

이동망에서 새로운 Smooth Handoff 기반의 Mobile-IPv6 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

정희원 박병섭*, 임철수**

A New Smooth Handoff-based Mobile-IPv6 Multicast Routing Protocol

Byoung-Seob Park*, Cheol-Su Lim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 최근 이슈가 되고 있는 Mobile-IPv6에서의 새로운 smooth 핸드오프기반의 이동 멀티캐스트 데이터그램 전달 기법을 제안하고 이에 대한 성능을 평가한다. 제안된 알고리즘은 긴 라우팅 경로가 문제였던 Mobile-IPv4에서의 문제를 해결한 Mobile-IPv6를 기초로 하며, Mobile-IPv6 적용시 멀티캐스트 데이터그램 서비스를 운용하는데 요구되는 여러 성능 척도하에서 성능을 평가한다. 새로운 프로토콜의 핵심요소는 멀티캐스트 데이터그램 전달 경로를 줄이기 위해 MDA (Multicast Delivery Agent)를 도입한 것이다. 제안된 프로토콜은 현재까지 제안된 이동망에서의 멀티캐스트 지원 기법들과 비교하여, 짧은 라우팅 경로 및 이동 호스트에 근접한 노드에서 이동 호스트로의 직접 데이터그램 전송을 통하여 성능 향상을 기대할 수 있다. 특히, 터널링 수 및 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 길이가 줄었으며, 또한 멀티캐스트 트래픽 부하도 감소하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new smooth handoff-based Mobile-IPv6 multicast datagram delivery scheme, and evaluate a performance of the proposed protocol. The proposed scheme is based Mobile-IPv6, which solves a long routing path in the Mobile-IPv4. A key feature of the new protocol is the use of MDA(Multicast Delivery Agent) to reduce delivery path length of the multicast datagram. We show that proposed protocol is efficient in terms of various performance measures such as multicast traffic load, multicast related handoff, and average routing length when we implement it using the Mobile-IPv6. The proposed scheme reduces tunneling length and decreases not only the amount of multicast datagram traffic load but also the number of handoff and average routing path.

1. 서론

IETF Mobile-IP 워킹 그룹에서는 IP망에서 이동 호스트 (MH : Mobile Host)에서의 유니캐스트 (unicast) 라우팅을 지원하기 위해 Mobile-IP를 제안하였다^[1-3]. Mobile-IPv4가 제안되어 관련 프로토콜들이 상숙 단계에 있고, 최근에 Mobile-IPv6가 제안되었다^[4]. IETF의 Mobile-IP는 이미 IMT-2000망

에서는 PCF-PDSN 구간의 표준 인터페이스로 정의하고 있으며^[5-6], 라우팅 측면에서만 볼 때, Mobile-IPv6에서는 Mobile-IPv4에서 생기는 삼각 라우팅 (triangle routing)^[4] 문제를 근본적으로 해결하고 있다. 삼각 라우팅 문제는 이동 호스트에게 데이터그램을 전달하는 노드가 이동 호스트 가깝게 있더라도 패킷은 홈 에이전트 (HA : Home

* 우석대학교 컴퓨터교육과(bspark@woosuk.ac.kr),

** 서경대학교 컴퓨터공학과(cslim@seokyeong.ac.kr)

논문번호 : K01116-0416, 접수일자 : 2001년 4월 16일

※ 본 연구는 우석대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구됨

Agent)를 통해 전달되는 것을 말한다. 이 문제를 해결하기 위해 바인딩 캐쉬 (binding cache), 외부 에이전트 (FA : Foreign Agent)간의 Smooth Handoff, 지역등록 (regional registration) 등의 기법들이 제안되었다^[7]. 이러한 기법들은 유니캐스트 데이터그램 전송에 그 초점을 맞추고 있다.

최근 많은 응용들이 호스트에서 멀티캐스트 (multicast) 서비스를 제공하는 것을 요구하고 있고, 이러한 서비스들이 보편적으로 구현되고 있다. 그러나 이러한 알고리즘은 대부분이 고정된 IP망에서의 고정 호스트를 위한 알고리즘으로 이동 호스트를 갖는 이동 환경에서는 적합치 않다^[8]. IETF Mobile-IP 스펙은 이동 호스트로 패킷 라우팅을 위한 방법들을 정의하고 있으며, 현재 IETF에서는 Mobile-IP를 적용한 이동망에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 다음 2가지의 멀티캐스트 지원 옵션을 정의하고 있다^[9]; 원격 신청 (remote subscription)과 양방향 터널링 (bi-directional tunneling). 그리고 위 두가지 기법을 확장시키거나 성능 개선한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 MoM^[10]과 RBMoM^[11] 기법들이 존재한다. 그러나 이 기법들은 모두 Mobile-IPv4를 기반으로 하고 있으며, Mobile-IPv6를 위한 멀티캐스트 알고리즘은 현재 연구 중에 있다.

본 논문에서 제안하는 멀티캐스트 라우팅 기법은 Mobile-IPv4를 수용하면서, 이를 성능 개선한 Mobile-IPv6를 기반으로 하기 때문에, 데이터그램 전달 경로 및 멀티캐스트 트리 재구성 측면에서 매우 우수한 성능 보여준다. 기존에 제안된 MoM 프로토콜은 긴 멀티캐스트 데이터그램 전송 경로에 기인한 성능 저하가 크며, RBMoM 프로토콜도 멀티캐스트 지원 노드에서 먼 거리로 이동 호스트가 이동시에는 트리 재구성을 위한 비용이 적지 않게 소요된다. 그러나 본 논문의 기법에서는 Mobile-IPv6의 내재적인 데이터전송 특성을 사용하기 때문에 이동 호스트가 새로운 외부망으로 이동시 멀티캐스트 그룹에 속한 소스 노드로부터 직접적으로 데이터그램을 받을 수 있어 효율적인 멀티캐스트 알고리즘을 구현할 수가 있다. 또한 Mobile-IPv6에서 제공하는 IP 주소의 확장, 보안이나 인증 문제, 그리고 라우팅 최적화 등을 그대로 적용할 수가 있다.

