

# IPv6 네트워크에서 멀티캐스트 기반 이동성 제공 방안

정희원 우 미 애\*, 전 홍 선\*\*, 학생회원 박 호 현\*

## A Multicast-based Mobility Support Scheme in IPv6 Networks

Mi ae Woo\*, Hong sun Jun\*\*, Ho hyun Park\* *Regular Member*

### 요 약

무선 통신 기술이 급속히 발전하면서 이동 중 데이터 통신이 가능하도록 하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 실시간 응용 프로그램을 이동 단말에서 원활히 사용하기 위해서는 이동 단말의 이동성을 효율적으로 관리하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 IPv6 네트워크에서의 멀티캐스트 기반 이동성 제공 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방안은 이동 단말이 외부 도메인 내에서 서브넷 간 이동 시 멀티캐스트 그룹에 가입/탈퇴함으로써 위치갱신을 하여 바인딩 갱신에 따른 신호를 지역 내에서 처리한다. 또한 확장된 멀티캐스트 그룹 관리 방안을 사용하여 그룹 탈퇴 지연을 최소화한다. 모의실험을 통하여 본 논문에서 제안한 방안이 Mobile IPv6와 Hierarchical Mobile IPv6 보다 UDP 및 TCP 성능과 대역폭 낭비도 개선함을 보였다.

**Key Words** : Mobile IP, IPv6, Multicast, Mobility.

### ABSTRACT

With rapid advance in wireless communication technologies, many researches are conducted for providing Internet data services while users are roaming around. Efficient management of mobility of mobile nodes is essential as the use of real-time application program grows. In this paper, we propose a multicast-based localized mobility support scheme in IPv6 networks. The proposed scheme utilizes a class of multicast routing protocol for the localized mobility support. Features of the proposed scheme are use of join to a multicast group and leave from that group to localize binding update information and provision of an extended multicast group management mechanism to reduce leave latency. The results of simulation show that the proposed scheme out-performs Mobile IPv6 and Hierarchical Mobile IPv6 in UDP and TCP traffic performance and in wasted bandwidth.

### I. 서 론

오늘날 인터넷 환경에서와 같이 차세대 무선 인터넷에서 데이터 서비스를 제공하는 것은 필수 불가결한 요소로 인식되고 있다. 유선 환경에서와 같이 무선 인터넷 서비스를 제공하기 위해서는 IP 주소 할당, 효율적인 이동성 관리 방안에 대한 연구가 필요하다. 또한 IPv4 주소 공간이 고갈됨에 따라

3GPP에서는 All-IP 무선 네트워크를 위한 프로토콜로 IPv6를 채택하였다<sup>[1]</sup>.

인터넷 환경에서 사용자 이동성을 제공하기 위해서는 지역에 의존하는 주소와 TCP/IP와 같은 상위 프로토콜과의 연결에서 문제가 따른다. 지역에 의존하는 IP 유니캐스트 주소는 호스트가 하나의 네트워크에서 다른 네트워크로 이동하면 IP 주소를 변경해야 하는데 IP 주소는 종종 전송계층이나 응용

\* 세종대학교 정보통신공학과 (mawoo@sejong.ac.kr), \*\* (주) 바콤

논문번호 : KICS2004-10-247, 접수일자 : 2004년 10월 24일

※본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R04-2001-000-00177-0) 지원 및 하나로 텔레콤의 “2.3GHz 휴대인터넷에서의 L3 이동성 제공 방안” 위탁과제 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

제층으로의 연결을 구별하는데 사용되기 때문에 IP 주소가 변경되면 연결을 재설정해야만 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 IETF에서는 Mobile IPv6 (MIPv6)<sup>[2]</sup>를 제안하였다. Mobile IPv6에서는 이동 노드 (Mobile Node; MN) 당 영구적인 IP 주소인 홈 주소와 일시적인 라우팅 주소인 위탁 주소(Care-of-Address; CoA)를 사용하고, 이 두 주소간의 매핑은 홈 에이전트 (Home Agent; HA)가 저장해 놓는 방법을 사용하여 이동 호스트에 대한 지속적인 서비스를 제공할 수 있다. Mobile IPv6는 광대한 지역에서 기본적으로 이동성을 제공하지만, 빠른 사용자에 대한 효율적인 이동성 제공할 수 없고, 인터넷 백본망에 신호 메시지가 대량으로 발생된다.

