

논문 2013-1-5

분산 이동성 관리 시뮬레이터 구현

기장근*

Implementation of Distributed Mobility Management Simulator

Jang-Geun Ki*

요 약

PMIPv6와 같은 기존의 IP 이동성 프로토콜들을 기반으로 트래픽을 효율적으로 분산시킬 수 있는 분산 이동성 관리 메커니즘이 IETF를 중심으로 활발히 연구되고 있다. 분산 이동성 관리 방안에서는 데이터 트래픽이 효과적인 방법으로 분산되며, IP 이동성 세션들을 관리하기 위해 하나의 중앙집중형 앵커 노드에 의존하지 않는다.

본 연구에서는 이와 같은 분산 이동성 관리 메커니즘을 시뮬레이션할 수 있는 프로그램을 개발하고 다양한 트래픽 환경에서의 실험을 통해 기능을 검증하였으며, 시뮬레이션 결과 분석을 통해 개발된 분산 이동성 관리 시뮬레이션 모델이 무선망 환경에서 이동성 관리 연구에 유용함을 보였다.

Abstract

Based on existing IP mobility protocols such as PMIPv6, DMM(Distributed Mobility Management) mechanism has been actively studied in and around the IETF. In DMM, data traffic is distributed in an efficient way and does not rely on a central anchor node to manage IP mobility sessions.

In this paper, the simulation models and program codes to support DMM scheme have been developed and verified by simulations under various traffic environments. The simulation results show that the developed models for DMM are useful for mobility management studies in wireless network environment.

한글키워드 : 분산 이동성 관리, 시뮬레이션 모델

1. 서 론

IP 이동성에 관한 대부분의 기존 해법들은 정해진 이동성 앵커(anchor) 노드가 이동노드들의 HoA(Home Address)와 CoA(Care-of-Address)

주소간 바인딩(binding) 정보를 최신정보로 유지 관리하는 MIP(Mobile IP) 개념에 기초하고 있다. 이 경우 데이터 트래픽은 이동성 앵커노드와 이동노드 또는 액세스 라우터사이의 터널링을 통해 전송된다. 따라서 이와 같은 방식들은 앵커노드가 모든 이동노드들의 바인딩 정보를 중앙집중식으로 관리해야 할 뿐만 아니라 각 이동노드와 교환되는 모든 데이터 트래픽의 캡슐화 및 캡슐 해

* 공주대학교 전기전자제어공학부
(email: kjg@kongju.ac.kr)
접수일자: 2013.5.8 수정완료: 2013.6.14

제 처리를 수행해야 한다. 예를 들어 MIPv6(Mobile IPv6)나 PMIPv6(Proxy MIPv6) 프로토콜에서는 신호 메시지와 데이터 트래픽들이 앵커 노드 역할을 수행하는 HA(Home Agent)나 LMA(Local Mobility Anchor) 노드로 집중되게 된다[1-4].

그런데 이동망 진화에 따른 최근 추세를 살펴보면 이동성 지원을 액세스 망에 한정시켜 코어 망(Core Network)이 노드들의 이동성에 관여하지 않도록 하는 망구조를 선호하고 있다. 따라서 기존의 중앙 집중식 메커니즘을 분산 형태로 바꾸고자 하는 이동성 관리 스킴이 DMM(Distributed Mobility Management)[5]이라는 이름으로 IETF를 중심으로 활발히 연구되고 있으며, 특히 최근에는 PMIPv6 프로토콜을 이용한 분산 이동성 관리 방안이 집중 연구되고 있다.

본 논문에서는 위에 기술한 분산 이동성 관리 기능을 수행하는 시뮬레이터 프로그램을 개발하고, 다양한 트래픽 환경에서의 시뮬레이션을 통해 기능을 검증하고 성능을 분석하였다.

2. 분산 이동성 관리

호스트 기반의 MIPv6와 이를 확장한 네트워크 기반의 PMIPv6 프로토콜은 모두 계층구조의 이동망을 전제로 한 중앙집중식 이동성 관리 방안이다. 특히 RFC5213[2] 문서에 규정된 망기반 이동성 제공 PMIPv6 프로토콜은 이동노드가 주소의 변경없이 도메인내를 자유로이 이동하면서 통신할 수 있도록 MAG(Mobile Access Gateway)과 LMA(Local Mobility Anchor) 노드를 규정하고 있으며, IETF의 netext 워킹 그룹 [6]에 의해 활발히 연구되고 있다.

