

논문 2006-43TC-11-5

MIH 서비스를 이용한 고속 NetLMM 프로토콜

(Fast Network based Localized Mobility Management protocol using Media Independent Handover Services)

박 시 현*, 김 영 한**

(Si Hyun Park and Young Han Kim)

요 약

본 논문에서는 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 진행 중인 NetLMM(Network based Localized Mobility Management) WG의 프로토콜을 이용하여 네트워크 기반의 고속 핸드오버 프로토콜을 제안하였다. NetLMM 프로토콜에서 핸드오버 지연을 개선하기 위해 IEEE 802.21 MIHS(Media Independent Handover Services)를 적용하였으며 Fluid Flow Mobility Model을 이용하여 제안하는 Fast NetLMM의 성능을 분석하였다. 분석 결과 Fast NetLMM 프로토콜은 다른 이동성 관리 프로토콜보다 향상된 성능을 보이는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper we have presented a network based high-speed handover protocol using NetLMM(Network based Localized Mobility Management) WG protocol in IETF(Internet Engineering Task Force). We use IEEE 802.21 MIHS(Media Independent Handover Services) for improving handover latency and we analysis proposed Fast NetLMM protocol performance using Fluid Flow Mobility Model. Evaluation results show that the Fast NetLMM protocol performance is better than other mobility management protocols.

Keywords : Mobile IP, NetLMM, 802.21 MIHS, Fast MIP, Hierarchical MIP

I. 서 론

IP 계층에서의 이동성 관리는 도메인과 서브넷을 이용하여 글로벌 이동성(Global Mobility)과 매크로, 마이크로 이동성(Macro, Micro Mobility)으로 나뉜다^[1]. 매크로, 마이크로 이동성은 도메인 내부에서 서브넷 사이의 이동성을 의미하며 글로벌 이동성은 도메인 간의 이동성을 의미한다.

IETF(Internet Engineering Task Force)에서 진행하고 있는 이동성 관리에 대한 연구는 글로벌 이동성 프로토콜인 Mobile IP^[2]를 기반으로 하고 있으며, 매크로

이동성 프로토콜인 Fast MIPv6^[3], Hierarchical MIPv6^[4] 역시 Mobile IP를 기반으로 연구되고 있다.

이러한 이동성 관리에 대한 연구 가운데 IETF의 NetLMM WG(Network based Localized Mobility Management Working Group)에서는 Mobile IP와 독립적으로 도메인 내에서 네트워크가 단말의 이동성을 지원할 수 있는 프로토콜을 개발 중이다^[5].

NetLMM 프로토콜은 다양한 인터페이스를 지원하기 위해 단말과 네트워크 사이의 인터페이스는 표준화 범위에 포함되어 있지 않으며 DNA(Detecting Network Attachment)^[5] 프로토콜을 사용하도록 하고 있다. 하지만 DNA 프로토콜은 링크 ID를 이용한 정확한 이동 감지 및 링크 정보를 이용한 빠른 RD(Router Discovery) 프로토콜^[6] 동작을 표준화 범위로 하여 핸드오버 지연 시간의 단축방법은 고려하고 있지 않다.

핸드오버의 지연시간을 줄이기 위해서는 링크계층

* 학생회원, ** 종신회원, 숭실대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Communications
Engineering, Soongsil University) 교신저자

※ 본 논문은 숭실대학교 교내 연구비 지원에 의해 이루어 졌음.

접수일자: 2006년10월10일, 수정완료일: 2006년11월18일

이하에서의 변화를 신속히 감지하고 이를 이용하는 것이 필수적으로 요구된다. 이에 대한 표준적인 정보서비스 규격은 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.21 MIHS(Media Independent Handover Services)^[7] WG에서 정의되어 핸드오버에 필요한 각종 하위계층 정보의 정의와 이를 전달하는 방법 등을 표준화하고 있다.

본 논문에서는 이러한 IEEE 802.21 MIHS를 이용하여 NetLMM 프로토콜에서 하부 링크정보를 이용해 핸드오버 지연을 줄이고, MIH 메시지를 이용하여 핸드오버 전에 버퍼링을 수행함으로써 패킷 손실을 최소화할 수 있는 Fast NetLMM 프로토콜을 제안한다.

II장에서는 관련 연구를 살펴보고, III장에서는 제안하는 Fast NetLMM 프로토콜을 설명하고 IV장에서는 이동성 모델을 통해 Fast NetLMM의 성능을 분석하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 NetLMM 프로토콜 환경

NetLMM 프로토콜은 NetLMM 도메인 안에서 단말이 다른 서브넷으로 이동하여도 주소를 바꾸지 않고 단말의 이동성 관리를 네트워크가 지원하는 것이 특징이며, 이를 위해 그림1과 같이 NetLMM 도메인 안에 다음과 같은 노드들이 존재한다^[8].

MN(Mobile Node)는 이동단말을 나타내며 MAG(Mobile Access Gateway)는 단말이 접속하는 액세스 라우터이다. LMA(Local Mobility Anchor)는 MAG들과 연결되어 단말의 이동성 관리 및 단말로 가는 데이터를 라우팅 하는 역할을 한다.

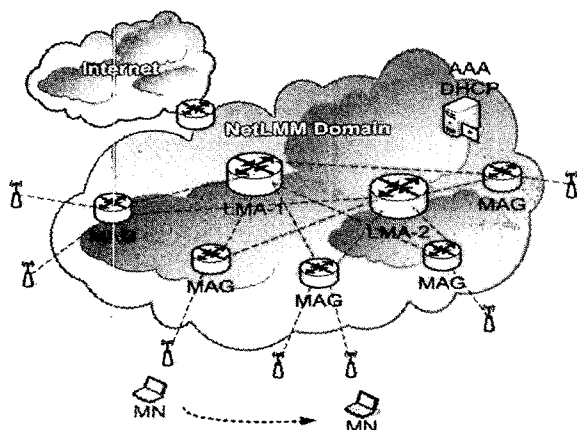


그림 1. NetLMM 도메인

Fig. 1. NetLMM Domain.