위와 같은 Mobile IPv6의 단점을 해결하기 위하여 많은 멀티캐스트 방안<sup>[3-8]</sup>들이 제안되었다. IP 멀티캐스트는 해당 멀티캐스트 그룹에 속한 수신자로서의 패킷 전달과 위치에 독립적인 주소 지정 메커니즘을 제공함으로써 이동성 제공에 사용될 수 있다. 호스트 이동성 제공을 위한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로는 널리 분산된 그룹의 수신자 사이에 효율적인 통신을 제공하는 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)과 CBT(Core Based Tree)와 같은 공유 트리 형태의 프로토콜이 널리 사용된다. 멀티캐스트 프로토콜을 기반으로 하는 이동성 제공 방안에서는 사용자가 이동하는 동안 인터넷 백본망의 신호 트래픽과 UDP 패킷 손실이 감소하고 TCP 패킷의 손실로 인한 성능 저하를 줄일 수 있다. 그러나 지금까지 제안된 멀티캐스트를 이용한 방안들 중 몇몇 방안들<sup>[7,8]</sup>만이 이동 노드에 대한 멀티캐스트 그룹 주소의 할당 메커니즘을 제공하고 나머지 방안들은 해당 메커니즘을 제공하지 못한다. 또한 멀티캐스트 방식은 그룹 관리 프로토콜의 기본적인 동작방식으로 인하여 탈퇴 지연(leave latency) 동안 야기되는 대역폭 낭비 문제가 있으나 이 문제에 대하여 연구된 바는 지금까지 없다.

본 논문에서는 광역 이동성 제공을 위하여 Mobile IPv6를 사용하고 외부 네트워크에서는 PIM-SM 프로토콜을 사용하여 IPv6 네트워크에서 지역적 이동성을 제공하는 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방안에서 멀티캐스트 그룹 주소는 이동 노드가 자동 생성하고, 멀티캐스트 그룹 멤버가 하나만 존재하는 단일 청취자 그룹(single-listener group)을 관리할 수 있는 방안을 기존의 그룹 관리 프로토콜에 추가함으로써 이동 노드가 연결되는 네트워크가 변경되더라도 불필요한 멀티캐스트 전송을 최소화

할 수 있도록 하였다. 제안된 방안의 성능은 모의실험을 통하여 사용자가 이동하는 동안 UDP에서의 패킷 손실을 측정하였고, TCP에서는 순서번호와 처리율, 그리고 노드 이동 시 유발되는 무선구간에서의 대역폭 낭비를 Mobile IPv6, Hierarchical MIPv6<sup>[9]</sup>와 비교 분석하였다.

이후 본 논문에서는 2장에서 본 연구의 연구 배경을 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜의 동작방식으로 인한 대역폭 낭비 면에서 조망해 본다. 3장에서는 제안된 방안에 대해서 설명한다. 4장에서는 성능 분석 결과를 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 연구 배경

멀티캐스트 방안을 호스트 이동성 지원을 위하여 사용하는 많은 제안들에서 현재까지 고려가 되지 않았던 부분은 멀티캐스트를 도입함으로써 인한 신호 트래픽에 대한 분석과 멀티캐스트에 내재한 탈퇴 지연이 있다.

멀티캐스트 그룹 관리를 하는 역세스 네트워크 부분을 제외한 네트워크에서 발생하는 신호 메시지에는 PIM-SM이나 CBT 프로토콜을 사용하는 경우 가입(Join)과 제거(Prune) 메시지가 있다. 가입과 제거 메시지는 이동성 지원을 하기 위하여 멀티캐스트를 사용하는 경우 사용자가 접속하는 서브넷을 변경하는 경우 새롭게 연결하는 서브넷으로는 가입을 이전 서브넷으로는 제거 메시지를 전송하고, 이 메시지들은 라우터에 의해 멀티캐스트 트리의 필요한 크로스오버(cross-over) 라우터까지 전달된다. 따라서 한번의 이동에 두개의 메시지가 발송되지만 전달되는 범위가 일반적으로 Mobile IPv6의 경우보다는 국한되므로 이들 메시지로 인한 신호 트래픽은 심하게 고려할 만한 수준은 아니다.

한편 역세스 네트워크에서는 역세스 라우터가 그룹 관리 프로토콜을 사용하여 자신의 링크에 연결된 노드들의 멀티캐스트 그룹 참여 실태를 관리한다. 특히 IPv6 네트워크에서는 Multicast Listener Discovery(MLD)<sup>[10]</sup>를 사용한다. 멀티캐스트 그룹 관리를 맡은 역세스 라우터는 해당 링크에 Query Interval을 주기로 하는 일반 질의(general query)를 주기적으로 보내, 그 링크에 연결된 노드에게 Multicast Listener Report 메시지 전송을 유도하여 가입되어있는 멀티캐스트 주소에 관한 정보를 수집한다. 한편 특정 멀티캐스트 그룹에 가입한 노드가 더 이상 가입을 원하지 않는 경우에는 Multicast Listener

Done 메시지를 전송한다. 액세스 라우터가 Done 메시지를 수신하고, 자신이 관리하는 리스트에 가입을 원하지 않는 멀티캐스트 주소가 있다면, 라우터는 Last Listener Query Count 횟수만큼 Multicast-Address-Specific Query 메시지를 Last Listener Query Interval을 주기로 하여 전송한다. 만일 제시한 멀티캐스트 주소에 대한 Report가 마지막 질의를 전송한 후 응답 지연 시간 안에 수신되지 않으면 해당 멀티캐스트 그룹이 자신의 링크에는 더 이상 없다고 판단하여, 그 멀티캐스트 주소를 자신의 리스트에서 삭제하고 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 사용하여 삭제 메시지를 발송한다.

