

대규모 마이크로 모빌리티 환경에서의 멀티캐스트 프로토콜의 구현과 평가

강 호 석[†] · 심 영 철^{††}

요 약

모바일 노드의 움직임으로 인한 컨트롤 메시지의 오버헤드를 감소시키기 위해 마이크로 모빌리티 프로토콜이 만들어졌다. 모바일 장비의 보급으로 모바일 노드를 이용한 서비스는 계속 증가하고 있으며 인터넷에서 멀티미디어 서비스를 하기 위하여 멀티캐스트 서비스가 많이 사용된다. 이 논문에서는 마이크로 모빌리티 환경에 적절한 새로운 멀티캐스트 프로토콜을 제안하였다. 이 프로토콜은 모바일 노드가 움직여 잦은 핸드오프가 발생하는 경우에도 최적의 라우팅 경로를 유지하면서도 지속적인 멀티캐스트 서비스를 할 수 있도록 설계하였다. 이 프로토콜의 성능을 측정하기 위하여 시뮬레이션을 이용하여, 기존의 모바일 IP 멀티캐스트 방법인, Remote subscription, Bi-directional tunneling, 그리고 MMA와 비교 실험하였고, 전송 성공율, 네트워크에 미치는 부하 등 여러 가지 면에서 가장 좋은 결과를 얻었다.

키워드 : 모바일 IP, 멀티캐스트, 핸드오프

Design and Evaluation of a New Multicast Protocol in Large Micro-Mobility Environments

Ho-Seok Kang[†] · Young-Chul Shim^{††}

ABSTRACT

Micro-mobility protocols have been developed to reduce the control message overhead due to movements of mobile nodes. With the spread of mobile devices, services using mobile nodes are increasing and multicast services are becoming more important in providing multimedia services. In this paper we propose a new multicast protocol suitable for micro-mobility environments. The proposed protocol is designed to maintain optimal multicast routing paths and continue to provide multicast services without disruption in spite of frequent handoffs due to movements of mobile nodes. We used simulation to evaluate the proposed protocol, compared its performance with existing multicast protocols for mobile environments including bi-directional tunneling, remote subscription, and MMA, and observed that the proposed protocol exhibited better performance in terms of transmission success ratio and overhead on the network.

Key Words : Multicast, Micro-Mobility, Handoff, Mobile IP

1. 서 론

최근 통신 네트워크와 모바일 장비가 발전하면서, 무선과 모바일 네트워크의 성장이 급속하게 이루어졌다. 모바일 IP(Mobile IP)는 현재 IP 네트워크에서 매크로 모빌리티(Macro-Mobility)를 지원하는 표준으로 사용자들에게 자신의 홈 네트워크(HN: Home Network)의 홈 에이전트(HA: Home Agent)에서 외부 네트워크(FN: Foreign Network)의 외부 에이전트(FA: Foreign Agent)로 연결해주는 기능을 지원하고 있다. 모바일 노드(MN: Mobile Node)의 움직임이 많아지게 되면,

홈 네트워크로 자신의 위치를 등록하는 과정이 많아지게 된다. 이러한 모바일 IP의 특성 때문에 모바일 노드의 이동이 많아지게 되면 네트워크에 과중한 부하(overload)를 주게 된다. 이러한 이동성 관리(Mobility management)로 인한 부하를 줄이기 위해서, 마이크로 모빌리티(Micro-mobility) 프로토콜들이 제안되었다. 대표적인 마이크로 모빌리티 프로토콜로는 HAWAII[1], Cellular IP[2], TeleMip[3] 등이 있다. 이러한 마이크로 모빌리티 프로토콜은 등록 오버헤드를 감소시키기 위해 도메인을 만들고 도메인 내에서의 핸드오프를 외부에 숨기는 방법을 사용한다. 그러나 마이크로 모빌리티의 경우 도메인의 크기가 크다면 라우팅 테이블의 크기가 커지고 라우터의 작업량도 늘어나게 된다. 이를 보완하기 위해, 마이크로 모빌리티와 매크로 모빌리티의 장단점을 절충한 계층적 마이크로 모빌리티가 제안되었다.

* 이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2006-000-10073-0)

† 정 회 원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 박사과정

†† 종 신 회 원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2007년 10월 14일, 심사완료 : 2007년 12월 20일

현재 인터넷에서 UCC와 화상회의, VOD 서비스와 같은 멀티미디어 서비스가 점점 증가하고 있다. 이러한 멀티미디어 서비스를 네트워크 자원낭비 없이 효율적으로 제공하기 위해서 멀티캐스트 서비스가 다시 주목을 받고 있다. 이러한 멀티캐스트 서비스를 모바일 IP 환경에서 구현하기 위해서는 멀티캐스트 서비스를 모바일 노드의 이동성에 대응할 수 있도록 하여야한다. 이러한 모빌리티 환경에서의 멀티캐스트 프로토콜로 IETF에서 두 가지 방식[4][5]이 제안되었고, 이를 개선한 MoM[6], MMA[7] 등이 제안되었다. 그러나 프로토콜들에서는 핸드오프 발생 시 패킷 지연이나 손실이 발생하고 모두 매크로 모빌리티 환경에서만 동작하는 프로토콜들이다.

이 논문에서는 마이크로 모빌리티 환경에서 멀티캐스트 서비스를 이용할 수 있는 프로토콜을 제안하였고, 또 기존의 모바일 멀티캐스트 방법을 보완하여 모바일 노드의 핸드오프 발생시 최적의 경로에서 멀티캐스트 서비스가 이루어질 수 있도록 개선하였다. 이 논문의 구성은 2장에서 관련 연구, 3장에서 멀티캐스트 프로토콜이 적용된 계층적 마이크로 모빌리티 프로토콜을, 4장에서는 제안한 멀티캐스트 프로토콜을 시뮬레이션을 통하여 분석을 하고, 마지막으로 6장에서는 결론을 제시한다.

2. 관련연구

이 장에서는 IETF에서 제안한 두 가지 프로토콜과, MoM (Mobile Multicast), MMA(Multicast by Multicast Agent), 그리고 이외의 몇 가지 모바일 멀티캐스트에 대하여 설명한다.

2.1 IETF 프로토콜

IETF 모바일 IP 워킹 그룹에서 모바일 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위하여 양방향 터널링(Bi-directional tunneling)과 원격 가입(Remote subscription)의 두 방법[4,5]을 제시하였다. IETF에서 제안한 두 방법은 모바일 멀티캐스트 서비스

