

# Proxy Mobile IPv6 기반 차량통신망에서 Local Mobility Anchor간 핸드오버 기법

임 유 진<sup>†</sup> · 안 상 현<sup>††</sup> · 조 권 희<sup>†††</sup>

## 요 약

지능형 교통 시스템(ITS) 구축을 위한 기반 기술 중 하나인 차량통신망은 다수의 차량들이 무선 통신을 기반으로 자율적으로 네트워크를 형성하는 차세대 네트워크 기술이다. 현재 차량통신망과 관련된 많은 연구들이 활발히 진행되고 있으며 이 중에서도 특히 차량의 높은 이동성을 지원하기 위한 기법들이 많은 관심을 받고 있다. 기존의 호스트 기반 IP 이동성 관리 기법의 경우 이동성 관리에 따른 부하가 이동 단말에서 야기되는 문제가 있다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 망 기반 이동성 관리 기법인 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)가 제안되었다. PMIPv6는 단말의 이동성 관리 부하를 줄이고 이동성 관리 지연 시간을 줄임으로써 차세대 차세대 이동성 관리 기법으로 많은 주목을 받고 있다. 본 논문에서는 고속의 이동성과 원거리 이동 범위를 가지는 차량통신망에서 PMIPv6 구현을 위한 시나리오를 도출하고 이를 가능하게 하는데 필수적으로 요구되는 LMA(Local Mobility Anchor)간 핸드오버 기법을 제안한다. 또한 ns-2를 이용한 제안 기법의 구현을 통하여 제안 기법의 동작성을 증명하였다.

키워드 : 차량통신망, 호스트 이동성, PMIPv6, 핸드오버 기법

## A Handover Mechanism Between Local Mobility Anchors in Proxy Mobile IPv6-based Vehicular Communication Networks

Lim Yujin<sup>†</sup> · Ahn Sanghyun<sup>††</sup> · Cho Kwon Hee<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Vehicular communication networking is one of the most important building blocks of Intelligent Transportation System (ITS). The vehicular communication network is a wireless communication system enabling vehicles to communicate with each other as well as with roadside base stations. Mobility management of vehicles which move at high speeds and occasionally make a long journey is an interesting research area of vehicular communication networks. Recently, The Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) protocol is proposed for network-based mobility management to reduce the overhead of mobile nodes. PMIPv6 shifts the burden of the mobility management from mobile nodes to network agents to decrease the overhead and latency for the mobility management. In this paper, we derive the scenario of deploying PMIPv6 in vehicular communication networks and propose a new LMA handover mechanism for realizing the scenario. By carrying out the ns-2 based simulations, we verify the operability of the proposed mechanism.

Keywords : Vehicular Communication Network, Hostmobility, PMIPv6, Handover Mechanism

## 1. 서 론

지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System)

은 자동차, 철도, 항공 등 기존 교통 시스템에 전자, 통신, 제어 등 지능형 기술을 접목하여 보다 신속하고 안전한 교통환경 확보 및 효율적인 운영이 가능한 차세대 교통 시스템이다. 이 중에서 특히 차량간 무선 통신을 기반으로 하는 차량통신망은 다양한 ITS 응용 서비스 제공을 위한 기반 기술로 많은 관심을 받고 있다. 차량통신망은 다수의 차량들이 차량과 차량(V2V) 또는 차량과 기지국간(V2I)의 네트워크를 자율적으로 형성하는 차세대 네트워크 기술이다. 차량통신망은 기존의 MANET(Mobile Ad hoc Network)과는 상이한 특징을 가진다. 다시 말해서, 차량(단말)의 높은 이

\* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0067341).

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-C1090-0902-0035).

† 정 회 원: 수원대학교 정보미디어학과 조교수

†† 정 회 원: 서울시립대학교 컴퓨터과학부 교수

††† 준 회 원: 서울시립대학교 컴퓨터통계학과 석사과정

논문접수: 2009년 8월 6일

수정일: 1차 2009년 9월 10일

심사완료: 2009년 9월 10일

동성, 네트워크 토폴로지 및 차량 밀도의 급격한 변화, 이로 인한 잦은 네트워크 단절, 짧은 링크 연결 시간, 높은 패킷 손실률, 무선채널의 불안정성 등의 특징을 가진다. 현재 차량통신망 환경에서의 이러한 이슈들과 관련된 많은 연구들이 활발히 진행되고 있다. 이 중에서 차량통신망의 높은 이동성을 수용하기 위한 이동성 관리 기법, 멀티홉 라우팅 및 자동 구성(auto-configuration) 기법, 자동 복구(auto-healing) 기법 등에 대한 연구가 많은 관심을 받고 있다. 본 논문에서는 차량통신망의 V2I 환경에서 빠른 속도로 이동하는 차량에게 연속된 인터넷 접속 서비스를 제공하기 위한, 차량의 이동성 관리 기법에 초점을 맞춘다.