사용자의 이동성 지원을 위하여 멀티캐스트를 사용하는 경우 이동 노드가 다른 서버넷으로 이동 후에도 탈퇴 지연 동안 이동 노드가 가입했던 멀티캐스트 그룹 메시지가 이전 서버넷의 액세스 네트워크로 전달되고, 이러한 메시지의 양이 무선구간에서의 대역폭 낭비를 야기한다. 탈퇴 지연은 무선 링크에서 소프트 핸드오프(soft handoff)의 가능 여부에 따라 다르다. 하드 핸드오프(hard handoff)만이 가능한 경우에는 이동 노드가 이동 시 Multicast Listener Done 메시지를 전송할 수 없으므로 일반 질의 메시지에 대한 응답 결과로 탈퇴 지연이 정해진다. 그러나 소프트 핸드오프가 가능하다면 이동 노드가 이동 시 Multicast Listener Done 메시지를 전송하고 액세스 라우터는 Multicast-Address-Specific Query를 사용하여 특정 멀티캐스트 주소의 멤버 존재 여부를 가릴 수 있다. 따라서 각 경우에 대한 탈퇴 지연은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{LeaveLatency}_{HH} &= \text{Robustness Variable} \cdot \text{Query Interval} + \text{one Query Response Interval} \\
 \text{LeaveLatency}_{SH} &= \text{Last Listener Query Interval} \cdot \text{Last Listener Query Count}
 \end{aligned}$$

표 1. 탈퇴 지연 계산을 위한 기본 값

Parameters	Values
Robustness Variable	2 ea
Query Interval	125 sec
Query Response Interval	10 sec
Last Listener Query Interval	2 sec
Last Listener Query Count	Robustness Variable

표 1은 위 식의 파라미터들의 기본값<sup>[10]</sup>이다. 따라서 하드 핸드오프인 경우 탈퇴 지연의 기본 값은

260초가 되고 소프트 핸드오프인 경우 탈퇴 지연은 4초가 된다.

일반적으로 광역 네트워크에서의 종단간 지연시간이 수백 밀리 초인 것을 감안한다면 소프트 핸드오프가 제공되는 경우의 탈퇴지연은 Mobile IPv6에서의 바인딩 지연보다도 길어, 탈퇴지연동안 발생하는 대역폭 낭비가 Mobile IPv6보다 수십배 많게 된다. 하드 핸드오프의 경우에는 Mobile IPv6의 경우보다 수천배의 대역폭 낭비가 발생한다. 이러한 대역폭 낭비를 줄일 수 있는 방안 중 하나는 Query Interval과 Last Listener Query Interval을 줄이는 것이나, 이 경우에는 필연적으로 신호 트래픽의 양이 무선구간에서 증가한다. 이는 이동 노드로 인한 낭비 대역폭을 줄이려는 목적을 달성하기 위한 또 다른 대역폭 낭비를 유발하는 결과이다. 특히 query interval을 짧은 주기로 변경하는 경우에는 액세스 라우터가 발송하는 일반 질의에 대하여 해당 링크에 있는 멀티캐스트 가입 노드들이 멀티캐스트 주소 당 적어도 하나의 Multicast Listener Report 메시지 전송해야 하므로 신호 트래픽이 더욱 더 많아지게 된다. 그에 비하여 Last Listener Query Interval을 단축하는 경우에는 특정 멀티캐스트 주소에 대한 Multicast Listener Report 메시지를 유발하므로 네트워크에 가해지는 영향은 Query Interval 단축의 경우보다는 적다.

위의 낭비대역폭 분석에 근거하면 소프트 핸드오프가 제공되지 않는 액세스 네트워크에서 멀티캐스트를 이용한 이동성 지원은 귀중한 자원인 무선 대역폭의 낭비가 너무 심하므로 적절한 방안으로 생각할 수 없다. 소프트 핸드오프가 제공이 되는 액세스 네트워크에서도 무선 대역폭의 효율적인 사용을 위한 방안이 필요하다고 할 수 있다.

### III. 제안 방안

본 절에서는 Mobile IPv6의 단점을 보완하기 위한 방안으로 멀티캐스트 기반 지역적 이동성 지원 방안을 제안한다. 특히 이동성 지원을 위하여 멀티캐스트 사용 시 액세스 네트워크에서 유발되는 대역폭 낭비를 최소화하기 위한 단일 청취자로 구성된 멀티캐스트 그룹 개념을 도입한다.