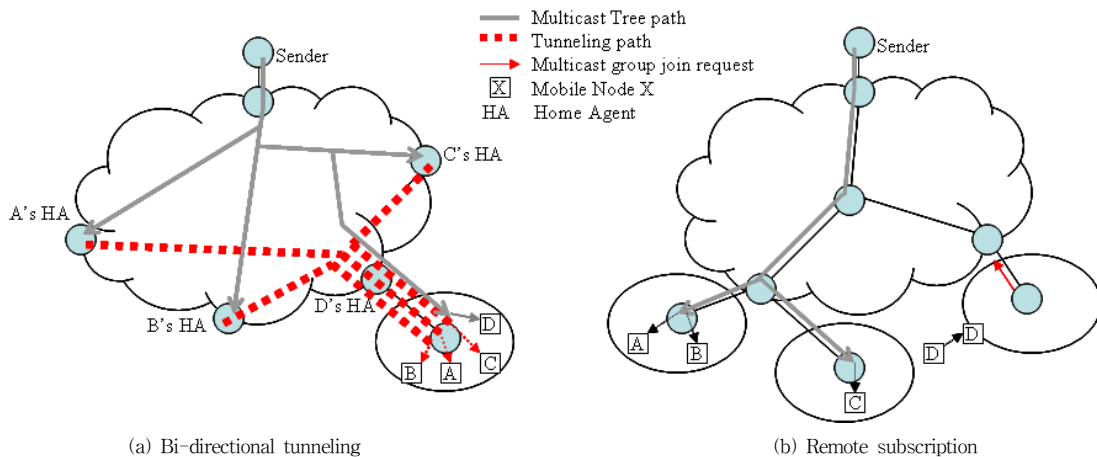
의 두 가지 방향성을 제시하였다. 외부 에이전트 기반의 멀티캐스트 프로토콜(Foreign agent-based multicast protocol)과 홈 에이전트 기반의 멀티캐스트 프로토콜(Home agent-based multicast protocol)이다[7]. 홈 에이전트 기반의 멀티캐스트 프로토콜을 이용한 방법이 양방향 터널링이고, 외부 에이전트 기반의 멀티캐스트 프로토콜을 이용한 방법이 원격 가입 방법으로 이후 MoM RBMoM과 같은 방식으로 발전하였다.

양방향 터널링 방법은 홈 네트워크에 있는 홈 에이전트가 멀티캐스트 서비스의 대리인 역할을 하게 된다. 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 모든 모바일 노드들은 홈 에이전트까지 정상적인 멀티캐스트 트리를 구성하고 홈 에이전트에서 모바일 노드까지는 포워딩을 이용하여 패킷을 전달한다. 이 방법은 (그림 1)의 (a)와 같이 동작한다. 그러나 양방향 터널링 방법은 터널 집중 문제(Tunnel convergence problem)를 일으킨다. 하나의 외부 네트워크에 같은 멀티캐스트 그룹의 여러 모바일 노드가 있을 경우 외부 네트워크에 같은 패킷을 전달하기 위하여 여러 개의 터널이 생성되어 전달된다. 더욱 심할 경우 같은 홈 에이전트를 이용하고 있는 모바일 노드들이 같은 외부 네트워크 영역에 위치할 경우 홈 에이전트부터 외부 네트워크까지의 모든 경로가 중복된다.

(그림 1)의 (b)는 원격 가입 방법을 나타낸 그림이다. 이 방식은 모든 모바일 노드는 해당 셀에 들어가게 되면 홈 에이전트와 상관없이 직접 멀티캐스트 트리를 만드는 방법이다. 양방향 터널링 방법과 달리 터널 중복이 없고, 이상적인 트리가 만들어지게 된다. 그러나 이 방법은 멀티캐스트 트리에 가입하는 시간이 오래 걸린다는 치명적인 단점이 있다. 만약 모바일 노드가 새로운 외부 네트워크로 이동할 경우(이후 핸드오프라 칭함) 이동한 새로운 외부 네트워크가 이미 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있다면 문제없이 멀티캐스트 서비스를 받을 수 있지만, 그렇지 않다면 멀티캐스트 그룹에 가입할 때까지 서비스가 중단되거나 지연된다.

2.2 MoM

MoM은 IETF 방법 중 양방향 터널링 방법의 터널 집중 문제를 해결하기 위해 나온 방법으로 멀티캐스트 패킷을 하



(그림 1) IETF 프로토콜들

나의 대표 홈 에이전트가 전담해서 포워딩하는 방식이다. (그림 2)는 MoM의 동작 방식을 설명한 그림이다. (그림 1)의 (a)의 양방향 터널링과 비교하여 설명하면 양방향 터널링에서 모바일 노드 A, B, C, 그리고 D는 모두 D의 홈 네트워크 영역에 있고, 모두 멀티캐스트 서비스를 받는다고 했을 경우, 모바일 노드 D를 제외한 A, B, C 모두 각각의 홈 에이전트에게서 포워딩을 받게 된다. 하지만 MoM은 A, B, C의 세 모바일 노드의 홈 에이전트 중 하나의 대표 홈 에이전트인 DMSP(Designated Multicast Service Provider)를 통해 포워딩하여 터널 집중 문제를 해결 한 방법이다.

그러나 MoM의 경우에도 여전히 터널 집중 문제가 완벽하게 해결되지 않았다. (그림 2)를 보면 모바일 노드 D는 정상적인 멀티캐스트 트리를 통하여 서비스를 받고 있고, 모바일 노드 A, B, C는 터널링을 통해 데이터를 받고 있으므로, 중복된 경로가 있음을 알 수 있다. 또 모바일 노드가 많아지고 데이터 트래픽이 증가하게 되면 수많은 터널이 네트워크에서 중복되게 된다.

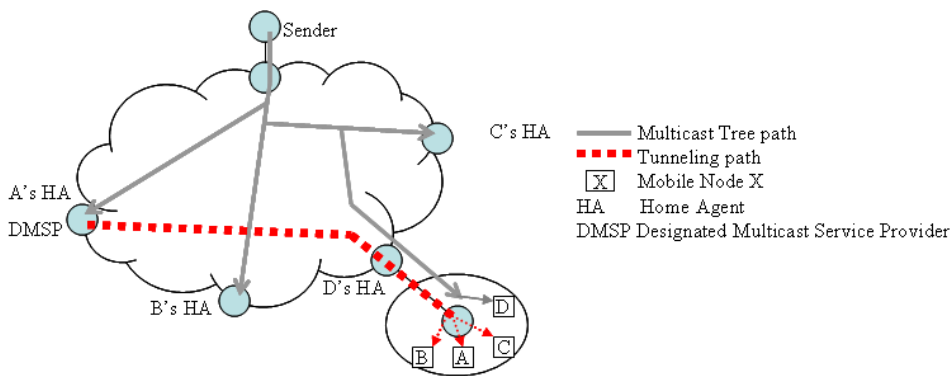
2.3 MMA

MMA는 외부 에이전트 기반의 멀티캐스트 프로토콜의 단점을 극복하기 위하여 패킷 포워딩을 추가한 방법이다. MMA는 멀티캐스트 에이전트가 멀티캐스트 그룹에 가입하고 모

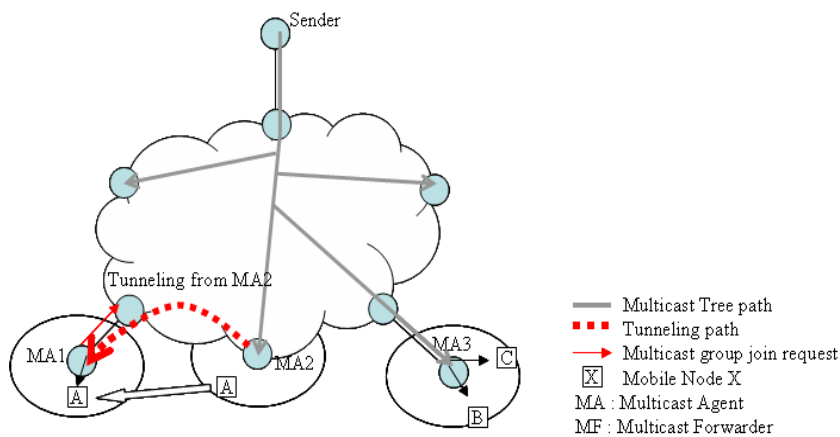
바일 노드에게 멀티캐스트 스트림을 전달하는 방법을 사용한다. 멀티캐스트 에이전트는 기존의 셀에서의 BS(Base Station)라고 볼 수 있다. 즉 하나의 멀티캐스트 에이전트가 커버하는 영역은 하나의 외부 네트워크가 된다. 멀티캐스트 에이전트가 멀티캐스트 그룹에 가입하는 방식은 유선 멀티캐스트 프로토콜과 동일하게 동작한다.