IETF WG(Working Group)[1]을 기반으로 기존에 진행되어 온 IP 기반 이동성 관리 기법들은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다: 호스트 기반 방식과 망 기반 방식. Mobile IPv6(MIPv6)[2]와 같은 호스트 기반 방식은 단말이 새로운 망으로 이동하면 해당 망을 관리하는 에이전트(FA:Foreign Agent)로부터 새로운 주소(CoA:Care-of-Address)를 할당받아, 이를 자신의 홈 에이전트(HA:Home Agent)에게 알린다. HA는 이동 단말이 HA로부터 할당 받은 주소(HoA:Home Address)와 FA로부터 할당받은 CoA 사이의 바인딩 정보를 유지함으로써 단말의 연속적인 데이터 송수신이 가능하도록 해준다. 그러나 이러한 방식은 단말이 새로운 망으로 이동할 때마다 새로운 주소 설정 및 확인(address configuration and confirmation), 주소 등록(address registration) 및 주소 바인딩(address binding) 과정을 요구하므로 이로 인한 지연 시간이 발생하며 이 기간 동안 데이터 전송 서비스가 중단되는 문제가 발생한다. 또한 단말이 직접 이동성 관련 시그널링(signaling) 메시지를 무선망을 통하여 교환함으로써, 자원제한적인 무선망에게 많은 부담을 지우게 된다. 서비스 중단 문제를 해결하기 위하여 Fast handover for Mobile IPv6(FMIPv6)[3] 기법이 제안되었다. FMIPv6 프로토콜은 링크계층의 지원을 통하여 빠르게 핸드오버를 감지하고 핸드오버가 완료되기 이전에, 단말이 새롭게 이동할 위치에 대한 정보를 파악하여 단말 프로파일(profile)을 사전에 해당 라우터(AR:Access Router)에게 전달함으로써 실제로 단말이 이동할 경우 서비스 단절을 최소화하기 위한 기법이다. 또한 무선망을 통한 단말의 시그널링 부담을 최소화하기 위하여 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[4]이 제안되었다. HMIPv6 프로토콜은 지역적 이동성 관리 기능을 제공하는 라우터(MAP:Mobility Anchor Point)를 도입하여 MAP 도메인 내에서 단말들이 다른 서브넷으로 이동하더라도 MAP와 HA 또는 통신상대노드(CN:Correspondent Node)로의 주소 바인딩 절차를 생략할 수 있도록 하였다. FMIPv6는 예측기반 핸드오버를 통하여 서비스 단절을 최소화하였고 HMIPv6는 MAP와 HA 또는 MAP와 CN 사이의 시그널링 부담은 경감시켰으나, 자원 제약이 있는 무선망에서 단말의 시그널링 부담은 여전히 존재한다[5].

따라서 이동성 관리를 호스트 기반으로 처리하지 않고 망 기반으로 처리할 수 있는 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)[6]

프로토콜이 제안되었다. PMIPv6에서는 단말의 이동성 관리를 유선망에 연결되어 있는 MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA(Local Mobility Anchor)가 담당함으로써 이동성 관리 시그널링을 위한 무선망의 자원 낭비를 줄였다. 또한 PMIPv6 도메인 내에서는 단말의 이동에 상관없이 항상 같은 주소(HNP:Home Network Prefix)를 사용하도록 함으로써 새로운 주소 할당으로 인한 지연시간을 줄였다.

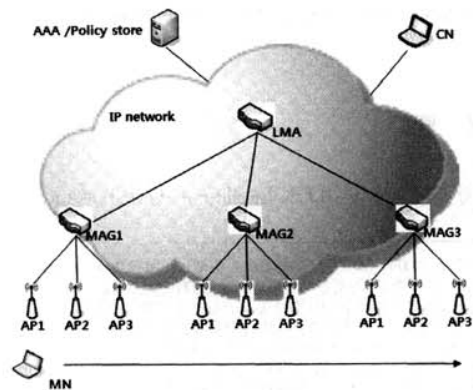
이동성 관리 측면에서의 차량통신망의 가장 큰 특징은 단말의 빠른 이동 속도와 넓은 이동 범위이다. 단말의 빠른 이동으로 인하여 자주 접속 망을 변경해야 하는 차량통신망의 경우 많은 이동성 관리 시그널링이 요구된다. 따라서 이러한 시그널링을 위한 무선망 자원의 낭비를 최소화한 PMIPv6가 MIPv6에 비하여 차량통신망에 적합하다고 할 수 있다. 그러나 기존의 PMIPv6는 근거리 이동성 관리 프로토콜로 원거리 이동성을 가지는 차량통신망에 그대로 적용하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 차량통신망 환경에서 PMIPv6 프로토콜 적용 시 발생하는 문제점을 해결하고 이동 단말에게 끊임없는 인터넷 접속 서비스를 제공하기 위한 이동성 관리 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 망 기반 이동성 관리 기법들을 소개하고 이를 차량통신망 환경에 적용 시 발생하는 문제점에 대하여 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 LMA간 핸드오버 기법을 기술한다. 4장에서는 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 제안 기법의 성능을 검증한 후, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구 및 문제점

### 2.1 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)

PMIPv6에서 이동 단말은 핸드오버 시에 어떠한 이동성 관리에 관련된 시그널링에도 참여하지 않는다. 대신, PMIPv6에서는 이동 단말을 대신하여 MAG과 LMA가 이동성 관련 시그널링을 처리한다 (그림 1 참조). MAG은 단말로부터 수신한 메시지를 MIPv6에서의 HA와 유사한 역할을 수행하는 LMA로 전송하는 역할을 담당한다. MAG는 MIPv6에서 단



(그림 1) PMIPv6 도메인

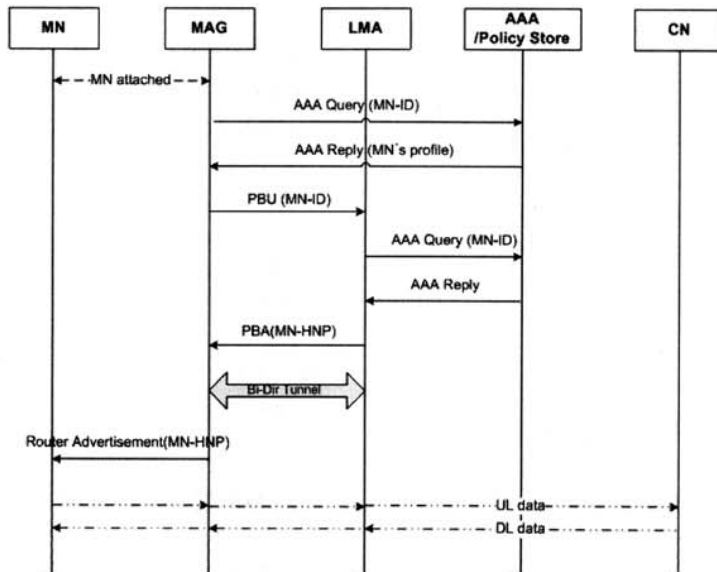
말이 수행하던 이동성 관련 모든 활동을 대신 수행한다. PMIPv6 도메인 내에서는 단말이 이동에 상관없이 항상 같은 주소(HNP)를 사용하도록 함으로써 단말이 PMIPv6 도메인 안에서는 항상 홈 네트워크 상에 있는 것처럼 착각하게 만든다.