본 논문에서는 그림 1에서와 같은 네트워크 환경에서 외부 도메인은 게이트웨이, 사이트 라우터, 액세스 라우터 (Access Router : AR)가 계층적인 구조로 되어 있다고 가정한다. 또한 외부 도메인 내에

서 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로는 PIM-SM을 사용하며 모든 라우터는 멀티캐스트 기능이 있다고 가정한다. AR은 멀티캐스트 그룹 관리를 위한 프로토콜인 MLD를 지원한다고 가정한다. 게이트웨이는 방문 도메인 영역으로 이동한 노드들에 대한 rendezvous point (RP) 역할을 한다. 효율적인 탈퇴 그룹 절차 (leave group process)를 구현하기 위하여, 본 논문에서는 방문 도메인 내의 액세스 망에서 소프트 핸드오프가 가능하다고 가정한다.

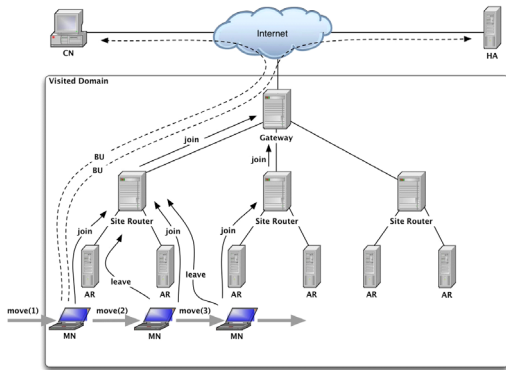


그림 1. 네트워크 구조

### 3.1 멀티캐스트를 이용한 호스트 이동성 지원 방안

최초 MN이 홈 네트워크에서 외부 네트워크로 이동하게 되면 MN은 서브넷의 AR로부터 수신하는 라우터 광고 메시지를 통하여 해당 도메인 내 게이트웨이의 글로벌 주소를 획득하게 된다. 게이트웨이의 글로벌 주소를 획득한 MN은 도메인에서 사용하는 organization-local scope이나 site-local scope<sup>[11]</sup>과 자신의 인터페이스 주소를 사용하여 자신만이 사용하는 유일한 멀티캐스트 주소를 생성한다. 서비스 사업자 네트워크 전체를 관장할 수 있는 RP를 하나만 두는 경우에는 organization-local scope을 사용하는 것이 적절하다. Organization-local scope을 사용하여 멀티캐스트 주소를 구성하는 경우에는 MN이 해당 사업자의 도메인 안에 있는 동안 지속적으로 사용 가능하다. 한편 서비스 사업자 네트워크의 범주가 광역인 경우에는 적절한 크기의 site들로 네트워크를 분할하여 관리하는 것이 망 관리 측면 및 트래픽 측면에서 효율적이다. 이러한 경우에는 site-local scope을 이용하여 멀티캐스트 주소를 구성하는 것이 좋다. MN의 인터페이스 주소를 사용하여 멀티캐스트 주소를 구성하는 매핑 방법이

그림 2에 예시되어 있다. 그림에서 플래그 (flags) 영역의 값이 이진수로 0001 이면 이는 비 영구적으로 할당된 멀티캐스트 주소를 의미한다. 범주(scope) 영역 값이 이진수로 0101 이면 site-local scope이고, 1000 이면 organization-local scope이다<sup>[11]</sup>.

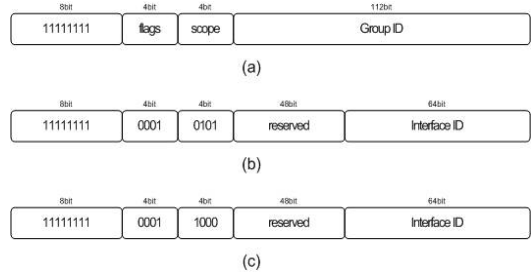


그림 2. 멀티캐스트 주소 매핑 (a) IPv6 멀티캐스트 주소 형식 (b) 이동성 지원을 위한 site-local scope 멀티캐스트 주소 매핑 (c) 이동성 지원을 위한 organization-local scope 멀티캐스트 주소 매핑

MN은 자신의 홈 주소와 새로이 생성한 멀티캐스트 그룹 주소를 이용하여 게이트웨이로 등록을 한다. 게이트웨이로부터 바인딩 갱신 메시지에 대한 응답을 받게 되면 MN은 자신의 홈 에이전트와 상대방 노드(Correspondent Node : CN)에게 자신이 이동한 도메인 내 게이트웨이의 주소를 CoA로 하여 바인딩 갱신 메시지로 등록한다. MN으로부터 바인딩 갱신 메시지를 받은 CN은 이에 대한 응답을 보내고 이후 전송하는 패킷을 게이트웨이로 전송한다.

