논문 2006-43TC-12-12

Mobile IP 에서의 계층적인 Home Agent Handover 기법

(Hierarchical Home Agent Handover in Mobile IP)

김 현 석*, 박 성 한**

(Hyun Seok Kim and Sung Han Park)

요 약

Mobile IP 에서 이동호스트(Mobile Host)의 움직임은 Correspond Node (CN)가 Home Agent (HA)를 거쳐 통신을 하게 하기 때문에 패킷이 긴 전송경로로 통신하게 되는 원인이 된다. 기존의 방식은 이동호스트 주변의 Foreign Agent (FA)를 Temporary Home Agent (THA)로 생각하여 패킷의 비효율적인 전송을 줄이고자 하고 있다. 그러나 기존의 방식에서는 FA가 통신한 적이 없는 THA에서 이동호스트가 이동해 온 경우 핸드오버를 위하여 FA와 THA의 거리를 계산하기 때문에 불필요한 Signaling Cost를 발생시킨다. 본 논문에서는 FA와 THA 간의 계층적 구조를 이용하여 이동호스트가 어디로 이동하더라도 FA와 THA의 거리를 계산하지 않고 자신의 가진 테이블만을 검색하는 Hierarchical Home Agent Handover in Mobile IP (HHH-MIP) 알고리즘을 제안하고자 한다.

Abstract

In the Mobile IP, the movement of Mobile Host(MH) causes packets to be transmitted through a long route. A Correspond Node(CN) first communicate with a Home Agent(HA) when a Mobile Host moved from one subnet to another subnet. The HH-MIP algorithm reduces an inefficient transmission of packets by regarding a Foreign Agent(FA) near a mobile host as a Temporary Home Agent(THA). However, The algorithm costs the unnecessary signaling by measuring the distance of route between a FA and a THA for handover in the case that a Mobile host comes from a THA which a current FA never communicated. To solve this problem, we propose a scheme called Hierarchical Home Agent Handover in Mobile IP(HHH-MIP) algorithm. Our HHH-MIP algorithm only searches tables in a router by using the hierarchical structure between a FA and a THA. The simulation results show that the HHH-MIP algorithm reduces the additional signaling cost.

Keywords: handoff, Mobile IP, mobility, home agent handover

I. 서 론

최근 들어 노트북, PDA 등 무선 단말기에 대한 수요가 늘어나면서 CDMA, IMT2000 등 이동통신망뿐만 아니라 무선 LAN 서비스, 개인 휴대인터넷(와이브로) 등이 부각되고 있다[1]. 무선 인터넷의 일반적인 개념은 PDA, 노트북 등으로 임의의 장소를 이동하면서 무선망에 접속하여 인터넷을 즐길 수 있게 하는 것이다[2]. 그러나 현재의 인터넷 프로토콜은 인터넷이 접속하는 단말기의 위치가 고정되어 있고 특정 네트워크상의 고정된 IP를 사용한다는 가정 하에 서비스가 이루어지고 있어서 하나의 네트워크에서 다른 네트워크로 이동할 경우 인터넷 접속이 끊기는 결과를 초래한다. 따라서 IP주소를 가진 단말의 이동시에도 그 연결을 항상 보장하기 위해 필요한 핵심기술이 Moblie IP(MIP)이기 때문에 MIP에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3],[4].

Moblie IP에서 CN이 이동호스트와 통신을 하는 경우 이동호스트의 이동성 때문에 패킷이 이동호스트의 HA를 통해 긴 전송경로로 전송되는 불필요한 지연이 항상 발생한다. 이러한 문제를 Triangular Routing Problem 하며, 이러한 패킷의 지연은 네트워크의

* 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과
(Hanyang University)
** 평생회원, 한양대학교 전자컴퓨터공학부
(Hanyang University)
※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2006-000-10876-0) 지원으로 수행되었음.
접수일자: 2006년9월14일, 수정완료일: 2006년12월12일

부하를 발생시키는 원인이 된다. 또한 이동호스트와 HA가 멀리 떨어진 경우 CoA의 등록 경로가 길어지는 긴 Handoff Latency를 발생시키며 이것은 패킷 손실의 원인이 된다. Triangular Routing Problem을 개선하고 핸드오프 시 발생하는 패킷의 손실을 줄이기 위해 Route Optimization MIP(ROMIP)[5][6]와 MIP with Home Agent Handover(HH-MIP)[7] 등이 제안되었다.