(그림 2)는 이동 단말(MN:Mobile Node)이 새롭게 PMIPv6 도메인 내로 들어왔을 때의 동작 절차를 보여준다. MN이 망에 새롭게 접속하게 되면, MAG은 MN의 ID(MN-ID)를 AAA Query 메시지에 담아 AAA(Authentication, Authorization, and Accounting) 인증 서버로 전송함으로써 MN 인증 과정을 거치게 된다. MAG은 AAA 서버로부터 AAA Reply 메시지를 수신함으로써 MN의 HNP, LMA 주소, 주소 설정 정책 등 MN의 프로파일을 획득하게 된다. 다음으로, MAG은 MN의 위치 정보 등록을 위하여 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 LMA에게 전송한다. PBU를 수신한 LMA는 AAA Query/Reply 메시지 교환을 통하여 PBU 메시지를 전송한 MAG 인증 과정을 거친다. 인증 과정이 성공적으로 완료되면, LMA는 자신의 BCE(Binding Cache Entry) 안에 해당 MN에 대한 정보가 있는지 확인한다. MN 정보가 없으면 MN에 대한 새로운 HNP를 할당하고 관련 BCE 정보를 생성한다. 또한 LMA는 MAG에게 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 전송함으로써 LMA와 MAG간 양방향 터널 설정이 완료된다. PBA를 수신한 MAG은 MN에게 Router Advertisement 메시지를 전송함으로써 MN에게 새로이 할당된 HNP 정보를 전달한다. 이후, CN으로부터 MN으로 전송되는 데이터는 LMA와 MAG을 거쳐 MN에게 전달되며, 반대로 MN으로부터의 데이터는 MAG와 LMA를 거쳐 CN에게 전달된다. 그러나 MN이 현재 MAG(p-MAG:previous MAG)에서 새로운 MAG(n-MAG:new MAG)으로 이동 시 MAG간 핸드오버로 인한 지연 발생은 데이터 손실 측면에서 서비스의 중단을 야기할 수 있다.

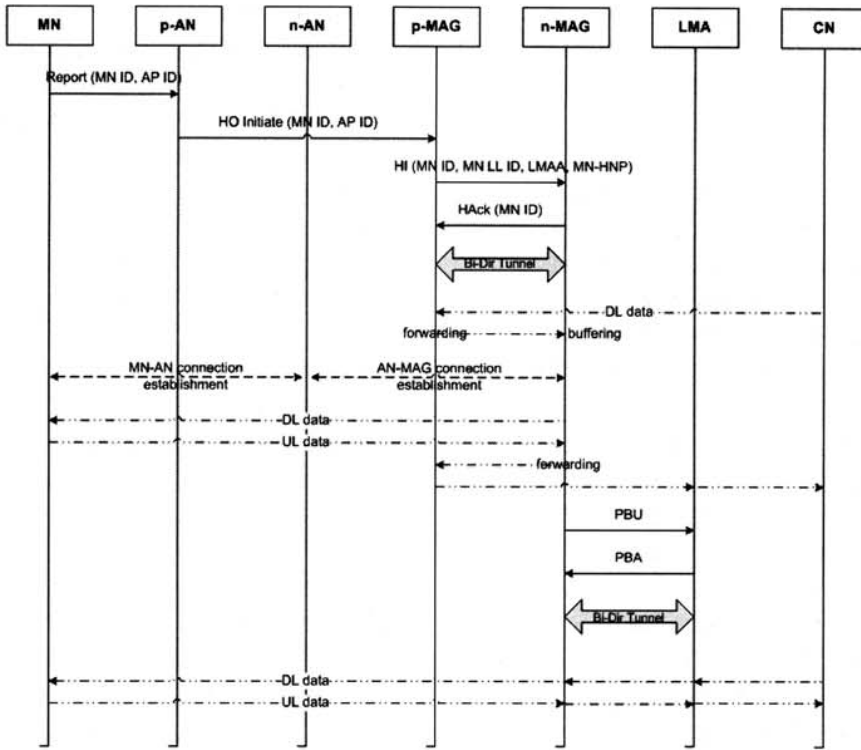
### 2.2 Fast Handover for Proxy Mobile IPv6 (PFMIPv6)

PFMIPv6[7] 프로토콜은 PMIPv6 도메인 내에서 MN이 MAG과 MAG 사이를 이동할 때 MAG간 신속한 핸드오버 처리를 위하여 제안된 프로토콜이다. PFMIPv6 프로토콜은 두 가지 동작 모드로 동작한다: 예방적 동작 모드(predictive mode)와 반응적 동작모드(reactive mode). 이 중에서 예방적 동작 모드는 MN이 실제로 p-MAG에서 n-MAG으로 이동하기 전에 두 MAG 사이에 터널을 설정하고 이를 통하여 데이터 포워딩을 수행함으로써 데이터의 손실을 최소화하는 방식이다.