그림 1에서와 같이 MAG와 MAG는 서로 연결되어 있지 않다. MAG와 MAG가 연결될 경우 이동 단말과 상대방 노드(Corespondent Node)가 NetLMM 도메인에 존재할 경우 MAG에서 단말의 이동성을 관리하기 위한 추가적인 고려가 필요하다. 본 논문에서 사용되는 NetLMM 프로토콜에서는 MAG는 LMA에만 연결되어 그와 같은 고려 상황을 배제하고 있다.

2.2 NetLMM 프로토콜 동작 절차

그림 2는 NetLMM 프로토콜의 동작 절차이며 이동 단말과 MAG사이의 인터페이스를 정의한 문서^[9]와 현재 NetLMM 프로토콜로 제안되고 있는 문서를^[8] 기반으로 만든 동작 절차이다.

단말이 NetLMM 도메인에 처음 접속하여 MAG-1이 단말의 ID를 전달받게 되면 MAG-1은 LMA로 단말의 ID를 포함한 Location Registration 메시지를 전달한다. 여기서 사용하는 ID는 IP주소나 MAC주소가 사용가능하다.

Location Registration를 받은 LMA는 단말에 대한 정보를 생성한 후 LMA ID를 포함하여 Location Registration Ack를 전달한다. Ack를 받은 MAG는 LMA ID를 포함하여 RA(Router Advertisement) 메시지를 이동 단말에게 전달한다. 이렇게 함으로써 단말은 LMA ID가 같은 RA를 받으면 자신이 NetLMM 도메인에 존재한다는 것을 알 수 있다.

IPv6 Stateless Address Auto-configuration이 동작하는 단말은 RA를 통해 전달받은 MAG의 프리픽스를 이용하여 주소를 생성하고, DAD(Duplicate Address Detection) 과정을 수행한다. MAG-1은 DAD 메시지에 포함된 단말의 주소를 이용하여 LMA에게 MN Address Setup메시지를 전송하여 단말의 주소를 업데이트한다. 이 MN Address Setup 메시지는 Location Registration메시지에 주소옵션을 추가하여 만들어 진다.

단말이 MAG-1에서 MAG-2로 핸드오버를 할 경우, MAG-2는 RS(Router Solicitation)메시지를 통해 전달 받은 단말의 ID를 이용하여 Location Registration 메시지를 LMA에게 보내게 된다. 이미 단말의 정보를 가지고 있는 LMA는 단말이 이동했다는 것을 판단하고, MAG-2에게 단말의 주소를 포함한 Location Registration Ack를 보냄으로써 단말이 다른 서브넷으로 이동하여도 LMA에서 단말의 패킷을 MAG-2로 전송해 줌으로써 서비스가 유지될 수 있다.

마지막으로 Location Deregistration/Ack를 통해

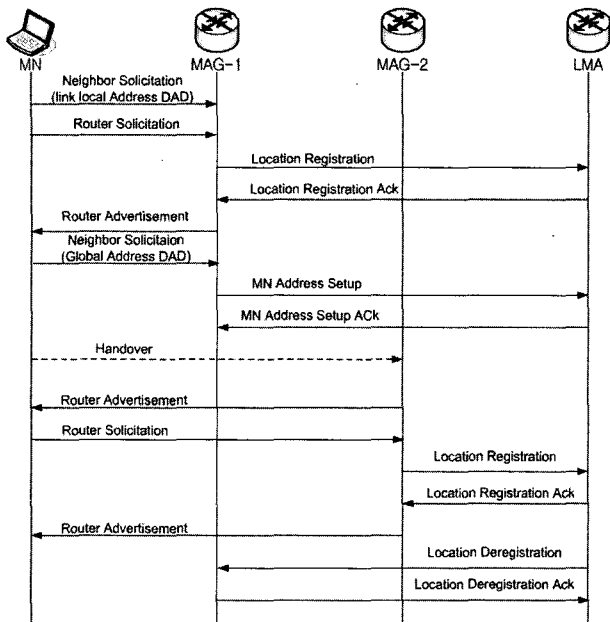


그림 2. NetLMM Protocol 동작 절차

Fig. 2. NetLMM Protocol Operation Flow.

LMA는 기존의 MAG-1에 단말이 이동했다는 것을 알리고 MAG-1에서는 단말의 자원을 해제한다.

DNA 프로토콜이 동작하는 단말은 NetLMM 도메인에 존재한다는 것을 RA 메시지에 포함된 LMA ID를 이용하여 판단하게 된다. 그리고 단말의 접속을 알리기 위해 RS 메시지를 전송해야 한다. 이렇게 NetLMM 프로토콜은 주기적으로 뿌려지는 RA를 언제 받느냐에 따라 핸드오버를 지연이 발생하며 이는 RD에 의한 지연으로 볼 수 있다.

본 논문에서는 NetLMM의 RD 지연을 없애고 링크 계층의 정보를 이용하여 단말의 고속 핸드오버를 지원할 수 있는 프로토콜을 제안한다. 이를 위해 IEEE 802.21 MIH 서비스를 이용하고 핸드오버를 수행하는 동안 단말의 패킷을 버퍼링함으로써 패킷 손실을 막을 수 있는 Fast NetLMM 프로토콜을 제안한다.