(그림 3)은 MMA의 동작 과정을 설명한 그림이다. 모바일 노드 A는 모바일 에이전트 2(MA2) 영역에서 멀티캐스트 서비스를 받고 있다가 모바일 에이전트 1(MA1) 영역으로 이동하였다. 만약 MA1이 멀티캐스트 서비스에 가입되어 있다면 MA1을 이용하여 서비스를 받으면 되지만, MA1은 멀티캐스트 서비스에 가입되어 있지 않으므로 MA2를 멀티캐스트 포워더(Multicast forwarder)로 설정하고 멀티캐스트 포워더에서 MA1으로 멀티캐스트 패킷을 임시로 전달한다. 이후 필요하다고 판단된 경우 MA1은 코어방향으로 멀티캐스트 가입 메시지를 보내어 멀티캐스트 그룹에 가입되면 멀티캐스트 포워더를 중지하고 정상적인 멀티캐스트 트리를 이용한 서비스를 받게 된다.

IETF의 두 프로토콜과 MoM과 달리 MMA는 이상적인 멀티캐스트 트리와 비슷한 트리 구조를 가지면서도 모바일 노드의 이동시 긴 트리 구성시간을 보완한 포워딩 기법을 이용하여 다른 프로토콜에 비하여 빠르고 정확한 멀티캐스트를 지원



(그림 2) MoM



(그림 3) MMA의 동작

한다. MMA에서는 모바일 노드가 이동하게 되면 멀티캐스트 참여 요구 메시지를 보내고 참여 응답 메시지가 도착하여 트리를 구성하기 전까지 다른 모바일 에이전트가 모바일 포워더가 되어 임시로 포워딩을 해 주어 멀티캐스트 서비스가 오래 동안 중단 되는 것을 막고 있다. 하지만 MMA 방법은 최적의 모바일 포워더를 구하는 알고리즘이 없다. 본 논문에서는 모바일 노드가 이동전에 위치한 모바일 에이전트가 모바일 포워더가 된다고 가정한다. 그러나 만약 전에 있던 모바일 에이전트가 물리적으로 아주 먼 거리에 있다고 한다면, 포워딩 효율이 많이 떨어지게 된다. 또 모바일 노드가 빠른 속도로 움직여서 아직 멀티캐스트 트리에 참여도 하기 전에 이미 또 다른 모바일 에이전트 영역으로 넘어가게 되면 터널링이 이중으로 연결되는 현상이 일어날 수 있다. 본 논문에서 제안하는 멀티캐스트 프로토콜과 MMA와 직접 비교하기에는 환경이 다소 틀리긴 하지만, MMA의 모바일 에이전트를 BS로 생각할수있다. 그러면 모바일 노드의 핸드오프시 MMA는 효율이 떨어질 가능성이 높다. 경우에 따라서는 모바일 노드에 있는 사용자가 오래 동안 멀티캐스트 서비스를 받지 못하는 경우가 생길 수 있다.

2.4 그 외의 모바일 멀티캐스트 기법

본 절에서는 MHA(Multicast Handoff Agent)를 이용한 에이전트 기반의 멀티캐스트 핸드오프 메커니즘[8], 트리 재구성 비용과 터널링 비용의 비교에 따른 멀티캐스트 라우팅 기법[9], 그리고 호스트 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅 기법[10]등 관련된 모바일 멀티캐스트 기법 등에 대하여 알아본다.

에이전트 기반의 멀티캐스트 기법은 초기 모바일 멀티캐스트 기술로 홈 에이전트 중심의 멀티캐스트 기법을 응용하였다. 모바일 노드는 홈 에이전트를 통해 외부 에이전트를 경유하며 외부 에이전트에 속한 BS를 이용하여 서비스를 받는다. 외부 에이전트는 여러 개의 BS들을 가지고 있다. 동작방식은 BS간의 핸드오프가 발생한 경우 IGMP 제어 트래픽을 이용하여 빠르게 이웃한 BS로 이동할 수 있게 하는 방법이다. 그러나 이 방법은 외부 에이전트간의 핸드오프에 대한 정의가 없고, 외부 에이전트의 인터페이스를 이용하여 핸드오프를 처리하기 때문에 외부 에이전트 하위에 복잡한 네트워크가 존재할 경우 실효성이 없다.

트리 재구성과 터널링 비용을 이용한 기법과 호스트 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스트 기법은 핸드오프가 일어날 경우 새로 멀티캐스트 그룹에 가입하는 비용과 터널링을 받는 비용을 계산하여 멀티캐스트 방법을 선택하게 된다. 이 두 방법은 모바일 노드가 외부 에이전트에 진입하여 외부 에이전트가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않으면 그리고 이동 속도가 저속일 경우 멀티캐스트 가입 절차를 통해 트리를 재구성하고, 고속일 경우 다른 외부 에이전트와 같 확률이 높으므로 터널링을 이용하여 서비스를 받는다. 터널링은 기본적으로 대표 홈 에이전트에서 터널링을 받는 RBMoM방법을 이용한다. 그러나 이 방법들은 터널링을 이용하여 멀티캐스트 서비스를 하는 경우 홈 에이전트에서 터

널링을 하기 때문에 경로가 길어지고, 모바일 노드의 속도로 터널링과 트리 재구성을 판별해야 하므로 부정확할 가능성이 높다.

3. 계층적 마이크로 모빌리티 환경

이 장에서는 제안된 마이크로 모빌리티 멀티캐스트 서비스 프로토콜이 동작하는 네트워크 토폴로지에 대하여 설명한다. 기존의 전통적인 마이크로 모빌리티 환경에서는 유니캐스트 서비스를 할 경우 몇 가지 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 개선한 계층적 마이크로 모빌리티 환경에 대하여 설명한다.

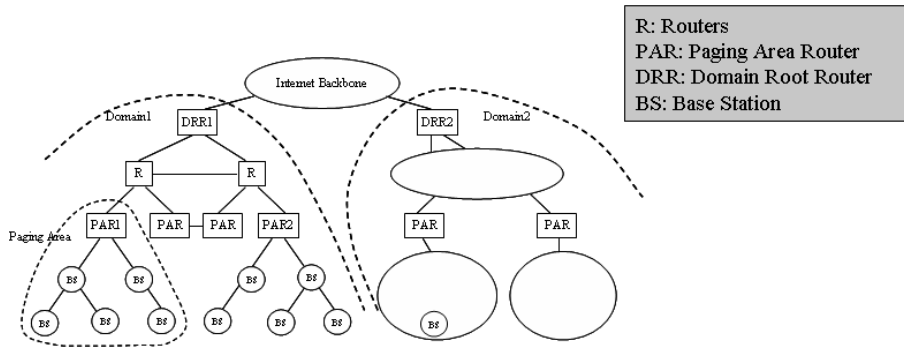
Cellular IP와 HAWAII의 경우 각 도메인마다 DRR(Domain Root Router)를 두고 도메인 내에 있는 모든 모바일 노드는 모두 DRR에 연결되어 있는 것처럼 보이게 한다. DRR의 하부 구조는 호스트 지정 라우팅(Host-specific routing)방식을 사용하여 각각의 모바일 노드에게 패킷을 전달하여 도메인 내에서의 움직임을 외부에 감춘다. 그러나 도메인의 크기가 커지게 되면 라우팅 테이블의 크기도 같이 증가하게 된다. 이를 해결하기 위하여 TeleMIP이 제안되었으나 같은 도메인 내에 있는 두 모바일 노드가 패킷을 교환하려 할 때 비효율성 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 한 도메인의 크기를 줄여야 하는데, 이것은 결국 마이크로 모빌리티 환경에서 다시 매크로 모바일 IP로 되돌아가는 것을 의미한다.