(그림 3)은 PFMIPv6 프로토콜의 동작 절차를 보인다. MN이 링크계층의 핸드오버를 감지하는 즉시 자신이 현재 접속하고 있는 p-AN(previous-AN:Access Network)에게 자신의 ID와 새로 발견한 AP(Access Point)의 ID 정보를 담아 Report 메시지를 전송한다. AN은 하나의 라우터에 연결되어 있는 링크계층 기기들, 예를 들어, AP나 BS(Base Station), 등으로 구성된 망을 나타낸다. Report 메시지를 수신한 p-AN은 MAG간 핸드오버 절차를 시작시키기 위하여 p-MAG에게 HO\_Initiate 메시지를 전송한다. p-MAG은 n-MAG과의 양방향 터널 설정을 위하여 n-MAG에게 HI 메시지를 전송한다. 이때 HI 메시지는 MN의 ID, 링크계층 ID(MN-LL(Link Layer)-ID), HNP, 그리고 현재 MN에서 서비스를 제공하고 있는 LMA 주소를 포함한다. p-MAG이 n-MAG으로부터 HI에 대한 응답 메시지, 즉, HAck 메시지를 수신함으로써 MAG간 터널 설정이 완료된다. 이 시점에서는 CN으로부터 MN으로 전송되는 데이터(DL data: Download data)가 p-MAG에서 n-MAG으로 포워딩되어 n-MAG에서 버퍼링된다. MN이 n-MAG에 접속하게 되면, n-MAG은 자신이 버퍼링한 데이터를 MN에게 전달한다. 반대로, MN으로부터 CN으로 전송되는 데이터(UL data: Upload data)는 아직 n-MAG과 LMA 사이의 터널이 형성되지 않



(그림 2) PMIPv6 동작 절차



(그림 3) PMIPv6 동작 절차

았기 때문에, n-MAG에서 p-MAG과 LMA를 거쳐서 CN에 게 전달된다. n-MAG은 LMA와의 양방향 터널 형성을 위 하여 PBU/PBA 메시지를 교환한다. n-MAG과 LMA 사의 터널 구축이 완료되면, 데이터 전송은 p-MAG을 거치지 않고 바로 LMA와 n-MAG을 통하여 이루어진다.

2.3 문제점

본 논문에서는 차량통신망에서 PMIPv6 프로토콜을 적용 하기 위한 가능한 시나리오 두 가지를 고안하였다. 첫째로, 차량통신망 전체를 하나의 큰 PMIPv6 도메인으로 설정하는 방법이다. PMIPv6 도메인 내에는 각 지역별로 차량(즉, MN)의 이동성을 관리하기 위한 LMA들이 존재하게 된다. 차량은 이동범위가 넓기 때문에 하나의 LMA(p-LMA;previous-LMA)에서 다른 지역 LMA(n-LMA:new-LMA)로 이동하는 경우가 발생할 수 있다. 이때 차량에 대한 서비스 연속성을 위해서는 두 개의 이웃하는 LMA 사이에 차량 프로파일을 전달하기 위한 기법이 요구된다. 둘째로, 차량통신망을 하나 이상의 PMIPv6 도메인으로 구성하는 방법이다. 차량이 새 로운 PMIPv6 도메인에 진입할 때마다 새로운 HNP의 설정 및 등록 절차가 요구되며 이때 발생할 수 있는 지연시간을 최소화 할 수 있는 기법이 필요하다. 또한 차량의 과거 HNP와 새로운 HNP 사이의 바인딩 정보를 유지하기 위한 추가적인 메커니즘이 정의되어야 한다.

두 번째 시나리오는 차량이 새로운 도메인에 진입할 때마 다 새로운 HNP 할당 절차를 거침으로써 많은 추가적인 시그널링 오버헤드와 지연시간을 발생시킬 수 있다. 또한 도

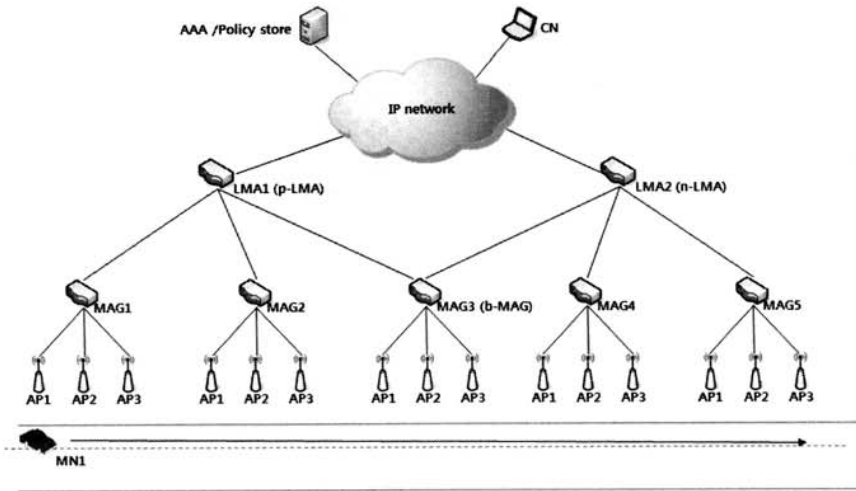
메인간 연동을 위하여 PMIPv6 도메인 상위에서 동작하는 추가적인 바인딩 메커니즘은 이동성 관리의 복잡도를 높일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 하나의 PMIPv6 도메인을 설정하여 차량의 이동성을 관리하는 첫 번째 시나리오에 초점을 맞춘다. 하나의 PMIPv6 도메인 내에서 원거리를 이동 하는 차량의 서비스 세션을 유지시키기 위해서는 LMA간 핸드오버 기법이 필요하다. 차량은 일반적인 이동 단말과는 달리 도로를 따라서 이동하므로 그 이동 방향을 예측하는 것이 보다 용이하여 핸드오버로 인한 이득을 극대화할 수 있다.