II. Mobile-IPv4기반의 이동망에서 멀티캐스트 라우팅 기법

본 장에서는 기존에 제안된 Mobile-IPv4 기반 데이터그램 전송 방법과 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 비교 분석한다.

2.1 Mobile-IPv4에서의 유니캐스트 데이터그램 전달

(1) Mobile-IPv4에서의 등록

일반적으로 Mobile-IPv4에서는 데이터 전송시 항상 HA를 경유하도록 되어 있다. 이후에 경로 최적화를 위한 다양한 방법들이 제시되기도 하였다^[12]. 그러나 기본적인 MH의 등록과정은 (그림 1)과 같다.

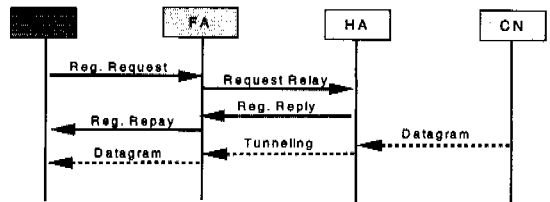


그림 1. Mobile-IPv4에서 등록 및 데이터그램 전달

먼저 FA와 HA에 등록 요청을 하여 승인이 되면 CN에서 HA를 거쳐 FA로의 터널을 사용하여 데이터그램을 전송하게 된다.

(2) Mobile-IPv4에서의 데이터그램 전송과정

(그림 2)는 핸드오프동안 Mobile-IPv4에서 유니캐스트 데이터그램 전달 과정을 보여준다. RFC 2002^[1]에 기술된 Mobile-IPv4는 매크로 이동성 (macro-mobility) 핸드오프를 지원한다. 다음 그림은 모든 사용된 IP 노드들을 보여주지는 않는데, 이것

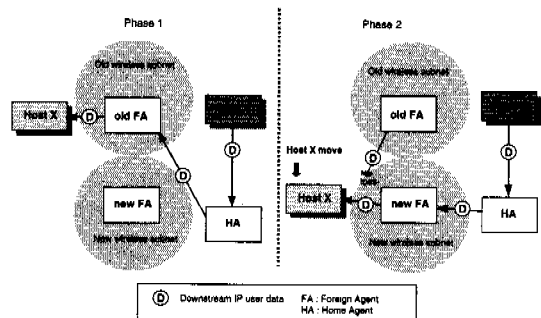


그림 2. Mobile-IPv4 핸드오프동안 IP사용자 데이터전송

은 이들 노드들은 매크로 이동성 핸드오프 관리 동작에 직접적으로 영향을 받지 않기 때문이다. 다음 그림에서 볼 수 있는 것처럼 이런 유형의 매크로 이동성 핸드오프는 이음매 없는 핸드오프 (seamless handoff) 이슈를 해결할 수 없다. 즉, 핸드오프 과정 동안 이동 호스트, Host X로 향하는 몇 개의 IP 패킷들은 손실된다. 이것은 Mobile-IPv4에서는 항상 HA를 거쳐야하는 삼각 라우팅 문제에 기인한다.

2.2 고전적인 방법의 멀티캐스팅 기법

(1) 원격 신청 (remote subscription)^[9]

이 기법은 FA-기반 방식으로, 원격 신청방식에서 각 이동 호스트 (MH)는 외부망 (foreign network)으로 들어갈 때마다 원하는 멀티캐스트 그룹에 재가입해야 한다. 따라서, 지역 멀티캐스트 라우터는 멀티캐스트 트리에 추가해야 한다. 멀티캐스트 트리의 갱신 빈도수는 핸드오프가 얼마나 자주 발생하는가에 달려있다. 원격 신청방식은 이동 호스트가 한 망 내에 오랫동안 머무를 경우에는 성능이 매우 우수하다.

원격 신청기법의 장점은 멀티캐스트 데이터그램이 항상 최단 경로로 제공된다는 것이다. 그러나 오버헤드도 존재하는데, 핸드오프가 발생할 때마다 멀티캐스트 전달 트리 (multicast delivery tree)를 매번 재구성해야 한다는 것이다. 추가적으로 이 기법에서 이동 호스트는 하나의 멀티캐스트 그룹에만 가입해야 하며, 소스 이동성을 제공되지 않는다.

(2) 양방향 터널링 (bi-directional tunneling)^[9]

이 기법은 HA-기반 방식으로, MH는 유니캐스트 Mobile-IP 터널링을 사용하는 HA를 통하여 멀티캐스트 데이터그램을 수신한다. 이 방식은 소스 이동성과 수신자 이동성을 모두 제공한다. 그룹의 다른 모든 멤버로부터 호스트 이동성은 감추어진다. 따라서 멀티캐스트 전달 트리는 갱신되지 않는다. 즉, 멀티캐스트 재구성 비용이 거의 들지 않는다. 이 방식의 단점은 멀티캐스트 전달을 위한 라우팅 경로가 길어진다는 것이다. 또한 HA는 MH가 속해 있는 외부망에 무관하게 터널되는 모든 멀티캐스트 데이터그램을 복제하여 모든 MH에 전달해야만 한다. 따라서 망 자원이 낭비되게 된다. RSVP (Reservation Protocol)가 적용된다면 대역폭 낭비가 심각할 것이다.

2.3 MoM 프로토콜

Harrison^[10]은 MoM (Mobile Multicast)라는 HA-기반의 멀티캐스트 기법을 제안하였다. 여기서 HA는 MH의 멀티캐스트 데이터그램을 터널링할 책임을 가지며, HA는 해당 이동 호스트를 포함하고 있는 각 외부망으로 단 하나의 멀티캐스트 패킷만을 전달한다. 멀티캐스트 패킷을 받자마자 FA는 이 패킷을 링크-레벨 멀티캐스팅을 통하여 이동 호스트에 전달한다. 그러나 터널 수렴 문제 (tunnel convergence problem)이라는 문제가 여전히 존재한다. 이것은 다른 HA로부터 여러 개의 터널이 하나의 FA에서 끝남으로 인해서 생기는 문제로, 공통 FA로 터널되는 중복 데이터그램이 존재하여 망내의 트래픽을 증가시킨다. (그림 3)은 터널 수렴 문제를 보여준다.