게이트웨이는 본 논문에서 제안하는 방안의 핵심 구성요소 중 하나로 멀티캐스트의 RP로 동작하며 MN이 제공하는 등록정보를 자신의 캐쉬에 저장한다. 게이트웨이가 유지하는 캐쉬의 항목은 HA의 캐쉬 항목과 유사하고, 차이점은 MN의 홈 주소와 멀티캐스트 그룹 주소간의 매핑을 유지한다는 점이다. 게이트웨이가 type 2 라우팅 헤더를 지닌 캡슐화된 IPv6 패킷을 수신하면, 해당 패킷의 궁극적인 목적지가 캐쉬에 등록된 MN의 주소인 경우 해당 패킷의 목적지 주소를 멀티캐스트 주소로 다시 캡슐화하여 전송한다. 결과적으로 CN이 MN에게 보내는 패킷은 게이트웨이가 멀티캐스트 패킷으로 바꾸어 MN에게 전달한다. 따라서 게이트웨이는 Mobile IPv6와 멀티캐스트 간의 변환점 역할을 한다.

MN이 방문 도메인으로 처음 이동하여 들어온 경우 발생하는 게이트웨이, HA, CN과의 등록 절차를 그림 3에 정리하였다.

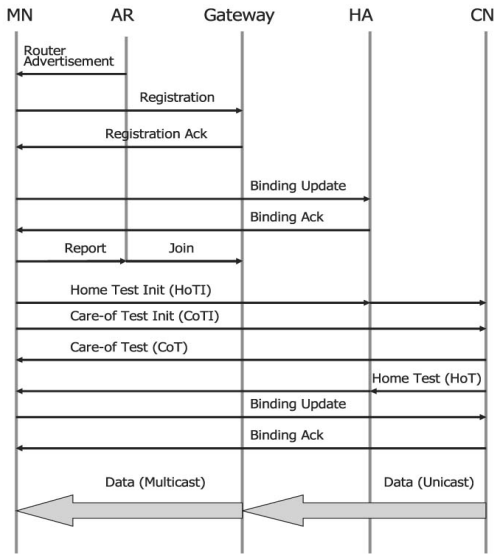


그림 3. 제한한 방안에서의 등록 절차

MN이 방문 도메인 내에서 새로운 서브넷으로 이동하면 이전 서브넷과 같은 그룹 주소로 새로운 서브넷의 AR로 Report 메시지를 전송하고, 게이트웨이나 HA, CN으로는 바인딩 갱신 메시지를 전송하지 않는다. 이와 같은 방법으로 MN은 자신의 현재 위치 정보를 멀티캐스트 그룹에 참여만으로 게이트웨이로 가는 경로에 있는 적절한 라우터까지만 전달하여 백본망 트래픽의 양을 줄이고, 핸드오프 시간을 줄일 수 있어 효율적인 이동성을 제공할 수 있다.

### 3.2 단일 청취자 그룹 지원을 위한 멀티캐스트 그룹 관리 방안

본 논문에서는 탈퇴 절차에 걸리는 시간을 단축하기 위하여 MLD의 기본 동작을 수정하는 단일 청취자를 갖는 멀티캐스트 그룹을 관리하기 위한 새로운 방안을 제안한다. 이를 위하여 MN은 자신의 이동성 지원을 위하여 멀티캐스트 그룹에 참여하는 경우에는 참여 메시지에 단일 멤버 그룹을 표시할 수 있는 플래그를 세팅하여 전달한다. 이러한 방법을 지원하기 위한 MN이 발송하는 Report 메시지에서 단일 청취자를 지정하기 위하여 코드(code) 값을 1로 한다. 기존의 MLD에서는 코드 값을 수신하는 쪽에서 무시하도록 지정되어 있기 때문에 해당 기능을 제공하지 않는 네트워크 환경에서도 호환성을 유지할 수 있다.

역세스 라우터는 단일 청취자 관리를 위하여 기

존의 멀티캐스트 주소 리스트에 single\_listener flag를 추가하여 단일 청취자를 관리하고 청취자 주소(listener's address) 항목을 추가하여 단일 청취자의 실체를 확인할 수 있도록 한다.

역세스 라우터가 Report 메시지를 수신하면 Report 메시지에 단일 청취자를 나타내기 위한 플래그가 설정되어있는 지 코드 영역을 확인한다. 만일 해당 플래그가 설정되어 있으면 Report 메시지에 지정된 멀티캐스트 주소가 자신이 가지고 있는 멀티캐스트 주소 리스트의 항목 중 하나인지를 확인한다. 만일 멀티캐스트 주소 리스트에 Report된 멀티캐스트 주소가 없다면, 리스트에 그 멀티캐스트 주소를 등재하고, single\_listener flag를 설정하고 Report 메시지를 전송한 노드의 주소를 청취자 주소 영역에 기록한다. Report된 멀티캐스트 주소가 멀티캐스트 주소 리스트에 있는 경우 Report 메시지를 전송한 노드의 주소와 리스트에 저장된 청취자 주소를 비교하여 두 주소가 다른 경우에는 single\_listener flag 설정을 해제한다. Report 메시지에 단일 청취자를 나타내기 위한 플래그가 설정되어 있지 않은 경우에는 일반적인 MLD 수순을 따른다.

