

논문 2012-2-6

Proxy Mobile IPv6 시뮬레이터 구현

기장근*

Implementation of the Proxy Mobile IPv6 Simulator

Jang-Geun Ki*

요 약

단말의 이동성 지원을 위해 IETF에 의해 표준화된 MIPv6 프로토콜은 이동단말과 액세스 라우터 사이의 무선링크 대역폭 오버헤드가 크고 이동단말 자체에 프로토콜 스택이 구현되어야 하는 등의 단점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 망기반 이동성 관리 기법인 Proxy MIPv6 프로토콜이 제안되었으며, 본 논문에서는 Proxy MIPv6 기능 시뮬레이션을 위한 시뮬레이터 코드 개발에 대해 논하였다.

Abstract

MIPv6 that was standardized by IETF for supporting mobility of the terminal presents some disadvantages such as high bandwidth overhead on the wireless link and burden of protocol stack implementation on the mobile node. To solve this problem, Proxy MIPv6 was suggested as a network-based mobility management scheme. In this paper, development of the simulator for PMIPv6 is discussed.

한글키워드 : Proxy Mobile IPv6, PMIPv6 시뮬레이션

1. 서론

RFC6275^[1] 문서에 기술된 Mobile IPv6는 IPv6 호스트의 IP 이동성을 규정하고 있다. MIPv6에서는 IP 호스트가 이동성 지원을 위한 신호 메시지를 홈 에이전트(HA: Home Agent)와 교환하여야 한다. 또한 데이터 트래픽은 이동 호스트와 홈 에이전트 사이에 형성되는 터널에 의해 전달된다. 따라서 이동 호스트와 액세스 라우터 사이의 무선 인터페이스 구간에서 신호 메시지 교환

에 의한 무선자원 낭비 및 데이터 트래픽의 IP-in-IP 터널링에 의한 오버헤드가 발생한다.

이와 같은 MIPv6의 단점을 해결하기 위해 망기반 이동성 지원 스킴인 Proxy MIPv6^[2,3]가 제안되었다. PMIPv6에서 이동단말은 이동성 지원을 위한 시그널링(signaling)에 참여하지 않으며 이동단말 대신 프락시 이동성 에이전트 역할을 수행하는 MAG(Mobile Access Gateway) 라우터가 HA 역할을 수행하는 LMA(Local Mobility Anchor) 노드와 신호 메시지를 교환한다.

최근 또 다른 이동성 지원 방안의 하나로 분산 이동성 관리(DMM: Distributed Mobility

* 공주대학교 전기전자제어공학부

(email: kjg@kongju.ac.kr)

접수일자: 2012.12.2 수정완료: 2012.12.21

Management)^[4] 방안들이 제안되고 있다. MIPv6 나 PMIPv6 에서는 메시지들이 앵커 포인트 역할을 수행하는 HA나 LMA로 집중되게 된다. 따라서 이런 중앙 집중식 메커니즘을 분산 형태로 바꾸고자 하는 이동성 관리 스킴이 DMM 이며, 특히 최근에는 PMIPv6 프로토콜을 이용한 분산 이동성 관리 방안이 집중 연구되고 있다.

본 논문에서는 위에 기술한 이동성 관리 방안의 핵심 기본 역할을 수행하는 PMIPv6 프로토콜 시뮬레이터 프로그램을 개발하고, 시뮬레이션을 통해 기능을 검증하였다.

2. PMIPv6 프로토콜

PMIPv6^[2,3] 프로토콜은 이동노드(MN: Mobile Node)대신 MAG이 LMA에 등록을 대행해주는 로컬 망기반 이동성관리 프로토콜이다. MN은 PMIPv6 도메인내에서 이동시 이동성 관련 시그널링에 관여하지 않는다. LMA는 MN-HNP (Mobile Node's Home Network Prefix)와 Proxy-CoA (MAG 주소) 사이의 바인딩 정보를 관리한다. 참고로 MIPv6에서는 HA가 MN의 HoA(Home Address)와 MN의 CoA(Care of Address)사이의 바인딩 정보를 관리한다.

현재 버전의 PMIPv6에서는 각 MN별로 서로 다른 프리픽스를 갖는 Per-MN-Prefix 모델만 지원하고 있으며, 둘 이상의 MN들이 공통 프리픽스를 갖는 Shared-Prefix 모델은 아직 지원하고 있지 않다. LMA는 동일 단말에 대해서는 동일 MN-HNP를 할당해줌으로써 MN은 계층3의 IP주소 변경없이 이동할 수 있게 된다.

PMIPv6의 장점은 다음과 같다.

- 핸드오버 성능 향상
- 핸드오버 관련 시그널링 양 감소
- 이동단말의 위치 프라이버시 보호
- 무선자원의 효율적 사용
- 망에서의 시그널링 오버헤드 감소

- 이동단말과 망사이의 추가적인 보안 불필요
- 이중 무선링크 기술 지원
- 호스트 수정 불필요
- IPv4 및 IPv6의 지원

PMIPv6 도메인은 그림 1에 나타난 것과 같이 LMA와 MAG으로 구성된다. 그림 2와 그림 3에는 PMIPv6 시그널링 절차를 나타내었다.