그림 1에 중앙 집중식 이동성 관리 메커니즘을 제공하는 대표적인 프로토콜들의 데이터 경로를

나타내었다. 이들 프로토콜의 논리적인 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- 앵커(Anchor) 기능 : 이동노드에게 망에 등록되는 HNP(Home Network Prefix) 또는 홈주소(HoA : Home Address)를 할당
- 이동지원 라우팅 기능 : 이동노드의 홈주소로 보내지는 패킷을 가로채서 이동노드의 위치정보를 이용해 패킷 전달
- 위치정보 관리 기능 : 이동노드의 위치 정보를 관리하고 추적하는 기능으로 이동노드의 홈주소와 현재의 접속점 매핑 정보를 관리
- 위치 갱신 기능 : 이동노드의 위치 정보를 위치정보 관리 기능에게 제공하는 기능

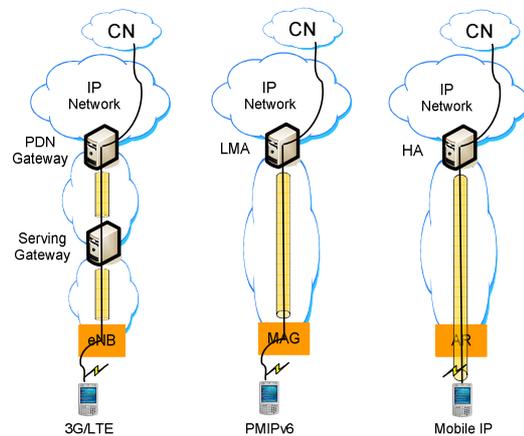


그림 1. 중앙집중식 이동성관리 프로토콜들의 데이터 경로

PMIPv6를 포함한 이와 같은 중앙집중식 이동성 관리 방안들은 데이터 평면과 제어 평면을 구별하지 않으며, 데이터 트래픽과 신호 메시지가 하나의 앵커 노드에 집중되어 과부하와 단일 장애점(Single Point of Failure) 문제를 가질 뿐만 아니라 비최적화된 경로, 확장성의 문제 등이 존재한다.