ROMIP 방법은 모든 CN가 캐시를 가지고 바인딩 복사(Binding Copy)를 사용한다. CN이 바인딩 복사본을 가지므로 대부분의 패킷이 HA를 거치지 않고 직접 이동 호스트와 통신할 수 있다. 그러나 ROMIP 방식은 Handoff Latency를 줄여서 패킷 손실을 줄일 수 있으나, 핸드오프 시 HA 뿐 아니라 바인딩 복사를 요구하는 CN에게도 이동을 알림으로 상대적으로 더 큰 Signaling Cost를 필요로 하게 된다.

ROMIP의 장점은 최대한 취하면서 Signaling Cost는 상대적으로 줄이는 방법으로 HH-MIP가 제안되었다. Handoff Latency는 이동 호스트가 HA와 멀리 떨어져 있을 때 크게 발생한다. 이동 호스트의 Home Address는 고정되어 있기 때문에, HA는 이동할 수 없다. HH-MIP는 HA의 기능을 하는 FA를 Temporary HA(THA)로 지정해서 항상 이동호스트의 가까이에 둠으로 Handoff Latency를 줄인다. 이동 호스트가 이동을 할 때마다 현재 네트워크의 FA와 THA의 거리, 이전의 FA와 THA의 거리를 비교해서 THA를 선택하게 된다. 이동 후 THA와의 거리가 멀어졌다면 현재의 FA를 THA로 지정한다. 그러나 이동호스트의 이동시 현재의 네트워크의 FA가 현재의 THA와의 거리를 모른다면 거리를 계산해야 하는 추가적인 Signaling Cost 가 발생한다.

본 논문이 제안하는 알고리즘은 THA와 FA 간의 계층적인 구조를 이용하여 이동호스트가 어디로 이동하더라도 거리를 계산하는 추가적인 Signaling Cost를 발생시키지 않으면서 Triangular Routing Problem을 해결하고 Handoff Latency를 줄이고자 한다. Signaling Cost를 줄임으로서 네트워크상의 부하를 줄일 수 있으며, 이동 호스트의 이동시 CN과 이동 호스트사이의 불필요한 지연을 줄임으로서 패킷의 손실을 줄인다. 이 계층화 된 THA를 이용한 MIP를 Hierarchical Home Agent Handover in Mobile IP (HHH-MIP)라 한다.

본 논문은 Ⅱ장에서 제안하는 방법에 대하여 설명한 후, Ⅲ장에서는 시뮬레이션을 통한 결과를 제시한다. 그리고 Ⅳ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 제안하는 HHH-MIP 알고리즘

1. HHH-MIP의 구조와 데이터 전송방법

HHH-MIP는 HH-MIP에서 사용한 Temporary HA (THA)의 개념을 사용한다. THA는 이동호스트가 이동을 한 위치에서 가까운 FA를 HA의 역할을 하는 THA로 지정하여, 이동호스트가 HA와 멀리 떨어진 경우에도 긴 Handoff Latency가 발생하는 것을 줄인다. HH-MIP에서는 이동호스트가 이전의 THA가 모르는 FA로 이동한 경우 THA와 FA 간의 거리를 계산해야 하는 단점이 있었지만, 제안하는 논문은 이동호스트가 어디로 이동하던지 FA와 THA 간의 거리를 계산하지 않는다.

