 메시지가 있다. 등록 메시지의 데이터구조는 그림 1과 같다. 요청 메시지는 이동호스트로 하여금 홈 에이전트에게 현재의 CoA와 자신이 CoA를 얼마동안 이용할 것인지를 요청하는 것을 말하고 외부 에이전트로부터 허용될 수 있는 특징들을 설명한다.

이동 호스트가 홈 네트워크가 아닌 네트워크를 방문할 때 이동한 네트워크에서 이동 호스트의 새로운 주소를 추적하고 그 주소로 데이터그램의 전달을 받기 위하여 각 이동호스트는 홈에이전트와 외부 에이전트에 등록해야한다. 각각의 이동호스트에 관련된 두 개의 IP 주소가 있는데 하나는 위치발견이 목적이고 다른 하나는 identification 목적이다. 방문 네트워크에서 이동 호스트와 관련된 새로운 IP주소를 care-of address (CoA)라 불리는데 이것은 이동성 바인딩(mobility binding)에 의해서 이동 호스트의 홈 주소(home address)와 연계된다. 각 바인딩은 각각 연관된 생존시간(associated lifetime)을 갖는데 이동 호스트의 등록 시 결정되고 연계 등록이 해제될지를 결정한다[4]. 방문 네트워크(visiting network)에 접속하는 방식에 따라서 이동 호스트는 위치 등록 메시지를 직접 홈 에이전트에게 보내거나 외부 에이전트를 통해서 홈 에이전트로 전달하는 방식이 있다. 어느 경우든지 이동 호스트는 아래와 같이 IPv4에 기초하고 그림 2에 보여지듯이 등록 요청 및 등록 응답 메시지를 교환한다.

- 홈 에이전트는 새로운 생존시간과 함께 이동호스트에 대해서 이동성 바인딩(mobility binding)을 생성하거나 수정한다.
- 적절한 이동 에이전트 (HA or FA)는 등록응답 메시지를 이동호스트에게 보낸다. 홈에이전트가 이동호스트에게 허락한 생존시간과 이동 호스트가 등록요청 메시지 안에 요청한 상태에 대한 결과를 알려주기 위하여 필요한 코드를 포함한다[4].

이동 호스트가 자신의 위치를 변경한 후에 새로운 네트워크(new network)로 옮겨졌는지를 알 수 있도록 이동 에이전트들은 Agent advertisement 메시지를 주기적으로 방송함으로써 자신의 존재를 알린다. 그러면 이동 호스트는 자신이 여전히 홈 네트워크에 있는지 아니면 새로운 네트워크로 이동했는지를 결정하기 위해 두 가지 방법을 이용할 수 있다. 첫째, 이동 호스트는 agent advertisement 메시지 안에 생존시간(lifetime)을 기록할 수 있다. 생존시간이 만료되면 위치갱신(location update)을 수행해야한다. 또 다른 방법으로 이동 호스트는 agent advertisement 메시지의 네트워크 주소와 그것의 CoA의 네트워크 주소를 비교한다. 만약 네트워크 주소가 서로 다르다면 이동 호스트는 자신이 이동했다는 것을 알게된다. 이 경우 외부 에이전트로부터 새로운(new) CoA를 얻고 위치등록을 하게된다.

2. Mobile-IP and 경로 최적화

기반(base) Mobile-IP는 홈 네트워크로부터 CoA로 데이터그램을 전달하도록 하고 그 CoA로부터 이동 호스트로 데이터그램을 전달하는 것을 설명한다. 이때 사용되는 방법이 캡슐화(encapsulation)이다. 캡슐화(encapsulated)된 데이터그램을 역캡슐화(decapsulated)되는 지점으로 보내는 과정을 터널링(tunnelling)이라고 한다. 여기서 encapsulator는 홈 에이전트가 되고 decapsulator는 CoA의 소유자가 된다.

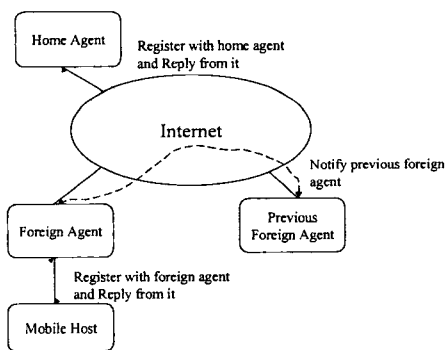


그림 2. Mobile-IP location registration

이동 호스트는 등록 요청 메시지를 이용해서 홈 에이전트에 등록한다. (요청은 현재 외부 에이전트에 의해서 홈 에이전트에 전달될 수도 있다).