이를 해결하기 위해 IETF의 DMM

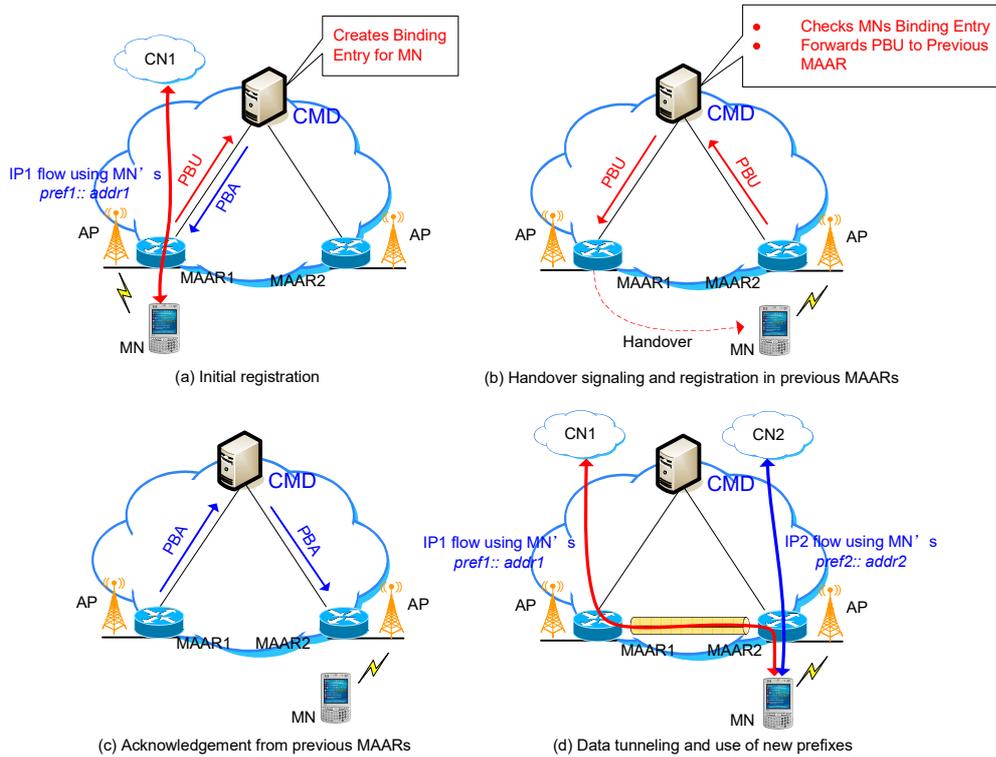


그림 2. 분산 이동성 관리 시뮬레이터 동작

(Distributed Mobility Management) 워킹그룹에서는 IP망에서 트래픽이 최적으로 분산되고 IP 이동성 세션 관리를 위한 앵커 노드가 중앙 집중 형태로 구성되지 않도록 하는 분산 이동성 관리 방안에 대해 연구하고 있다.

이동성 관리 기능들은 망에 부분분산 또는 완전분산 형태로 구현될 수 있다. 부분분산 형태의 경우에는 데이터 평면만 분산되는 경우를 말하며, 완전분산 형태의 이동성 관리 기능은 데이터 평면뿐만 아니라 제어평면도 분산되는 경우를 말한다. 본 논문에서는 부분분산 형태의 이동성 관리 기능 시뮬레이션을 위한 모델을 개발하고, 다양한 트래픽 환경하에서 실험함으로써 개발된 시뮬레이터의 기능을 검증하였다.

3. 분산 이동성 관리 시뮬레이터 구현

본 논문에서 개발된 PMIPv6 프로토콜을 기반으로 하는 분산 이동성 관리 시뮬레이션 코드의 동작은 다음과 같다(그림 2 참조).

(1) MN의 초기 접속 과정

그림 3에 이동노드가 처음 분산 이동 관리 망에 접속할 때 수행되는 기능을 나타내었다. 먼저 이동노드 MN의 데이터 링크 계층 기능인 무선 랜 프로세스는 스캔 절차를 거쳐 MAAR노드의 무선 랜 프로세스와 연관관계(association)를 맺게 되며, 이 과정에서 이동노드의 맥주소(MAC address)가 MN_ID 값으로 MAAR에게 알려진다.