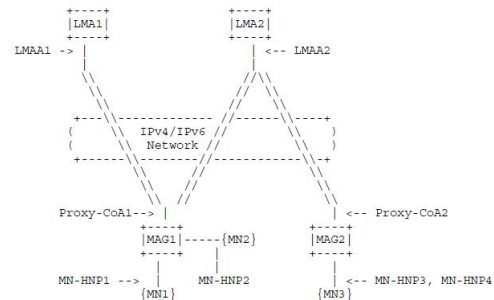


그림 1. PMIPv6 도메인^[2]

- MAG은 MN의 이동을 감지(데이터 링크인 계층 2 기능 이용 또는 MN으로 부터 Rtr Sol 메시지 수신)하고 MN을 대신해 LMA로 PBU(MN-ID, HI=1, HNP=all0 등을 포함) 메시지를 보내 등록절차 시작
- LMA는 새롭게 MN-HNP를 할당하고 이 등록정보(MN-ID, MN-HNP, MAG's proxy-CoA, ...)를 BCE(Binding Cache Entry)에 추가한 후 PBA(할당된 MN-HNP포함) 메시지로 응답
- MAG이 PBA 수신해 MAG-LMA간 터널 설정 완료하고, MN이 접속한 링크의 프리픽스가 할당된 MN-HNP인 것처럼 광고하는 Rtr Adv 메시지를 MN에게 보냄(즉, MN이 접속한 링크가 마치 MN의 home network인 것처럼 에뮬레이션 해줌)
- MN은 Rtr Adv 메시지내에 지정된 주소구성 모드(stateless/stateful)에 따라 MN-HNP에 속한 IPv6 주소를 스스로 생성(stateless)하거나 DHCPv6를 이용(stateful)해 할당 받으며, 이 경우 MAG은 DHCP relay agent로 동작함

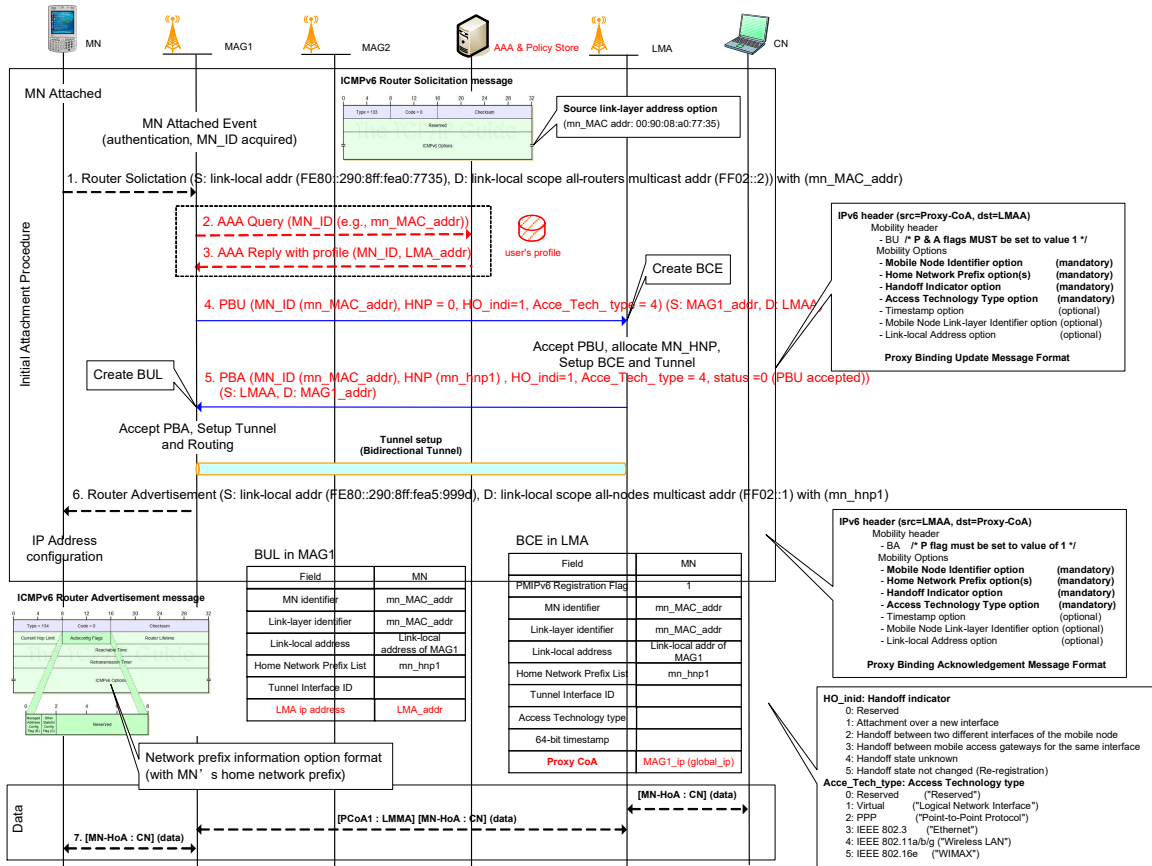


그림 2. PMIPv6 초기 접속 절차

- MN이 새로운 MAG으로 이동하면 위와 같은 절차가 반복되며, 새 MAG으로부터 PBU (Proxy Binding Update) 메시지를 수신한 LMA는 해당 MN에게 이미 할당된 MN-HNP를 MN-ID를 이용해 찾아 이를 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지에 실어 보내고, 새 MAG은 이 MN-HNP를 광고하는 Rtr Adv 메시지를 MN에게 보냄으로써 MN은 프리픽스의 변화를 못 느끼게 됨. 따라서 MN의 입장에서 전체 PMIPv6 도메인은 할당된 MN-HNP를 갖는 하나의 링크로 보이며, MAG간 이동시에도 IP주소 변화 없음
- MN이 새 MAG으로 이동해 가면 현재 MAG은 등록정보 삭제를 위한 PBU를 LMA에게 보내게 되는데 이를 수신한 LMA는 바로 등록정보를 삭제하지 않고 일정시간 (MinDelayBeforeBCEDelete) 후에 삭제하도록 동작함으로써 새 MAG이 등록정보를 갱신할 여유를 줌
- multihomed MN의 경우 LMA는 인터페이스별로 BCE를 할당해 등록정보를 관리함. 각 인터페이스는 하나 이상의 HNP를 가질 수 있으며, 하나의 인터페이스에 할당된 복수개의 HNP들은 하나의 BCE에 의해 관리됨