차량통신망에서 LMA간 핸드오버 지원을 위해서 해결되 어야 할 이슈들은 다음과 같이 정의할 수 있다. 첫째로, 누가 차량의 LMA간 이동을 감지하고 언제 LMA간 핸드오버 를 시작시킬 것인가. 둘째로, 누가 어떻게 이동 차량의 새 로운 서비스 LMA(n-LMA)를 선택할 것인가. 셋째로, p-LMA 와 n-LMA 사이에 차량 프로파일을 어떻게 전달할 것인가. 마지막으로 망 구성요소들, 예를 들어, 차량, MAG, LMA, 의 데이터 테이블을 어떻게 갱신해야 하는가 이다. 따라서 본 논문에서는 차량통신망에서 원거리 이동성 지원을 위한 이와 같은 이슈들을 해결하기 위하여 PMIPv6 기반 LMA 핸드오버 기법을 제안한다.

3. LMA 핸드오버 메커니즘

3.1 boundary-MAG (b-MAG)

지역적으로 분산되어 있는 LMA들로 구성된 PMIPv6 도

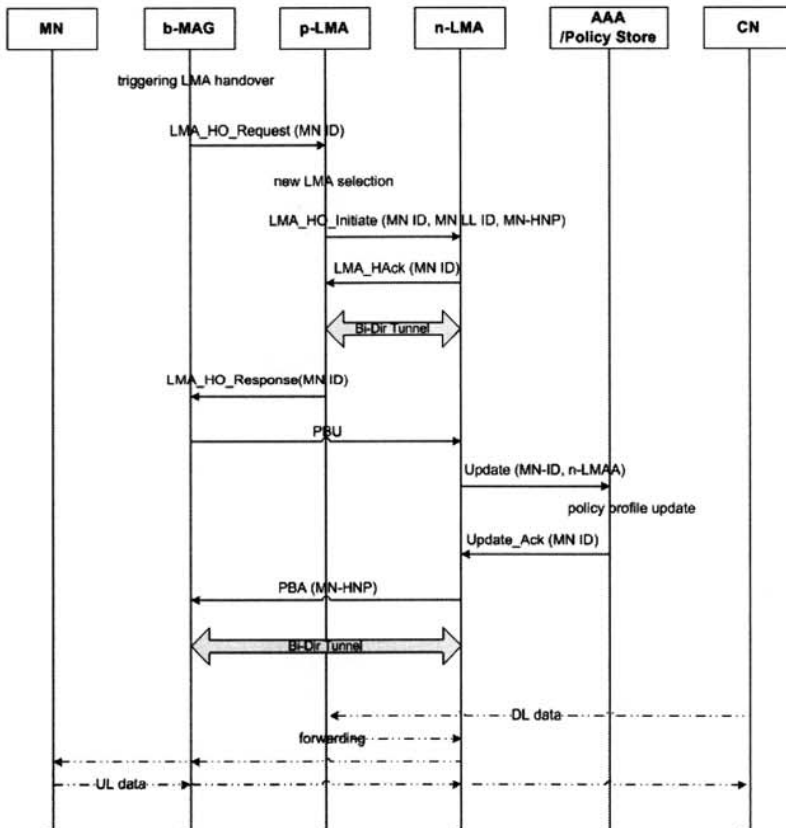


(그림 4) PMIPv6 기반 차량통신망

메인에서 LMA간 핸드오버를 위하여 본 논문에서는 b-MAG을 제안한다[8]. b-MAG은 하나 이상의 LMA에 연결되어 있는 MAG을 지칭하며, b-MAG은 LMA 핸드오버 시점을 감지하고 이를 p-LMA에게 알림으로써 LMA 핸드오버를 시작시키는 역할을 담당한다. (그림 4)에서 MAG3는 LMA1과 LMA2에 연결되어 있는 b-MAG이며, b-MAG은 자신이 b-MAG임을 인식한다고 가정한다. 또한 하나의 LMA에 연결되어 있는 MAG 사이의 핸드오버는 기존의 MAG간 핸드

오버 기법, 예를 들어, PFMIIPv6[7], 에 의해 동작한다고 가정한다.

MAG3의 AP2 영역에서 이동하는 차량(MN)이 AP3를 감지하는 순간, PFMIIPv6 프로토콜에 의하여 MAG3(b-MAG)에게 HO\_Initiate 메시지가 전송된다 (그림 3 참조). HO\_Initiate 메시지를 수신한 MAG3는 LMA 핸드오버의 필요성을 인식하고 (그림 5)에서와 같이 LMA\_HO\_Request 메시지를 p-LMA에게 전송한다.



(그림 5) LMA 핸드오버 동작 절차

3.2 새로운 LMA 선택

b-MAG으로부터 LMA\_HO\_Request 메시지를 수신한 p-LMA는 MN의 이동 방향을 예측하여 해당 MN을 서비스할 수 있는 새로운 LMA를 선택한다. 본 논문에서는 각 LMA가 자신의 이웃 LMA (지리적으로 이웃하고 있는 LMA)에 대해 인식하고 있으며 서로의 상태에 대하여 최신 정보를 유지하고 있다고 가정한다. 이러한 LMA 사이의 정보는 통신사업자 정책에 따라서 관리자에 의해 수동으로 갱신될 수도 있고, 또는 LMA 사이의 메시지 교환을 통해서 자동으로 갱신될 수도 있다. 일단 p-LMA가 새로운 n-LMA를 선택하면 (그림 5)에서와 같이 LMA\_HO\_Initiate 메시지를 전송하여 p-LMA와 n-LMA 사이의 양방향 터널 설정을 시작한다. LMA\_HO\_Initiate 메시지는 MN의 ID, 링크계층 ID, HNP를 포함한다.