이러한 마이크로 모빌리티 환경에서 큰 도메인을 만들기 위해 계층적 마이크로 모빌리티 환경[11]을 사용하였다. 이 구조는 (그림 4)와 같이 하나의 큰 도메인이 여러 개의 페이징 영역(Paging area)으로 나누어 구성되며 각 페이징 영역에 BS들이 위치하게 된다. 각 페이징 영역은 상위 네트워크와 BS들로 구성된 하위 네트워크를 연결하기 위한 페이징 영역 라우터(PAR: Paging Area Router)와 트리 구조로 이루어진 BS들로 구성되어 있다.

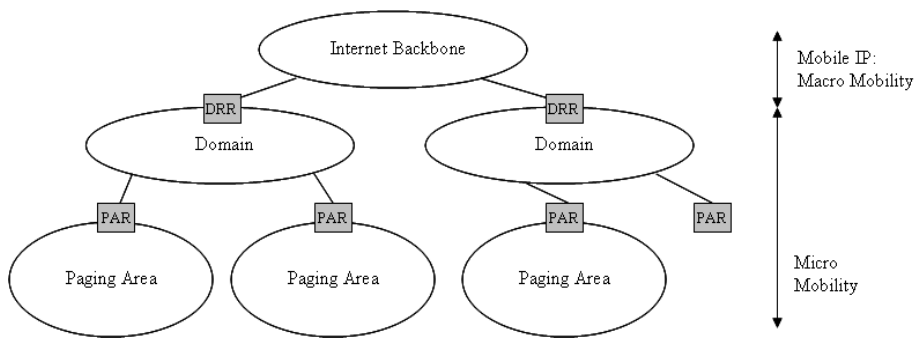
여기서 DRR과 PAR(Paging Area Router), 그리고 라우터(R)로 이루어진 상위 네트워크는 네트워크 지정 라우팅(Network-specific routing) 알고리즘 방식으로 동작하고, PAR과 BS들로 이루어진 하위 네트워크는 호스트 지정 라우팅 방식을 사용하여 동작하게 된다. 그리고 PAR 하위 BS들은 트리 구조로 이루어져있고, PAR 상위의 라우터들은 메쉬 구조의 네트워크로 구성되어 있다. (그림 5)는 계층적 구조가 매크로 모빌리티와 마이크로 모빌리티의 환경을 모두 가지고 있음을 보여주는 그림이다.

먼저 DRR과 PAR로 이루어진 계층적 모빌리티 환경을 이용한 유니캐스트 라우팅 프로코토콜에 대하여 설명한다.

모바일 노드는 외부 도메인으로 이동했을 때 GCoA(Global Care-of Address)와 LCoA(Local Care-of Address) 두 개의 CoA를 할당 받는다. GCoA는 현재 모바일 노드가 속해있는 도메인의 DRR의 주소이고 모바일 IP 등록 과정을 통하여 모바일 노드의 홈 에이전트에 등록된다. LCoA는 모바일 노



(그림 4) 계층적 마이크로 모빌리티 환경



(그림 5) 매크로 모빌리티와 마이크로 모빌리티 환경

드가 위치한 페이징 영역에 있는 PAR로부터 할당받게 된다. 각 페이징 영역은 하나의 서브넷을 형성하여 PAR을 포함한 하위 네트워크에 있는 모든 BS들은 같은 네트워크 프리픽스(Prefix)를 갖는다. 모바일 노드는 DRR에게 LCoA를 알려줘야 하며, 만약 다른 페이징 영역으로 이동하게 되면 새로운 LCoA를 발급받아 DRR에 등록하게 된다. PAR은 자신의 페이징 영역에 속해있는 모든 모바일 노드들의 LCoA를 알고 있고, 모바일 노드의 홈 에이전트 주소와 LCoA의 튜플(Tuple)을 자신의 페이징 테이블에 저장하고 있다. DRR은 자신의 도메인 내에 있는 모든 모바일 노드의 LCoA를 알고 PAR과 같이 모바일 노드의 홈 에이전트 주소와 LCoA의 튜플 정보를 페이징 테이블에 저장하고 있다.

패킷의 전달은 같은 페이징 영역 내에서, 같은 도메인의 다른 페이징 영역에서, 다른 도메인의 노드간의 통신의 세 가지가 있다. 만약 같은 페이징 영역 내에서의 패킷 전달의 경우, MN1이 MN2에게 패킷을 전달한다면 MN1은 자신의 PAR을 통하여 MN2에게 패킷을 전달한 후 바인딩 업데이트 메시지를 받은 MN1은 같은 페이징 영역에 MN2가 있음을 알게 되고 이후부터는 직접 패킷을 전달한다. 같은 도메인이지만 다른 페이징 영역에서의 패킷 전달은 MN1이 MN2에게 MN1의 PAR1과 DRR을 통하여 MN2가 PAR2에 있음을 알게 되고 목적지 주소를 바꿔서 PAR2에 있는 MN2로 패킷을 보내고 위와 마찬가지로 MN1에게 바인딩 업데이트를 보내면 DRR을 거치지 않고 직접 MN1 → PAR1 → PAR2 → MN2로 전달된다. 마지막으로 다른 도메인에 있는 두 모바일 노드 MN1과 MN2의 경우 MN1의 DRR인

DRR1은 MN2의 홈 에이전트로 전달된 후 홈 에이전트에서 MN2가 있는 DRR2를 통해 MN2로 패킷을 보내게 된다. 역시 바인딩 업데이트 후 홈 에이전트를 거치지 않고 직접 전송된다.

이렇게 계층적으로 도메인내에 여러 페이징 영역들을 나누어 기존의 마이크로 모빌리티의 장점인 홈 에이전트에 과도한 등록을 줄이면서, 동시에 마이크로 모빌리티의 단점인 대규모 네트워크상에서의 DRR로 집중되는 부하를 각 PAR로 분산시킬 수 있다.

4. 마이크로 모빌리티 환경에서의 멀티캐스트 프로토콜

이 장에서는 마이크로 모빌리티 환경에서의 새로운 멀티캐스트 프로토콜에 대하여 설명한다. 여기서 기술되는 프로토콜은 앞의 3장에서 설명된 계층적 마이크로 모빌리티 환경에서 멀티캐스트 프로토콜이 동작되는 방식을 설명한다.

멀티캐스트 트리의 구성은 코어(Core)를 중심으로 구성되는 코어 기반(Core-based) 멀티캐스트 트리 프로토콜을 사용한다.

4.1 그룹 생성

최초로 멀티캐스트 서비스 그룹을 만들게 되는 GI(Group Initiator)가 코어를 결정한다. 코어는 가입된 DRR들 중 지리적으로 중앙에 있는 DRR을 선택하거나, 모든 DRR 중 지리적으로 중앙에 있는 DRR로 결정된다.