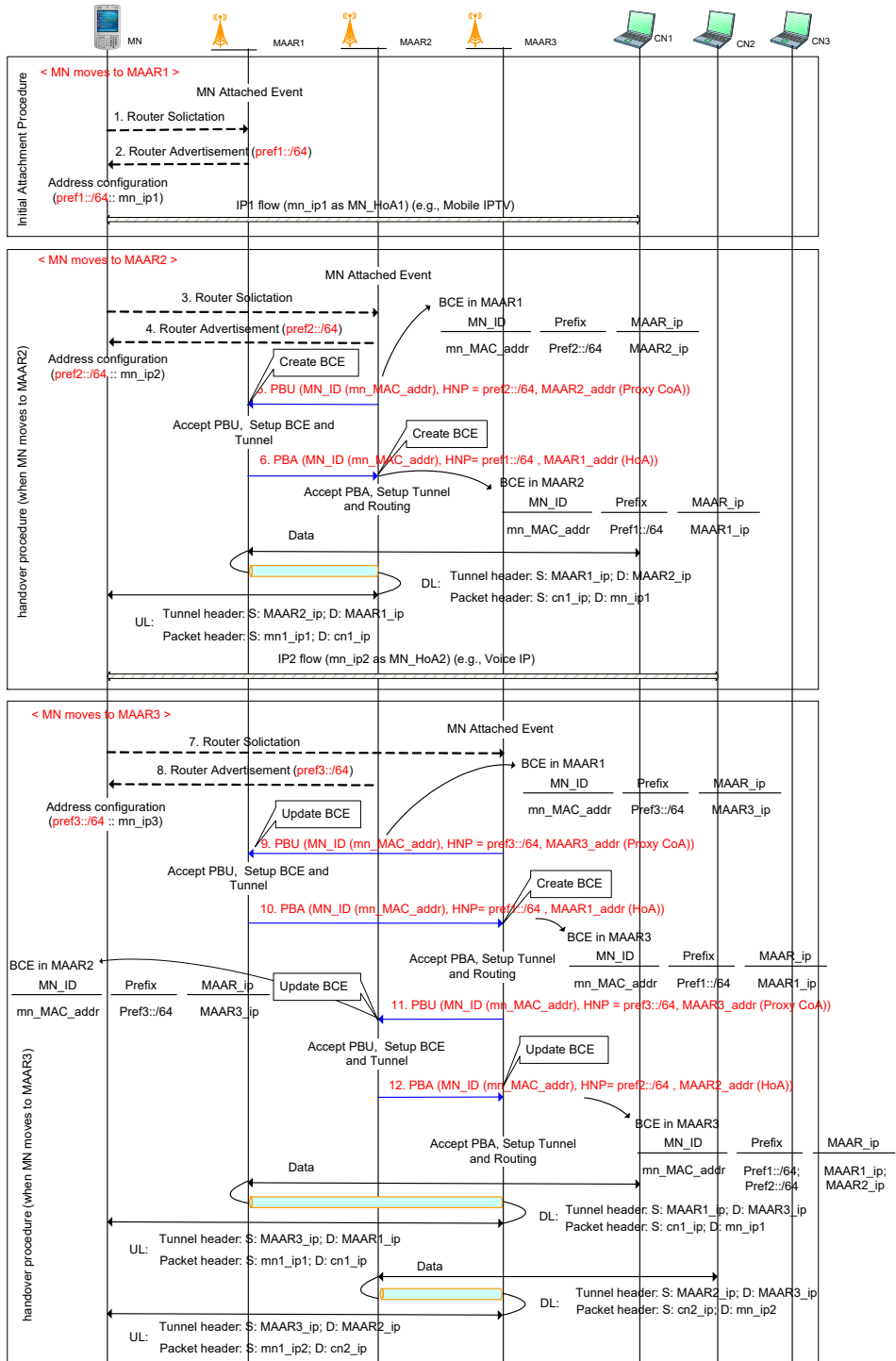


그림 3. PMIPv6 핸드오버 절차

- 데이터 패킷 전송은 기본적으로 양방향 모두 터널을 통해 이루어짐(MN <---> MAG <====(tunnel)====> LMA <---> CN). 즉, CN(Corresponding Node)이 보낸 데이터 패킷(MN-HNP에 속한 IP주소를 목적지 주소로 가짐)은 LMA로 가게 되고, LMA는 터널을 통해 MAG으로 전달하고, MAG은 이를 MN이 접속해 있는 액세스 링크로 보냄. MN이 CN으로 보내는 데이터 패킷도 MAG-LMA간 터널을 통해 전송됨
- MN과 MAG은 마치 점대점(point-to-point) 링크로 연결되어 있는 것처럼 보이며, MAG은 MN의 디폴트 게이트웨이처럼 동작함

MAG의 동작 및 역할은 다음과 같다.