3.3 LMA간 단말 프로파일 정보 교환

(그림 5)에서와 같이, p-LMA로부터 LMA\_HO\_Initiate 메시지를 수신한 n-LMA가 LMA\_HAck 메시지로 응답함으로써 p-LMA와 n-LMA 사이에 터널 설정이 완료된다. p-LMA는 b-MAG에게 LMA\_HO\_Response 메시지를 전송함으로써 LMA간 터널 설정이 완료되었음을 알린다. 다음으로, b-MAG은 n-LMA에게 PBU 메시지를 전송함으로써 b-MAG과 n-LMA간 터널 설정을 시작한다. PBU 메시지를 수신한 n-LMA는 MN들의 프로파일 정보를 저장하고 있는 정책저장소(policy store)에 Update 메시지를 전송한다. Update 메시지는 해당 MN의 이동으로 인하여 서비스 LMA가 n-LMA로 변경되었음을 MN의 프로파일에 갱신한다. 이때 MN 프로파일은 MN에게 처음으로 서비스를 제공한 LMA (Home Agent LMA), 즉 p-LMA, 의 주소와 현재 서비스를 제공 중인 LMA(Foreign Agent LMA), 즉 n-LMA, 의 주소를 모두 유지함으로써 CN으로부터 MN으로 전송되는 데이터의 전달이 가능하도록 하였다. MN의 프로파일이 성공적으로 갱신되었음을 알리는 Update\_Ack 메시지를 수신한 n-LMA는 b-MAG에게 PBA를 전송함으로써 b-MAG과 n-LMA 사이의 터널 설정이 완료된다.

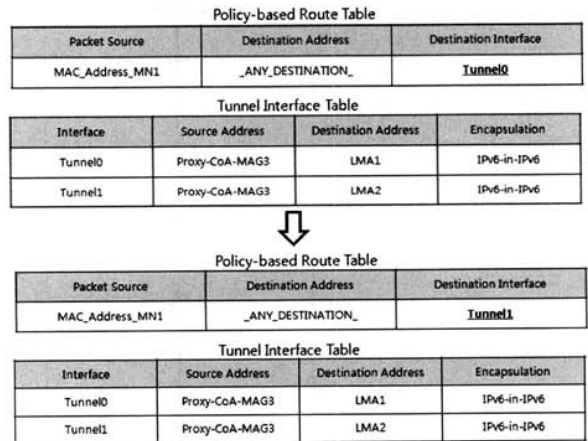
MN에서 CN으로의 UL 데이터 전송은 b-MAG에서 n-LMA를 거쳐 전달된다. 반대로, CN에서 MN으로의 DL 데이터 전송은 일단 p-LMA(Home Agent LMA)로 전송되고, p-LMA는 n-LMA(Foreign Agent LMA)와 설정되어 있는 터널을 통하여 데이터를 포워딩한다. p-LMA로부터 포워딩된 데이터를 수신한 n-LMA는 b-MAG을 통해 MN에게 데이터를 전달한다. MN이 여러 개의 LMA를 지나간 경우 Home Agent LMA와 Foreign Agent LMA 사이의 거리가 멀어져 CN으로부터의 데이터 전송 효율이 낮아질 수 있으므로 경로최적화(RO:Route Optimization)에 대한 추가적인 고려가 가능하다.

3.4 데이터 테이블 갱신

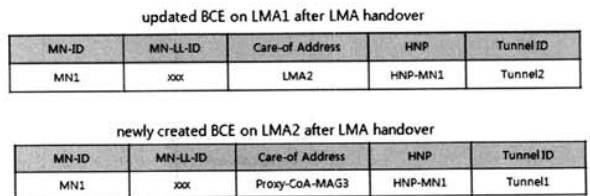
본 절에서는 LMA 핸드오버로 인한 망 구성요소들의 데

이터 테이블 갱신 방법을 설명한다. 먼저, MAG의 경우 데이터 전달 기능과 관련된 테이블은 두 개이다: 정책 기반 경로 테이블과 터널 인터페이스 테이블. 정책 기반 경로 테이블(policy-based route table)은 MN으로부터 전송되는 데이터를 MAG가 유지하고 있는 LMA로의 터널들 중에서 어떠한 터널을 사용하여 전송할 것인가를 명시한다. 터널 인터페이스 테이블(tunnel interface table)은 MAG이 유지하고 있는 LMA와의 터널 명단을 관리한다. (그림 4)에서와 같이 MN1이 MAG3(b-MAG)을 지나가면서 LMA 핸드오버를 통하여 서비스 LMA를 변경하게 되면, MAG3는 MN1으로부터 전송되는 데이터를 LMA1(p-LMA)이 아닌 LMA2(n-LMA)를 통하여 전송해야 한다. 따라서 (그림 6)에서 보는 바와 같이 정책 기반 경로 테이블의 MN1을 위한 목적지 인터페이스(destination interface)가 MAG3-LMA1 사이의 터널(Tunnel0)이 아닌 MAG3-LMA2 사이의 터널(Tunnel1)로 변경되어야 한다.

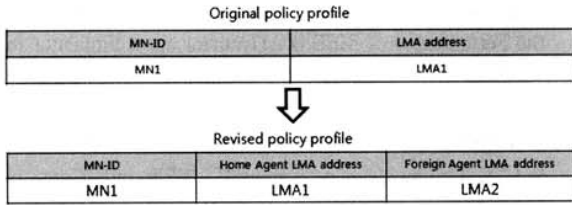
LMA는 CN으로부터 전송되는 데이터 전송을 위하여 각 MN에 대하여 (그림 7)과 같은 BCE 정보를 유지한다. (그림 4)에서 MN1이 LMA1에서 LMA2로 이동한 경우, LMA1은 MN1에 대한 BCE를 삭제하지 않고 유지하면서 MN1으로의 데이터가 수신되는 경우 LMA2로 포워딩해야 한다. 이를 위하여 LMA1은 (그림 7)에서와 같이 터널 ID를 MAG3-LMA1 사이의 터널(Tunnel0) 대신 LMA1-LMA2 사이의 터널(Tunnel2)로 갱신한다. LMA2는 MN1에 대한 데이터 전송 서비스를 제공하기 위하여 MAG3-LMA2 사이의 터널 정보(Tunnel1)를 담은 BCE를 설정한다.