역세스 라우터가 탈퇴 메시지를 수신하는 경우에는 멀티캐스트 주소 리스트를 확인한다. 만일 단일 멤버 그룹에 대한 탈퇴이면 그 그룹에 대한 특정 멀티캐스트에 대한 질의를 역세스 망에 전송하지 않고 게이트웨이 방향의 링크로 prune 메시지를 전송한다.

## IV. 성능 분석

본 절에서는 3장에서 제안한 방안에 대한 성능 분석을 제시한다. ns-2<sup>[12]</sup>를 이용한 모의실험을 통하여 UDP 트래픽에 대하여는 패킷 손실율을, TCP 트래픽에 대해서는 처리율을 측정하여 Mobile IPv6 및 HMIPv6와 비교 검토하였다. HMIPv6에서의 MAP(Mobility Anchor Point)의 위치는 게이트웨이로 정하였다.

그림 1과 같은 네트워크 환경에서 CN, HA, 게이트웨이 사이에 위치한 인터넷 백본 망에서의 전파 지연은 50 msec, 대역폭은 2 Mbps로 설정하였고 외부 도메인 내에서의 모든 링크의 전파지연과 대역폭은 5 msec와 10 Mbps로 각각 설정하였다. MN이 한 서브넷에서 잔류하는 시간은 25초로 설정하였고, 각각의 AR에 순차적으로 접속하도록 하였다.

MN의 핸드오프 시 UDP의 경우에는 패킷 손실

이 발생하고, TCP에서는 송신자의 패킷 전송 비율을 줄이는 혼잡 제어를 수행하게 됨으로써 TCP 처리율이 저하된다. 이러한 경우 성능에 영향을 미치는 환경 변수에는 AR사이의 거리, MN의 이동 속도, 라우터 광고 주기가 있다<sup>2)</sup>. 모의실험에서 AR 간의 거리는 400 미터로 설정하였고, smooth handoff 메커니즘을 도입하였다. MN의 이동 속도는 초당 40 미터로 설정하였다. 또한 MN이 이동한 후 CoA를 생성하는데 걸리는 시간을 줄이기 위하여 라우터 광고주기를 0.03초로 설정하였다.

#### 4.1 UDP 성능

UDP의 성능을 분석하기 위하여 CN에서 CBR 어플리케이션을 이용하여 UDP 패킷을 생성하여 패킷의 크기를 256 바이트로 고정하고 패킷의 전송율을 변화시키며 패킷 손실량을 분석하였다. 그림 4는 전송율에 따른 패킷 손실량을 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 전송율이 증가함에 따라 핸드오프 당 평균 패킷 손실량이 증가한다. 평균적으로 본 논문에서 제안한 방안이 가장 적은 패킷 손실량을 보여주며, Mobile IPv6 보다는 96% 적은 패킷 손실량을 기록하였고, HMIPv6 보다는 80% 적은 패킷 손실량을 기록하였다.

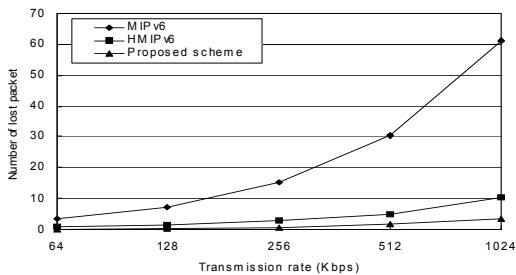


그림 4. UDP 트래픽에 대한 핸드오프 당 평균 패킷 손실량

#### 4.2 TCP 성능

TCP의 성능을 분석하기 위해 CN에서 TCP Tahoe와 TCP Reno에 FTP 응용프로그램을 사용하여 MN으로 패킷을 전송하였다. 이때 MN에서 수신하는 패킷의 순서 번호(sequence number)와 전체 네트워크의 처리율을 분석하였다. 분석한 결과 TCP Tahoe와 TCP Reno를 사용한 결과의 차이가 거의 없음을 확인하여 본 논문에서는 TCP Tahoe를 사용한 경우의 결과만을 제시한다.

그림 5는 시뮬레이션 시간 동안 MN이 수신하는 패킷의 순서 번호를 나타내고 있다. 그림에서 MN이

하나의 링크에서 다른 링크로 이동했을 때 Tahoe에서는 느린 출발(slow start), 혼잡 회피(congestion avoidance), 빠른 재전송(fast retransmit) 메커니즘을 사용하여 전송 비율을 줄이고, 손실된 패킷에 대하여 재전송을 하게 되는데 이때 전송되는 패킷의 순서 번호는 증가되지 않는다. Mobile IPv6를 사용하는 경우가 이동 노드의 위치를 등록하는 데 가장 긴 시간이 걸리므로, 수신한 순서번호의 증가율이 Mobile IPv6 경우가 가장 느리다. 한편, 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 기반 방식에서의 수신 순서 번호 증가가 가장 빠름을 볼 수 있다. 동일한 기간 동안 본 논문에서 제안한 방안은 Mobile IPv6보다 37%, HMIPv6 보다는 5.4% 각각 많은 패킷 전달이 가능하였다.