4.2 그룹 참여

모바일 노드가 멀티캐스트 그룹에 참여를 원하는 경우, 모바일 노드가 속한 BS가 참여요청 메시지를 코어에게 보낸다. 참여요청 메시지는 코어에게 보내지만 중간에 멀티캐스트 트리 노드에 도착하게 되면 참여요청 메시지를 코어 대신 처리하게 된다. 요청 메시지를 받은 노드(혹은 코어)는 참여를 원하는 BS까지 트리를 만든다. 이러한 동작은 (그림 6)의 그림으로 설명될 수 있다.

4.3 그룹 탈퇴

모바일 노드가 그룹을 떠나는 경우에는 두 가지 상황이 발생할 수 있다. 우선 BS에 지금 탈퇴하려는 모바일 노드를 제외하고 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 다른 모바일 노드가 있는지를 검사한다. 만약 그룹에 이미 가입되어 있는 다른 모바일 노드가 없을 경우 일정 시간 후 그룹 탈퇴 메시지를 코어 방향으로 보낸다. 만약 BS에 멀티캐스트 서비스를 받는 다른 모바일 노드가 남아 있을 경우 BS는 탈퇴 메시지를 보내지 않고 멀티캐스트 서비스를 계속 하게 된다.

4.4 핸드오프 알고리즘

계층적 마이크로 모빌리티 환경에서의 핸드오프의 상황은 (그림 7)와 같이 총 3가지가 있다. 페이지 영역 내에서의 핸드오프(ho1), 페이지 영역 간의 핸드오프(ho2), 그리고 도메인 간의 핸드오프(ho3)이다.

드오프(ho1), 페이지 영역 간의 핸드오프(ho2), 그리고 도메인 간의 핸드오프(ho3)이다.

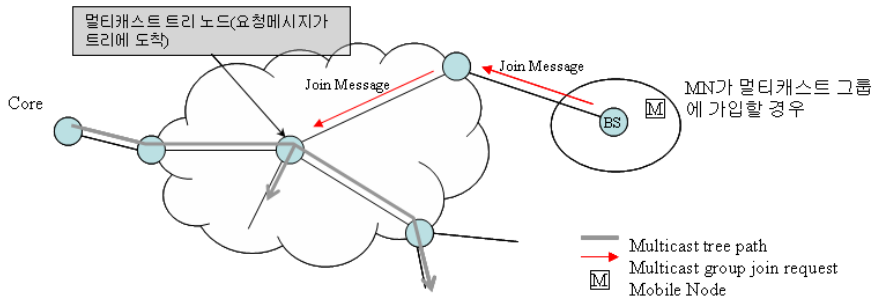
모바일 노드는 한 셀에서 다른 셀 영역으로 들어가면 새로운 셀의 BS인 New BS에게 예전 Old BS의 정보를 넘겨주게 된다. 그 정보는 다음과 같다.

[Old BS의 주소][Old BS가 속한 PAR의 주소][Old BS가 속한 DRR의 주소]

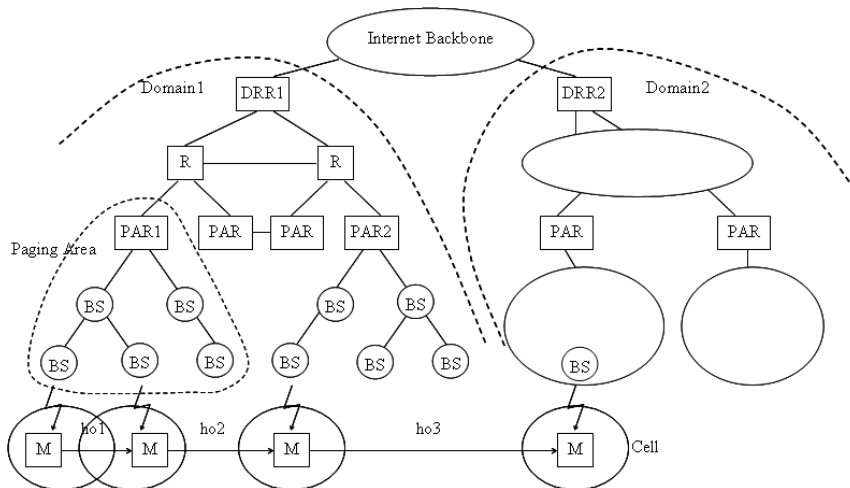
해당 정보를 받은 New BS는 핸드오프의 종류를 판단하는 기준이 된다. Old BS의 정보와 New BS의 정보 중 PAR과 DRR의 주소가 서로 일치할 경우 페이징 영역 내의 핸드오프(ho1)가 된다. ho1의 조건에 맞지 않는다면 Old BS가 속한 Old PAR의 주소와 현재 New BS가 속한 New PAR의 주소가 동일한지를 검사 하고, Old DRR의 주소와 New DRR의 주소를 비교하여 페이징 영역간의 핸드오프(ho2)와 도메인간의 핸드오프(ho3)를 구별한다. 이를 알고리즘으로 표현하면 다음과 같다

```

if((Address of old DRR == Address of new DRR)&&(Address of old PAR==Address of new PAR))
    Intra-paging area handoff(ho1);
else if(Address of old DRR == Address of new DRR)
    Inter-paging area handoff(ho2);
else
    Inter-domain handoff(ho3);
    
```



(그림 6) 멀티캐스트 그룹 참여



(그림 7) 계층적 마이크로 모빌리티 환경에서의 핸드오프

4.4.1 페이징 영역 내에서의 핸드오프(Intra paging area handoff)

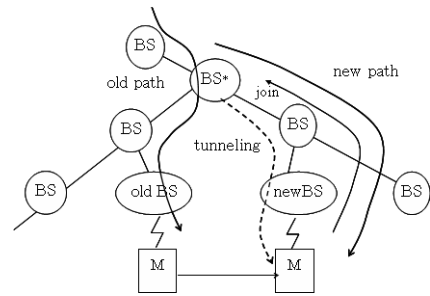
2장에서 설명한 MMA 방법의 단점들을 해결하기 위하여 New BS가 멀티캐스트 그룹에 가입하는 동안, 터널링을 해주는 포워더의 위치를 더욱 더 효율적인 장소로 결정하는 것이 중요하다. 본 논문에서 제안한 방법은 터널링 포워더를 모바일 노드가 예전에 있던 Old BS와 새로 진입한 BS인 New BS의 중간 노드(Crossover BS)로 선정한다. 이 알고리즘은 PAR의 하위 네트워크가 트리 구조로 이루어져 있고, 모든 BS는 고정되어 주변의 BS의 위치를 이미 알고 있다고 가정하고 있다. 즉 모바일 노드가 Old BS에서 New BS로 이동해서 넘어온 경우 모바일 노드는 Old BS의 주소를 New BS에게 넘겨주게 되고, New BS는 이 주소를 이용하여 Old BS와 New BS의 중간 노드에 포워딩을 요구하게 된다.

본 알고리즘에서는 (그림 8)과 같이 New BS는 멀티캐스트 그룹의 코어 방향으로 참여메시지를 보내는 동시에 Old BS와 New BS의 중간 노드 BS*에게 포워딩을 요구한다. 중간 노드인 BS*가 포워더로서 멀티캐스트 패킷을 New BS를 통해 모바일 노드로 전달하게 된다. 코어 방향으로 보낸 멀티캐스트 그룹 가입 요청 메시지에 대한 응답으로 승인 메시지가 오게 되면, BS*에게 포워딩 중지 메시지를 보내게 되고, 멀티캐스트 서비스는 정상적인 멀티캐스트 트리를 이용하여 제공받게 된다.