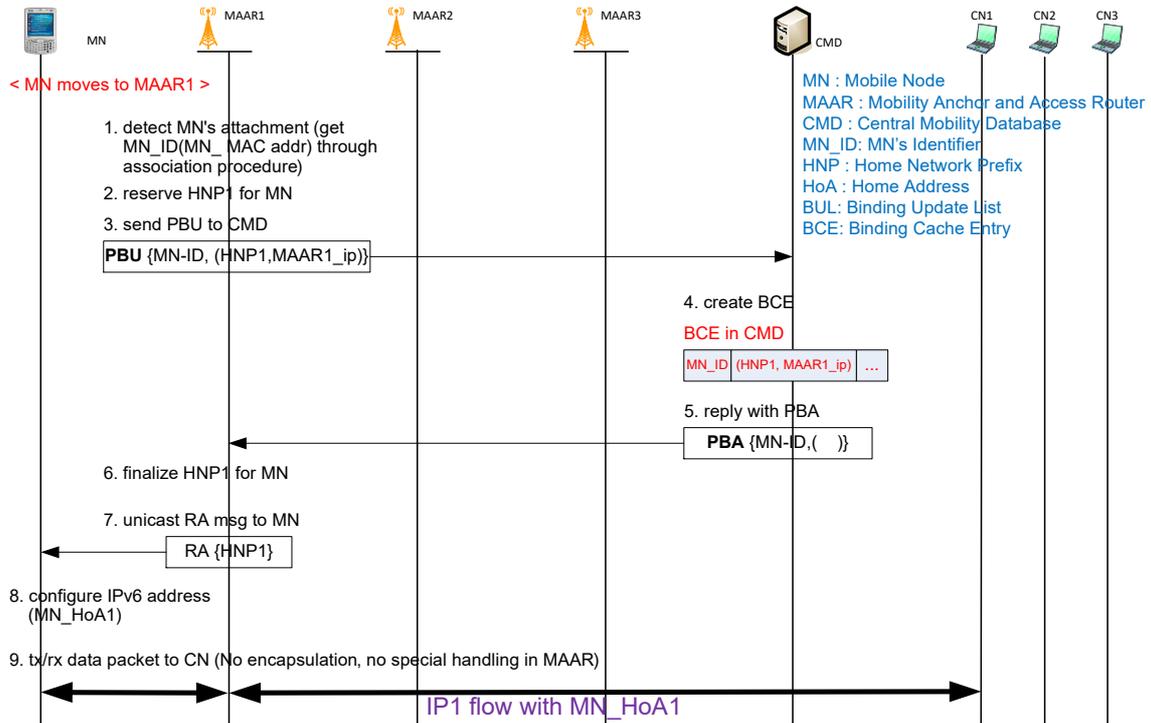


그림 3. 분산 이동 관리 초기 접속 절차

이동노드의 MN_ID 값을 알게 된 MAAR의 데이터 링크 계층 프로세스는 자신의 상위계층인 IP 계층에 위치한 프로세스를 호출하여 MN_ID 값을 넘겨준다.

MN_ID를 수신한 MAAR 노드의 IP 계층 프로세스는 이동노드를 위한 HNP를 할당하고, {MN_ID, HNP} 정보를 포함하는 PBU 메시지를 생성하여 CMD 노드로 송신한다.

CMD 노드는 BCE 엔트리 BCE={MN_ID : (HNP, MAAR_ip)}를 새로이 생성해 삽입하고, PBA 메시지로 응답한다.

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

(2) MN의 핸드오버 과정

그림 4에 이동노드의 핸드오버 절차를 나타내었다. 이동노드가 처음에 접속했던 MAAR로부터 다른 MAAR로 이동해 가면 앞에 기술했던 초기 접속 과정이 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 MAAR에 접근하면 이를 감지한 새 MAAR 노드가 새 HNP를 할당하고,