2.3 MIH(Media Independent Handover) 서비스

하위 미디어에 독립적으로 하위 계층의 정보를 이용하여 단말의 핸드오버를 지원하기 위한 MIH 서비스^[7]는 IEEE 802.21 WG에서 표준화 중이다. MIH 서비스는 각종 링크 계층 정보 및 네트워크 정보를 상위계층에 전달할 수 있는 방법을 정의하고 있으며, MIH 스택을 이용해 다음 세 가지 서비스를 제공하도록 정의되어 있다. 상위계층에 이벤트 정보를 제공하는 이벤트 서비스와 핸드오버를 위한 네트워크 선택과 핸드오버 수행 결정에 필요한 정보를 제공하는 정보 서비스 그

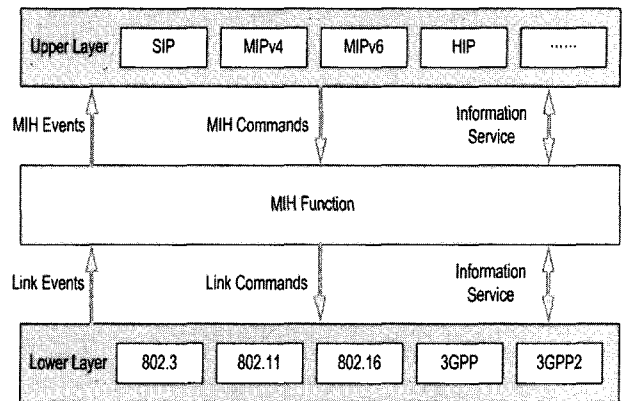


그림 3. MIH 기능 구조 및 서비스 프리미티브

Fig. 3. MIH Function Layer and Service Primitive.

리고 사용자가 핸드오버와 관련해서 링크를 제어하기 위한 제어 서비스이다. 이런 서비스를 미디어와 무관하게 제공하기 위해서 MIH 스택에 서비스 접근 점(SAP, service access point)을 정의하였고 이 서비스 접근 점을 통해서 세 가지 서비스를 활용할 수 있도록 다양한 메시지 및 방법을 정의하였다. 그림 3은 표준에서 정의된 MIH 기능(Function)의 위치와 그 주요 기능을 표시한 것이다.

3.1 Fast NetLMM에서 사용하는 MIH 서비스 프리미티브

본 장에서는 Fast NetLMM에서 사용하는 MIH 서비스 프리미티브를 설명한다. 먼저 LinkGoingDown은 링크 값이 일정 임계값보다 낮아 졌을 때 발생하는 이벤트이며, LinkDown과 LinkUp은 링크가 완전히 끊어지고 새로운 링크로 연결되었을 때 발생하는 이벤트이다.

MIH_Scan은 주변 접속 네트워크를 찾기 위한 제어 서비스이며 응답으로는 스캔을 통해 알아온 주변 네트워크 정보가 담겨있다. MIH_Handover_Initiate 메시지는 단말이 핸드오버 수행을 감지하고 이동하게 될 네트워크의 정보를 포함하여 접속 네트워크에 알리기 위해 발생하는 메시지이며, 본 논문에서는 LinkGoingDown 이벤트를 받게 되면 전송된다.

MIH_Handover_Prepares는 핸드오버를 수행할 단말을 위해 미리 핸드오버 할 네트워크에 자원을 예약하기 위해 발생하는 제어 메시지이다.

MIH_Handover_Commit은 단말이 최종적으로 핸드오버를 수행할 네트워크의 정보를 포함하여 전달되는 메시지이다. MIH_Handover_Complete는 하위 계층의 핸드오버가 끝난 것을 알리는 메시지로 LinkUP Event가 일어나면 발생된다. 표 1은 Fast NetLMM에서 사용

표 1. Fast NetLMM 프로토콜에서 사용하는 MIH 서비스 Primitives

Table 1. MIH Service Primitives used in Fast NetLMM Protocol.

Primitive	Service	Parameters
LinkGoingDown	ES	MacNewPoA
LinkDown	ES	MacoldPoA
LinkUp	ES	MacNewPoA, LinkID
MIH_Scan	CS	ScanRequestSets/ ScanResponseSets
MIH_Handover_Initiate	CS	SuggestedNewLinkID
MIH_Handover_Prepare	CS	Source ID, ResourceStatus
MIH_Handover_Commit	CS	MacNewPoA
MIH_Handover_Complete	CS	SourceID, CurrentLinkID

하는 프리미티브와 서비스 종류 그리고 중요 파라미터를 나타낸다.

3.2. Fast NetLMM 동작 절차

본 장에서는 제안하는 Fast NetLMM의 동작 절차를 설명한다. 동작환경은 WLAN(Wireless LAN)으로 가정하고 단말은 AP(Access Point)의 비콘(Beacon) 메시지를 통해 신호세기를 주기적으로 계산하고, MIH_Scan 명령을 통한 능동 Scan을 통해 주위 AP 리스트 정보를 가지고 있다고 가정한다. 그리고 MAG는 자신의 AP MAC정보를 LMA는 AP의 MAC정보와 MAG의 정보를 가진 리스트를 가지고 있다고 가정한다.

먼저 단말은 주기적으로 신호세기를 측정하여 신호세기가 임계값보다 작아지면 MIH 계층에 LinkGoing-Down 이벤트를 전달한다. LinkGoingDown 이벤트를 받은 MIH 스택은 저장된 AP 리스트 중 신호세기가 가장 높은 AP의 MAC 주소를 포함한 MIH_Handover_Initiate_Req 메시지를 현재 접속된 MAG-1에 전송한다. 가장 신호세기가 좋은 AP의 MAC 정보를 포함하는 이유는 이 AP가 단말이 핸드오버를 수행할 확률이 가장 크기 때문이다.