핸드오프 알고리즘은 다음과 같다.

```

M notifies new BS of its arrival;
if (M is the first group member in new BS) {
    New BS requests crossover BS of old and new BSs to tunnel multicast packets so that it can relay them to M;
    New BS connects to multicast tree by sending join request;
    After receiving join ack, new BS asks crossover BS to stop tunneling;
    /* Now multicast packets arrive through the new path */
} else {
    /* New BS is already connected to the tree. So nothing to do */
}
    
```



(그림 8) 페이징 영역 내에서의 핸드오프

4.4.2 페이징 영역간의 핸드오프(Inter-paging area handoff)와 도메인간의 핸드오프(Inter-domain handoff)

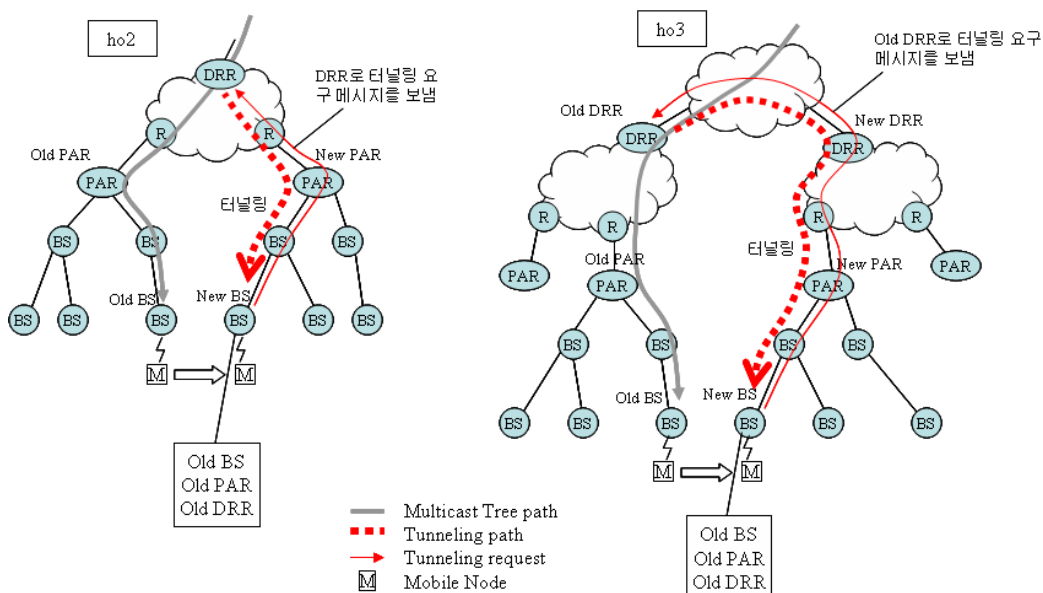
모바일 노드가 새로운 BS에 진입하며 전달하는 Old BS의 정보를 이용하여 ho2와 ho3의 핸드오프 종류를 결정하고, 페이징 영역간의 핸드오프와 도메인간의 핸드오프일 경우 모두 Old DRR이 포워더 역할을 하게 된다.

(그림 9)는 페이징 영역간의 핸드오프(ho2)와 도메인 영역간의 핸드오프(ho3)를 설명하는 그림이다.

기존의 페이징 영역 내에서의 핸드오프 알고리즘에 페이징 영역간의 핸드오프와 도메인간의 핸드오프를 추가한 핸드오프 알고리즘은 다음과 같다.

```

M notifies new BS of its arrival;
if (M is the first group member in new BS) {
    if (Old PAR != New PAR or Old DRR != New DRR)
        New BS requests Old DRR to tunnel multicast packets so that it can relay them to M;
    else
        New BS requests crossover BS of old and new BSs to tunnel multicast packets so that it can relay them to M;
    New BS connects to multicast tree by sending join request;
    After receiving join ack, new BS asks crossover BS to stop tunneling;
    /* Now multicast packets arrive through the new path */
} else {
    /* New BS is already connected to the tree. So nothing to do */
}
    
```



(a) 페이징 영역간의 핸드오프

(b) 도메인간의 핸드오프

(그림 9) 핸드오프 알고리즘

Old DRR을 중계 노드로 선택하는 이유는 프로토콜을 간략화하여 최대한 빠른 시간 안에 터널링을 하기 위해서이다. 만약 Old DRR이 아닌 다른 중간 노드를 선택한다면 New DRR, New PAR, Old PAR 등등 여러 대체 후보 노드들이 있을 수 있다. 이러한 노드들이 선택된다면, 계층적 마이크로 모빌리티 구성상 Old DRR보다 더 가까운 중계 노드로 선택될 수 있다. 하지만, Old PAR을 제외하고 New DRR과 New PAR을 중계 노드로 선택할 수 있으려면 이 노드들이 멀티캐스트 그룹에 가입하고 있는지를 검사해야 한다. 즉, 터널링 요청을 두 단계에 걸쳐서 나눠서 해야 하므로 Old DRR로 선택하는 것보다 늦어질 가능성이 높다. 또 Old PAR로 선택하는 경우에는 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫 번째로 ho2의 경우 네트워크 구조상황에 따라서 Old PAR이 더 좋은 선택일 수도 있고 Old DRR이 더 좋은 선택일 수도 있다. 그러나 ho3일 경우 반드시 Old DRR이 새로운 도메인에 더 가깝기 때문에 Old PAR보다 더 좋은 선택이 된다.

5. 성능 평가

성능평가를 하기 위해서 ns2 시뮬레이터를 수정하여 제안된 멀티캐스트 알고리즘과 IETF의 두 가지 방법인 원격 가입, 양방향 터널링과, MMA에 대하여 비교 실험하였다. MoM은 양방향 터널링의 터널 중복 문제만을 해결하기 위한 방법이므로 터널 중복이 심한 상황이 발생하지 않는다면 양방향 터널링과 유사한 성능을 가지고 MMA보다는 성능이 나쁘다는 것[7]이 알려져 있으므로 실험대상에서 제외하였다.

5.1 실험 환경

실험을 하기 위한 모바일 네트워크는 (그림 10)과 같이 구성 하였다.

(그림 10) (a)는 구성된 네트워크의 논리적인 구성이고 (b)는 물리적인 구성을 나타낸다. 페이지 영역 1에 22개의 BS를 연결하였고, 페이지 영역 2에 3개의 BS를 유선으로 연결

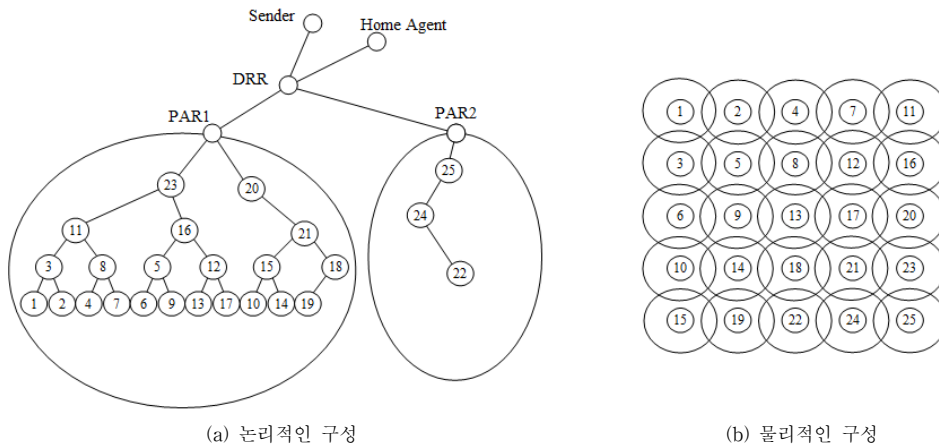
하였다. PAR, DRR, 송신자, 홈 에이전트는 그림과 같이 구성하였다. 유선 네트워크의 대역폭은 10Mbps이고 무선은 1Mbps로 설정 하였다. 실험은 무선으로 연결된 노드를 1개 부터 30개까지 증가시키고, 이동 속도를 1m/s에서 20m/s까지 증가시키면서 실험하였다. 실험에는 1개의 멀티캐스트 그룹만을 이용하였다.

