

논문 2013-2-5

# 분산 이동성 관리에서의 이동노드간 트래픽 전송

기장근\*

## Traffic Transmission among Mobile Nodes in Distributed Mobility Management

Jang-Geun Ki\*

### 요 약

중앙 집중식 이동성 관리 방식의 단점을 해결하기 위해 최근 IETF를 중심으로 분산 이동성 관리 메커니즘이 활발히 연구되고 있다. 분산 이동성 관리 방식에서는 데이터 트래픽이 하나의 중앙 앵커 노드에 집중되지 않고 여러 액세스 라우터에 효율적으로 분산된다. 본 논문에서는 이러한 분산 이동성 관리 방식이 적용되는 망에서 한 이동노드가 상대 이동노드의 홈 망으로 이동하여 데이터 트래픽을 송신할 경우 홈 망의 액세스 라우터는 IPv6 이웃 탐색 절차에서 상대 이동노드의 대리인 역할을 수행하는 기능이 필요함을 밝히고, 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 기능 검증을 수행하였다.

### Abstract

Distributed Mobility Management(DMM) mechanisms have been actively studied in and around the IETF to alleviate the problems of centralized mobility management schemes. In DMM, data traffic is distributed in an efficient way among access routers and does not depend on a central anchor node to manage IP mobility sessions. In this paper, it is suggested that the first Mobility Anchor and Access Router(MAAR) node that takes care of the mobile node must perform the IPv6 proxy neighbor discovery function when the mobile node is going out of the home network(the first attached MAAR area) and moving around in foreign networks. The suggested function is coded in the simulation program and verified by simulations under various traffic environments.

**한글키워드 :** 분산 이동성 관리, IPv6 프록시 이웃 탐색 기능

### 1. 서론

IP 이동성에 관련해 최근 활발히 연구되고 있는 대부분의 기존 해결책[1-3]들은 이동노드의 HoA(Home Address) 주소와 CoA(Care-of-

Address) 주소 사이의 바인딩 정보를 항상 최신 정보로 유지 관리하는 특정 앵커 노드 개념에 기초하고 있다. 이와 같은 기존 방법들에서는 데이터 트래픽이 앵커노드와 이동노드(또는 액세스 라우터) 사이에 터널링 기법을 사용해 전달된다. 따라서 앵커노드는 모든 이동노드들의 바인딩 정보들을 중앙집중식으로 관리해야 할 뿐만 아니라

\* 공주대학교 전기전자제어공학부

(email: kjg@kongju.ac.kr)

접수일자: 2013.12.5 수정완료: 2013.12.20

모든 이동노드들이 송수신하는 데이터 트래픽을 중간에서 가로채 캡슐화 하거나 캡슐 해제화를 수행해야만 한다. 예를 들어 MIPv6 프로토콜의 경우에는 모든 신호 메시지와 데이터 트래픽이 HA(Home Agent)라고 불리는 앵커노드를 거쳐 전송되고, PMIPv6(Proxy MIPv6) 프로토콜 경우에는 LMA(Local Mobility Anchor) 노드를 거쳐 전송된다. 이와 같은 중앙 집중식 이동성 관리 방식들은 많은 제약사항을 가지게 되는데, 예를 들어 앵커노드로의 트래픽 집중에 의한 병목현상이나 SPOF(Single Point Of Failure) 문제뿐만 아니라 앵커노드 부하 집중에 따른 망 확장의 어려움도 발생한다.

따라서 이와 같은 중앙 집중식 이동성 관리 방안의 문제점들을 해결하기 위해 최근에는 이동성 관리를 액세스 망 차원에서 여러 액세스 라우터끼리 나누어 해결함으로써 코어망은 이동관련 이벤트나 이동성 지원기능으로 부터 자유롭게 하는 분산 이동성 관리 방안이 IETF의 dmm(Distributed Mobility Management)과 netext(Network-Based Mobility Extensions) 그룹을 중심으로 활발히 연구되고 있다[4-5].

본 논문에서는 이러한 분산 이동성 관리 방식이 적용되는 망에서 한 이동노드가 상대 이동노드의 홈 망으로 이동하여 데이터 트래픽을 송신할 경우 홈 망의 액세스 라우터는 IPv6 이웃 탐색(Neighbor Discovery) 절차에서 상대 이동노드의 대리인 역할을 수행하는 기능이 필요함을 밝히고, 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 기능 검증을 수행하였다.