FA나 HA는 THA의 기능도 함께 하기 때문에 제안하는 알고리즘은 그림 1과 같이 중복되는 계층화 구조를 가진다. FA1은 THA로서 7개의 FA(FA2,FA3,FA4, FA5,FA6,FA7)를 관리한다. FA2는 FA1에게 관리를 받

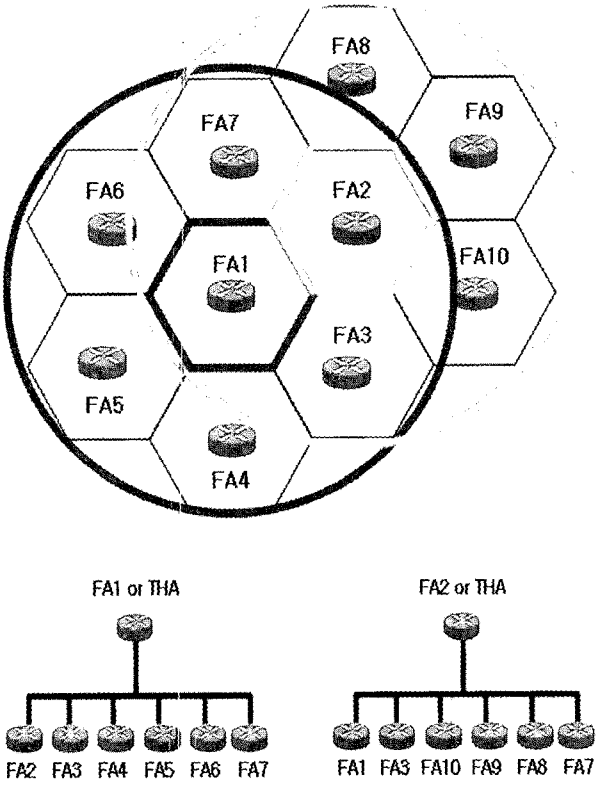

그림 1. THA가 관리 하는 FA의 영역 (중복성을 가지는 계층 구조)

Fig 1. FAs that THA manages (overlapped hierarchical structure).

으면서 자신은 자신 주변에 있는 7개의 FA(FA1,FA3, FA10,FA9,FA8,FA7)를 관리한다. 그림 1은 1홉 거리의 FA만을 관리하지만 설정에 따라 여러 홉의 거리에 있는 FA도 관리할 수 있다. THA가 여러 홉을 관리하면 THA의 Handover 발생횟수를 줄일 수 있다. 이동호스트가 FA1을 THA로 설정하였다면, 이동호스트는 FA1이 THA로서 관리하는 Foreign Agent들(FA2,FA3,FA4, FA5,FA6,FA7)로 이동을 할 경우에 THA의 Handover는 실행되지 않는다. 즉, 이동호스트가 하나의 FA에서 다른 FA로 이동하더라도 THA가 변경되지 않으면 이동호스트는 새로운 CoA를 HA에게는 알리지 않고 자신과 가까운 위치에 있는 THA에만 등록하게 된다. THA의 핸드오버 시에는 HA와 이전의 THA에게 새로운 THA의 주소를 등록하게 된다. 따라서 각 CN은 하나의 이동호스트를 위해 두 개의 주소 즉, 이동호스트의 Home Agent의 주소와 THA 의 주소를 유지해야 하며 HA도 이동호스트의 THA의 주소를 관리해야 한다. 그리고 각 FA나 HA는 자신이 THA로서 관리하는 FA의 목록을 저장하는 테이블(THA 테이블)과 자신을 관리하는 THA의 목록을 저장하는 테이블(FA or HA 테이블)을 가지고 있어야 한다. 이동호스트와 항상 가까운 거리에 있는 THA를 선택하기 때문에 HHH-MIP는 CoA의 등록 시 발생하는 Handoff Latency를 줄일 수 있다.

데이터의 전송은 ROMIP와 유사하다. 처음에 CN은 이동호스트의 Home Address로 패킷을 전송한다. HA는 패킷을 가로채서 터널링에 의해 THA로 패킷을 전송해준다. THA는 이동호스트의 현재 FA로 패킷을 터널링 해준다. 그러므로 처음 CN과의 통신을 위해서는 2번의 터널링이 발생하게 된다. 그 다음, HA는 이동호스트의 THA 주소를 CN에게 보내준다. 그래서 이후의 CN은 THA 로 패킷을 직접 보내게 된다.