5.2 실험 결과

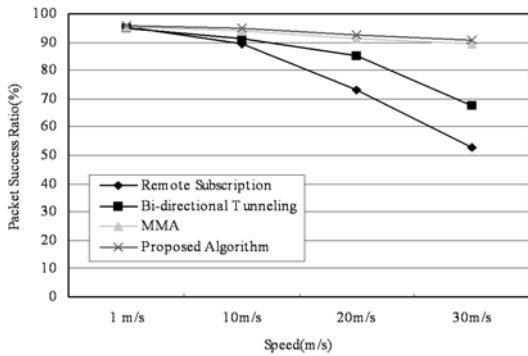
(그림 11)는 모바일 노드의 이동성과 모바일 노드의 개수에 따른 각 프로토콜의 패킷 전달 성공률을 나타낸 그림이다. 패킷 전달의 성공률을 나타내는 지표로는 일정 시간이 지난 후에 도착하는 패킷과 전혀 도착하지 않은 패킷을 제외하고 정상적인 시간 안에 정확히 모바일 노드까지 도착하는 패킷을 백분율을 이용하여 표시하였다.

제한한 프로토콜과 MMA가 이동성과 모바일 노드의 개수에 관계없이 좋은 성능을 나타낸 것을 볼 수 있다. 원격 가입의 경우 모바일 노드가 한 개인 경우에서 가장 나쁜 결과를 보여주지만 노드의 개수가 증가하면서 많은 BS에서 이미 멀티캐스트 그룹에 가입이 되어 있는 상태이므로 모바일 노드가 이동을 하더라도 재가입 절차가 줄어들어 30개의 노드에서는 양방향 터널링 보다 패킷 전달 전송률이 증가하는 것을 볼 수 있다.

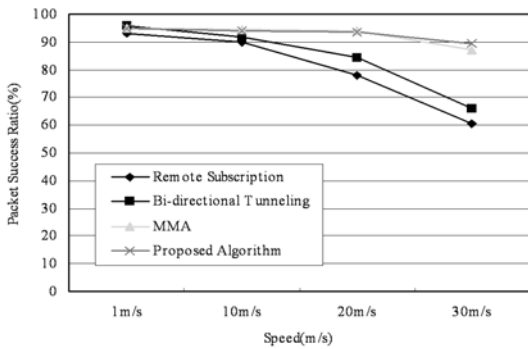
(그림 12)는 네트워크 전체에 미치는 부하를 설명하기 위한 그림이다. 만약 하나의 패킷이 두개의 모바일 노드에게 서비스를 한다고 하면 (그림 12) (a)와 같이 양방향 터널링에서는 총 4라는 값이 나오지만 원격 가입은 3의 값이 나오게 된다. 이렇게 패킷이 노드를 통과하면서 측정되는 총 노드의 수를 네 가지 프로토콜을 이용하여 각각 측정해 (그림 12)의 (b)와 같은 결과를 얻었다. 가장 나쁜 결과를 보인 것은 양방향 터널링이다. 양방향 터널링의 경우 홈 에이전트에서 모든 모바일노드에게 패킷을 전달하므로 중복된 경로를 갖게 되므로 나쁜 결과가 나오게 된다. 원격가입 방법은 이상적인 트리가 항상 이루어지므로 가장 좋은 결과가 나오게 된다. 그러나 트리가 만들어지기까지의 긴 시간동안 많은 패킷이 손실되는 단점이 있다. MMA의 경우 모바일 노



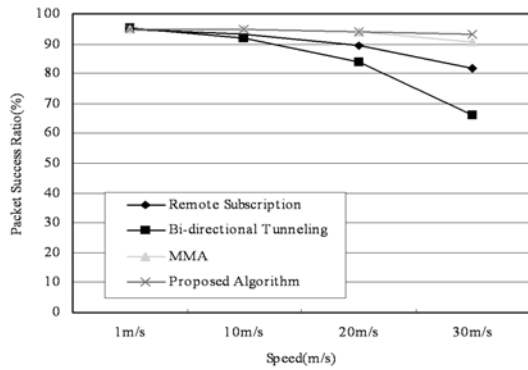
(그림 10) 실험을 위한 네트워크 구성



(a) 1개의 모바일 노드

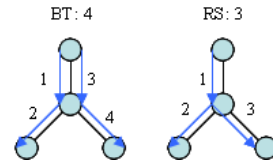


(b) 10개의 모바일 노드

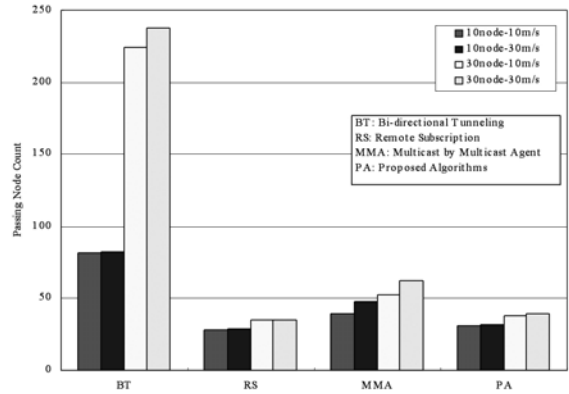


(c) 30개의 모바일 노드

(그림 11) 프로토콜간의 패킷 전달 성공률



(a) IETF 프로토콜 간의 통과 노드 합의 예

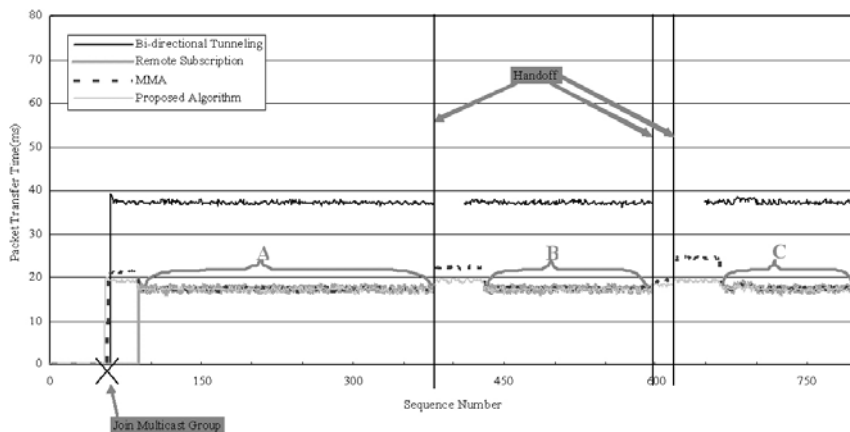


(b) 실험 결과

(그림 12) 패킷의 총 노드 통과 개수

드가 이동하게 되면 패킷을 포워딩하므로 가장 이상적인 원격가입보다는 나쁘지만 양방향 터널링보다 더 좋은 결과를 보인다. 본 논문에서 제안한 방법은 MMA와 같이 모바일 노드가 이동할 때 패킷을 포워딩하지만 포워딩 경로가 최적화되어 있어서 MMA보다 더 좋은 결과를 나타내고 이상적인 원격가입과 근사한 결과를 얻었다.