## 2. 분산 이동성 관리

### 2.1 초기 접속 절차

이동노드가 분산 이동 관리가 적용되는 망에

처음 접속할 때의 절차[6]를 살펴보면 먼저 이동노드의 데이터 링크 계층 기능인 무선랜 프로세스는 스캔 절차를 거쳐 MAAR 노드의 무선랜 프로세스와 연관관계(association)를 맺게 되며, 이 과정에서 이동노드의 맥주소(MAC address)가 이동노드의 ID 값으로 MAAR에게 알려진다. 이동노드의 ID 값을 알게 된 MAAR의 데이터 링크 계층 프로세스는 자신의 상위계층인 IP 계층에 위치한 프로세스를 호출하여 이동노드의 ID 값을 넘겨준다.

이동노드 ID를 수신한 MAAR 노드의 IP 계층 프로세스는 이동노드를 위한 HNP(Home Network Prefix)를 할당하고, 이동노드의 ID와 할당예정인 HNP 정보를 포함하는 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 생성하여 CMD 노드로 송신한다.

CMD 노드는 이동노드에 대한 BCE(Binding Cache Entry) 엔트리를 새로이 생성해 삽입하고, PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지로 응답한다.

PBA 메시지를 수신한 MAAR은 이동노드에게 할당된 HNP를 포함하는 RA 메시지를 만들어 이동노드로 보내고 이를 수신한 이동노드는 HNP로 부터 ipv6 주소를 생성해 사용하기 시작한다.

### 2.2 핸드오버 절차

이동노드가 처음에 접속했던 MAAR로 부터 다른 MAAR로 이동해 가면 앞에 기술했던 초기 접속 절차가 그대로 수행되어 이동노드는 새로운 ipv6 주소를 추가적으로 가지게 되며, 앞으로 새로 시작되는 통신 세션들은 이 새로운 ipv6 주소를 사용하게 된다. 한편 이전 MAAR 노드에 접속했을 때 할당받아 사용하던 ipv6 주소는 그 당시 시작했던 세션이 지속되는 한 계속해서 사용된다. 이와 같이 새로운 ipv6 주소와 기존의 ipv6

주소를 모두 사용할 수 있도록 하기 위해 수행되는 핸드오버 과정을 설명하면 다음과 같다.

이동노드가 새로운 MAAR 노드에 접근하면 이를 감지한 새 MAAR 노드가 새 HNP를 할당하고, 이 정보를 이동노드 ID와 함께 PBU 메시지에 담아 CMD 노드에게 보낸다. 이를 수신한 CMD 노드는 이동노드 ID를 키(key)로 하여 BCE 테이블에서 해당 엔트리를 찾아 뒤쪽에 새로운 HNP 정보를 삽입한다. BCE 엔트리 갱신 후 CMD 노드는 새 MAAR 노드로 모든 기존 엔트리 정보를 PBA 메시지에 담아 보내고, 기존 엔트리 정보의 모든 예전 MAAR 노드들로 새 MAAR 노드 정보를 담은 PBU 메시지를 보낸다.

PBA 메시지를 수신한 새 MAAR 노드는 BU 리스트에 예전 MAAR 노드들에 대한 정보를 기록함으로써 예전 MAAR과의 터널을 설정한다. BU 리스트의 정보는 이동노드가 해당 MAAR 노드로 부터 멀어져 연관관계가 해제될 경우 삭제된다.

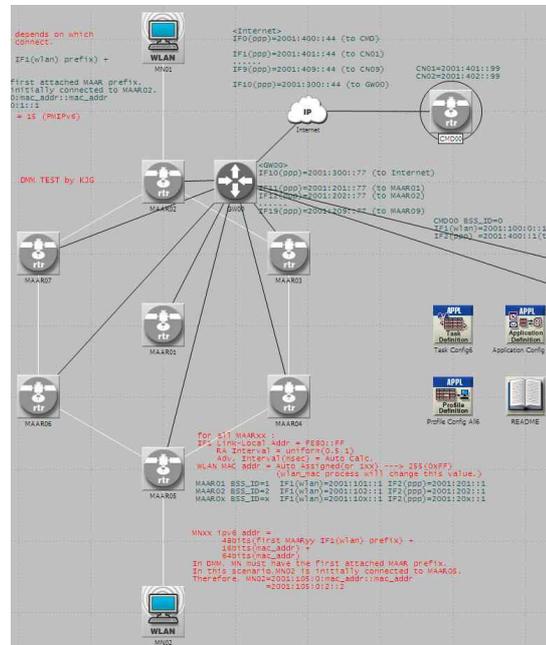
한편 새로운 MAAR 노드 정보를 포함하고 있는 PBU 메시지를 수신한 예전 MAAR 노드는 BCE 테이블 내용을 갱신함으로써 새 MAAR로의 터널을 설정하고 PBA 메시지로 응답한다.