- 액세스 링크 상에서 MN의 이동을 감지(MN으로 부터 Rtr Sol 메시지 수신)하고, MN을 대신해 LMA에게 PBU 메시지를 송신
- LMA가 할당한 MN-HNP를 실은 PBA 메시지를 수신하면, 할당된 MN-HNP를 실은 Rtr Adv 메시지를 MN에게 송신함으로써 액세스 링크 상에서 MN의 홈 링크를 에뮬레이션
- MN은 Rtr Adv 메시지에 지정된 주소구성 모드(stateless / stateful)에 따라 MN-HNP에 속한 주소를 스스로 생성(stateless)하거나 DHCPv6를 이용(stateful)해 할당 받음. 이 경우 MAG은 DHCP relay agent로 동작하며, Relay Forward 메시지 내의 link-address 필드에 MN-HNP에 속한 임의의 IPv6 주소를 실어 보냄으로서 DHCP 서버가 MN에게 할당해야 할 IPv6 주소의 프리픽스를 알게 함. 만일 MN-HNP가 복수 개일 경우, 즉 MN이 MAG의 액세스 링크에 접속하기 위해 사용하는 인터페이스에 LMA가 복수개의 프리픽스를 할당하는 경우에는 이 복수개의 프리픽스

정보를 DHCP 서버도 이미 알고 있도록 망이 구성되어야 하며, MAG은 복수개의 MN-HNP들 중에서 임의의 한 MN-HNP에 속한 IPv6 주소를 Relay Forward 메시지에 포함시켜 보내고, DHCP 서버는 서로 관련된 복수개의 MN-HNP들을 모두 알아내고 이들 MN-HNP들에 속한 IPv6 주소들을 할당해 줌. MN이 다른 MAG으로 이동해 가서 DHCP 서버로부터 할당받아 사용하고 있는 IP주소의 사용을 연장하는 경우 DHCP 서버는 수신한 Relay Forward 메시지내의 Client-DUID 옵션 필드 값과 link-address 필드를 이용해 어떤 MN의 어떤 인터페이스인지 구별해 이전에 할당했던 동일 IP를 재할당 해줌

- MAG과 MN 사이의 액세스 링크는 point-to-point 링크(multicast 가능)처럼 동작함
- BU_list를 유지 관리(그림 4 참조)
- serving MAG은 MN의 정책 프로파일(그림 5 참조)을 액세스 할 수 있어야 함(이전 MAG으로 부터 context transfer를 받거나 스스로 프로파일을 알아낼 수도 있음)

LMA의 Binding Cache Entry 형식은 그림 6과 같다.

Binding Update List entry at MAG

HA or CN's IP addr <small>This is a BU message's destination</small>		fields defined in MIPv6 (RFC6275)
MN's HoA		
CoA		
initial Lifetime	remaining lifetime	
Sequence Number sent in the last BU message		
Time at which a BU was last sent		
state of retransmission		
flag specifying whether or not future BU should be sent		
data related to running the return routability procedure <small>(need only for CN)</small>		
MN-Identifier		
link-layer identifier of the MN's interface <small>(this can be acquired from the Router Solicitation message from the MN)</small>		
home network prefix(es) assigned to the MN's interface		
link-local address of the MAG's interface to MN <small>(this is generated by the LMA after accepting the initial PBU message)</small>		
tunnel interface ID between LMA and MAG		
IPv6 address of the LMA <small>(this is acquired from the MN's policy profile)</small>		
interface ID of the link between MAG and MN		

그림 4. MAG의 Binding Update List

MN's Policy Profile	
MN-Identifier	
IPv6 address of the LMA	
MN-HNP(es) (maintained on a per-interface base)	option fields
lifetime of MN-HNP(es)	
supported address configuration procedures (stateful, stateless, or both)	

그림 5. MN의 정책 프로파일

Binding Cache entry at LMA	
home addr of MN	fields defined in MIPv6 (RFC6275)
care-of addr of MN	
lifetime	
home registration flag	
last binding request time	
Home addr prefix length	
Received Max sequence number in BU message	

flag for proxy registration (1=proxy reg)
MN-Identifier
link-layer identifier of the MN's interface
home network prefix(es) assigned to the MN's interface
link-local address of the MAG's interface to MN
tunnel interface ID between LMA and MAG
access technology type by the MN
64-bit timestamp of the most recently accepted PBU msg

Bind Cache Entry matching

- (1) Home Network Prefix(es) from the request
- (2) MN-Identifier
- (3) {MN's Link-layer ID and access technology type} or {Handoff Indicator = 2(handoff between interfaces of the same MN)} or {no MN's Link-layer ID but access technology type and Handoff Indicator = 3(handoff between MAGs)} or {Proxy-CoA and access technology type}

그림 6. LMA의 Binding Cache Entry

3. PMIPv6 시뮬레이터 구현 및 검증

3.1 시뮬레이션 프로그램 개발

PMIPv6 프로토콜 기능을 시뮬레이션하기 위한 코드를 개발하기 위해 본 연구에서는 MIPv6 관련 OPNET^[5] 소스 코드를 중심으로 수정하거나 새로 프로그램을 추가 작성하였다.

개발된 시뮬레이터 프로그램은 사용자의 선택에 따라 기존의 MIPv6 시뮬레이션뿐만 아니라 새로 추가된 PMIPv6 시뮬레이션을 수행해 볼 수 있도록 구성하였다. 기존 MIPv6 관련 코드에 추가하여 개발된 프로세스 모델을 표 1에 나타내었다. 그림 7에는 노드 모델의 PMIPv6 속성들을 나타내었다.