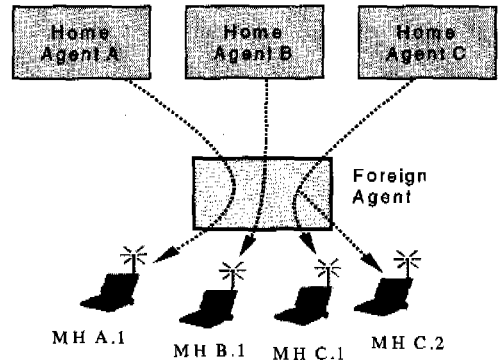


그림 3. 터널 수렴 문제

양방향 터널링 기법에 근거한 MoM기법에서는 터널 수렴 문제를 해결하기 위해 제안되었다. MoM에서는 공통 FA로 터널되는 중복 데이터그램을 피하기 위해서 DMSP (Designated Multicast Service Provider)를 사용한다. 이 프로토콜에서는 FA는 하나의 HA를 DMSP로 지정하기 위해 선택을 해야한다. 단지 DMSP만이 FA로 멀티캐스트 데이터그램을 전달할 수 있다. 따라서 FA는 각 멀티캐스트 데이터그램의 한 복사본 만을 받게 된다. 이 프로토콜은 특히 이동 그룹 멤버의 수가 증가할수록 더 나은 성능을 보여준다. 그러나 이 기법은 만일 이동 그룹 멤버의 수가 작다면 (sparse mode)에서는 DMSP 핸드오프는 빈번하게 발생한다. 또한 두 개의 이동 호스트가 그들의 HA로부터 멀리 떨어져 이동할 경우, 터널은 매우 길어지는 단점이 있다.

2.4 RBMoM 프로토콜

RBMoM (Range-Based Mobile Multicast)^[11]은 짧은 전달 경로와 멀티캐스트 트리 재구성 빈도수 간에 trade-off를 제공한다. 환경 매개변수가 무엇이든 간에, 멀티캐스트 데이터그램은 높은 멀티캐스트 트리 재구성 비용을 지불하지 않고도 짧은 경로를 제공하고자 한다. Mobile-IP의 HA와 같이, RBMoM은 MHA (Multicast Home Agent)라는 라우터를 갖는다. 이것은 현재 MH가 붙어있는 FA에 멀티캐스트 데이터그램을 터널링할 책임을 지낸다. 따라서 각 MHA는 멀티캐스트 그룹 멤버중 하나 이어야만 한다. 모든 MH는 단 하나의 MHA를 가질 수 있다. MH의 HA는 변경되지 않는다. 그러나 MH의 MHA는 MH 위치에 따라서 변경된다. 이동 호스트의 첫 MHA는 그것의 HA로 설정된다.

RBMoM은 각 MHA에 대하여 “서비스 범위 (R : Range)” 개념을 사용한다. MHA의 범위는 그것의 MH의 서비스 범위를 의미한다. 즉, MHA는 그 서비스 범위내에서 외부망, 또는 MHA가 붙어 있는 네트워크로 로밍하는 이동 호스트만을 서비스할 수 있다. 만일 이동 호스트가 MHA의 서비스 범위를 벗어나면, MHA 핸드오프가 발생한다. 즉, 다른 MHA가 이동 호스트에 대한 멀티캐스트 서비스를 양도받는다. 즉, 라우터의 서비스 범위 (R)는 1(홉 거리)라 가정시, MHA은 1-홉거리의 외부망이나 현재 네트워크로 로밍하는 이동 호스트들에만 멀티캐스트 데이터그램을 전달할 수 있다. 범위 개념의 입장에서 볼 때, 이 기법은 양방향 터널링 (R=∞) 과 원격 신청 (R=0)은 RBMoM의 극단으로 볼 수 있다.

III. 제안된 Mobile-IPv6 기반 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

3.1 Mobile-IPv6에서의 유니캐스트 데이터그램 전달

(1) 이동성 지원^[13]

Mobile-IPv6의 기능은 Mobile-IPv4의 기능과 유사하다. Mobile-IPv6의 구성요소는 MH, HA, 그리고 CN (Correspondent Node)로 구성된다. MH는 먼저 자신의 현재 위치를 결정해야 하는데, MH가 홈 링크 (home link)상에 존재할 때는 고정된 호스트처럼 동작해야만 하고, 외부 링크 (foreign link)

상에 존재할때는 co-located COA (Care-Of-Address)를 얻어야만 한다. 이 주소가 획득되면, 자신의 HA에게 알려야 한다. 또한 MH는 이 주소를 선택된 CN에게 알려야 한다. Mobile-IPv6에서는 FA가 존재하지 않는다. 이것은 MH가 co-located COA를 사용하기 때문이다.

(2) 바인딩 관리

MH이 새로운 primary COA를 사용하게되면 HA에게 Binding Update 정보를 보내서 등록한다. 그러면 HA는 Binding Update에 대한 Binding Acknowledgement를 회송하게 된다. MH가 HA로부터 터널된 패킷을 전달받으면 해당 CN이 바인딩 정보를 가지고 있지 않다고 판단하여, CN에게 Binding Update 정보를 전송하며, 향후 CN은 이 바인딩 정보를 사용하여 MH에게 패킷을 라우팅한다. 바인딩 정보를 가지고 있는 CN은 생존시간 (lifetime)이 종료되려고 하면 해당 MN에게 Binding Request를 전송하고, MN은 Binding Update로 회신한다.

