

Mobile IP 기반의 멀티캐스트 지원을 위한 확장된 FA 기반 멀티캐스트 라우팅

강 필 용[†] · 신 용 태^{††}

요 약

Mobile IP 기반의 이동컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 연구는 크게 HA(Home Agent) 기반 모델과 FA(Foreign Agent) 기반 모델로 구분된다. 일반적으로 라우팅 및 대역폭의 효율을 고려한다면, HA 보다는 FA 기반 모델이 효과적이다. 그러나, MH(Mobile Host)의 이동이 빈번할 경우, 가입 및 접합 지연으로 인해 연결 지속성이 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고 보다 효과적인 멀티캐스트의 지원을 위해, 확장된 FA 기반 모델을 제안한다. 제안하는 모델에서는 새로운 FA가 가입을 처리하는 동안, MH는 이전의 FA로부터 멀티캐스트 패킷을 수신한다. 즉, 기본적으로는 효율을 위해 FA에 기반해서 멀티캐스트를 지원하지만, MH가 새로운 FN(Foreign Network)으로 이동하는 경우엔 부분적으로 유니캐스트 방안을 적용하여 연결성을 향상시킨다. 제안한 모델을 평가하기 위해 연결 지속성, 대역폭 이용률, 오버헤드 및 라우팅 비용 측면에서 효율을 분석하고 기존의 연구와 비교한다.

An Extended FA-based Multicast Routing for Mobile IP-based Multicasting

Pil-Yong Kang[†] · Yong-Tae Shin^{††}

ABSTRACT

There are two approaches, HA(Home Agent)-based and FA(Foreign Agent)-based multicasting in mobile computing environments based on mobile IP. If we consider efficiency of routing and bandwidth, the FA-based model is better than the HA-based model. But, in the case of a MH(Mobile Host) moves frequently, it shows bad connection durability because of *join* and *graft* delays. To overcome this and to support effective mobile multicasting, we propose an extended FA-based multicast routing. In our model, previous FA forwards multicast packets to MH, while new FA processes a join request from MH. That is, in general case, our model supports FA-based multicasting for efficiency but it provides unicast-based multicasting for connection durability when MH moves to new FN(Foreign Network). To evaluate our model, we analyze connection durability, bandwidth, overheads and routing costs in many situations and compare with previous works.

1. 서 론

차세대 인터넷은 유·무선이 혼합된 초고속의 네트워크 구조와 실시간 멀티미디어 중심의 서비스를 지향

할 것으로 예상된다. 즉, 사용자에게 시간과 공간을 초월하여 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는 인터넷 환경으로 변화될 것이다.

이러한 서비스 환경을 조성하기 위해서는 인터넷상에서의 이동컴퓨팅 기술과 더불어 멀티캐스트 서비스의 지원이 요구된다. 이에 본 논문에서는 이동컴퓨팅 환경에서의 효과적인 멀티캐스트 지원방안을 모색함

* 본 논문은 한국과학재단 특정기초(과제번호: 98-0101-06-01-3) 연구비 지원에 의해 수행되었음.
† 준 회원: 송실대학교 대학원 컴퓨터학과
†† 정 회원: 송실대학교 컴퓨터학부 교수
논문접수: 2000년 8월 29일, 심사완료: 2000년 11월 11일

으로써, 향후 유·무선이 혼용된 인터넷상에서의 실시간 멀티미디어 서비스를 위한 기반 환경을 조성하고자 한다.

현재, Mobile IP[1,2]와 IP Multicast[3,7-10]로 대표되는 인터넷상에서의 이동컴퓨팅 및 멀티캐스트 기술은 IETF(Internet Engineering Task Force)의 여러 WG(Working Group)들을 중심으로 연구 및 표준화가 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 현재의 IP Multicast는 호스트 이동성을 고려하지 않으며, Mobile IP는 멀티캐스트를 고려하지 않는다. 그러므로, 이동컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트 지원을 위해서는 이러한 기술의 연동 및 확장이 요구되며, 최근에 주목받고 있는 분야이다.