이동노드가 예전 MAAR 노드에서 시작한 세션이 새 MAAR 노드로 이동 후에도 계속 지속되는 경우, CN 노드로부터 이동노드로 보내진 데이터 패킷들의 목적지 주소는 예전에 할당받은 HNP 주소임으로 예전 MAAR 노드에서 BCE 테이블 정보에 따라 새 MAAR 노드로 터널을 통해 보내게 된다. 이와 반대로 이동노드로 부터 CN 노드로 보내지는 데이터 트래픽의 경우에는 이동노드가 보내는 패킷의 소스주소가 예전에 할당받은 HNP 주소임으로, 새 MAAR 노드가 이동노드로 부터 수신한 데이터 패킷들의 소스주소를 BU 리스트에서 찾아 해당 엔트리가 발견될 경우 예전 MAAR로 터널을 통해 송신하게 된다.

만일, 이동 노드가 이동하다가 예전에 방문했던 MAAR 노드에 재방문하게 되는 경우 연관관계 절차가 수행될 때 BCE 엔트리에 이동노드에 대한 기존정보가 있으면 모두 삭제하고 위에서 언급한 절차들이 진행된다.

### 3. MAAR 노드의 프록시 이웃 탐색

이동노드간 데이터 트래픽 송수신시 MAAR 노드의 프록시 이웃 탐색 기능의 필요성을 설명하기 위한 망구조를 그림 1에 나타내었다.



노드들을 거쳐 MAAR004로 되돌아 온 후 초기 위치로 되돌아간다고 가정한다. 이 경우 이동노드 MN01이 제일 처음 접속하는 MAAR02 노드가 MN01의 홈 망이 되고, 이동노드 MN02의 경우에는 MAAR05 노드가 홈 망이 된다.

이동노드 MN01이 MAAR02 노드로부터 시계방향으로 이동하면서 MN02로 데이터 트래픽을 송신하고, 이때 데이터 패킷들의 목적지 주소는 MN02의 홈 주소, 즉 MN02가 처음 접속한 MAAR05 망에 속한 HNP로 얻어진 IPv6 주소가 된다고 가정한다.

두 이동노드의 위치를 고려해 볼 때 다음과 같은 상황들이 발생할 수 있다. 먼저 MN01이 MN02의 홈망(MAAR5망)이 아닌 위치에 있는 경우와 홈망내에 위치하는 경우, 그리고 같은 원리로 MN02가 자신의 홈망내에 위치하는 경우와 다른 망에 위치하는 경우가 있을 수 있다.

MN01 노드가 MN02의 홈망이 아닌 위치에서 MN02로 데이터 트래픽을 송신하는 경우 이 데이터의 목적지 주소는 MN02의 홈주소인 MAAR05 망내 주소일 것임으로 MN01이 현재 접속중인 MAAR 노드가 이 데이터 패킷을 터널을 통해 MAAR05 노드로 전송하게 될 것이다. MAAR05 노드는 만일 MN02가 홈망에 있으면 바로 무선랜을 통해 전달하게 되고, MN02가 홈망이 아닌 다른 망에 있을 경우에는 동일 원리로 터널을 통해 MN02의 현재위치에 해당하는 MAAR노드로 보내게 될 것이다.

만일 MN01 노드가 MN02의 홈망(MAAR05 망)에 도달하게 되면 MN01노드는 MAAR05 노드로부터 앞으로의 새로운 세션시 사용하게 될 새로운 IPv6 주소를 얻는 과정에서 MAAR5 망 자체의 망주소를 알게 되고, 따라서 MAAR5 망에 속한 IPv6 주소를 홈주소로 갖고 있는 MN02로의 데이터 패킷 송신시 자신과 동일 망내의 호스트로 전송되는 패킷으로 간주해 MAAR05를

거치지 않고 바로 MN02로 전송하려고 시도한다. 따라서 MN02 노드의 MAC 주소를 알아내기 위해 MN02의 홈주소에 대한 이웃 탐색 절차를 수행한다. 다행히 MN02가 자신의 홈망인 MAAR05 망내에 있는 경우에는 MN02가 MN01이 보낸 NS 메시지에 대한 NA 응답 메시지를 보낼 수 있을 것이다. 그러나 MN02가 자신의 홈망을 벗어나 다른 망에 있는 경우 이웃 탐색 절차가 실패하게 되어 데이터 패킷 전송이 이루어지지 않는다. 따라서 이 경우 MAAR05 노드는 MN02 노드 대신에 NS 메시지를 가로채서 NA 메시지를 응답하는 프록시 기능을 수행해야 한다.