THA 의 바인딩 업데이트는 ROMIP 와 같이 Binding Warning Message (M_W), Binding Request Message (M_R), Binding Update Message (M_U) 및 Acknowledge Message (M_A)의 4가지 메시지를 사용한다. 4개의 Message는 다음과 같이 사용한다. HA는 첫 번째 패킷의 터널링 후에 CN에게 이동호스트가 Home Network 에 없다는 M_W를 보낸 후에, CN은 HA에게 받은 M_W에 대해 바인딩 업데이트를 요구하는 M_R을 보낸다. HA는 M_U에 THA의 주소를 포함하여 보내고, 마지막으로 CN은 성공적으로 바인딩 업데이트가 완료되었다는 의미로 HA에게 M_A를 보낸다.

2.THA Handover 알고리즘

처음에 이동호스트는 HA를 THA로 선택한다. 이동호스트가 HA나 이전의 FA로부터 다른 FA로 이동한 경우 이동호스트의 THA Handover가 발생할 수 있다. 그림 1에서 FA1을 THA로 선택했다면 이동호스트는 FA1이 THA로서 관리하는 주변의 7개 FA(FA2, FA3,FA4,FA5,FA6,FA7)로 이동한 경우에는 THA의 Handover가 발생하지 않는다. 그러나 FA1이 THA로서 관리하지 않는 FA(FA8,FA9,FA10)로 이동한 경우에는 THA의 Handover가 발생한다.

그림 2는 이동호스트의 이동시 이동호스트가 처리하는 과정을 Flow Chart 로 보여준다. 처음에 이동호스트가 다른 FA로 이동한다. 그리고 이동호스트는 IPv6를 사용한다고 가정하기 때문에 이동호스트가 CoA를 생성한다. 생성된 CoA와 자신의 THA 주소와 HA 주소를 이동한 FA에게 보낸다. FA는 자신을 관리하는 THA의 목록이 저장되어 있는 FA 테이블을 검색하여 이동호스트가 자신을 관리하는 THA로부터 왔는지 확인한다. 자신을 관리하는 THA로부터 온 경우 이동호스트는 THA와 가까운 거리에 있는 것이기 때문에 FA는 CoA를 THA에게만 알린다. 만약 이동호스트가 자신을 관리하는 THA로부터 온 것이 아니라면 이동호스트는 THA와 멀리 떨어진 것이기 때문에 FA 자신이 이동호

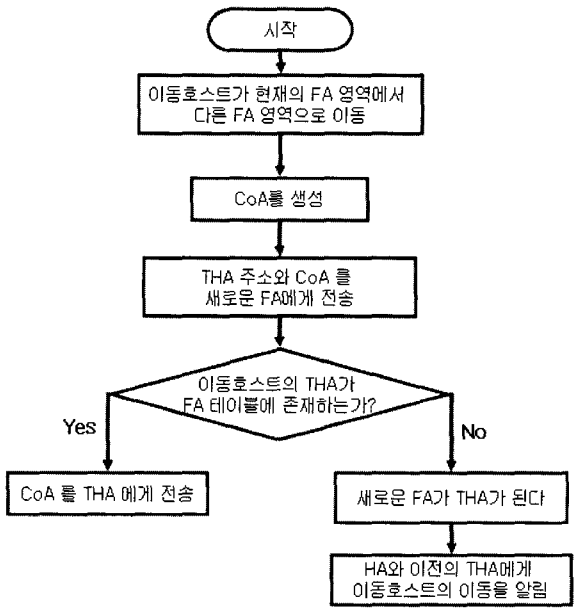

그림 2. 이동호스트 의 FA 변경 시 THA Handover 처리 과정

Fig. 2. Process of THA Handover by changing MH's FA.

스트의 THA가 된다. 그리고 자신의 주소와 이동호스트의 CoA를 HA와 이전의 THA에게 보낸다.