이동컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 이동 에이전트가 멀티캐스트를 지원해야한다[12]. 즉, HA(Home Agent)나 FA(Foreign Agent)가 MR(Multicast Router)의 역할을 담당해야한다. HA가 MR의 기능을 담당하고 멀티캐스트를 책임지는 HA 기반 모델[12,13]은 기존 프로토콜과의 높은 호환성으로 라우팅 비용이 낮은 장점을 제공하지만, 라우팅 최적화와 대역폭의 이용률 측면에서는 단점을 지닌다. 반면에 FA 기반 모델[14,15]은 라우팅 최적화와 대역폭의 이용률 측면에서는 좋지만, MH(Mobile Host)의 이동이 빈번할 경우엔 가입(Join) 및 집합(Graft) 지연으로 연결의 지속성이 떨어지는 단점을 지닌다. 또한, HA 기반 모델에 비해 라우팅 비용이 높고 호환성이 떨어진다.

단순히 이동컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트를 제공하기 위해서는 호환성을 고려하여 HA 기반의 접근이 요구되지만, 라우팅 효율을 고려한다면 FA 기반의 접근이 효과적이다. 그러나, FA 기반 모델은 MH의 이동이 빈번할 경우, 연결의 지속성이 떨어지는 문제가 발생한다. 이의 해결을 위해 MH의 이동성을 예측하여 미리 가입하는 방안[15]도 제안되고 있으나, 이동성 예측의 어려움과 많은 부가적인 처리의 추가로 인해 시스템 성능이 낮으며, 특히 수신 멤버들이 네트워크에 넓게 퍼져있는 경우엔 자원의 낭비가 심하다.

이러한 문제를 극복하기 위해 본 논문에서는 확장된 FA 기반의 새로운 라우팅 방안을 제안한다. 즉, 기본적으로는 라우팅 최적화와 대역폭의 효율적인 활용을 위해 FA에 기반해서 멀티캐스트를 지원하는 한편, FA에게 추가의 기능을 부여함으로써 MH의 빈번한 이동시에도 연결의 지속성을 높인다. 예를 들어, MH가 새로운 FN(Foreign Network)으로 이동하여 가입이 처리

되는 동안은 이전의 FA로부터 멀티캐스트 패킷을 수신한다. 그 외에도 제안하는 모델에서는 호환성을 위해, 상황에 따라 HA가 MR의 역할을 담당한다. 예를 들어, MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 FN으로 이동한 경우, HA가 멀티캐스트 패킷을 전달함으로써 기존의 FA 기반 모델의 단점을 보완한다. 본 논문에서는 이를 지원하기 위한 이동 에이전트들의 동작 알고리즘을 제안하고, 기존 모델과의 라우팅 비용, 대역폭 이용률, 연결 지속성 및 오버헤드 측면에서 효율을 비교함으로써 우수성을 입증하고 가능성을 평가한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 Mobile IP 및 IP Multicast의 소개와 이동컴퓨팅 환경에서의 기존 멀티캐스트 지원 모델을 기술하고, 3장에서는 고려하는 네트워크 모델과 제안하는 확장된 FA 기반의 라우팅 알고리즘을 기술한다. 4장에서는 제안하는 알고리즘을 실험 및 분석한 후, 기존 연구와의 비교를 통해 제안하는 기법을 평가한다. 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구과제를 제시한다.

2. 호스트 이동성과 멀티캐스트

2.1 IP 기반의 호스트 이동성

Mobile IP로 대표되는 IP 기반 호스트 이동성의 지원은 IETF의 Mobile IP WG을 중심으로 표준화 및 연구가 진행되고 있다. MH는 Home Address와 Care-of-Address(COA)를 가지며, 이러한 정보들은 위치정보와 함께 HA에 의해 관리된다. MH로 전송된 모든 패킷들은 HA를 경유하며, HA는 터널링(tunnelling)을 통해 해당 FA로 전달한다. 그러면, FA는 수신된 패킷을 해당 MH에게 전달한다. Mobile IP의 상세한 동작 메커니즘은 [1,2]에 자세히 설명되고 있다.