MAG-1은 MIH_Handover_Initiate_Req 메시지 안의 AP MAC 주소를 통해 자신이 관리하고 있는 AP 인지 확인하고, 자신의 AP가 아닐 경우 MIH_Handover_Initiate_Req를 LMA로 전송한다. 자신이 관리하는 AP 일 경우 LMA로 전달할 필요 없이 MAG 내부에서 라우팅 테이블 등록만으로 단말의 이동성을 지원해 줄 수 있다.

LMA는 AP의 MAC 주소를 이용해 어느 MAG의 AP인지 확인하고, 해당 MAG에게 단말의 주소와 AP MAC주소를 포함한 MIH_Handover_Prepare_Req를 전

송한다. 이 메시지를 받은 MAG-2는 이동할 단말의 정보를 저장하고 MIH_Handover_Prepare_Res로 응답한다. LMA는 MIH_Handover_Initiate_Res로 핸드오버 준비가 완료되었음을 MAG-1에게 알리고, MAG-1은 단말에게 전달한다.

이러한 핸드오버 준비 과정동안 버퍼링을 통해 단말의 패킷 손실을 막을 수 있다. 버퍼링 방법은 다음과 같이 3가지로 나눌 수 있다.

먼저 현재 접속해 있는 MAG에서 버퍼링을 수행하는 것으로 MIH_Handover_Initiate_Req 메시지를 받자마자 버퍼링을 수행함으로써 가장 패킷 손실을 줄일 수 있다. 하지만 핸드오버 후 이동한 MAG에서 버퍼링 패킷을 받는 시간이 오래 걸릴 수 있으며, 이는 LMA에 단말의 위치를 등록한 후 단말로 전달되는 패킷과 순서가 어긋나는(Reordering) 문제를 발생시킬 수 있다.

두 번째는 이동할 MAG에서 버퍼링을 수행하는 것이다. MIH_Handover_Initiate_Req 메시지 안에는 단말이 핸드오버를 수행할 AP의 정보가 담겨 있으며, LMA에서 이동할 MAG로 MIH_Handover_Prepare_Req 메시지를 통해 버퍼링을 요청할 수 있다. 그 후 LMA에서 단말의 패킷을 이동할 MAG로 전송함으로써 단말이 핸드오버를 완료하자마자 버퍼링 데이터를 받을 수 있는 장점이 있다. 하지만 MIH_Handover_Initiate_Req 메시지의 AP에 대한 정보가 단말이 확실히 이동할 것이라고 보장할 수 없으며, Ping-Pong 문제에 대한 고려가 필요하다.

마지막으로 LMA에서 버퍼링을 수행할 수 있다. 앞의 두 경우와 비교했을 때 버퍼링 시작 시간과 핸드오버 후 버퍼링 패킷을 받는 지연이 존재하지만 LMA에서 버퍼링을 수행함으로써 패킷의 순서가 어긋나는(Reordering) 문제가 없고, 단말이 예상한 MAG로 핸드오버를 하지 않더라도 패킷 손실과 Ping-pong 문제가 발생하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 LMA에서 버퍼링을 수행하는 것으로 한다.

링크 계층에서 핸드오버 알고리즘을 통해 핸드오버를 수행할 AP를 선택하게 되면 MIH 서비스는 선택된 AP의 MAC정보를 담은 MIH_Handover_Commit_Ind를 MAG에게 전송하고 MAG는 단말이 실제로 자신의 AP로 핸드오버 하지 않았는지 확인한 후 LMA로 전달한다. 이 메시지를 수신한 LMA는 확실하게 핸드오버를 수행하는 목적지 MAG를 알게 되며 IPv6 터널을 생성하여 단말의 데이터를 목적지 MAG로 전달할 준비를 한다. 이때까지 단말의 패킷은 LMA에서 버퍼링 되고

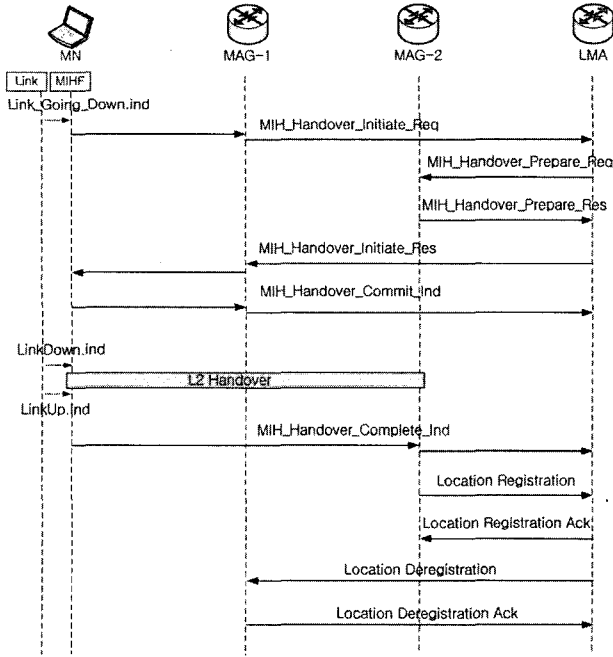


그림 4. Fast NetLMM Handover 동작 절차

Fig. 4. Fast NetLMM Handover Operation Flow.

있다. NetLMM 프로토콜은 LMA와 MAG에서 IPv6 옵션 헤더를 처리하지 않고 망 확장을 고려하여 터널링으로 동작하도록 하고 있다.

단말은 링크 계층 핸드오버를 수행하면 MIH_Handover_Complete_Ind를 MAG-2로 전송함으로써 핸드오버 완료를 알린다. 이 메시지를 받은 MAG-2는 NetLMM 프로토콜로 동작하여 위치등록을 위해 Location Registration 메시지를 전송하고 LMA는 그동안 버퍼링 되어 있던 단말의 데이터를 MAG-2로 전달한다.

끝으로 LMA는 MAG-1에 단말의 정보를 해제하기 위해 Location Deregistration 메시지를 전송한다.