새로운 FA가 THA로 설정되면 이동호스트는 Binding Update Message(Mu) 를 HA와 이전의 THA에게 보낸다. CN이 새로운 THA의 주소를 받기 전에는 패킷은 여전히 이전의 THA에게로 보내진다. 이전의 THA는 새로운 THA에게 패킷을 터널링해준다. CN이 새로운 THA의 Binding Update 를 완료한 후 패킷은 새로운 THA에게 직접 보내진다.

이러한 HHH-MIP를 지원하기 위해서는 HA와 FA가 THA의 기능을 수행해야 한다. 첫째로 이동호스트의 새로운 CoA를 등록할 수 있어야 한다. 둘째로 이동호스트의 THA Handover 후에 이전의 THA는 새로운 THA에게 패킷을 터널링 할 수 있어야 한다. 셋째로 다음과 같은 3가지 테이블을 저장하고 있어야 한다.

1) THA로서 자신이 관리하는 이동호스트의 목록. 이 테이블에는 이동호스트의 주소와 현재 FA 주소 그리고 CoA가 바인딩된다.
2) THA로서 관리하고 있는 FA의 목록(THA 테이블).
3) FA 혹은 HA로서 자신을 관리하는 THA의 목록 (FA or HA 테이블).

III. 성능 평가

1. 시뮬레이션 환경

네트워크 구조는 8 x 8 mesh를 가지며, 각 mesh에는 하나의 FA가 존재한다. 즉, 64개의 FA가 전체 네트워크에 존재하게 된다. 전체 네트워크에는 1000개의 Mobile Host 가 존재한다. 하나의 이동호스트를 위한 HA 와 CN의 위치는 임의로 지정되며, 각 이동호스트는 처음에 자신의 HA에서 통신을 시작한다. 이동호스트의 이동성을 위해 이동호스트가 현재의 FA에서 다른 FA로 이동할 확률 변수인 MoveProb를 사용한다. MobeProb로 인해 노드의 이동성에 따른 성능을 평가할 수 있다. 이동호스트는 현재의 FA의 이웃 FA로 불규칙하게 이동한다. 총 Simulation 시간은 500 time slots 을 사용한다. MIP, ROMIP, HH-MIP, 그리고 제안한 HHH-MIP를 비교한다.

2. 시뮬레이션 결과

그림 3은 Binding Update를 위한 평균 Hop의 수인

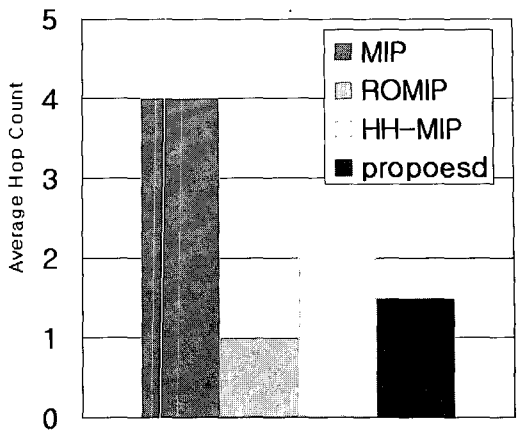

그림 3. Handoff Latency (Hop)
Fig. 3. Handoff Latency (Hop).

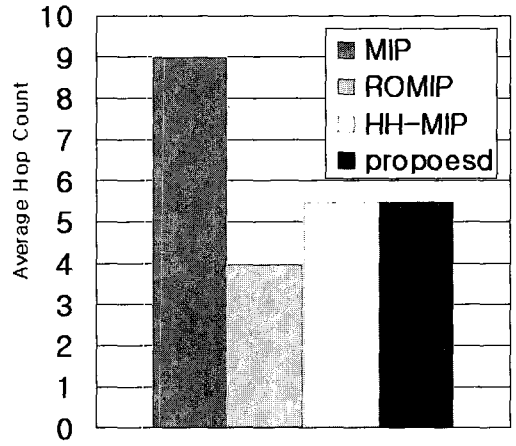

그림 4. End-to-End Path Length (Hop)
Fig. 4. End-to-End Path Length (Hop).