(3) 이동의 식별

MH는 Router Advertisement 메시지를 통해 라우터에서 MH으로 이어지는 링크의 동작 상태를 파악한다. Advertisement에는 MH가 사용할 라우터와 MH가 접속되어 있는 네트워크의 prefix 정보가 포함되어 있다. MH가 Router Solicitation 메시지를 보낼 수도 있다. 이 메시지를 받으면 라우터는 Router Advertisement를 방송해야 한다. MH가 홈에서 떨어져 있는 동안은 디폴트 라우터 리스트 (default router list) 중에서 하나의 라우터를 디폴트 라우터로 선택하고 이 라우터가 광고하는 network prefix를 사용하여 primary COA를 구성하고, HA에 COA를 등록한다.

(4) Mobile-IPv6에서 Smooth Handoff 과정

MH가 새로운 primary COA를 획득하면 이전의 COA와 새로운 COA에게 오는 패킷을 모두 받을 수 있도록 하는 방법으로, 그 과정은 다음과 같다. MH는 이전의 라우터에게 H미트와 A미트를 세트해서 Binding Update 메시지를 전송한다. 이전의 라우터는 MH의 이전 COA에 대한 임시 HA (Temporary HA) 역할을 수행한다. 이전 COA로 오는 패킷을 이전 라우터가 가로채서 새로운 COA로 IPv6 캡슐화를 사용하여 터널링 한다. 이전 라우터로부터 캡슐화된 패킷을 전달받은 MH는 해당 CN

에게 Binding Update 메시지를 전송하여 새로운 바인딩 정보를 캐칭 하도록 한다. MH의 이전 라우터는 MH의 이전 COA에 대한 Proxy Neighbor Advertisement 기능을 수행하여야 한다. Smooth Handoff를 사용하면 MH의 이동중에 발생하는 패킷 손실을 현저히 줄일 수 있다. 무선상에서 두 셀간을 이동할 때 이전의 COA와 새로운 COA 모두에게서 패킷을 계속하여 전달받을 수 있다. (그림 4)는 이러한 Smooth Handoff 과정을 보여준다.

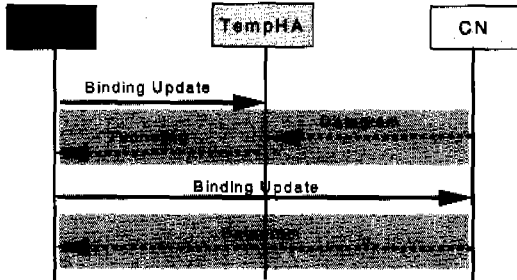


그림 4. Mobile-IPv6에서의 핸드오프 과정

Mobile-IPv4에서 처럼, Mobile-IPv6 프로토콜도 매크로 이동성 핸드오프를 지원한다. Mobile-IPv4와 Mobile-IPv6간의 주된 차이는 Mobile-IPv6는 전술한 것처럼 FA를 사용하지 않는다는 것이다. (그림 4)에서 볼 때, Mobile-IPv6에서 CN (여기서는 Host Y)은 경로 최적화 (route optimization) 옵션을 지원할 수 있어야만 한다. 그러나 이것은 항상 경로 최적화 옵션이 적용됨을 의미하지는 않는다. Host X는 이 옵션을 사용할 것인지 아닌지를 결정할 수 있다.

Mobile-IPv4와 비교하여 이 핸드오프 기법은 이전 IP-서브망을 경유하여 Host X에 전달되는 어떤 IP 데이터 패킷들이 목적지에 도달할 수 없는 상황들을 방지하도록 개선되었다. 따라서 이음새 없는 핸드오프가 가능하게 된다. 이것은 이전 IP-서브망에서 임시 HA (TempHA : Temporary Home Agent)를 사용하여 Binding Update 절차를 통해 임시 HA를 식별하고, 선택, 등록하여 성취할 수 있다. 임시 HA는 이전 Host X의 COA로 전달되는 패킷을 새로운 Host X의 COA로 전달하는데 사용된다. (그림 5)는 경로 최적화를 사용한 Mobile-IPv6 핸드오프동안 IP 사용자 데이터의 전송을 보여주는 그림이다. 그림에서 보면 HA는 사용되지 않는 것을 볼 수 있고, 이전 망에서 액세스 라우터 (AR :

Access Router)중에서 하나를 임시 HA로 정하여, 이전 망쪽으로 라우트되는 데이터그램을 임시 HA에서 가로채서 새로운 망의 AR로 터널링하여 데이터그램을 전송 받을 수 있게 하고 있다. 데이터가 오는 경로는 임시 HA와 CN 노드 모두가 가능하다.

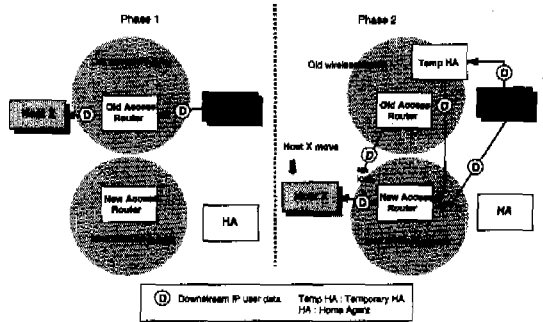


그림 5. 경로 최적화를 사용한 Mobile-IPv6 핸드오프 동안 IP 사용자 데이터 전송

3.2 Mobile-IPv6에서의 멀티캐스트 데이터그램 전달

(1) 프로토콜 개요

본 논문에서 제안하는 Mobile-IPv6를 지원하는 Smooth Handoff 기반의 멀티캐스트 알고리즘에 필요한 기본 망 구성 요소로는 MH, MH가 이동하기 이전망의 라우터인 TempHA, 새로운 망으로 이동한 MH의 디폴트 라우터인 새로운 액세스 라우터 (NewAR: New Access Router), CN의 4가지 구성 요소로 이루어진다. 여기서는 CN이 멀티캐스트 그룹의 소스라고 가정한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 근본적으로는 터널링을 사용하는 HA-기반의 멀티캐스트 기법이다.