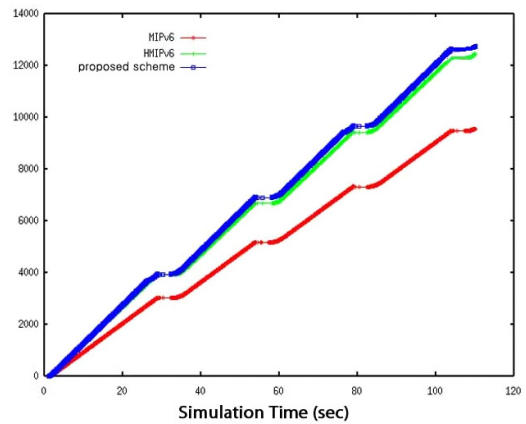


그림 5. TCP 순서 번호 비교

그림 6은 시뮬레이션 시간 동안 이동 노드의 이동 속도에 따른 TCP 연결에 대한 처리율을 나타내고 있다. 그림에서 처리율이 급감하는 부분은 MN의 핸드오프 시 패킷을 받지 못하는 시간을 나타낸다. 처리율이 급감하는 부분의 폭은 TCP 연결의 전송율이 패킷 손실로 인하여 backoff가 적용되어 감소한 부분으로, 그 폭이 넓을수록 TCP 전송율이 회복되지 못한 기간이 긴 것을 나타낸다. 그림을 보면 그 폭이 MIPv6, HMIPv6, 본 논문에서 제안한 방안 순으로 작게 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방안이 다른 방안보다 TCP 전송율을 빠르게 증가시킴을 알 수 있다. 평균적으로 본 논문에서 제안한 방안이 Mobile IPv6 보다 34% 높은 TCP 처리율을 보였고, HMIPv6 보다는 9% 높은 TCP 처리율을 보였다.

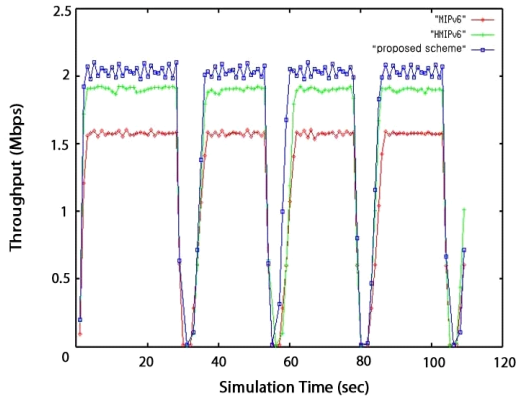


그림 6. TCP 처리율 비교

### 4.3 낭비 대역폭 비교

다음은 이동 노드가 다른 서브넷으로 이동한 후 이전 서브넷으로 전달되는 패킷의 수를 측정하여 핸드오프에 따른 대역폭 낭비를 분석해 보았다. 만일 이동성 지원을 위하여 멀티캐스트를 사용한다면 낭비 대역폭은 탈퇴 지연과 매우 밀접하게 연관된다. 그림 7에 제시된 결과는 UDP 트래픽을 여러 전송율을 사용하여 발생시킨 경우에 대하여 Mobile IPv6, HMIPv6, 제안한 방안에 대한 낭비 대역폭이다. 결국 낭비 대역폭은 이동 노드의 이동 상황을 이동 노드로의 데이터가 전달되는 과정에서 얼마나 빨리 라우팅을 결정하는 라우터나 전송 주체에게 전달되느냐에 따라 달라진다. 본 논문에서 제안한 방안에서는 소프트 핸드오프를 가정하였고, 무선 액세스 네트워크에서의 지연이 이동 노드를 목적지로 하는 데이터 패킷의 전송 주기보다 상대적으로 적기 때문에 대역폭 낭비가 없는 결과를 보인다. 이에 비해 Mobile IPv6의 경우에는 홈 에이전트까지 등록정보가 전달되는 지연이 가장 길기 때문에 대역폭 낭비가 다른 방식보다는 많다. Mobile IPv6의 경우 이전 AR로의 바인딩 갱신은 보안문제로 고려하지 않았다. 한편 HMIPv6인 경우 MAP을 게이트웨이로 설정하였으므로 MAP으로의 위치 등록이 전달되는 지연 시간에 도달하는 데이터 패킷들이 대역폭 낭비를 유발하게 된다. 그러나 본 논문에서 제안하는 방안에서는 이동 노드가 이전 AR에게 Done 메시지를 보내면 곧바로 AR에서 해당 멀티캐스트 주소로 오는 데이터를 차단할 수 있기 때문에 불필요한 데이터가 무선구간에서 전달되지 않는다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방안이 무선 링크의 대역폭 낭비를 효율적으로 줄일 수 있다.