결론적으로 모든 MAAR 노드들은 자신이 HNP를 할당해준 이동노드들에 대해 이동노드가 다른 망으로 이동해 가 있는 동안 프록시 이웃 탐색 기능을 제공해야 한다.

#### 4. 시뮬레이션 및 기능 검증

MAAR 노드의 프록시 이웃 탐색 기능을 제공하기 위해 기존에 개발되었던 분산이동성관리 시뮬레이터 프로그램[6]을 수정하였다. 수정된 프로그램은 MAAR 노드모델의 ARP 모듈 프로세스인 ip\_arp\_v4.pr.m의 자식 프로세스인 ipv6\_nd.pr.m에서 수신된 NS 메시지 처리루틴인 ipv6\_nd\_ns\_msg\_handle(...) 함수이다. 원래 이 함수에서는 NS 메시지가 수신되면 타켓주소가 자신의 인터페이스에 속한 주소일 경우에만 NA 메시지로 응답하도록 되어 있는데, 이를 수정하여 자신이 MAAR 노드이고 수신된 NS 메시지의 타켓주소가 자신이 HNP를 할당해준 이동노드의 홈주소일 경우 그리고 이 이동노드가 타망에 있는 경우에 프록시 기능을 수행하여 NA 메시지로 응답하도록 하였다.

MAAR 노드의 프록시 이웃 탐색 기능 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행한 결과를 그림 2부터 그림 4에 나타내었다.

그림 2에는 MN01 이동노드가 송신한 트래픽 (Tx Traffic)과 MN02 이동노드가 수신한 트래픽 (Rx Traffic)을 나타내었다.

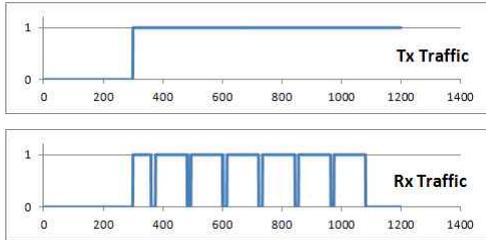


그림 2. 송수신 트래픽

그림 3과 그림 4에는 MN01 이동노드가 송신한 트래픽이 MN02 이동노드에 도달하는 과정에

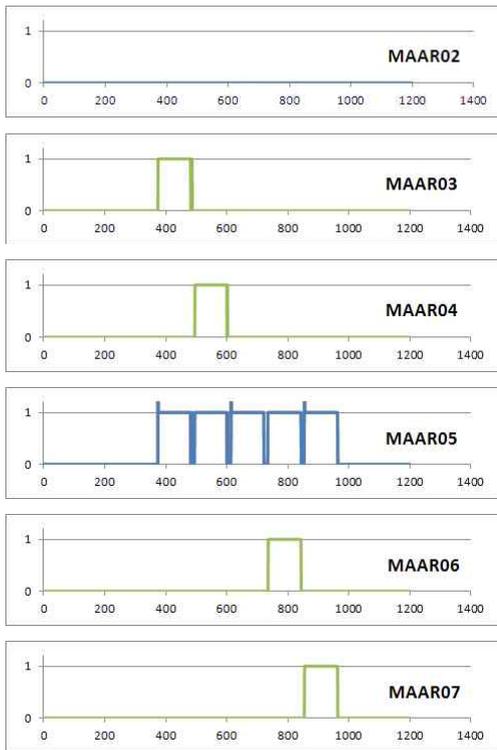


그림 3. 송신 터널링 트래픽

서 각 MAAR 노드들이 터널링을 통해 송수신한 트래픽을 나타내었다.