Handoff Latency를 나타낸다. HH-MIP와 HHH-MIP는 같이 THA를 쓰지만 HH-MIP는 이전 FA와의 거리를 계산하는 패킷을 전송해야 하기 때문에 HHH-MIP가 조금 더 짧은 Handoff Latency를 가지는 결과가 나타난다. ROMIP 방식은 상대적으로 짧은 Handoff Latency를 보여준다. 이것은 이동호스트가 이전의 FA에게 CoA를 알리고 이전의 FA가 새로운 FA에게 패킷을 전송해주는 Forwarding Mechanism을 쓰기 때문이다. 그러나 제안하는 방법과 비교해서 패킷의 손실에 영향을 미칠 만큼 큰 차이를 보이지 않는다. 따라서 ROMIP의 장점을 최대한 유지한다고 볼 수 있다.

그림 4는 CN과 이동호스트 간의 통신을 위한 평균 거리를 나타낸다. ROMIP 방식은 모든 CN이 바인딩 복사를 가지고 이동호스트와 직접적으로 통신하기 때문에 가장 짧은 경로를 가지나 역시 제안하는 HHH-MIP와 큰 차이를 보이지 않는다. ROMIP의 장점인

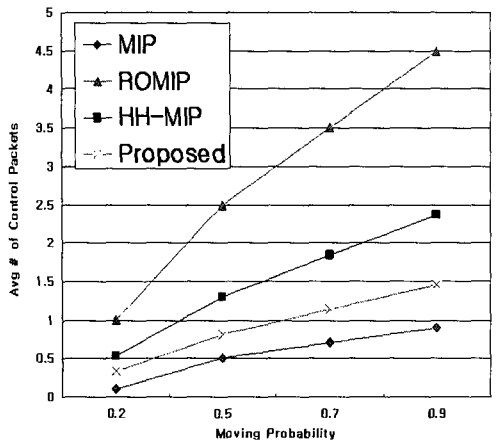

그림 5. Signaling Cost
Fig. 5. Signaling Cost.

효율적인 경로를 최대한 유지한다고 볼 수 있다. HH-MIP와 HHH-MIP는 같이 THA를 이용하기 때문에 비슷한 길이의 경로를 가진다.

그림 5는 이동호스트가 현재의 위치를 이동할 확률에 따른 Control 패킷의 평균 발생 횟수인 Signaling Cost를 측정한 것을 보여준다. Signaling Cost는 Binding Update를 위한 4개의 Control Message(M_W , M_R , M_U , M_A)와 THA의 Handover 시 발생하는 두 개의 Control Message(전의 THA 에게 보내는 M_U 와 HA에게 보내는 M_U)를 말한다. HH- MIP의 Signaling Cost는 FA가 이전의 THA를 모르는 Subnet으로만 이동한다고 가정하여 THA의 Handover 시 THA와 FA 간의 거리를 계산하는 패킷을 발생한다. 그림 5에서 보는 것과 같이 제안한 HHH-MIP는 HH-MIP와 ROMIP에 비해 상대적으로 적은 Signaling cost를 발생시키며, 핸드오프 시 아무런 추가 작업을 하지 않는 MIP가 가장 적은 수의 Signaling Cost를 발생시킨다. ROMIP는 CN이 바인딩 복사를 가지도록 하는 작업이 Signaling Cost를 늘리는 원인이 되며, HH-MIP는 THA와 FA간의 거리를 계산해야 하기 때문에 HHH-MIP보다 큰 Signaling Cost를 가진다. 또한 이동호스트의 이동이 빈번 할수록 패킷의 발생 횟수의 차이는 더 커지므로 이동호스트가 자주 이동하는 네트워크 상황에서 제안하는 HHH-MIP가 더욱 효율적이다.

따라서 제안하는 HHH-MIP는 ROMIP의 장점인 작은 Handoff Latency와 효율적인 경로는 최대한 유지하면서 ROMIP나 HH-MIP보다 작은 Signaling Cost를 발생시키는 것을 보인다.