먼저 멀티캐스트 그룹 멤버인 이동 호스트가 새로운 망으로 이동할 때, 이동 호스트의 상태와 새로운 외부 망의 상태에 따라 사건이 달라진다. 새로이 이동한 망이 멀티캐스트 그룹 멤버일 경우는 그 망의 디폴트 라우터 (NewAR)로부터 멀티캐스트 데이터그램을 전달 받게 된다. 그러나 이동한 새로운 망이 멀티캐스트 그룹에 속해 있지 않을 경우는 다음과 같은 2가지 방법으로 멀티캐스트 데이터그램을 전달받을 수 있다.

(2) 핸드오프-기반 멀티캐스트 기법

첫 번째는 MH가 직접 CN(=소스)에 Binding Update 메시지를 통한 자신의 정보를 전달했기 때

문에 소스에서 터널링을 통해 해당 멀티캐스트 데이터그램을 직접 받으면 된다. MH가 이동한 정보를 CN이 알지 못할 경우는 데이터그램이 손실되게 된다. 이런 경우에는 Mobile-IPv6의 핸드오프 기법을 이용한다. 즉, 이전망의 TempHA에서 새로운 망으로 이동한 MH의 바인딩 정보를 유지하고 있기 때문에, TempHA를 경유하는 터널링 방법으로 데이터를 전송 받으면 된다. 이때, 바인딩 정보는 즉시 CN에 전송되어야 한다. 다음 그림이 CN에서 직접 데이터그램을 받는 예제를 보여주고 있다. 홈 네트워크는 이미 멀티캐스트 그룹의 멤버이므로 그림의 (a)의 경우, MH는 현재 HA에 이웃한 망으로 이동했기 때문에 선택된 TempHA를 통하여 데이터그램을 받으면 된다. 그러나 (b)처럼 원거리로 이동했을 때는 소스에서 직접 데이터를 받거나 또는 MH의 TempHA로부터 데이터가 와야 한다. 즉, (b)에서 보면 데이터그램을 받을 수 있는 경우가 두 경로인데, 이때는 MH와 거리를 계산하여 가까운 곳으로부터 데이터그램을 받는다.

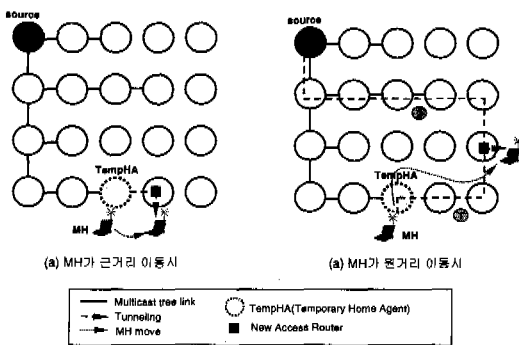


그림 6. 핸드오프 기반 멀티캐스트 기법

(3) MDA-기반 멀티캐스트 기법

다른 경우에는 다음 그림에서처럼 각 MH에 대한 MDA (Multicast Delivery Agent)를 두는 것이다. MDA는 항상 멀티캐스트 그룹의 멤버이어야 하고, 새로운 망으로 이동시에는 MH에서 가까운 거리에 있는 MDA로부터 멀티캐스트 데이터그램을 받는 것이다. 따라서 터널링 길이가 짧아진다. 따라서 각 MH는 자신의 MDA 정보를 유지해야 한다. MDA는 MH의 핸드오프시 재 선택되거나 다시 결정되어야 한다. 초기의 MDA는 자신의 HA가 된다. MDA의 선택은 MH에 의해 직접 이루어지거나 NewAR에 의해 이루어진다. NewAR에 의해 이루어질 경우는 MH에게 알려야 한다. MDA의 대상은 NewAR

나 이전 TempHA, 또는 가장 인접한 멀티캐스트 그룹노드, CN 등이 될 수 있다. 따라서 기존의 Mobile-IPv4에서의 방법들보다 MDA 핸드오프를 줄일 수 있다. 즉, MDA 대상이 되는 노드들이 망 내에 분산되어 존재하므로 MH의 이동성이 균일한 분포로 이루어질 경우는 MDA 핸드오프를 가능한 줄일 수 있어 매우 유리하다.

HA와 MDA의 주된 차이는 MDA는 MH의 위치에 따라 동적으로 변경되지만, HA는 변경되지 않는다. MDA는 멀티캐스트 서비스를 제공하고, HA와 CN은 유니캐스트 서비스를 제공한다. 둘 모두는 동작하기 위해서 디폴트 라우터를 필요로 한다. 현재 MH를 서비스하고 있는 MDA는 MH 자신이 유지한다. 즉, 각 MH는 멀티캐스트 서비스를 위한 MDA를 유지해야한다. MDA가 변경되었을 때, 새로운 MDA는 MH의 기록을 삭제할 수 있도록 이전 MDA에 알려야만 한다.

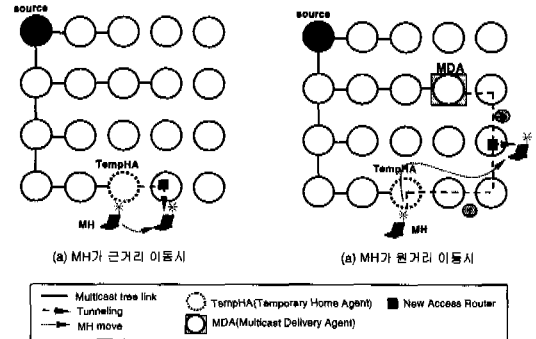


그림 7. MDA-기반 멀티캐스트 기법

(4) 자료 구조

본 논문에서 제안하는 Mobile-IPv6를 위한 멀티캐스트 알고리즘의 자료구조는 다음 그림과 같다. MH는 자신의 그룹 ID, HA, TempHA, 새로운 망의 디폴트 라우터인 NewAR, CN, 그리고 자신의 멀티캐스트 서비스를 처리해줄 MDA, 바인딩 시간에 관련된 시간 스탬프 등을 갖는다. 새로운 망의 NewAR은 자신이 멀티캐스트 그룹에 속해 있을 경우 그룹 ID를 갖고, 자신에 붙어 있는 MH 리스트, 각 MH의 이전 에이전트인 TempHA, MDA 등을 갖는다. TempHA의 기능은 소스노드에 바인딩이 완료되지 않았을 경우 대체 경로를 통한 멀티캐스트 데이터그램의 손실을 예방해 준다.