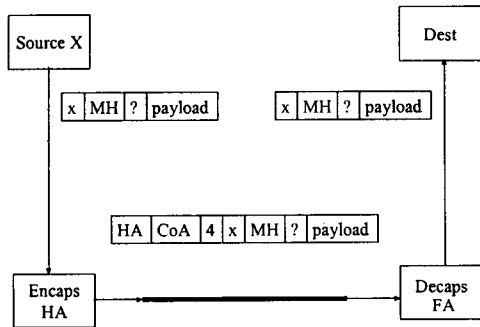


그림 3. Mobile-IP tunnelling operations

터널링은 여러 종류의 encapsulation 알고리즘 중 하나에 의해서 실행될 수 있다. 그 중에 RFC 2003(5)에서 설명되어지는 IP-within-IP encapsulation 방법이 있다. 비록 현재의 인터넷상에 노드들이 한 행(a row) 속에 두 개의 IP헤더를 취급하지는 못 할지라도 모든 노드들이 IP를 이해한다고 가정하기 때문에 IP-within-IP는 사용 가능하다. 홈 에이전트는 페이로드(payload)가 IP 데이터그램이라는 것을 지적하기 위하여 encapsulating 헤더의 프로토콜 필드를 4로 할당한다. 즉, 안쪽에 encapsulated IP 헤더는 바깥쪽에 encapsulating header에게는 상위 프로토콜 계층처럼 보인다. 그림. 3은 통신 노드 X에서 이동 호스트로 전달하기 위한 데이터그램의 encapsulation을 보여준다. 통신 노드에서의 원형의 상위 프로토콜을 갖춘 원형 페이로드(original payload)가 이동 호스트에 변경됨이 없이 그대로 전달된다. 외부 에이전트는 홈 에이전트가 데이터그램을 터널링하기 위한 목적으로 어떻게 수정하던지 간에 역(inverting)으로 함으로써 원형 데이터그램을 갖게된다.

Mobile-IP는 이동 호스트가 자신의 IP주소를 변경하는 것 없이 이동성을 지원 받을 수 있도록 하는 것이 목표이다. 이동 호스트가 새로운 영역으로 옮겨졌을 때 그것이 현재 연결된 외부 에이전트의 IP주소 즉 care-of address (CoA)를 홈 에이전트에게 위치등록 한다. 이동 호스트를 향한 패킷이 홈 네트워크에 도달했을 경우 홈 에이전트는 encapsulation한 후에 이동 호스트가 접속되어있는 CoA로 터널링 한다(3). 외부 에이전트는 패킷을 decapsulation 한 후 그것을 이동 호스트에게 전달한다.

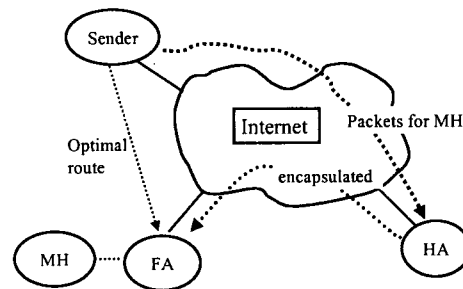


그림 4. Triangle Routing Problem

Mobile-IP는 triangle 문제를 갖는다: 이동호스트는 외부 에이전트를 통해서 최적화 된 경로를 따라서 패킷들을 보내지만 자신에게는 홈 에이전트를 통해서 도달하게 된다. 만약 이동 호스트의 현재위치가 통신 노드 근처에 있고 홈에이전트와 멀리 떨어져 있을 경우 패킷들은 멀리 우회 해야한다(그림 4). 경로 최적화(2)는 이러한 문제점을 감소시키기 위한 메커니즘이다. 경로 최적화에 참여하는 호스트들은 바인딩 캐쉬(binding cache)를 갖게된다. 참고로 바인딩(binding)이란 이동 호스트의 홈 주소와 CoA의 연관(association), 그 연관의 생존시간으로 정의할 수가 있다. 홈 에이전트는 홈 네트워크를 벗어난 이동 호스트로의 패킷을 가로챘을 때 통신노드(CN)에게 이동 호스트의 현재 CoA를 가리키는 바인딩 수정(binding update) 메시지를 보낼 수 있다. 통신노드는 자신의 바인딩 캐쉬 내용을 수정하고 이동 호스트를 목적으로 하는 패킷들을 직접 CoA로 터널링 한다.