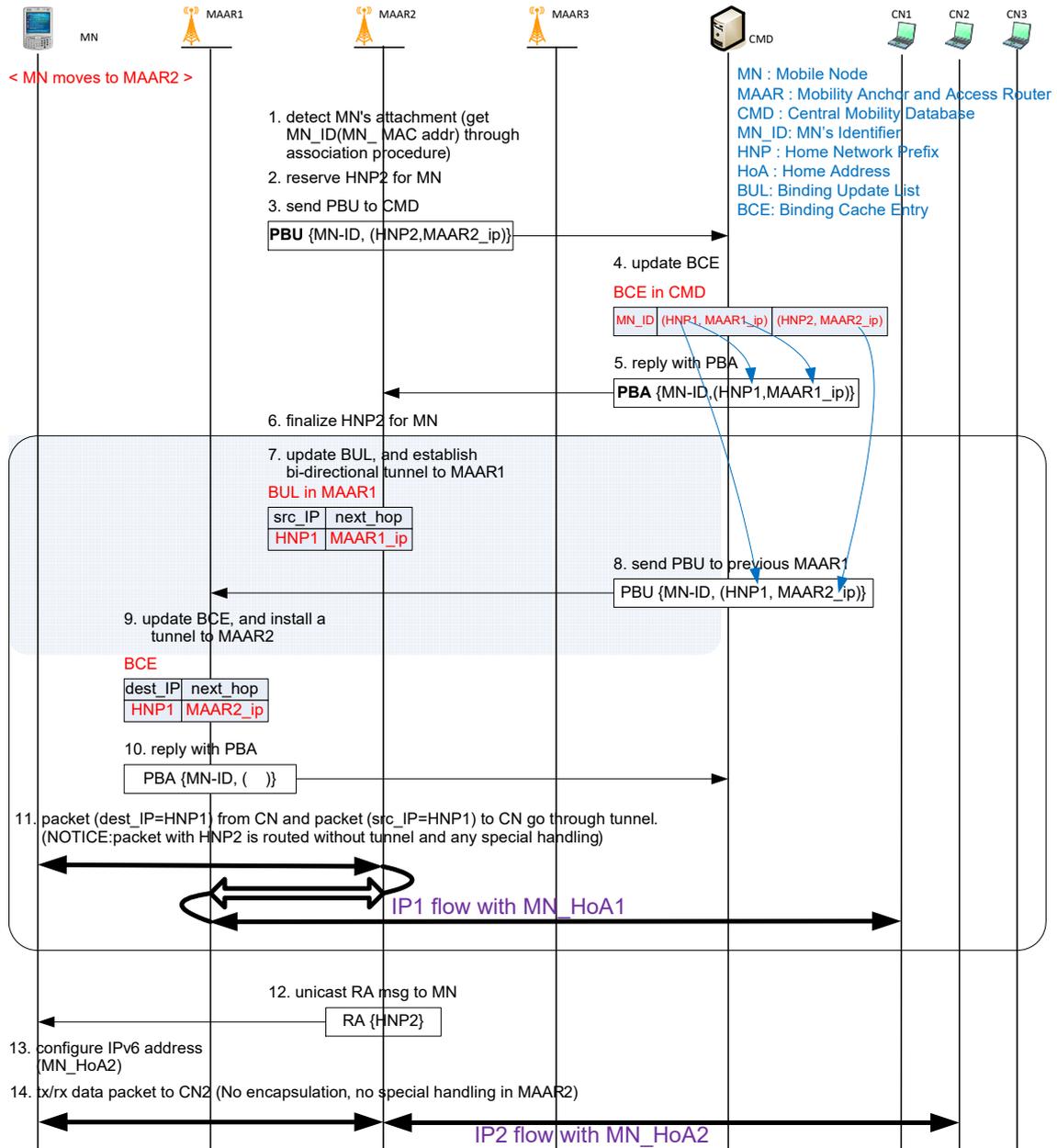


그림 4. 분산 이동 관리 핸드오버 절차

이 정보를 MN_ID와 함께 PBU 메시지에 담아 CMD 노드에게 보낸다. 이를 수신한 CMD 노드는 MN_ID를 키로 하여 BCE 테이블에서 해당 엔트리를 찾아 뒤쪽에 새로운 HNP 정보를 삽입

하여 {MN_ID : (old_HNP, old_MAAR_ip) : (new_HNP, new_MAAR_ip)} 형태로 갱신한다. BCE 엔트리 갱신 후 CMD 노드는 새 MAAR 노드로 모든 기존 엔트리 정보 {MN_ID :

{old_HNP, old_MAAR_ip})를 PBA 메시지에 담아 보내고, 기존 엔트리 정보의 모든 old_MAAR_ip 노드들로 {MN_ID : (old_HNP, new_MAAR_ip)} 정보를 담은 PBU 메시지를 보낸다.

PBA{MN_ID : (old_HNP, old_MAAR_ip)} 메시지를 수신한 새 MAAR 노드는 BU 리스트에 {MN_ID : (old_HNP, old_MAAR_ip)} 정보를 기록함으로써 예전 MAAR과의 터널을 설정한다. BU 리스트의 정보는 이동노드가 해당 MAAR 노드로 부터 떨어져 연관관계가 해제될 경우 삭제된다.

한편 PBU{MN_ID : (old_HNP, new_MAAR_ip)} 메시지를 수신한 예전 MAAR 노드는 BCE 테이블에 기록함으로써 새 MAAR로의 터널을 설정하고 PBA 메시지로 응답한다.

그림 5에는 이동노드의 이동에 따른 데이터 세션을 나타내었다. 이동노드가 예전 MAAR 노드에서 시작한 세션이 새 MAAR 노드로 이동후에도 계속 지속되는 경우, CN 노드로부터 이동노드로 보내진 데이터 패킷들의 목적지 주소는 old_HNP 주소임으로 예전 MAAR 노드에서 BCE 테이블 정보 {MN_ID : (old_HNP, new_MAAR_ip)}에 따라 새 MAAR 노드로 터널을 통해 보내게 된다. 이와 반대로 이동노드로부터 CN 노드로 보내지는 데이터 트래픽의 경우에는 이동노드가 보내는 패킷의 소스주소가 old_HNP 주소임으로, 새 MAAR 노드가 이동노드로 부터 수신한 데이터 패킷들의 소스주소값을 BU 리스트에서 찾아 엔트리 {MN_ID : (old_HNP, old_MAAR_ip)}가 발견될 경우 예전 MAAR로 터널을 통해 송신하게 된다.