(그림 6) MAG 데이터 테이블 갱신



(그림 7) LMA의 BCE 갱신

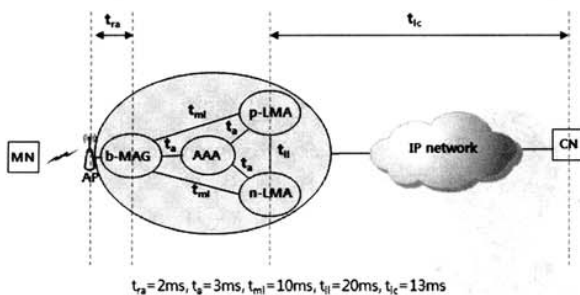


(그림 8) 수정된 프로파일 테이블

본 논문에서 제안하는 LMA 핸드오버 기법은 기존 정책 보관소에서 관리하는 MN의 프로파일 구조를 확장한다. 기존의 프로파일 구조는 MN의 ID와 해당 MN을 서비스하는 LMA의 주소를 담고 있다. 그러나 차량통신망에서 원거리 이동성을 가지는 MN에게 연속성있는 서비스를 제공하기 위해서는 처음으로 서비스를 제공한 LMA(Home Agent LMA)의 주소와 현재 MN에서 서비스를 제공 중인 LMA(Foreign Agent LMA)의 주소가 모두 필요하다. 따라서 (그림 8)과 같이 정책보관소에서 관리하는 MN의 프로파일 구조를 확장한다. (그림 4)와 같은 시나리오에서 MN1에게 과거에 서비스를 제공하던 LMA1은 Home Agent LMA로 저장되고, 새롭게 서비스를 제공하는 LMA2는 Foreign Agent LMA로 저장된다.

4. 성능 평가

본 논문에서 제안한 LMA 핸드오버 기법의 성능 검증을 위하여 ns-2[9] 시뮬레이터를 사용하였다. 차량통신망 구성을 위하여 (그림 4)와 같이 10000m x 10000m 공간에 2개의 LMA, b-MAG 포함 5 개의 MAG, 그리고 각 MAG당 3개의 AP를 가정하였다. AP 사이의 간격은 400m로 설정하였다. 또한 무선망의 MAC/PHY 프로토콜로 차량통신망에서 표준으로 고려하고 있는 IEEE 802.11p[10, 11]를 사용하였다. 각 무선 기기의 전송 범위는 250m이다. 각 MN과 CN은 500bytes 패킷을 초당 20개씩 CBR로 전송한다. 차량의 개수는 1개에서 8개로 늘려가면서 실험하였고 차량의 이동 속도는 BHL[12]에서 실측한 데이터를 기반으로 평균 80km/hr로 설정하였다[13]. 유선 망을 통해 연결되어 있는 망 구성요소들은 100Mbps 속도를 가지는 점대점(point-to-point) 링크를 가정하였고, 각 링크의 지연시간은 (그림 9)와



(그림 9) 성능분석모델

같이 설정하였다[14]. 각 지연시간의 정의는 <표 1>과 같다. 무선 망을 통해 연결되어 있는 MN과 AP 사이의 메시지 전송 지연시간은 MN 개수의 증가에 따라 <표 2>와 같은 실험 측정치를 보인다.

<표 3>은 MAG간 핸드오버 지연시간과 LMA간 핸드오버 지연시간을 측정한 결과이다. 기본적으로 핸드오버 지연시간 동안은 MN에게 데이터 전송 서비스가 제공되지 않는다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 본 논문에서는 PFMPv6와 같은 MAG간 핸드오버 기법을 가정하였으므로 MAG간 핸드오버로 인한 서비스 단절은 실험에서 발생하지 않는다. 그러나 제안된 LMA 핸드오버 기법에 의한 동작이 이루어지지 않는 경우 LMA간 핸드오버 지연시간 동안 데이터 전송 실패로 인한 서비스 단절이 발생하게 된다. <표 4>는 본 논문에서 제안한 LMA 핸드오버 기법에 의한 데이터 수신률을 측정한 결과이다. 전체 데이터 수신률은 (그림 4)에서 MN1이 MAG1에서부터 MAG5로 이동하는 시간 동안의 평균 데이터 수신률을 나타낸다. 구간 데이터 수신률은 MN1이 MAG3(b-MAG)의 영역을 가로질러 가는 동안의 평균 데이터 수신률을 말한다. 표에서 보는 바와 같이, 차량통신망에 제안한 LMA 핸드오버 기법을 도입함으로써 MN이 원거리 이동에도 불구하고 핸드오버 지연시간으로 인한 서비스 단절이 발생하지 않음을 확인할 수 있다.