표 1. MIPv6와 PMIPv6 관련 프로세스 모델

MIPv6관련 프로세스 모델
ip_dispatch ipv6_ra_gtwy ipv6_ra_host mipv6_mgr mipv6_mn (only for host) mobile_ip_mgr mobile_ip_agent mobile_ip_mn
PMIPv6관련 프로세스 모델
pmipv6_mgr pmipv6_pmn (only for MAG) pmipv6_ra_gtwy pmipv6_ra_host

Attribute	Value
IPv6 Parameters	(...)
Mobile IP Router Parameters	
Mobile IPv4 Parameters	Disabled
Mobile IPv6 Parameters	Not Configured
Mobile IP Proxy Parameters	
Mobile IPv6 Proxy Parameters	(...)
Number of Flows	1
Row 0	
PMIPv6_interface_name	IF1
PMIPv6_domain_name	PMIPv6_domain
PMIPv6_interface_type	MAG
LMA_parameters	(...)
Preference Level	0
Binding Lifetime Granted	100
Maximum Number of Hosts Supported	100
MinDelayBeforeBCEDelete (ms)	10,000
MaxDelayBeforeNewBCEAssign (ms)	1,500
TimestampValidityWindow (ms)	300
MAG_parameters	(...)
EnableMAGLocalRouting_flag	disabled
Route Optimization	Enabled
LMA_address	2001:100::1
Binding Parameters	(...)
Binding Update Timeout Interval (seconds)	10
Binding Update Max Retry Attempts	6
Lifetime Requested	100
Return Routability Parameters	(...)
Routability Test Timeout Interval	2.0
Routability Test Max Retry Attempts	6
MN_parameters	(...)
Mobility Detection Factor	3

그림 7. 노드 모델의 PMIPv6 속성

아래에 PMIPv6 시뮬레이션 모델을 개발하기 위한 주요 내용을 요약하였다.

- IP계층 프로세스 모델(ip_dispatch) 수정

pmipv6관련 속성 값이 설정되어 있는 경우에만 pmipv6_mgr 프로세스와 pmipv6_ra_host / pmipv6_ra_gtwy 프로세스를 생성하도록 프로그램 하였다.

기존 OPNET에서 mipv6_mgr 프로세스는 mipv6 속성값이 설정되어 있는 경우에만 생성되어 module_data → mipv6_info_ptr → mipv6_prohandle 변수에 저장된다. 반면 OPNET에서 Rtr Sol / Rtr Adv 메시지를 처리하는 ipv6_ra_host/ipv6_ra_gtwy 프로세스는 ipv6가 사용되도록 설정되어 있으면 mipv6 설정여부와 관계없이 노드가 host일 경우 ipv6_ra_host, 노드가 gateway일 경우 ipv6_ra_gtwy 프로세스가 생성되어 module_data→ipv6_ra_prohandle 변수에 저장된다.

본 논문에서 개발된 pmipv6 경우에는 pmipv6 속성 값들이 설정되어 있는 경우에만 pmipv6_mgr와 pmipv6_ra_host/pmipv6_ra_gtwy 프로세스를 생성해서, pmipv6_mgr는 mipv6_mgr 과 별개로 module_data→pmipv6_info_ptr→pmipv6_prohandle 변수에 따로 저장되며, pmipv6_ra_host/pmipv6_ra_gtwy는 ipv6_ra_host /ipv6_ra_gtwy와 동일한 장소인 module_data→ipv6_ra_prohandle 변수에 저장된다. 따라서 mipv6와 pmipv6가 동시에 규정되는 경우 mipv6 관련 코드를 나중에 수행하도록 프로그램을 만들었기 때문에 ipv6_ra_prohandle 변수에는 pmipv6_ra_host/pmipv6_ra_gtwy 프로세스가 저장된다.

- MAG 노드의 경우 pmipv6_mgr의 자식 프로세스인 pmipv6_pmn 프로세스 생성

mipv6 경우에는 노드가 MN인 경우 mipv6_mn 프로세스를 생성(BU(Binding Update) 메시지를 생성해 송신하고, 수신된 BA(Binding Ack 메시지를 처리)하는 반면 pmipv6 경우에는 노드가 MAG 노드인 경우에 PBU/PBA(Proxy BU/BA) 메시지 처리를 위해 pmipv6_pmn 프로세스를 생성한다.

- PBU/PBA 메시지 송수신을 위한 라우팅 경로 결정

PMIPv6 시그널링 절차에서 MAG 노드가 LMA와 PBU/PBA 메시지를 교환하기 위해서는 네트워크의 라우팅 정보를 알아야 한다. 따라서 시뮬레이션이 시작되면 먼저 라우팅 프로토콜(예, RIPng)이 먼저 실행되어 경로가 알려진 후 PMIPv6 기능이 수행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 PMIPv6 기능이 실행되기 시작하는 시간(디폴트값 50)을 조절할 수 있도록 구현하였다.

- 무선랜 association 기능의 트리거를 이용한 PBU/PBA 메시지 교환

MN의 wlan_mac 무선랜 프로세스는 스캔 절차를 통해 AP와 association 관계를 설정하며, 따라서 AP 기능을 수행하는 MAG 노드는 MN과의 무선랜 association 관계 설정을 감지하고 이를 상위계층 프로세스인 pmipv6_pmn 프로세스에게 인터럽트를 통해 알림으로써 pmipv6_pmn 프로세스가 LMA에게 PBU 메시지를 송신하게 한다. MAG 노드는 LMA로부터 응답으로 PBA 메시지를 수신하면 RtrAdv 메시지를 생성해 MN에게 송신한다.