(3) 예전 MAAR 노드에 재접속하는 경우

이동 노드가 이동하다가 예전에 방문했던 MAAR 노드에 재방문하게 되는 경우 BCE 테이블

과 BU 리스트의 정보가 루프 형태로 꼬이게 된다. 따라서 정상적인 동작을 위해 이동노드가 MAAR 노드에 접근하게 되어 연관관계 (association) 절차가 수행될 때 BCE 엔트리에 이동노드에 대한 기존정보가 있으면 모두 삭제하고 위에서 언급한 절차들이 진행된다.

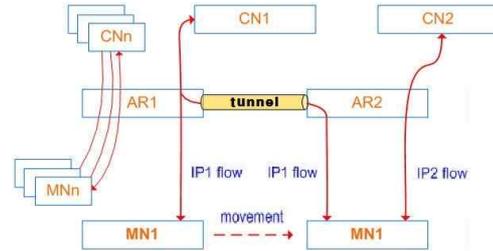


그림 5. 이동노드 핸드오버에 따른 데이터 흐름

4. 시뮬레이터 검증 및 평가

개발된 분산 이동성 관리 시뮬레이터의 기능을 검증하기 위해 다양한 트래픽 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 6에 시뮬레이션 네트워크 모델을 나타내었다. 그림에서 proxy_MN_A 이동노드는 MAAR1 노드를 거쳐 MAAR3 노드까지 이동했다가 다시 제자리로 돌아오며, 이동하는 동안 CN으로 부터 전송되는 UDP 패킷을 수신하도록 시나리오가 작성되었다.

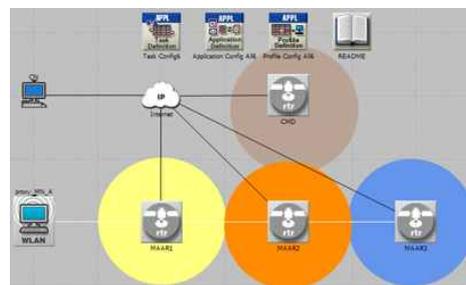


그림 6. 시뮬레이션 네트워크 모델

그림 7에 MN 이동노드가 처음 MAAR1 노드에 접근했다가 MAAR2, MAAR3 노드로 이동해 갈 때 CN으로부터 MN 이동노드로 보내지는 트래픽이 MAAR1로 부터 MAAR2, MAAR3로 터널링을 통해 보내짐을 보여주고 있다. 그림 7(a)는 CN노드가 송신하는 트래픽을 나타내며, 7(b)는 MAAR1 노드가 터널링을 통해 다른 MAAR 노드들로 송신하는 트래픽을 나타내고, 그림 7(c)와 (d)는 MAAR2와 MAAR3가 MAAR1으로부터 수신하는 터널링 트래픽을 나타낸다. 그림 7(e)는 MN 이동노드가 최종적으로 수신하는 트래픽을 나타내며, 그림으로 부터 핸드오버가 발생하는 구간에서의 약간의 패킷 손실 외에는 모든 트래픽을 정상적으로 수신함을 볼 수 있다.

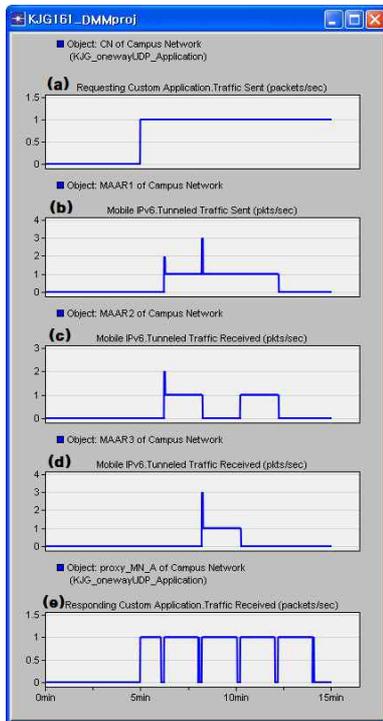


그림 7. CN → MN 방향 UDP 트래픽 전송

그림 8에는 MN 이동노드로부터 CN 노드로 데이터 트래픽을 전송하는 경우의 시뮬레이션 결

과를 나타내었으며, 반대방향으로의 트래픽 또한 터널링을 통해 잘 전송됨을 볼 수 있다.