한편, 기존의 Mobile IP는 유니캐스트 환경에 초점을 맞춘 것으로서, 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 HA와 FA의 보다 확장된 역할이 요구된다.

2.2 IP 기반의 멀티캐스트

인터넷상에서의 멀티캐스트는 1992년 3월에 실시된 최초의 멀티캐스트 시연[4] 이후로, IETF의 여러 WG에서 보다 향상된 멀티캐스트 라우팅과 전송 서비스를 위한 프로토콜의 표준화 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 최근의 연구는 급속도로 확산되고 있는 실시간 멀티미디어 응용들의 QoS 요구사항을 지원하고,

네트워크 자원을 효율적으로 사용하면서 대규모의 네트워크에서도 확장성을 갖는 것을 목표로 진행되고 있다[5, 6].

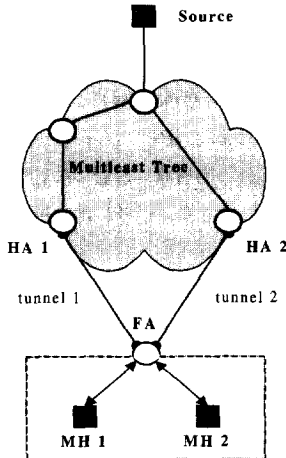
한편, 인터넷상에서의 멀티캐스트 라우팅을 위해 라우터들은 각각의 멀티캐스트 수신 그룹별로 멀티캐스트 전송 트리를 구성하고, 이를 참조해서 멀티캐스트 패킷을 가입된 멤버들에게 전달한다. IP Multicast로 대표되는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들[7-10]은 다양한 측면에서 접근되고 있으며, 현재 Mbone[11]의 구성을 통해 시험 운영되고 있다. 그러나, IP Multicast는 유선 네트워크에 기초한 고정 호스트 기반의 프로토콜이므로, 유·무선이 혼합된 이동컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 보다 확장된 연구가 요구되고 있다.

2.3 이동컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트

이동컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트 모델은 크게 MR의 역할을 HA가 담당하는 경우와 FA가 담당하는 경우로 구분된다. 본 절에서는 이러한 모델별 기본 구성과 장·단점 및 관련 연구들을 기술한다.

2.3.1 HA 기반의 멀티캐스트 라우팅

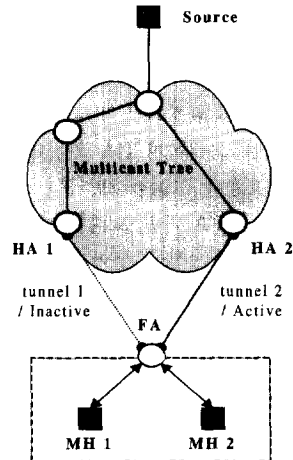
이는 HA가 MR의 역할을 담당하는 모델이다. 이러한 모델에서는 HA를 기준으로 멀티캐스트 전송 트리가 구성되며, MH가 이동하는 경우엔 터널링을 통해 해당 FA로 멀티캐스트 패킷을 중계한다[12, 13]. 다음의 (그림 1)은 기본 구성을 나타낸 것이다.



(그림 1) HA 기반의 멀티캐스트 라우팅

HA 기반 모델의 최대 장점은 기존 프로토콜과의 높은 호환성으로 인해 라우팅 비용이 낮은 점이다. 즉, 멀티캐스트가 MH와는 개별적으로 동작하므로, MH가 이동하더라도 HA와 FA 사이의 연결만으로도 멀티캐스트가 제공된다. 그러나, 항상 HA를 경유하므로 최적의 경로를 가질 수 없으며, 유니캐스트에 기반하므로 멀티캐스트의 장점인 대역폭의 효율성을 제공하지 못한다.