이러한 방법을 통해 NetLMM 프로토콜에서 RD 지연을 없애고 버퍼링을 통해 단말의 패킷 손실을 막을 수 있다.

다음 장에서는 제안한 Fast NetLMM 프로토콜을 수학적 모델을 이용하여 다른 이동성 관리 프로토콜들과 비교함으로써 성능을 비교한다.

IV. 성능 비교

Fast NetLMM의 성능을 비교하기 위해 Fluid Flow 이동성 모델^[11]을 사용한다. 이동성 프로토콜은 표2와 같이 글로벌 이동성은 모두 Mobile IPv6를 사용하는 것으로 가정하고 매크로 이동성은 Mobile IPv6, HMIPv6,

표 2. 이동성 프로토콜

Table 2. Mobility Protocol.

경우	Global Mobility	Macro Mobility
case 1	Mobile IPv6	Mobile IPv6
case 2	Mobile IPv6	HMIPv6
case 3	Mobile IPv6	NetLMM
case 4	Mobile IPv6	Fast HMIPv6
case 5	Mobile IPv6	Fast NetLMM

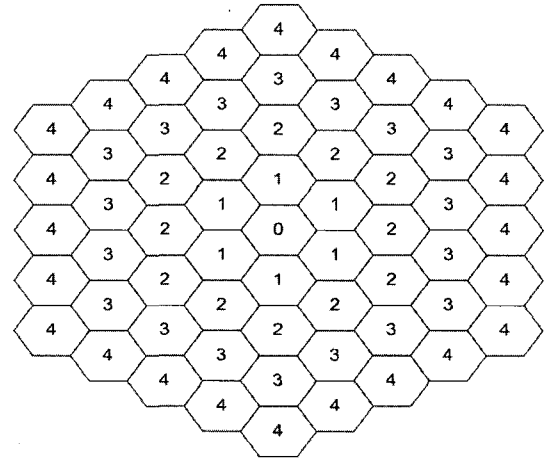


그림 5. 링 구조의 Subnet, Domain 영역

Fig. 5. Subnet, Domain Area of Ring Architecture.

NetLMM, Fast HMIPv6^[4], Fast NetLMM를 사용하는 5가지 경우로 정의한다. 이때 Mobile IPv6에서 경로 최적화는 고려하지 않는다.

서브넷 영역과 도메인 영역의 모델은 그림 5과 같이 육각형의 Cell로 이루어진 정육각형 구조를 가정한다^[10]. 여기서 한 Cell은 한 AR나 MAG의 서브넷 영역이며 도메인은 이러한 AR와 MAG들의 Cell로 이루어진 링 구조로 정의한다. Cell에 표시된 숫자는 링의 번호를 의미하며 첫 번째 링은 중심 Cell을 중심으로 6개의 Cell로 이루어져 있으며, 두 번째 링은 첫 번째 링을 주위로 12개의 Cell로 이루어져 있다.

링에 존재하는 Cell의 개수($N(R)$)는 다음과 같은 공식으로 나타낼 수 있다. r , R 은 링의 번호를 의미한다.

$$N(R) = \sum_{r=1}^R 6r + 1 = 3R(R+1) + 1 \quad (4.1)$$

4.1 Fluid Flow이동성 모델^{[10][11]}

Fluid Flow 모델은 Cell 경계에서 단말의 crossing rate에 대한 분석 모델로 사용된다. 이동 단말은 $[0, 2\pi]$ 영역에서 골고루 분산되어 이동하며, 평균 속도 v [m/s]로 이동한다. ρ [mobiles/m²]는 Cell에 존재하는 단말의 밀도를 나타낸다.

R_c, R_d 는 Cell crossing rate 과 Domain crossing rate 을 나타내며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_c = \frac{\rho v L_c}{\pi}, R_d = \frac{\rho v L(R)}{\pi} \quad [\text{mobiles/s}] \quad (4.2)$$

$L_c [m]$ 는 Cell의 지름을 $L(R) [m]$ 은 도메인의 지름을 나타내고 $L(R)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L(R) = 6 \times (2R + 1) \times \frac{L_c}{6} \quad [m] \quad (4.3)$$

4.2 핸드오버 지연 비교

핸드오버 지연은 링크계층의 핸드오버가 시작되고 핸드오버 완료 후 위치 등록이 끝날 때까지 걸리는 지연으로 정의하며 매크로 이동성 프로토콜로 동작 할 때의 지연을 비교한다. 지연은 전송 지연과 전파 지연으로 나눌 수 있지만 핸드오버 제어 메시지는 크기가 작기 때문에 전송 지연은 무시하도록 한다. 그리고 각 노드에서의 프로세싱 지연도 무시한다.

Mobile IPv6에서 핸드오버 지연은 링크 계층 핸드오버, 이동성 감지, 새로운 CoA 생성, 위치 등록과정으로 나눌 수 있다.

이동성 감지는 단말이 현재 프리픽스와 다른 프리픽스를 가진 RA 메시지를 받으면 이동한 것으로 판단하게 되고 새로운 CoA주소를 생성한 후 DAD 과정을 수행한다. DAD 과정이 끝나면 새로운 주소를 HA에 등록하기 위해 BU/BA 메시지를 전송하게 된다.