MH table

GroupID	HA	TempHA	NewAR	CN	MDA	Time

NewAR table

GroupID	MH list	TempHA	MDA

TempHA table

GroupID	MH list	NewAR	MDA

MH : Mobile Host
TempHA : Temporary HA
NewAR : New Access Router
CN : Correspondent Node
MDA : Multicast Delivery Agent

그림 8. 자료구조

(5) 알고리즘 기술

다음은 새로운 방문자가 네트워크에 들어왔을 때 NewAR의 동작을 나타낸다,

○ MH에 대한 멀티캐스트 데이터그램이 newAR에 도착했을 때;

1. newAR table에서 MH에 대한 MDA 정보를 찾음;
2. MDA에 연결된 MH_list중에서 해당하는 MH로 터널링을 사용하여 멀티캐스트 데이터그램을 전송;

○ 멀티캐스트 그룹에 속한 MH에 현재 망을 떠났을 때 (time-out으로 검출);

1. newAR table에서 MH에 대한 정보를 삭제;
2. tempHA로 newAR을 설정;

(6) HA-기법의 터널링 비교

(그림 9)는 HA-기법의 멀티캐스팅 기법 대표적인 MoM과 본 논문에서 제안한 MDA-기법의 기법을 비교한 그림이다. 두 기법은 모두 터널링을 사용하므로 가능한 한 터널링 길이를 줄이는 것이 전체 망의 성능을 높이는 관건이 된다. (그림 9)의 (a)에서 보면 MoM에서는 멀티캐스트 그룹에 속한 멤버가 현재의 MH가 이동한 외부망과의 가까운 거리에 멀티캐스팅 메시지를 전달할 노드가 존재해도 HA 중의 하나로 설정된 먼 거리의 DMSP로부터 데이터그램을 전달받게 된다. 그러나 본 논문에서 제안한 기법은 MH가 외부망으로 이동시 가장 가까운 거리의 MDA(멀티캐스팅 그룹멤버인 노드)를 찾아서 이 노드로부터 데이터그램을 전달받으므로 가능한 한 터널링 길이를 줄일 수 있는 장점을 갖는다. 이에 대한 성능 차이는 성능분석 결과로 확인할 수 있다.

```

○ MH가 외부망에 도착하였을 때;

1. MH는 Mobile-IPv6에 따라 바인딩 정보를 통해 NewAR와 TempHA에 등록한다. 필요시, 데이터그램이 TempHA에서 터널되었다면, CN에 바인딩 정보를 보낸다.
2. MH는 자신과 관련된 TempHA, NewAR 정보 및 그룹 ID를 취득한다.
3. MH는 현재 MDA와의 홉 거리를 계산한다.
   IF(Distance(MH,MDA) ≥ 2) /* 서비스 홉수가 2
                               홉 거리 이상임 */
   {
   IF(MDA ≠ HA) /* Home망을 떠남 */
   {
   IF(NewAR이 멀티캐스트 트리안에 존재)
   {
   MDA ← NewAR;
   MH를 서비스중인 NewAR를 관련 노드에 알리고 정보 변경;
   }
   ELSE IF(MG[i]가 멀티캐스트 트리안에 존재)
   { /*MG[i]는 현재 MH를 기준으로 1홉 거리에 있는 멀티캐스트 그룹 멤버 */
   MDA ← MG[i]; /* 가장 이웃한 멤버가 MDA로 선택 */
   MH를 서비스중인 MG[i]를 관련 노드에 알리고 정보 변경;
   }
   ELSE
   {
   MDA ← TempHA /* 처음에는 MHA←HA */
   MH를 서비스중인 TempHA를 관련 노드에 알리고 정보 변경;
   }
   }
   }
   ELSE {MH를 서비스중인 MDA를 관련노드에 알림 }

```

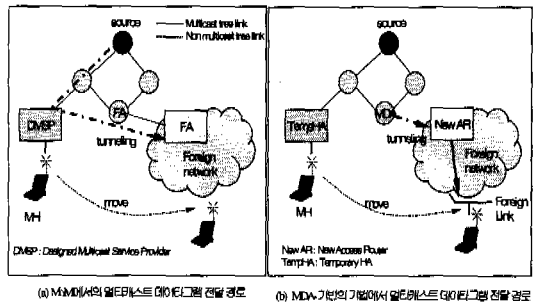


그림 9. 대표적인 HA-기법 멀티캐스팅 기법의 비교

IV. 성능분석

본 논문에서의 성능분석은 멀티캐스트 데이터그램 전송을 위한 트래픽 량과 주요 멀티캐스트 서비

스 노드의 핸드오프 수, 그리고 터널링 및 평균 라우팅 경로들을 성능척도로 고려한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 HA-기반의 기법으로 터널링을 사용하므로, FA-기반의 원격 신청 기법은 성능 비교에서 제외하기로 한다. 그 이유는 본 논문에서 제안하는 기법은 Mobile-IPv6에서는 FA가 존재하지 않고, 또한 트리 재구성을 수행하지 않기 때문이다. 따라서 FA-기반의 멀티캐스트 기법의 특징인 멀티캐스트 트리 재구성 비용에 대한 성능 비교가 불가능하다. 성능 비교는 본 논문의 MDA 기법과 양방향 터널링을 사용하는 순수한 HA-기반 (Pure HA) 방법, MoM 기법을 비교한다.

(1) 성능매개변수

본 논문에서 가정하는 망 위상은 10×10의 메쉬 위상의 LAN을 사용하며, 시뮬레이션 시간은 10,000 시간단위를 가정하였다. 이동 호스트는 랜덤하게 LAN에 위치하며, 멀티캐스트 그룹내의 소스 수는 하나만을 가정하였고, 멀티캐스트 패킷의 도착 비율은 포아송 분포를 사용하였다. 그 외에 요구되는 성능 매개변수들은 다음 표와 같다.