이러한 단점을 극복하기 위해, 최근의 연구는 보다 향상된 HA 기반의 모델을 제안했다[14]. (그림 2)는 이러한 모델의 구성을 나타낸 것으로 HA와 FA 사이의 터널에 대하여 Active/Inactive 상태를 유지하여, 하나의 FN에 여러 개의 MH가 존재하면 하나의 HA로부터만 멀티캐스트 패킷을 수신하도록 하였다. 이러한 기법은 FN에 여러 멤버가 위치할수록 높은 네트워크 대역폭의 효율성을 제공한다. 그러나, 라우팅 최적화는 여전히 지원하지 못하며, 터널을 동적으로 관리하고 최적으로 할당하기 위해서는 HA와 FA에게 추가의 오버헤드를 요구한다. 또한, Active 상태의 터널이 설정된 MH가 이동했을 경우, 일시적으로 연결이 단절되는 문제점이 있다.

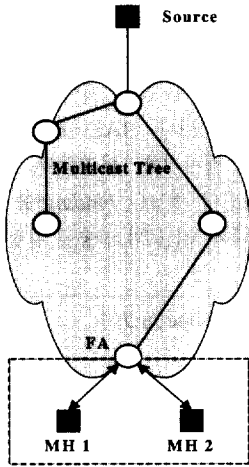


(그림 2) 향상된 HA 기반의 멀티캐스트 라우팅

2.3.2 FA 기반의 멀티캐스트 라우팅

FA가 MR의 기능을 담당하며, FA를 기준으로 멀티캐스트 전송 트리가 구성된다[14, 15]. 즉, 멀티캐스트 패킷이 HA를 경유하지 않고, FA를 통해 MH에게 직

접 전달된다.



(그림 3) FA 기반의 멀티캐스트 라우팅

이러한 모델의 장점은 FA를 기준으로 항상 최적의 멀티캐스트 전송 트리가 설정된다는 점과 HA 기반의 기법에 비해 네트워크 자원의 이용 효율이 높은 점이다. 그러나, MH의 이동이 빈번한 경우, 멀티캐스트 수신 그룹으로의 가입/탈퇴가 반복되어 처리 비용이 증가하고, 지연으로 인하여 연결의 지속성이 떨어지는 단점이 있다. 또한, MH가 멀티캐스트를 지원하지 못하는 FN으로 이동한 경우, 멀티캐스트를 제공할 수 없다. 그 외에도 네트워크 제공자마다 서로 다른 멀티캐스트 메커니즘을 제공하는 경우 문제가 발생한다.

한편, FA 기반 모델은 MH가 새로운 FN으로 이동했을 때, 해당 FA가 이미 멀티캐스트 전송 트리에 가입된 경우엔 별다른 동작없이 바로 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있다. 그러나, 새로운 FN에 해당 그룹의 멤버가 존재하지 않는 경우엔 FA가 멀티캐스트 전송 트리를 새롭게 구성해야하므로, 가입 및 접합 지연으로 인해 연결이 단절되고 해당 패킷이 전달되지 못한다. 누락된 패킷의 회복을 위해서는 상위 레벨의 재전송 기법을 적용할 수 있으며, 지연을 줄이기 위해서는 MH가 이동할 FN을 예측하여 미리 수신 그룹에 가입하는 방안[16]이 제안되고 있다.

상위 레벨의 재전송 기법을 적용할 경우, 빈번한 확인 메시지의 송·수신으로 인해 MH와 FA에서 오버헤드가 발생하고 자원이 낭비되어 성능이 떨어진다. 한편, MH의 이동 예측을 통하여 인접한 FA가 미리 멀티캐스트 전송 트리에 가입하는 경우, MH의 이동을 정확하게 예측하기 어렵고 프로토콜이 복잡해지는 문제와 멤버들이 네트워크에 넓게 퍼져있는 경우엔 자원의 낭비가 많은 문제가 있다.