<표 1> 유선 링크 지연 시간 파라미터

지연시간 파라미터	정의
$t_{ra}$	AP와 MAG 사이의 메시지 전송 지연 시간
$t_a$	MAG과 AAA 서버 사이, LMA와 AAA 서버 사이의 메시지 전송 지연 시간
$t_{ml}$	MAG과 LMA 사이의 메시지 전송 지연 시간
$t_u$	이웃한 LMA 사이의 메시지 전송 지연 시간
$t_c$	LMA와 CN 사이의 메시지 전송 지연 시간

<표 2> MN과 AP간 무선 링크 지연 시간 (단위:msec)

MN의 수	1	2	4	6	8
MN-AP 무선 링크 지연시간	1.53	2.22	3.48	4.76	6.02

<표 3> 핸드오버 지연시간 (단위:msec)

MN의 수	1	2	4	6	8
MAG간 핸드오버 지연시간	52.7	53.0	53.9	55.5	56.5
LMA간 핸드오버 지연시간	189.5	190.0	190.7	190.6	193.6

<표 4> LMA 핸드오버 기법에 의한 데이터 수신률

MN의 수		1	2	4	6	8
전체 데이터 수신률	UL	1.0	1.0	0.999	0.999	0.999
	DL	1.0	1.0	0.999	0.999	0.999
구간 데이터 수신률	UL	1.0	1.0	0.999	1.0	0.999
	DL	1.0	1.0	0.999	1.0	0.999

## 5. 결 론

지능형 교통 시스템(ITS)의 기반 기술 중 하나인 차량통신망은 다른 무선 통신망과는 다른 상이한 특징들로 인하여 현재 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 차량의 높은 이동 속도와 원거리 이동성으로 인한 특성을 수용하기 위한 이동성 관리 기법에 초점을 맞추었다. 기존의 IP 기반 이동성 지원 기법들 중, 원거리 이동성 지원을 위한 MIPv6 프로토콜은 통신 단말에 대한 부담 가중과 무선망 자원 낭비의 문제점을 가진다. 반면 PMIPv6 프로토콜은 이러한 MIPv6의 문제점은 해결하였으나 근거리 이동성 지원을 위한 기법이라는 한계를 가진다.

따라서, 본 논문에서는 차량통신망 환경에 PMIPv6 기반 이동성 관리 기법을 도입하기 위한 가능한 두 개의 시나리오를 도출하고 각 시나리오의 장단점을 분석하여 보다 나은 시나리오를 선택하였다. 또한 시나리오 구현 시 요구되는 이슈들을 정리하고 이를 해결하기 위한 효과적인 LMA 핸드오버 기법을 제안하였다. 제안된 LMA 핸드오버 기법에는 누가 차량의 LMA간 이동을 감지하고 언제 LMA간 핸드오버를 시작시킬 것인가, 누가 어떻게 이동 차량의 새로운 서비스 LMA를 선택할 것인가, 현재 LMA와 새로운 서비스 LMA사이에 차량 프로파일은 어떻게 전달할 것인가, 마지막으로 망 구성요소들의 데이터 테이블을 어떻게 갱신해야 하는가 등의 내용이 포함되어 있다. 또한 본 논문에서는 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 제안된 LMA 핸드오버 기법의 동작성을 증명하였다.

## 참 고 문 헌

[1] IETF Working Group: Internet Area, <http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>

[2] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF internet standard: RFC 3775, June, 2004.

[3] R. Koodli, "Mobile IPv6 Fast Handovers," IETF Internet standard: RFC 5268, June, 2008.

[4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. Elmalki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management," IETF Internet standard:RFC 5380, Oct., 2008.

[5] 신충수, 문영성, "Mobile IPv6 환경에서 이동노드의 효율적인 위치 관리 방안", 정보처리학회논문지C, 제13-C권, 제2호, pp.211-218, 2006.

[6] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF Internet standard: RFC 5213, Aug., 2008.

[7] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil, and F. Xia, "Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6," IETF Internet-draft:draft-ietf-mipshop-pfmipv6-05.txt, June, 2009.

[8] Y. Lim, S. Ahn, J. Park, and H. Kim, "LMA Handovers for Proxy Mobile IPv6," IETF Internet-draft:draft-lim-netext-lma-handover-00.txt, July, 2009.

[9] The Network Simulator, ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

[10] T. Murray, T. Murray, M. Cojocari, and H. Fu, "Measuring the Performance of IEEE 802.11p using ns-2 Simulator for Vehicular Networks," IEEE Intl. Conf. on Electro/Information Technology (EIT), May, 2008, pp.498-503.

[11] S. Eichler, "Performance Evaluation of the IEEE 802.11p WAVE Communication Standard," IEEE Intl. Conf. on Vehicular Technology Conference (VTC), Sep., 2007, pp.2199-2203.

[12] Berkeley Highway Lab, <http://bhl.calccit.org:9006/bhl/>.

[13] N. Wisitpongphan, F. Bai, P. Mudalige, V. Sadekar, and O. Tonguz, "Routing in Sparse Vehicular Ad Hoc Wireless Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 25(8), Oct., 2007, pp.1538-1556.

[14] K-S. Kong, W. Lee, Y-H. Han, M-K. Shin, and H. You, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," IEEE Wireless Communications, 15(2), April, 2008, pp.36-35.



### 임 유 진

e-mail : yujin@suwon.ac.kr

2000년 숙명여자대학교 전산학과(박사)  
2000년 서울대학교 박사후연구원  
2000년~2002년 UCLA 박사후연구원  
2003년~2004년 삼성종합기술원 전문연구원  
2004년~현 재 수원대학교 정보미디어학과 조교수

관심분야: 에드혹 네트워크, 센서 네트워크, 이동통신, 라우팅 프로토콜



### 안 상 현

e-mail : ahn@venus.uos.ac.kr

1986년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)  
1988년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)  
1993년 University of Minnesota 컴퓨터학과(박사)  
1988년 (주)레이콤 연구원

1994년 세종대학교 컴퓨터학과 전임강사/ 조교수  
1998년~현 재 서울시립대학교 컴퓨터과학부 교수  
관심분야: 에드혹네트워크, 센서네트워크, 홈 네트워크, 이동통신, 라우팅프로토콜



### 조 권 희

e-mail : ckyh585@venus.uos.ac.kr

2002년~2008년 수원대학교(학사)  
2009년~현 재 서울시립대학교 컴퓨터통계학과 석사과정  
관심분야: 노드 이동성 관리 기법, 무선 네트워크