HMPv6 역시 위와 같은 과정으로 이루어지지만 도메인 내부에서 이동하는 경우 MAP(Mobility Anchor Point)까지 LBU/LBA (Local Binding Update/Local

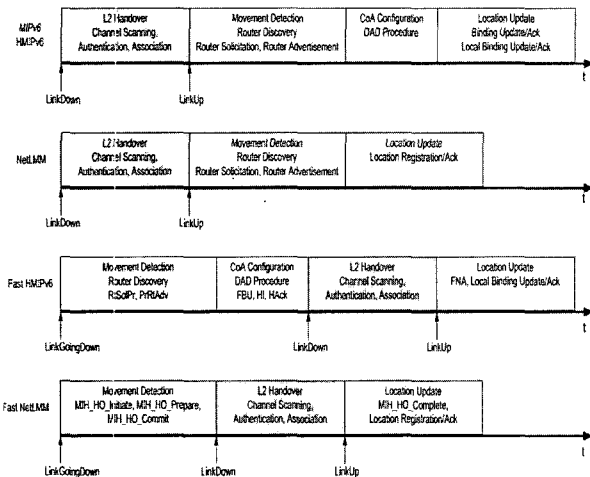


그림 6. 핸드오버 지연 비교

Fig. 6. Handover Latency Compare.

Binding Ack) 메시지를 전송하면 됨으로써 HA(Home Agent)까지 가는 전달되는 지연을 줄일 수 있다.

핸드오버 지연을 줄이기 위해 링크 정보를 이용하는 Fast HMPv6는 미리 이동성 감지와 새로운 CoA의 생성 및 DAD 과정을 수행함으로써 링크 계층 핸드오버 완료 후 바로 위치를 등록함으로써 핸드오버 지연을 줄일 수 있다.

NetLMM 프로토콜과 Fast NetLMM은 앞장에서 설명하였다.

그림 6은 앞서 설명한 이동성 관리 프로토콜의 핸드오버 지연을 나타낸 것이다.

표 2의 이동성 프로토콜에 따른 핸드오버 지연을 무선과 유선으로 전송되는 핸드오버 제어메시지와 홑 수로 나타내면 식 (4.4)와 같다.

여기서 D 는 전체 핸드오버 지연을 나타내며, D_{L2} 는 링크 계층 핸드오버 지연을 나타내며 약 $100 \sim 300ms$ 정도의 시간이 걸린다^[12]. τ 는 단말이 RA메시지를 받을 때까지 걸리는 지연이며 δ 는 단말이 새로운 CoA를 생성한 후 DAD를 수행하는 지연을 나타낸다^[12]. L_{wl} 는 무선에서의 전파 지연을 L_w 는 유선에서의 전파 지연을 의미한다.^[13]

표 3은 분석에 사용하는 홑 파라미터를 나타낸다.

$$\text{case 1} \quad (4.4)$$

$$D = D_{L2} + \tau + \delta + 4L_{wl} + 2L_w \times (H_{AR-GW} + H_{GW-HA})$$

$$\text{case 2} \quad D = D_{L2} + \tau + \delta + 4L_{wl} + 2L_w \times H_{AR-MAP}$$

$$\text{case 3} \quad D = D_{L2} + \tau + 2L_{wl} + 2L_w \times H_{MAG-LMA}$$

$$\text{case 4} \quad D = D_{L2} + 3L_{wl} + 2L_w \times H_{AR-MAP}$$

$$\text{case 5} \quad D = D_{L2} + 1L_{wl} + 2L_w \times H_{MAG-LMA}$$

Cell crossing rate과 Domain crossing rate을 적용하여 도메인 안에서 한 단말의 매크로 이동성을 처리하기

표 3. 홑 파라미터

Table 3. Hop Parameter.

파라미터	홑수	의미
H_{AR-GW}	2	AR에서 게이트웨이까지의 홑 수
H_{GW-HA}	10	게이트웨이에서 HA까지의 홑 수
H_{AR-MAP}	2	AR에서 MAP까지의 홑 수
H_{MAP-HA}	10	MAP에서 HA까지의 홑 수
$H_{MAG-LMA}$	2	MAG에서 LMA까지의 홑 수
H_{LMA-HA}	10	LMA에서 HA까지의 홑 수

위한 지연을 Fluid Flow모델로 나타내면 다음과 같다. D_{HO} 는 Fluid Flow 모델로 나타낸 핸드오버 지연을 나타낸다. $N(A)$ [m^2]는 Cell의 면적을 의미한다.

$$D_{HO} = \frac{\rho N(A)}{N(R)R_c - R_d} D \quad (4.5)$$

Fast HMIPv6와 Fast NetLMM을 비교하기 위해 LinkGoingDown 시점부터 핸드오버를 완료하는 순간까지 지연을 나타내면 다음과 같다.

$$\text{case 4 } D = D_{L2} + 7L_{wl} + \delta + 8L_w \times H_{AR-MAP} \quad (4.6)$$

$$\text{case 5 } D = D_{L2} + 4L_{wl} + 8L_w \times H_{MAG-LMA}$$

4.3 핸드오버 Signaling Cost 비교

Fast HMIPv6와 Fast NetLMM은 핸드오버 지연을 줄이기 위해 추가적인 핸드오버 제어 메시지가 필요하다. 따라서 추가적인 핸드오버 제어 메시지의 크기를 비교하기 위해 평균 제어 메시지의 크기(S)와 홉 수에 따른 메시지로 나타내면 식 (4.7)과 같다. C_g , C_m 는 글로벌, 매크로 핸드오버 제어 메시지 Cost를 나타낸다.

$$\text{case 1} \quad (4.7)$$

$$C_g = C_m = 4S + 2S \times (H_{AR-GW} + H_{GW-HA})$$

$$\text{case 2}$$

$$C_g = 4S + 2S \times (H_{AR-MAP} + H_{MAP-HA}) + 2S \times H_{AR-MAP}$$

$$C_m = 4S + 2S \times H_{AR-MAP}$$

$$\text{case 3}$$

$$C_g = 4S + 2S \times (H_{MAG-LMA} + H_{LMA-HA}) + 2S \times H_{MAG-LMA}$$

$$C_m = 2S + 2S \times H_{MAG-LMA}$$

$$\text{case 4}$$

$$C_g = 4S + 2S \times (H_{AR-MAP} + H_{MAP-HA}) + 2S \times H_{AR-MAP}$$

$$C_m = 7S + 8S \times H_{AR-MAP}$$

$$\text{case 5}$$

$$C_g = 4S + 2S \times (H_{MAG-LMA} + H_{LMA-HA}) + 2S \times H_{MAG-LMA}$$

$$C_m = 4S + 8S \times H_{MAG-LMA}$$

전체 핸드오버 제어 메시지 Cost는 매크로 이동성을 처리하기 위한 제어 메시지 Cost와 글로벌 이동성을 처리하기 위한 제어 메시지 Cost로 나타낼 수 있다. 여기