- Rtr Adv 메시지와 pmipv6_ra_gtwy 프로세스 모델

RFC4861 문서에 의하면 IPv6 라우터는 unsolicited RA(Router Advertisement) 메시지를 가상 주기적(pseudo periodically)으로 송신한다. 즉, 복수개의 라우터가 하나의 링크 상에 있을 때 unsolicited RA 메시지가 동시에 보내지는 동기화 문제를 피하기 위해 unsolicited RA 메시지 전송시간 간격은 주어진 범위내에서 랜덤하게 정해지며, 또한 RS(Router Solicitation) 메시지에

대한 응답으로 보내지는 solicited RA 메시지도 동기화 문제를 피하기 위해 정해진 범위내에서 랜덤하게 보내진다. RA 메시지는 링크 프리픽스(prefix), 링크 MTU(Maximum Transmission Unit), 주소 자동구성 사용 여부, 자동 구성된 주소 유효기간 등의 정보를 포함하고 있다.

RA 메시지의 목적지 주소 값으로는, RS 메시지에 대한 응답으로 보내지는 solicited RA 메시지의 경우에는 RS 메시지를 송신했던 호스트의 link-local unicast address가 사용되고, 가상 주기적으로 보내지는 unsolicited RA 메시지 경우에는 FF02::1 (link-local scope all-nodes multicast address) 값이 사용된다.

본 논문에서 구현한 PMIPv6 코드에서는 성능 향상을 위해, RS 메시지를 수신한 MAG 노드는 지연없이 바로 RS 메시지를 송신했던 호스트의 link-local unicast address로 solicited RA 메시지를 보내며, 이러한 solicited RA 메시지 송신은 unsolicited RA 메시지의 송신 스케줄에 영향을 미치지 않도록 구현되었다. 또한 이동단말 호스트가 RA 메시지 수신시 solicited 메시지만지 unsolicited 메시지만지 구별하여 처리할 수 있도록 프로그램 되었다.

- Rtr Sol 메시지와 pmipv6_ra_host 프로세스 모델

RS(Router Solicitation) 메시지는 IPv6 호스트가 링크상의 IPv6 라우터를 찾기 위해 사용된다. 즉, 호스트가 unsolicited RA(Router Advertisement) 메시지를 기다리지 않고, RS 메시지를 멀티캐스팅 함으로써 IPv6 라우터가 즉시 solicited RA 메시지로 응답하도록 한다.

본 논문에서 구현된 PMIPv6 에서는 각 MAG 노드가 송신하는 모든 RA 메시지는 MN의 홈 네트워크 프리픽스를 포함하고 또한 동일 링크로

컬 주소와 링크계층 주소를 사용함으로 MN이 MAG의 변화를 감지하지 못한다. 따라서 MAG 사이를 이동해 갈 때 RS 메시지를 보내지 않게 된다. 참고로 본 논문에서는 무선랜에서 association 이벤트가 발생하면 MAG 노드가 PBU 메시지를 생성해 LMA로 송신하도록 프로그램 되었다.

- 지원 가능한 액세스 링크 타입

PMIPv6 프로토콜은 MN과 MAG간에 점대점 액세스 링크 타입을 가정하고 있다. 따라서 MN과 MAG간에 기본적으로 브로드캐스트(broadcast) 형태의 링크인 무선랜이 사용되는 경우 점대점 액세스 링크 형태의 전환 방법이 필요하다. IPv6 패킷의 멀티캐스트 목적지 주소를 멀티캐스트 이더넷 링크계층 주소로 매핑하는 방법을 기술하고 있는 RFC2464 문서를 보완한 RFC6085 문서에 의하면 경우에 따라 멀티캐스트 목적지 주소를 갖는 IPv6 패킷을 유니캐스트(unicast) 이더넷 링크계층 주소로 매핑할 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 유니캐스트(unicast) 이더넷 링크계층 주소를 결정하는 방법은 규정하고 있지 않으며 구현에 따라 다를 수 있다.

본 논문에서는 MAG 노드가 MN에게 유니캐스트 링크로컬 목적지 주소를 갖는 solicited RA 메시지를 송신 가능케 함으로써 MN과 MAG간 점대점 액세스 기능을 실현하였다.

- 홈 네트워크 에뮬레이션 및 주소의 유일성

MAG 노드들은 이동노드가 PMIPv6 도메인 내에서 이동할 때 이동노드가 액세스 링크의 변화를 감지하지 못하도록 동작하여야 한다. 즉, MAG 노드들은 이동노드에게 홈 네트워크 에뮬레이션 기능을 제공해야 하며, 이를 위해 모든

MAG 노드들이 동일 네트워크 프리픽스 정보를 갖는 RA 메시지를 해당 이동노드에게 전송해야 한다. 이때 보내지는 RA 메시지들의 소스 IPv6 링크로컬 주소와 소스 링크계층 주소(MAC주소)는 MAG 노드에 따라 다르지 않고 모두 같은 값이 사용되어야 한다.