Ⅳ. 결 론

현재의 무선인터넷은 단말기의 이동시 통신이 끊기는 단점이 있다. 무선인터넷의 Global Internet mobility를 지원하기 위해 Mobile IP가 제안되었다. 그러나 MIP는 CN와 이동호스트와의 통신에서 이동호스트의 이동성 때문에 CN의 패킷이 항상 HA를 거쳐서 통신하게 되는 불필요한 지연이 발생하게 하며, 이동호스트와 HA가 멀리 떨어진 경우 CoA의 등록경로가 길어지는 긴 Handoff Latency가 발생한다. 이러한 문제는 패킷의 손실을 증가시키고 네트워크의 부하를 높이는 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 CN이 바인딩 복사를 가지는 ROMIP나 이동호스트 주변에 THA를 두는 HH-MIP 등이 제안되었으나 비효율적으로 Signaling Cost를 발생시키는 문제가 있다. 본 논문에서는 HH-MIP에서 THA의 Handover시 계층적인 THA를 이용하여 ROMIP의 장점은 최대한 취하면서 Signaling Cost의 비효율적인 측면을 개선한 HHH-MIP를 제안한다. 이동호스트는 새로운 CoA를 HA가 아닌 THA에게 등록하여 멀리 있는 HA까지 패킷이 전달되는 수를 줄인다. HHH-MIP 에서는 HH-MIP에서 발생하게 되는 THA와 FA와의 거리를 계산하는 과정을 THA와 FA간의 계층적인 구조로서 해결한다. 하나의 Router가 THA와 FA의 역할을 함께 함으로 하나의 Router 는 어떤 THA의 하위 FA 일 수 있고 어떤 FA의 상위 THA 일 수 있는 중복된 형태의 계층구조를 가지게 된다. 시뮬레이션 결과 HHH-MIP는 ROMIP의 장점인 짧은 Handoff Latency와 경로상의 효율은 최대한 유지하면서 ROMIP나 HH-MIP 보다 적은 Signaling Cost를 발생시킨다. 따라서 제안하는 방법은 패킷의 긴 지연은 방지하면서 Signaling Cost를 줄임으로 네트워크의 부하와 패킷의 손실을 줄일 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Peter J. McCann, and Tom Hiller, "An Internet Infrastructure for Cellular CDMA Networks Using Mobile IP," IEEE Personal Communications, pp. 26-32, Aug. 2000.

[2] I.F. Akyildiz, J.Xie, and S.Mohanty, "A Survey of Mobility Management in Next-Generation All-IP based Wireless Networks," *IEEE Wireless Communications*, pp. 16-28, Aug. 2004.

[3] C.E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," *RFC 3220*, Jan. 2002.
[4] D. Johnson, C. E. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," *IETF RFC 3775*, Jun. 2004.
[5] C. E. Perkins and D. B. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," *IEFT Internet draft*, draft-ietf-mobileipoptim-11.txt, Sep. 2001.
[6] M.Dell'Abate, M. De Marco, and V. Trecorde, "Performance evaluation of Mobile IP Protocols in a wireless environment," *Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pp. 1810-1816, 1998.
[7] Li-Sheng Yu, and Chun-Chuan Yang, "An Enhancement of Mobile IP by Home Agent Handover," *Proceeding of Vehicular Technology Conference*, pp. 821-825, Sep. 2005.
[8] B. Jeon and J. Jeong, "Blocking artifacts reduction in image compression with block boundary discontinuity criterion," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 8, no. 3, pp. 345-357, June 1998.
[9] W. G. Jeon and Y. S. Cho, "An equalization technique for OFDM and MC-CDMA in a multipath fading channels, " in Proc. of IEEE Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 2529-2532, Munich, Germany, May 1997.

저 자 소 개

김 현 석(정회원)
1997년 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 학사.
2007년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사.
<주관심분야 : 모바일네트워크, 통신, 컴퓨터>

박 성 한(평생회원)
1970년 한양대학교 전자공학과 학사
1973년 서울대학교 전자공학과 석사
1984년 미국 텍사스 주립대 전기및컴퓨터공학과 박사
2003년 대한전자공학회 회장
2005년 WFEO 정보통신의장
1986년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수
<주관심분야 : 모바일네트워크, 통신, Bluetooth, 영상처리>