서 C_{Global} , C_{Macro} 은 Fluid Flow 모델을 적용한 글로벌, 매크로 이동성 제어 메시지 Cost를 나타내며 C_{total} 은 글로벌, 매크로 이동성 제어 메시지의 합이다.

$$\begin{aligned} C_{Global} &= R_d C_g \quad \text{and} \quad C_{Macro} \\ &= (N(R)R_c - R_d) C_m \\ C_{total} &= C_{Global} + C_{Macro} \end{aligned} \quad (4.8)$$

4.4 수치적 결과

표 4와 같은 파라미터 값^{[10][11][13]}을 적용하여 결과를 분석하면 다음과 같다.

그림 7은 (4.4)식을 이용해 핸드오버 프로토콜에 따른 핸드오버 지연을 나타낸 것이다. Mobile IPv6와 HMIPv6의 지연 차이는 HA와의 홉 수가 몇인가에 따라 다르게 나타날 것이며, Fast HMIPv6와 Fast NetLMM 프로토콜은 핸드오버 완료 후 등록하는 과정이 유사하기 때문에 핸드오버 지연이 거의 유사한 것을 알 수 있다.

그림 8은 (4.5)식을 이용하여 Fluid Flow 모델에서 단말이 매크로 핸드오버를 수행할 때 이동속도에 따른 핸드오버 지연을 나타낸 것이며 NetLMM 프로토콜이 일반 HMIPv6 프로토콜보다 지연이 적은 것을 알 수 있고, 그림 7에서의 결과와 같이 Mobile IPv6와 HMIPv6, Fast HMIPv6와 Fast NetLMM이 거의 같은 지연을 보이는 것을 알 수 있다.

표 4. 파라미터 값
Table 4. Parameter value.

ρ	S	L_c	L_{wl}	L_w
0.0002 users/ m^2	50 bytes	120 m	2 ms	0.5 ms

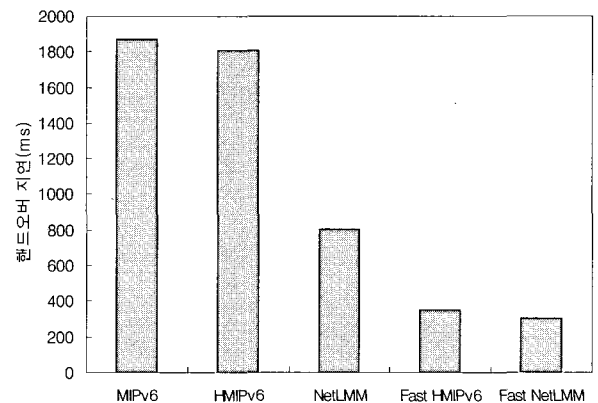


그림 7. 핸드오버 지연
Fig. 7. Handover Latency.

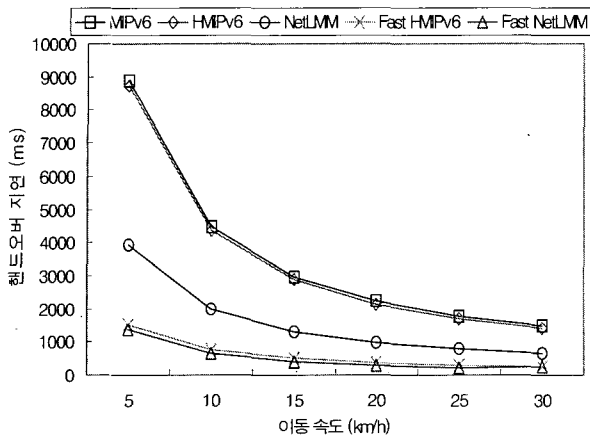


그림 8. 이동속도에 따른 핸드오버 지연

Fig. 8. Handover Latency according to Moving Velocity.

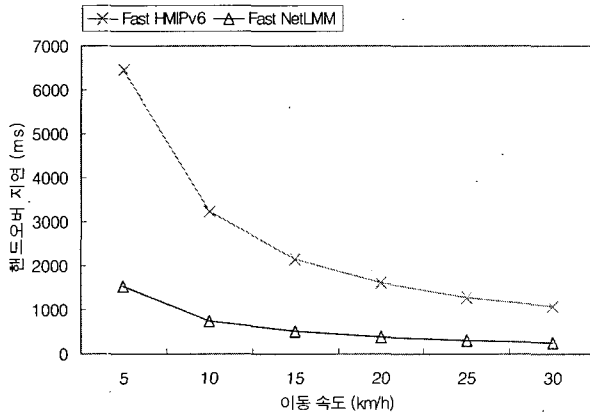


그림 9. Fast HMIPv6와 Fast NetLMM 핸드오버 지연 비교

Fig. 9. Compare of Fast HMIPv6 and Fast NetLMM Handover Latency

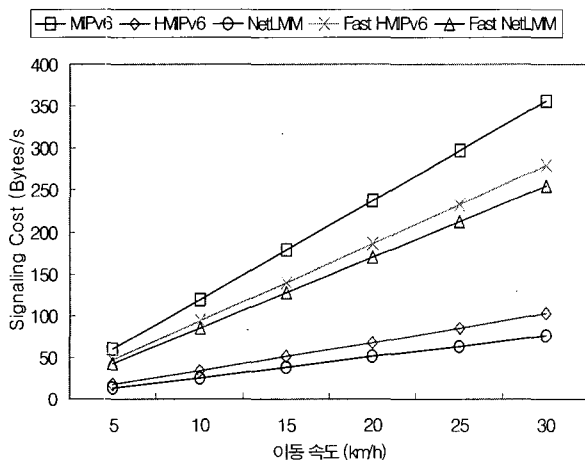


그림 10. 핸드오버 제어 메시지 Cost 비교

Fig. 10. Compare of Handover Control Signal Message Cost.