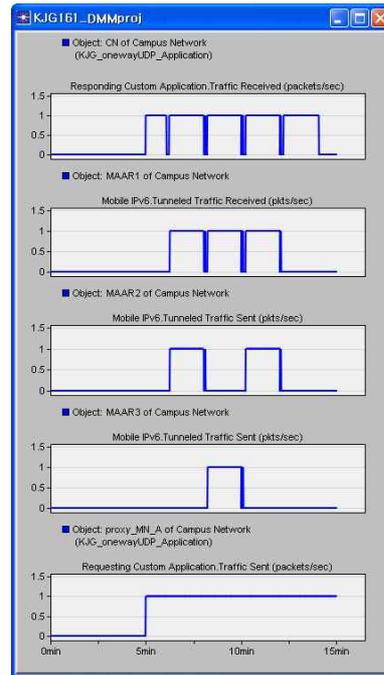


그림 8. MN → CN 방향 UDP 트래픽 전송

그림 9에는 CN 으로 부터 MN 이동노드로 12 MByte 정도의 데이터를 TCP를 이용해 전송하는 경우, 각 링크에서의 트래픽 양을 나타내었다. 그림으로부터 TCP의 경우에도 핸드오버로 인한 세션의 중단없이 트래픽을 잘 전송함을 볼 수 있다.

5. 결론

기존의 이동성 관리 메커니즘은 MIPv6나 PMIPv6 프로토콜과 같이 신호 메시지와 데이터 트래픽들이 앵커 노드 역할을 수행하는 HA나 LMA로 집중되게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 IETF의 DMM(Distributed Mobility Management) 워킹그룹 중심으로 분산 이동성 관리 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

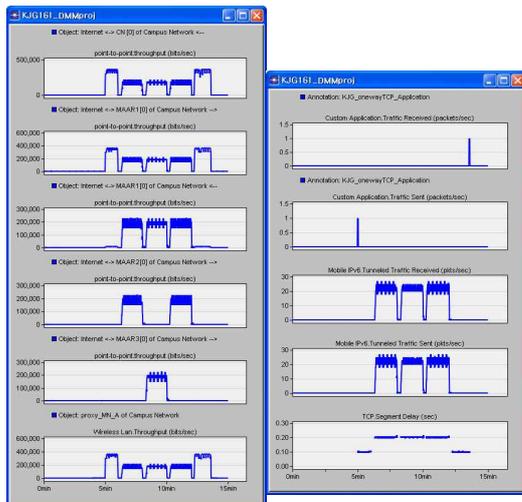


그림 9. CN → MN 방향 TCP 트래픽 전송

본 논문에서는 분산 이동성 관리 방안 연구의 일환으로 분산 이동성 관리 시뮬레이터를 구현하고 다양한 트래픽 환경에서 시뮬레이터의 기능을 검증하였다. 개발된 시뮬레이션 모델은 PMIPv6 프로토콜을 기반으로 하여 분산 이동성 관리 방안을 구현하였으며, UDP 및 TCP 등 다양한 트래픽을 MAAR간 터널링을 통해 정상적으로 송수신함을 실험을 통해 확인하였다.

앞으로 보다 다양한 무선 액세스 망과의 연동을 통한 이동성 관리 방안 연구가 추진될 예정이다.

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] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil, F. Xia, Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6, IETF RFC5949, Sept., 2010.

[4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. ElMalki, Athonet, L. Bellier, Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management, IETF RFC5380, Oct., 2008.
 [5] <http://datatracker.ietf.org/wg/dmm/charter/>, Distributed Mobility Management (dmm) working group, 2013.
 [6] <http://datatracker.ietf.org/wg/netext/charter/> Network-Based Mobility Extensions (netext) working group, 2013.
 [7] OPNET Simulator, <http://www.opnet.com>, 2013.

저 자 소 개



기장근 (奇長根)

1986.2 고려대학교 전자공학과 졸업
 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