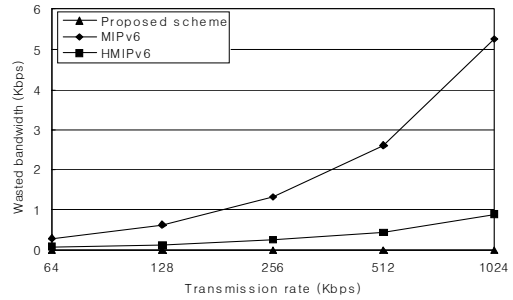


그림 7. 전송율에 따른 낭비대역폭

## V. 결론

본 논문에서 우리는 IPv6 기반 네트워크에서 멀티캐스트를 이용하여 해당 멀티캐스트 그룹에 가입함으로써 이동성을 지원하는 방안을 제안하고, 멀티캐스트를 도입한 경우에 발생하는 대역폭 낭비를 최소화하기 위한 단일 청취자 관리 방안을 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜에 추가하는 것을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 방안의 성능을 모의실험을 통하여 UDP와 TCP 성능, 대역폭 낭비에 대하여 분석하였다. 모의실험을 통하여 성능을 Mobile IPv6와 HMIPv6와 비교한 결과 UDP에서의 패킷 손실을 줄여줌을 볼 수 있었고, TCP에서는 패킷 손실에 따른 재전송으로 인하여 불필요하게 발생 되는 패킷을 줄여줌으로써 향상된 처리율을 기록하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 이용 방안은 Mobile IPv6와 HMIPv6 보다 효율적인 이동성을 제공한다는 확인할 수 있었다.

또한 단일 청취자 개념을 멀티캐스트 그룹 관리 방안에 도입하여 이동 노드와 액세스 라우터 간의 귀중한 자원인 무선 대역폭의 낭비를 획기적으로 감소시킬 수 있었다. 특히 단일 청취자 개념은 기존의 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜과 완벽하게 호환이 되어 이동 노드나 액세스 라우터 중 단일 청취자 관리 기능을 구비하지 않은 경우에도 동작이 가능하다.

## 참고 문헌

- [1] G. Patel and S. Denett, "The 3GPP and 3GPP2 Mobements Toward an All-IP Mobile Network," *IEEE Personal Communications*, pp. 62-64, Aug. 2000.

[2] D. B. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775*, Jun. 2004.

[3] J. P. Mysore and V. Bharghavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," *Proceedings of ACM Mobicom*, 1997.

[4] C. Castelluccia, "A Hierarchical Mobility Management Scheme for IPv6," *Proceedings of ISCC '98*, pp. 305-309, 1998.

[5] A. Mihailovic, M. Shabeer and A. H. Aghvami, "Multicast For Mobility Protocol (MMP) For Emerging Internet Networks," *Proceedings of PIMRC 2000*, Vol. 1, pp. 327-333, 2000.

[6] A. Stephane, A. Mihailovic, and A. H. Aghvami, "Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks," *IEEE Communication magazine*, Vol.38, No. 11, pp. 112-115, Nov. 2000.

[7] A. Helmy, M. Jaseemuddin, and G. Bhaskara, "Multicast-Based Mobility: A Novel Architecture for Efficient Mobility," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 22, No. 4, pp. 677-690, May 2004.

[8] Jung-Jun Han and Miae Woo, "A Multicast-Based Micro Mobility Scheme in IPv6 Network," *Proceedings of ICWN'03*, pp. 175-181, June 2003.

[9] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 Mobility Management (HMIPv6)," *Internet draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt*, Jun. 2003.

[10] S. Deering, W. Fenner, and H. Haberman, "Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6," *RFC 2710*, Oct. 1999.

[11] R. Hinden and S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture," *Internet draft, draft-ietf-ipngwg-addr-arch-v3-11.txt*, Oct. 2002.

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

우 미 애 (Mi ae Woo)

정회원



1985년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업  
1991년 12월 미국 Purdue University 전기컴퓨터공학과 석사  
1995년 12월 미국 Purdue University 전기컴퓨터공학과 박사  
1985년-1989년 DACOM 연구원

1996년~1998년 삼성전자(주) 수석연구원  
1998년~현재 세종대학교 정보통신공학과 부교수  
<관심분야> 네트워크 구조 및 프로토콜, 이동 네트워크

전 흥 선 (Hong sun Jun)

정회원



2002년 2월 세종대학교 정보통신 공학과 졸업  
2004년 2월 세종대학교 정보통신 공학과 석사  
2004년 3월~현재 (주) 바콤  
<관심분야> IPv6, SDR

박 호 현 (Ho hyun Park)

학생회원



1998년 3월~현재 세종대학교 정보통신공학과 학사과정  
<관심분야> ad-hoc network, p2p network