본 논문에서 구현된 PMIPv6 시뮬레이션 코드에서는 동일 네트워크 프리픽스가 RA 메시지에 포함되도록 하기 위해 pmipv6_ra_gtwy 프로세스 모듈 블록에서 RA 메시지를 생성하는 ipv6_ra_gtwy_ra_message_create() 함수를 수정하여 이동노드의 프리픽스가 포함되도록 하였다. 이동노드의 프리픽스는 MAG 노드가 LMA로부터 PBA 메시지를 수신할 때 알게 된다. 또한 원래의 OPNET 코드 수정을 최소화하기 위해 wlan_mac 프로세스 모듈의 BSS_INIT 상태의 Exit Executive에서 모든 MAG 노드들이 최종적으로 MAC 주소를 자동 할당받은 직후에 지정된 고정 MAC 주소 값으로 변경하도록 프로그램을 작성하였다. 그리고 링크로컬 주소의 경우에는 MAG 노드들의 속성값에서 직접 같은 값으로 설정해서 시뮬레이션 하도록 하였다.

기존 OPNET 프로그램에서 호스트의 MIPv6 관련 속성 파라미터중 “Mobility Detection Factor”(디폴트값=3)는 현재의 디폴트 라우터로부터의 RA메시지 최대 연속손실 허용 횟수를 의미한다. 따라서 MIPv6에서 RA메시지는 디폴트 값으로 uniform(0.5,1) 사이시간에 랜덤하게 송신되도록 설정되어 있는 경우, Mobility Detection Factor 디폴트값 3에 해당하는 시간주기인 3초 동안 RA메시지를 수신하지 못하면 MN이 이동한 것으로 생각하고 RS 메시지를 송신해 새로운 디폴트 라우터를 찾게 된다. 그런데 OPNET 시뮬레이션 프로그램을 실행해 보면 무선랜의 경우 RA메시지를 수신하지 못한지 거의 10초 정도가 지나서야 새로운 AP를 찾는 스캔과정을 수행한

다. 따라서 본 논문에서 구현된 PMIPv6에서는 MN의 Mobility Detection Factor 디폴트 값을 15 정도로 설정하여 무선랜의 스캔과정이 끝나 새로운 AP(MAG 노드)로부터 RA 메시지를 수신할 정도의 충분한 시간을 기다리도록 하였다.

- PMIPv6와 MIPv6의 성능 비교

PMIPv6 프로토콜은 MIPv6 프로토콜에 비해 2가지 측면에서 장점을 가진다. 첫째로, 사용자 트래픽을 전송하기 위해 사용되는 터널이 PMIPv6에서는 LMA로부터 MAG 노드까지만 형성됨으로 HA부터 MN까지 터널이 형성되는 MIPv6에 비해 무선(radio) 인터페이스에서의 터널 오버헤드를 줄일 수 있다. 이러한 오버헤드 감소는 일반 유선망에 비해 무선 인터페이스에서의 대역폭 자원이 매우 귀하다는 측면을 고려할 때 PMIPv6의 큰 장점이 된다. 둘째로, PMIPv6에서의 LMA는 로컬 망 개체로서 원격에 위치하는 MIPv6의 HA에 비해 일반적으로 신호 메시지 교환에 소요되는 지연시간이 작다.

- PMIPv6 망에서의 트래픽 처리

홈 네트워크 프리픽스에 속한 주소로 보내지는 모든 트래픽은 LMA에 의해 수신되며, LMA는 수신된 트래픽을 터널을 통해 MN이 현재 접속되어 있는 MAG 노드로 전달한다. MAG 노드는 터널을 통해 수신된 패킷을 디캡슐레이션 한 후 액세스 링크를 통해 MN에게 전달한다.

MN에 의해 송신된 패킷은 MAG과 LMA 사이의 터널을 통해 전송되고, LMA는 수신된 패킷을 디캡슐레이션 한 후 목적지로 전송한다. 만일 MN이 송신한 패킷의 목적지가 동일 MAG에 연결되어 있는 경우 선택에 따라 LMA를 거치지 않고 MAG에서 직접 전달될 수 있다.

3.2 시뮬레이터 검증

개발된 시뮬레이션 프로그램의 기능을 검증하기 위해 그림 8과 같은 네트워크 모델을 구성하고 시뮬레이션을 수행하였다. 그림에서 이동노드 proxy_MN_A는 시뮬레이션 동안 MAG 노드들 사이를 이동해 다니며 CN과 UDP 데이터를 교환한다.

그림 9에는 시뮬레이터의 기능 검증을 위해 시뮬레이션 도중 출력되는 메시지를 요약하여 나타내었다. 그림에서 MAG 노드가 MN의 접근을 감지한 후 LMA와 PBU/PBA 메시지를 교환함을 확인할 수 있다.

앞으로 좀 더 다양한 시뮬레이션 시나리오를 구성하고 실험함으로써 시뮬레이터의 기능을 심도있게 검증하고 또한 성능에 관한 연구도 진행할 예정이다.

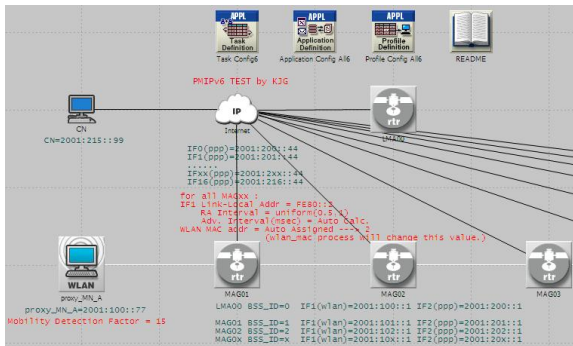


그림 8. 시뮬레이션 네트워크 모델 예

4. 결론

무선 단말의 이동성 지원을 위해 IETF에 의해 표준화된 MIPv6 프로토콜은 이동단말과 액세스 라우터 사이의 무선링크 대역폭 오버헤드가 크고 이동단말 자체에 프로토콜 스택이 구현되어야 하는 단점을 가지고 있다. 이와 같은 MIPv6의 단점을 해결하기 위해 망 기반 이동성 지원 스킴인 PMIPv6가 제안되었다. PMIPv6에서는 이동단말은 이동성 지원을 위한 시그널링에 참여하지 않으며 이동단말 대신 프락시 이동성 에이전트 역할을 수행하는 MAG 라우터가 HA 역할을 수행하는 LMA 노드와 신호 메시지를 교환한다.