표 1. 성능 매개변수

기호	설명	값
N	LAN의 수	100(10×10)
H	LAN당 호스트 수	10~50
m	이동성	0~1.0
g	그룹 멤버 수(그룹 크기)	10~40
s	멀티캐스트 그룹당 소스수	1
#	서비스 시간	5 units
T	시뮬레이션 시간	10,000 units

(2) 멀티캐스트 데이터그램 트래픽 부하

이 성능척도는 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는데 관련된 노드의 수로 정의되며, 이것은 멀티캐스트 트리의 노드 수와 터널상의 노드 수를 합한 값이다. 한 LAN당 호스트 수인 MS 수에 대비한 멀티캐스트 트래픽에 관련된 노드 수로 평가하였다. 세 기법에서 이동성 변수인 m을 0.3(낮은 이동성)과 0.7(높은 이동성)을 사용하였다. 성능분석 결과는 다음 (그림 10)과 같다.

일반적으로 FA-기반의 원격 신청 기법이 가장 낮은 트래픽을 보여준다. 이것은 새로운 FA가 멀티캐스트 그룹에 결합되어 터널이 필요없기 때문이다. 세 기법 모두 이동성이 적을 때 더 나은 성능을 보

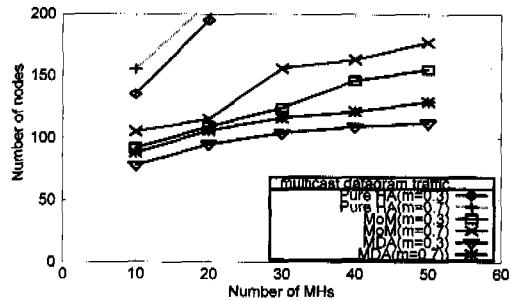


그림 10. 멀티캐스트 데이터그램 트래픽 부하

여준다. 이것은 이동이 적을 때는, 터널이 짧기 때문에 더 나은 성능을 보여주게 된다. Pure HA 기법은 호스트 수가 20개를 넘어서면 급격히 트래픽이 많아지며, MoM는 Pure HA에 비해서는 안정적인 성능을 보여준다. MDA기반의 기법은 다른 HA-기반 기법에 비해 가장 적은 멀티캐스트 데이터그램 트래픽 량을 보여준다. 이것은 터널되는 트래픽 양이 상대적으로 적기 때문이다. 또한 단말의 이동에 그리 민감하지 않은 결과도 보여준다.

(2) 멀티캐스트 지원노드의 핸드오프의 수

높은 이동성하에서는 MH의 핸드오프가 쉽게 일어나므로 멀티캐스트 지원 노드 (MDA 또는 DMSP)의 핸드오프는 더 자주 발생한다. 이동 호스트 수가 증가할 때, HA-기반 (MoM)과 MDA-기반의 기법은 모두 DMSP 핸드오프는 처음에는 증가하다가 감소한다. 이것은 이동 호스트 수가 충분히 많으면, 외부 망에 있는 많은 방문자들이 동일한 DMSP 또는 MDA에 의해 서비스되기 때문이다. (그림 11) 그래프에서도 MDA 기반 기법은 이동성 비율에 크게 영향을 받지 않음을 볼 수 있다. 한편 다음 그래프에서는 Pure HA 기법은 핸드오프를 지원하는 특별한 노드가 없으므로 그래프에서는 제외하였다. 멀티캐스트 지원 노드의 핸드오프가 자주

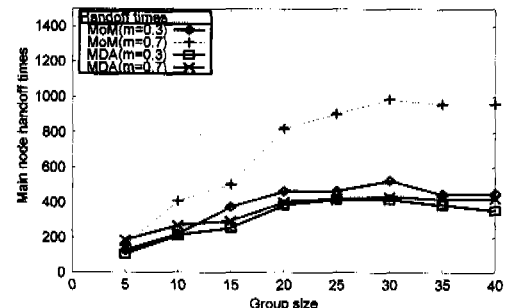


그림 11. 핸드오프의 비교

일어나게 되면 네트워크 오버헤드를 증가시키므로 결국 전체적인 망 성능이 저하되게 된다.

(3) 터널링 길이 (Hop 수)

멀티캐스트 기법의 성능을 좌우하는 또 다른 척도는 터널의 길이이다. 터널의 길이가 길면 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는 경로가 길어지므로 전체적인 트래픽 부하를 증가시키게 된다. 이 척도는 멀티캐스트 트래픽 부하 그래프에서 일부 반영된 것이다. 그러나 이 성능척도는 중요한 성능요소이므로 터널링 길이만을 다시 분석하였다. Pure HA기법이 터널이 가장 길지만 MoM기법도 많은 터널링을 하는 것으로 측정되었다. 이것은 두 기법들이 HA기반의 터널링에 기인한 것으로 분석된다. MDA 기법은 최적의 터널링 경로를 보여주었다. 이것은 MH가 새로운 망으로 이동했어도 근처에 멀티캐스트 데이터그램을 지원할 노드가 많음을 증명하는 것이다. Pure HA기법은 MoM에 비해 많은 터널을 하는데, 이것은 다른 HA에 있는 MH가 동일한 외부 망으로 이동시에 중복 데이터그램의 전달에 기인한 것이다.