(그림 13)은 하나의 모바일 노드가 이동할 때, 패킷을 보내는 송신자부터 패킷이 도착하는 모바일 노드까지의 전송시간을 측정할 그래프이다. 패킷 손실은 (그림 11)과 같이 패킷이 손실된 경우와 일정시간 동안 도착하지 않는 패킷은 모두 손실로 기록하였다. 송신자가 보내는 패킷의 SN(Sequence Number) 55번에 모바일 노드가 멀티캐스트 참여 메시지를 보냈고, SN 378번, SN 596번, 그리고 SN 617번에서 각각 핸드오프가 일어났다. (그림 13)의 A, B, C 구간에는 최적의 멀티캐스트 트리를 이용하여 패킷을 전달 받기 때문에 원격가입, MMA, 제안



(그림 13) 패킷 전송 시간 측정

<표 1> 프로토콜간의 패킷 손실과 전송시간 비교

	양방향 터널링	원격가입	MMA	제안한 프로토콜
핸드오프 시 패킷손실	심함	가장 심함	거의 없음	거의 없음
핸드오프 시 전송시간	패킷손실로 측정불가	패킷손실로 측정불가	느려짐(속도차이가 심함)	느려지지만 차이가 적음
핸드오프 완료 후 전송시간	가장 느림	빠름	빠름	빠름

한 프로토콜 모두 같은 전송시간을 보이는 부분이다.

양방향 터널링의 경우 홈 에이전트로부터 패킷을 전달받게 되는데 홈 에이전트부터 모바일 노드까지의 거리가 멀어서 전송시간이 가장 긴 것을 볼 수 있다. 그리고 핸드오프가 일어날 경우 이동한 새 위치를 홈 에이전트에 알려서 전달받기 때문에 이 시간 동안 패킷이 손실될 것을 볼 수 있다. 원격가입 방법은 이동이 없을 경우 빠른 전송시간을 보이지만 처음 멀티캐스트 트리에 가입한 시점과 핸드오프가 일어날 경우 가장 긴 패킷 손실이 발생한다. MMA와 제안한 프로토콜 모두 이동이 없을 경우 원격가입과 같이 빠른 전송시간을 보이고 핸드오프가 발생하거나 멀티캐스트 트리에 가입할 경우 패킷을 다른 가입된 노드에서 전달 받기 때문에 패킷 손실이 적게 발생하게 된다. 단 패킷을 다른 노드에서 전달받기 때문에 전송 시간이 다소 늦어지는 것을 볼 수 있다. MMA의 경우 패킷 전달을 최적의 경로를 통하여 전달받는 것이 아니므로 전송속도가 제안한 프로토콜보다 늦어진다. 또 멀티캐스트 트리에 가입하기 전에 또 다른 BS영역으로 핸드오프가 일어난 경우(SN 617번부터 SN 660번까지) 이중 터널링이 일어나서 전송시간이 더 늦어지는 것을 볼 수 있다.

네 가지 방법에 대한 특징은 다음의 <표 1>과 같이 요약된다.

6. 결 론

모바일 노드의 움직임으로 인한 컨트롤 메시지의 오버헤드를 감소시키기 위해 마이크로 모빌리티 프로토콜이 만들어졌다. 모바일 장비의 보급으로 모바일 노드를 이용한 서비스는 계속 증가하고 있고, 효율적인 서비스 제공을 위하여 멀티캐스트 서비스가 사용된다. 본 논문에서는 멀티캐스트 서비스를 마이크로 모빌리티 환경에 적용시킨 멀티캐스트 프로토콜을 제안하였다. 제안된 멀티캐스트 프로토콜은 코어 중심의 멀티캐스트 트리를 이용하고, 유니캐스트 프로토콜과는 독립적으로 동작한다. 이 프로토콜은 모바일 노드가 움직여 핸드오프가 발생하게 되면 핸드오프 유형에 따라 최적의 포워더를 선택하여 최적의 라우팅 경로를 유지하면서도 지속적인 멀티캐스트 서비스를 할 수 있도록 설계하였다.

제안한 프로토콜의 성능을 측정하기 위하여 시뮬레이터를 이용하여, 기존의 모바일 IP 멀티캐스트 방법인 원격 가입, 양방향 터널링, 그리고 MMA와 비교 실험하였다. 패킷 전송률, 네트워크에 영향을 주는 부하, 패킷 전송 속도 등을 분석한 결과 패킷 전송률, 패킷 전송 속도는 가장 좋은 성능을 보였고, 네트워크 전체에 주는 부하는 가장 좋은 결과를 가진 원격 가입과 유사한 결과를 나타냈다.

참 고 문 헌

- [1] R. Ramjee et al, "HAWAII: A Domain-Based Approach for Supporting Mobility in Wide-Area Wireless Networks," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol.10, No.3, June, 2002.
- [2] A.G. Valki, "Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility," Comp. Commun. Rev., January 1999.
- [3] S. Das et al, "TeleMIP: Telecommunication-Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility," IEEE Personal Communications, August, 2000.
- [4] C. Perkins, "IP Mobility Support," RFC 2002, Mobile IP Networking Group.
- [5] G. Xylomenos and G. Polyzos, "IP Multicast for Mobile Hosts," IEEE Communications Magazine, January 1997.
- [6] T. Harrison, C. Williamson, W. Mackrell and R. Bunt, "Mobile Multicast(MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Host," ACM MOBICOM'97 pp.151-160, 1997.
- [7] Y.-J. Suh, H.-S. Shin, and D.-H. Kwon, "An Efficient Multicast Routing Protocol in Wireless Mobile Networks," Wireless Networks, Vol.7, pp.443-453, 2001.
- [8] 김병순, 한기준, "All-IP 무선망을 위한 에이전트 기반의 멀티캐스트 핸드오프 메커니즘," 한국정보과학회논문지:정보통신, 29권 2호, 2002.
- [9] 김재수, 백덕화, "트리 재구성 비용과 터널링 비용의 비교에 근거한 모바일 멀티캐스트 라우팅 기법," 한국멀티미디어학회 논문지, 5권 5호, 2004.
- [10] 김재수, 백덕화, "호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅 기법," 한국멀티미디어 학회논문지, 8권 2호, 2005.
- [11] Y.-C. Shim, H.-A. Kim, and J.-I. Lee, "Design and Evaluation of a New Micro-mobility Protocol in Large Mobile and Wireless Networks," The Proceedings of ICCSA, LNCS3480, 2005.



강 호 석

e-mail : hskang@cs.hongik.ac.kr
 2000년 홍익대학교 컴퓨터정보통신과 (학사)
 2002년 홍익대학교 전자계산학과 (석사)
 2002년~현재 홍익대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야: 무선 네트워크, 네트워크 보안, 센서네트워크 등



심 영 철

e-mail : shim@cs.hongik.ac.kr
 1979년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업
 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (석사)
 1991년 University of California, Berkeley 전산학 (박사)

1993년~현재 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야: 무선이동네트워크, 보안, 유비쿼터스 컴퓨팅 등