외부에이전트들은 핸드오프 시 패킷 손실들을 감소시키기 위해 binding updates를 이용할 수 있다. 등록과정의 확장으로서 이동 호스트는 새로운 외부 에이전트(new FA)로 하여금 이전 외부에이전트(previous FA)에게 binding update메시지를 보내도록 한다. 이전 외부 에이전트는 자신의 바인딩 캐쉬를 수정하고 이동 호스트를 향한 패킷들을 새로운 CoA로 다시 터널링 한다. 이 과정을 smooth handoff라 한다. Mobile-IP에서 보안상 노출을 피하기 위하여 등록요청 메시지는 인증(authentication)을 받아야 한다. 등록 메시지 안에 identification 필드는 재생방지(replay protection)를 위해 존재한다. 인증 절차는 유사한 침해로부터 보호하기

위해 경로 최적화에서도 요구된다. binding updates[2] 메시지를 받은 통신노드는 그들을 인증 해야 한다. smooth handoff 동안에 기존(previous) 외부에이전트는 이동 호스트와 연관된 등록키(registration key)를 이용해서 binding update 메시지를 인증 해야 한다. 등록 메시지가 홈 에이전트에게 인증을 받아야 하듯이 바인딩 정보(binding information)는 통신 노드들에게 인증을 받아야 한다. 비록 패킷 구조와 패킷이 가야할 주소만이 다를 뿐 사실 경로 최적화를 위한 바인딩 수정과 등록과는 별로 차이점이 없다.

III. Smooth Handoff

기존 외부에이전트(previous FA)에게 바인딩 수정(binding update) 메시지와 바인딩 캐쉬를 제공함과 동시에 경로 최적화 메커니즘(8)을 적용함으로써 smooth handoff가 가능해진다. 더구나 smooth handoff는 등록 지연 때문에 패킷을 잃어버릴 수 있는 시간을 최소화시킨다. 기존 외부에이전트는 이동 호스트가 새로운 외부 에이전트(new FA)로 이동하는 시간과 홈 에이전트가 새로운 등록을 받는 시간사이에 이동 호스트를 향한 많은 데이터그램을 전달 받게될 수 있다. 이들 데이터그램을 분실하는 것은 이동 호스트 상에 TCP 성능(9)에 심각한 영향을 미치기 때문에 이동 호스트 상에서 응용 프로그램들간의 상호작용에 심각한 성능 저하로 이어진다. TCP에서 연결 설정의 지연(10)에 기인해서 분실되는 패킷들이 우리가 직관적으로 기대하는 것보다 두 배 정도이다. 현재의 웹 응용 프로그램들이 모두 TCP에 의존하기 때문에 패킷 분실을 감소시키는 것은 근본적으로 성능을 향상시킬 수 있다. 이를 위해 보다 신뢰성있는 방안으로 이동 호스트로의 패킷들의 전달을 위해 외부 에이전트가 패킷을 버퍼링할 수 있도록 하는 것이다. 예를 들어, 이동 호스트가 새로운 외부 에이전트로 이동하는 동안 패킷들이 버퍼에 저장된다면 새로운 외부 에이전트는 버퍼에 저장한 패킷들을 전달받음으로서, [11]에서 제시한 아이디어와 유사하게 통신 노드가 그들을 재 전송할 필요가 없어진다. 이러한 buffered handoff 메커니즘은 경로 최

적화와 smooth handoff 메커니즘에 잘 적용된다.