그림 9는 식 (4.5)와 (4.6)을 이용하여 Fast HMIPv6와 Fast NetLMM의 지연을 비교한 것으로 전체적인 핸드오버 지연은 Fast NetLMM이 더 작은 것을 알 수 있다.

그림 10은 식 (4.7)과 (4.8)을 이용하여 매크로 핸드오버 제어 메시지의 Cost 비교를 나타낸 것이며 빠른 핸드오버를 위해 Fast HMIPv6와 Fast NetLMM은 더 많은 시그널 메시지가 필요한 것을 볼 수 있다. 하지만 Fast NetLMM은 Fast HMIPv6보다 더 적은 제어 메시지가 소요되고, 이러한 추가적인 핸드오버 제어 메시지도 HA와의 흡에 따라 Mobile IPv6보다 적은 제어 메시지 양을 필요로 한다는 것을 예상 할 수 있다.

V. 결 론

IP계층에서의 이동성 관리는 이동성을 지원할 수 있는 영역에 따라 글로벌, 매크로, 마이크로 이동성으로 나뉜다. 현재까지 IETF에서 진행 중인 이동성 관리에 대한 연구는 Mobile IP를 기본으로 한 글로벌 이동성 방법이 대부분 이었다. 하지만 Mobile IP의 핸드오버 지연 문제와 단말의 이동성을 네트워크가 관리하려는 사업자의 요구에 의해 네트워크가 단말의 이동성을 지원할 수 있는 NetLMM 프로토콜이 등장하였으며, 현재 워킹 그룹 프로토콜을 개발하기 위한 노력을 진행하고 있다.

본 논문에서는 현재 진행 중인 NetLMM 프로토콜을 사용하여 네트워크가 단말의 이동성을 제어할 수 있는 방법을 기술하였고, 핸드오버 지연을 개선하기 위해 IEEE 802.21 MIH 서비스를 이용한 Fast NetLMM 프로토콜을 제안하였다.

이동성 모델로 사용되는 Fluid Flow 이동성 모델을 사용하여 제안하는 Fast NetLMM 프로토콜을 다른 이동성 관리 프로토콜과 수학적 비교를 통해 분석하였다. 분석 결과 Mobile IPv6를 기반으로 도메인 내부에서 빠른 핸드오버를 지원할 수 있는 Fast HMIPv6보다 핸드오버 지연과 제어 메시지의 크기가 더 감소하는 것을 고찰하였다.

참 고 문 헌

- [1] D. Saha and A. Mukherjee, "Mobility Support in IP: A Survey of Related Protocols," IEEE Network Vol. 18, issue 6, pp. 34-40, Nov-Dec 2004.

- [2] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, Jun 2004.
- [3] R. Koodli, Ed, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, Jul 2005.
- [4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," IETF RFC 4140, Aug 2005.
- [5] IETF NETLMM WG
http://www.ietf.org/html.charters/netlmm-charter.html.
- [6] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6," IETF RFC 2461, Dec 1998.
- [7] IEEE 802.21 WG, "Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services," IEEE P802.21 /D01.00. Mar 2006.
- [8] H. Levkowitz, Ed, "The NetLMM Protocol", IETF draft-giaretta-netlmm-dt-protocol-01," Sep 2006.
- [9] J. Laganier and S. Narayanan, "Network-based Localized Mobility Management Interface between Mobile Node and Access Router," IETF draft-laganier-netlmm-mn-ar-if-00 Mar 2006.
- [10] P. Sangheon and C. Yanghee, "A Study on Performance of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-Based Cellular Networks," IEICE Trans. Commun., vol. E87-B. no. 3, 2004.
- [11] X. Zhang, J. Castellanos, and A. Capbell, "P-MIP: Paging Extensions for Mobile IP," ACM Mobile Networks and Application, vol. 7, no. 2, pp. 127-141, 2002.
- [12] Yoon-Young An and Kang-Won Lee, "Enhanced Fast Handover Mechanism Using MIH Services in MIPv6," WWIC 2006. pp. 120-131, 2006.
- [13] Antoine Stephane and A.H Aghvami, "Fast Handover Schemes for Future Wireless IP Networks: a Proposal and Analysis," Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VTS 53rd, Vol. 3, pp. 2046-2050, May 2001.

 저 자 소 개



박 시 현(학생회원)
2006년 숭실대학교
정보통신공학과 학사
2006년 현재 숭실대학교
정보통신공학과 석사
<주관심분야 : 컴퓨터 네트워크,
무선 네트워크, VoIP, Mobile IP>



김 영 한(중신회원)
1984년 서울대학교 전자공학 학사
1986년 한국과학기술원 전기전자
공학 석사
1990년 한국과학기술원 전지전자
공학 박사
2006년 현재 숭실대 정보통신
공학과 정교수
2006년 현재 개방형 컴퓨터통신연구회 상임이사
2006년 현재 통신학회 인터넷 연구회 위원장
2006년 현재 VoIP포럼 차세대분과 위원장
<주관심분야 : BcN, IMS, VoIP, QoS, MANET,
Mobile IP>