그림 3에서 예를 들어 시간 420초에 MN01 노드는 MAAR03 노드에 도달하고 MN02 노드는 MAAR06 노드에 도달하게 되는데, 따라서 MN01 노드로 부터 송신된 데이터 트래픽은 MAAR03 노드로 부터 MAAR02 노드까지 터널링을 통해 보내지고, 다시 이 데이터 트래픽은 MAAR05 노드로 부터 MN02 노드가 위치한 MAAR06 노드까지 보내지게 된다. 따라서 그림 3에서 시간 400초에서 송신현황을 보면 MAAR03과 MAAR05 노드가 터널링 데이터를 송신하고 있고, 그림 4에서 MAAR02와 MAAR06가 터널링 데이터를 수신하고 있음을 볼 수 있다.

그림 5에 MN01 노드로 부터 MN02 노드로 보내지는 패킷의 흐름을 시간대별로 나타내었다.

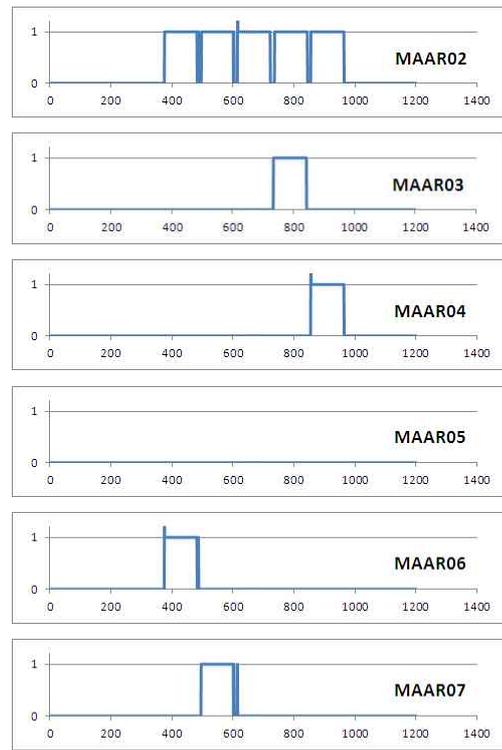


그림 4. 수신 터널링 트래픽

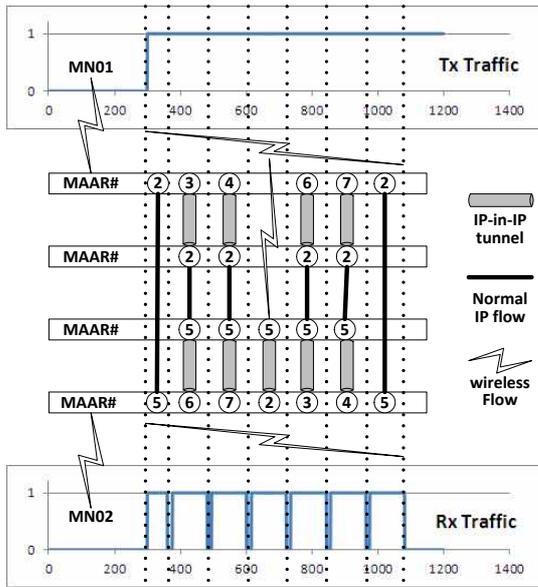


그림 5. MN01으로부터 MN02로의 패킷 흐름

## 5. 결론

최근 중앙 집중식 이동성 관리 방식의 단점을 해결하기 위해 IETF를 중심으로 분산 이동성 관리 메커니즘이 활발히 연구되고 있다. 부분 분산 이동성 관리 방식에서는 데이터 트래픽이 하나의 중앙 앵커 노드에 집중되지 않고 여러 액세스 라우터에 효율적으로 분산된다. 본 논문에서는 이러한 분산 이동성 관리 방식이 적용되는 망에서 한 이동노드가 상대 이동노드의 홈 망으로 이동하여 데이터 트래픽을 송신할 경우 홈 망의 액세스 라우터는 IPv6 이웃 탐색 절차에서 상대 이동노드의 대리인 역할을 수행하는 기능이 필요함을 제안하였고, 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 이에 대한 기능 검증을 수행하였다. 또한 다양한 트래픽 환경하에서의 시뮬레이션 결과 분석을 통해 이동 노드들 간에 데이터 트래픽 전송이 터널링을 통해 정상적으로 이루어짐을 보였다.

## 참고 문헌

- [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, 2013.
- [5] <http://datatracker.ietf.org/wg/netext/charter/>, Network-Based Mobility Extensions (netext) working group, 2013.
- [6] 기장근, 분산 이동성 관리 시뮬레이터 구현, 한국소프트웨어감정평가학회 논문지, 9 권 1호, pp.31-38, 2013.06.30.
- [7] OPNET Simulator, <http://www.opnet.com>, 2013.

## 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