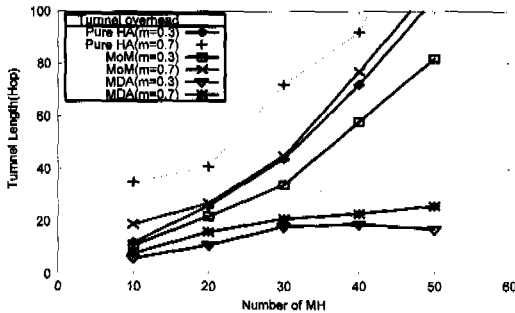


그림 12. 터널 오버헤드의 비교

(4) 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 거리

멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 거리는 소스 또는 멀티캐스트 그룹 멤버로부터 이동 호스트까지의 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 거리로 측정하였다. 멀티캐스트 응용에서, 짧은 전달 경로는 매우 중요하다. 특히 지연에 민감한 응용에서는 더욱 그렇다. 동일한 수의 이동 호스트에 대하여, Pure HA와 MoM는 거의 유사한 성능을 보여주었다. 일반적으로 그룹 크기가 클 경우와 이동성이 높을 경우 라우팅 경로는 더 줄어들었는데, 이것은 멀티캐스트 데이터를 전달할 노드의 후보자가 더 많아진 결과로 분석되었다. 따라서, 전달 경로는

짧아지게 된다.

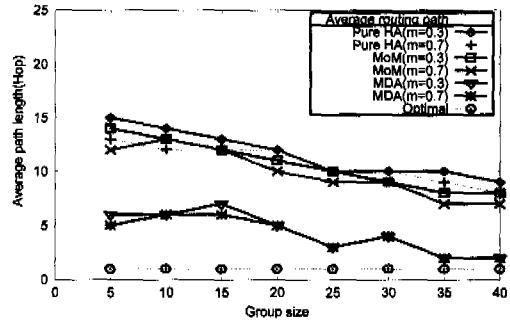


그림 13. 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 길이

V. 결론

본 논문에서는 Smooth Handoff를 지원하는 Mobile-IPv6 기반의 멀티캐스트 알고리즘을 제안하고 이에 대한 성능 분석을 실시하였다. Mobile-IPv4는 현재 IMT-2000망에서 기본 IP 프로토콜로 채택되었으며, 향후 Mobile-IPv6로의 확장성이 기대되므로 본 연구의 중요도가 있다 하겠다. 본 논문에서 제안된 멀티캐스트 기법은 MH에 근접한 MDA라는 멀티캐스트 서비스 노드를 도입하여 가능한 한 터널링의 경로를 짧게 함으로써 평균 멀티캐스트 데이터그램의 라우팅 거리를 줄이려 시도하였다. 또한 멀티캐스트 서비스를 관리하는 측면에서는 기본적으로 HA-기반의 기법이며, 이미 Mobile-IPv4에서 제안된 Pure HA기법과 MoM 기법간에 성능을 비교 분석하여, 멀티캐스트 데이터그램을 위한 트래픽량, 핸드오프 수, 터널링 길이 및 평균 라우팅 길이 측면에서 제안된 알고리즘이 효율적임을 보였다. 특히 이동성이 높고, 멀티캐스트 그룹의 크기가 클 경우 제안된 기법은 다른 기법들에 비해 매우 우수한 성능을 보여주었다. 더 추가적으로 연구해야 할 분야는 분석적 모델링을 통한 시뮬레이션의 정당성을 입증하는 연구가 차후에 요구된다.

참고 문헌

[1] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, IBM, Oct. 1996.
 [2] C. Perkins, "Mobility IP," IEEE Communication Mag. pp.84-99, May, 1997.
 [3] J. Ioannidis, "Protocols for Mobile Internet-

working, Ph.D Thesis, Columbia Univ. 1993.

[4] David B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," draft-ietf-mobileip-ipv6-13.txt, Nov. 2000.

[5] 3GPP2, "Wireless IP Architecture Based on IETF Protocols," 3GPP2 P.R0001, ver1.0, Jul. 2000.

[6] 3GPP2, "Wireless IP Network Standard," 3GPP2 P.S0001-A, ver1.0, Jul. 2000.

[7] G. Tsirtsis, A. Yegin, C. Perkins, G. Dommety, K.El-Malki, and M.Khalil, "Fast Handovers for Mobile IPv6," draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-00.txt, Feb. 2001.

[8] A. Ballardie, P. Francis, and J. Crowcroft, "Core Based Trees : An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing," Proc. ACM SIGCOMM'93, Aug. 1993.

[9] J. Mysore and V. Bharghavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," Proc. ACM/IEEE MOBICOM '97, pp.161-172, Sep. 1997.

[10] T.G Harrison, C.L. Williamson, W.L.Mackrell, and R.B.Bunt, "Mobile Multicast(MoM) Protocol : Multicast support for Mobile Host," Proc. ACM/IEEE MOBICOM'97, pp.151-160, Sep. 1997.

[11] C.R. Lin and K.M. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks," IEEE INFO-COM'2000, pp.1664-1672, 2000.

[12] J. Ioannidis, D. Duchamp, and G.Q. Maguire Jr., "IP-based Protocols for Mobile Internet-working, Proc. of ACM SIGCOMM, pp.235-245, Sep. 1991.

[13] J.D. Solomon, "Mobile IP - The Internet Unplugged," Prentice-Hall, 1998.

박 병 섭(Byoung-Seob Park)

정회원



1989년 2월 : 충북대학교
컴퓨터공학과 졸업
1991년 2월 : 서강대학교
전자계산학과 석사
1997년 2월 : 서강대학교
전자계산학과 박사

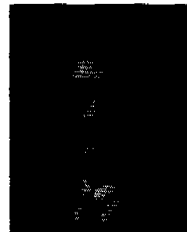
1997년 4월~2000년 2월 : 국방과학연구소
선임연구원

2000년 3월~현재 : 우석대학교 컴퓨터교육과
전임강사

<주관심 분야> ATM 스위칭망, 3G/4G 이동통신망
설계, 무선 및 차세대인터넷, Mobile-IP

임 철 수(Cheol-Su Lim)

정회원



1985년 2월 : 서울대학교
계산통계학과 졸업
1988년 6월 : 미국 인디애나주립대
컴퓨터과학과 석사
1991년 9월~1995년 8월 :
서강대학교
전자계산학과 박사

1988년 6월~1997년 2월 : 아시아나항공, SK신세기
통신 근무

1997년 3월~현재 : 서경대학교 컴퓨터공학과 조교수
<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 이동통신망 설계,
무선 및 차세대인터넷