얼마만큼 양의 패킷 분실을 피할 수 있는지는 이동 호스트가 새로운 외부 에이전트를 얼마나 빨리 발견하느냐에 달려있다. 이것은 외부 에이전트들이 agent advertisement를 얼마나 자주 방송하는가와 이동 호스트가 얼마나 오랜 동안 외부 에이전트 영역을 벗어나는가에 달려있다. 외부 에이전트에 버퍼크기를 크게 할당할 수록 agent advertisement를 보다 덜 빈번하게 방송할 수 있을 것이고, 보다 오래 접속에서 벗어날 수가 있다. 한편 보다 자주 방송 할 수록 더 많은 무선 대역폭을 필요로 할 것이다. 이런 요인을 고려해서 균형을 맞추는 것이 optimal smooth handoff에 도달하는데 중요하다. 패킷들의 중복된 전송을 피하기 위하여 이동 호스트는 지금까지 전달받은 패킷들의 IP헤더에 존재하는 identification과 송신 주소(source address)를 저장한다. 그리고 이동호스트는 이미 전달받은 패킷들에 대해서 기존 외부에이전트가 다시 전달하지 않도록 버퍼 핸드오버 요구 시 간직하고있던 identification과 송신 주소를 함께 기존 외부 에이전트에게 보낸다. 유사한 중복된 메시지 제거방법이 Balakrishman et al [6]에 의해서 제안되었다. 이들 방법의 보다 상세한 설명은 [7]에서 논하고 있다.

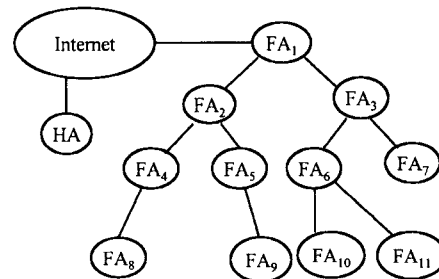


그림 5. Hierarchical Foreign Agents

IV. 외부 에이전트의 계층화

셀(cell)로 구성된 무선 통신망에서 이동 호스트는 셀과 셀 사이를 빈번하게 가로지르지 모른다. 이때 빈번한 위치등록을 멀리 떨어져있는 홈 에이전트로 보내야 함으로써 대역폭의 낭비를 가져올 뿐만 아니라, 현재 등록되어있는 셀 영역을 벗어나서 새로운 셀 영역으로 이동한 후 새로운 CoA를 홈 에이전트에게 등록하기 전까지 패킷의 분실을 겪을 수 있다. agent advertisement 메시지에 외부 에이전트들의 리스트가 기록되어 발송된다 [12]. 등록은 현재의 셀 영역과 기존의 셀 영역의 CoA 간의 가장 근접한 조상(ancestor) 외부 에이전트까지로 국한될 수 있다. 그림 5를 참고 할 때, 이동호스트가 외부 에이전트 FA8의 서비스 영역으로 진입했을 때 <FA8, FA4, FA2, FA1>을 그것의 CoA로 하는 Agent Advertisement 메시지를 받게된다. 이동 호스트는 leaf FA로부터 root FA까지 이들 각각의 외부 에이전트에게 위치등록을 하고 홈 에이전트에게 위치등록을 하게된다. 홈 에이전트는 이동 호스트가 FA1 영역에 있는 것으로 생각하고, FA1은 이동 호스트가 FA2 영역에 있는 것으로 여긴다. 마지막으로 외부 에이전트 FA8이 이동 호스트의 위치를 발견할 때까지 이와 같은 방법을 계속한다. 이동 호스트가 FA8 영역에서 FA9 영역으로 옮겼을 때 <FA9, FA5, FA2, FA1>을 나타내는 advertisement 메시지를 받게된다. 이때 자신이 갖고 있던 CoA와 다른 것을 감지하고 leaf node FA8과 FA9의 가장 가까운 조상노드 FA2까지 위치등록을 하게된다. 따라서 FA1이나 홈에이전트까지 등록할 필요가 없다. 이동 호스트를 향한 데이터그램은 계층 구조상에 FA1에 먼저 도착한 후 이동 호스트가 존재하는 곳까지 중간 노드들을 경유해서 전달 되어진다. 결국은 홈에이전트는 지역간에 이동을 알지 못하고 어떤 위치등록도 홈 에이전트까지 전달되지 않기 때문에 등록으로 인한 오버헤드가 감소된다.