최근 또 다른 이동성 지원 방안의 하나로 분산 이동성 관리(DMM: Distributed Mobility Management) 스킴이 제안되고 있다. MIPv6나 PMIPv6에서는 메시지들이 앵커 포인트 역할을 수행하는 HA나 LMA로 집중되게 된다. 따라서 이런 중앙 집중식 메커니즘을 분산 형태로 바꾸고자 하는 이동성 관리 스킴이 DMM이며, 특히 최근에는 PMIPv6 프로토콜을 이용한 분산 이동성 관리 방안이 집중 연구되고 있다.

본 논문에서는 위에 기술한 이동성 관리 방안의 핵심 기본 역할을 수행하는 PMIPv6 프로토콜 시뮬레이터 프로그램을 개발하고, 시뮬레이션을 통해 기능을 검증하였다.

```

.....
226.180766907137 K[Gmpip6(wlan_mac.pr.m)(proxy_MN_A) MN is newly connected to BSS_ID=1
226.180766907137 K[Gmpip6(wlan_mac.pr.m)(MAG01) AP got association intrprt_code=101 from MN(MACaddr=0). So, AP will deliver this interrupt to pmpip6_pmn which will send a PBU(register).
226.180766907137 K[Gmpip6(pmpip6_pmn.pr.m)(MAG01) pmpip6_pmn got the interrupt from AP of wlan_mac process(association). So, PBU(lifetime=1000) will be sent to LMA(Campus Network.LMA00 = 2001:100:1:
226.180766907137 K[Gmpip6(pmpip6_pmn.pr.m)(MAG01) sends a PBU(95629) to Campus Network.LMA00(2001:100:0:0:0:1) from MAG's CoA (2001:101:0:0:0:0:1) status[2]
.....
226.280842772659 K[Gmpip6(pmpip6_mgr.pr.m)(LMA00) I got the PBU msg from Campus Network.MAG01(2001:101:0:0:0:0:1)
226.280842772659 K[Gmpip6(pmpip6_mgr.pr.m)(LMA00) I will send mobility msg(Binding Acknowledgement(95680)) to Campus Network.MAG01(2001:101:0:0:0:0:1) at time=227.486079(1.205237)
.....
227.586182441657 K[Gmpip6(pmpip6_pmn.pr.m)(MAG01) I got the PBA from Campus Network.LMA00(2001:100:0:0:0:0:1)
.....
229.017536383940 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG03) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(96855) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
229.214167140235 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG02) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(96943) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
229.734364169237 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG01) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(97159) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
.....
235.914531542822 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG01) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(99835) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
236.401496198622 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG03) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(100047) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
236.480365262998 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG02) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(100083) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
236.605343203078 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG01) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(100139) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
236.60558200718 K[Gmpip6(pmpip6_ra_host.pr.m)(proxy_MN_A) received a RtrAdv(100139) msg from FE80:0:0:0:0:2 (dest_addr=FF02:0:0:0:0:0:1)
.....
237.594974397900 K[Gmpip6(pmpip6_ra_gtwy.pr.m)(MAG01) IF1(intf_index=0) sends a RtrAdv(100568) msg(type=2) to (FF02:0:0:0:0:0:1)
237.595213137560 K[Gmpip6(pmpip6_ra_host.pr.m)(proxy_MN_A) received a RtrAdv(100568) msg from FE80:0:0:0:0:2 (dest_addr=FF02:0:0:0:0:0:1)
.....
    
```

그림 9. 시뮬레이터 기능검증을 위한 시뮬레이션 출력 예

앞으로 좀 더 다양한 시뮬레이션 시나리오를 구성하고 실험함으로써 개발된 시뮬레이터의 기능을 보완하고 또한 성능에 관한 연구도 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] C. Perkins, Ed., D. Johnson, and J. Arkko, Mobility Support in IPv6, IETF RFC6275, July 2011.
- [2] S. Gundavelli, Ed., K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, Proxy Mobile IPv6, IETF RFC5213, August, 2008.
- [3] S. Gundavelli, Reserved IPv6 Interface Identifier for Proxy Mobile IPv6, IETF RFC6543, May 2012.
- [4] <http://datatracker.ietf.org/wg/dmm/charter/>, Distributed Mobility Management (dmm) working group, 2012.
- [5] OPNET Simulator, <http://www.opnet.com>, 2012.

— 저 자 소 개 —



기장근 (奇長根)

1986.2 고려대학교 전자공학과졸업
1988.2 고려대학교 전자공학과 석사
1992.2 고려대학교 전자공학과 박사
2002.6-2003.6 Univ. of Arizona 방문교수
2010.6-2011.8 Univ. of Arizona 방문교수
1992.3-현재 : 공주대학교 공과대학 전기
전자제어공학부 교수

<주관심분야>통신프로토콜,이동통신시스템