V. 결론 및 향후계획

이동 호스트들은 자신이 최초로 등록한 홈 에이전트 영역을 벗어나서 네트워크 상에서 접속지점을 수시로 바꾸게된다. 이러한 이동성을 네트워크 계층에서 지원하는 방안이 Mobile-IP이다. 각 지역 네트워크에는 이동성을 지원하기 위한 이동 에이전트(HA or FA)가 있는데 이들은 이동 호스트에게 care-of address를 발송하여 자신의 존재를 알린다. 새로운 CoA를 얻은 이동 호스트는 자신의 위치변화를 알리기 위하여 홈 에이전트에 등록한다. 이때 등록은 홈 에이전트에 직접 등록하거나 자신이 속한 네트워크의 외부 에이전트를 통해서 등록할 수 있다. 이에 따라 홈 에이전트와 외부 에이전트 사이에 터널이 형성되어 이동 호스트로 전송되는 데이터는 먼저 홈 에이전트로 보내지게 된다. 홈 에이전트는 터널링을 통해 외부 에이전트로 이 데이터그램을 보내준다. 외부 에이전트는 이곳에서 이동 호스트로 이동 호스트의 홈 주소(home address)를 이용해서 데이터그램을 보내주게 된다. 이와 같은 triangle routing 문제를 해결하는 것이 경로 최적화이다. 또한 송수신하는 호스트들에게 바인딩 캐쉬를 줌으로써 자신이 속한 셀(cell) 영역을 벗어나 새로운 위치 등록 과정까지 패킷의 손실을 피할 수가 있고 또한 smooth handoff가 가능하게 되었다. 외부 에이전트의 계층화로 지역 이동성을 숨김으로써 백본(backbone)상에 signalling bandwidth를 감소시킬 수 있었다. 또한 통신 노드에게 지역 이동성(local mobility)을 숨김으로서 signalling load를 줄일 수가 있다. 결과적으로 인터넷상에 전체적인 부하(global load) 그리고 바인딩 수정 메시지의 분실(BU's losses), 이동 호스트의 연결 절단 가능성(connectivity losses)을 줄일 수 있게 되었다. 한편 통신 노드가 이동 호스트의 정확한 위치를 알지 못하기 때문에 부분적으로 이동성에 대한 신뢰도를 향상시킨다. 현재 지역 핸드오프(local hand-off)와 사이트간의 핸드오프(global hand-off)가 차지하는 확률에 따른 signalling load, smooth hand-off의 적용, 보안등을 통한 전체적인 성능향상에 대한 연구를 진행 중이다.

참고문헌

- and scalable handoffs for wireless networks'. Proc. ACM Mobicom 96, 56-66 November 1996.
- [12] C. Perkins. Mobile-IP Local Registration with Hierarchical Foreign Agents. draft-perkins-mobileip-hierfa-00.txt, February 1996. (work in progress).
- [1] C. E. Perkins, editor. IP Mobility Support. Network Working Group, Request for Comments 2002, October 1996.
- [2] C. E. Perkins and D. B. Johnson. Route Optimization in Mobile IP. Mobile IP Working Group, Internet Draft - work in progress, November 1997.
- [3] C. E. Perkins, IP Encapsulation within IP. Network Working Group, Request for Comments 2003, October 1996.
- [4] C. Perkins, "Mobile IP" IEEE Communi. Mag., May 1997, pp. 84-99.
- [5] Charles Perkins. IP encapsulation within IP. RFC 2004, May 1996.
- [6] H. Balakrishman, S. Seshan, and R. H. Katz. Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks. ACM Wireless Networks, 1(4), December 1995.
- [7] S. Seshan. Low-Latency Handoff for Cellular Data Networks. PhD thesis, University of California at Berkeley, December 1995.
- [8] C. Perkins, 'Minimal encapsulation within IP' RFC 2004, 1996.
- [9] R. Caceres and L. Iftode, 'Improving the performance of reliable transport protocols in mobile computing environments', IEEE J. Select. Areas Commun., SAC-13, 850-857 (1995).
- [10] V. Jacobson, 'Congestion avoidance and control', Proc. ACM SIGCOMM '88 Workshop, August 1988, pp. 314-329.
- [11] R. Caceres and V. Padmanabhan, 'Fast

저자소개

노경택

1986년: 중앙대학교 전자계산
기공학과(학사)

1986년: 제일제당 전산실

1989년: New Jersey Institute
of Technology 컴퓨터
학과(석사)

1992년: University of South
Carolina 컴퓨터학과
(박사과정수료)

1993년 3월 ~ 현재: 서울보건
대학 사무자동화과 조
교수

1999년: 고려대학교 컴퓨터학
과(박사과정수료)

관심분야: mobile IP, mobile
computing, wireless multi-
media system.