결론적으로 라우팅 최적화와 대역폭의 효율적인 사용을 위해서는 FA 기반의 접근이 요구되며, 실시간 서비스의 지원을 위해선 MH의 빈번한 이동시에도 연결의 지속성을 높이기 위한 연구가 요구된다. 본 논문에서는 이를 위해, 이동 에이전트의 확장을 통해 보다 효과적인 멀티캐스트 라우팅 방안을 모색한다.

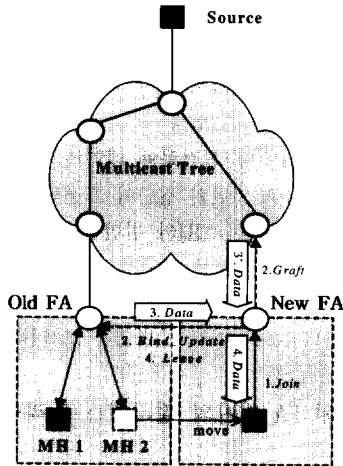
3. 확장된 FA 기반의 멀티캐스트 라우팅

3.1 네트워크 모델 및 아이디어

본 논문에서 고려하는 네트워크 모델은 Mobile IP 기반의 유·무선이 혼합된 네트워크이며, 모든 서브넷(subnet)에는 적어도 하나 이상의 이동 에이전트가 위치한다고 가정한다. 즉, MH는 어디로 이동하더라도 항상 네트워크에 연결될 수 있다.

멀티캐스트 라우팅은 DVMRP[7]와 IGMP[3]를 기반으로 지원되며, MH에게 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 이동 에이전트가 MR의 역할을 담당한다. 한편, 고려하는 네트워크 모델에서는 모든 이동 에이전트가 MR의 기능을 수행함을 가정하지는 않는다. 즉, 모든 서브 네트워크에서 멀티캐스트가 지원되는 것은 아니며, MH는 멀티캐스트를 지원하거나 지원하지 않는 서브 네트워크 사이를 이동한다. 즉, 일반적인 이동컴퓨팅 환경과 동일하게 구성되고 동작한다[1,2].

(그림 4)는 제안하는 모델의 기본 동작 메커니즘을 나타낸 것인데, 라우팅 최적화 및 대역폭의 효율을 위해 FA 기반의 멀티캐스트 라우팅 환경을 지원한다. 또한, 연결의 지속성을 높이기 위해, MH가 멀티캐스트 수신 그룹에 가입되지 않은 FN으로 이동한 경우, 수신 트리가 구성되는 동안 이전의 FA로부터 멀티캐스트 패킷을 수신받는다. 이는 유니캐스트 환경에서의 Smooth-Handoff[18]를 응용한 것으로, 이전의 FA는 새로운 FA로부터의 Bind_Update를 통해 탐지한 MH의 바인딩 정보를 유지함으로써 수신된 멀티캐스트 패킷을 MH에게 전송할 수 있다. 방문한 FN의 FA가 수신 트리에 접합하고 MR로부터 멀티캐스트 패킷을 수신하면, 이전 FA에게 탈퇴 메시지를 전송함으로써 터널을 해지한다.



(그림 4) 기본 동작 메커니즘

한편, MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 FN으로 이동했을 경우, 이동 에이전트들은 유니캐스트 패킷 전송과 동일한 동작을 수행한다. 즉, HA 및 이전의 FA가 멀티캐스트 패킷의 전송을 담당함으로써 멀티캐스트 전송을 지원한다.

3.2 구성 엔티티들의 동작 알고리즘

3.2.1 MH의 동작 알고리즘

본 논문에서 고려하는 MH의 동작과정은 기존의 유니캐스트 기반 Mobile IP 환경과 동일하다. MH는 임의의 멀티캐스트 수신 그룹에 가입/탈퇴할 수 있으며, *Join/Leave* 메시지를 HA나 FA에게 전송함으로써 이를 요청한다.

MH가 새로운 FN으로 이동했을 경우, 등록과 병행해서 멀티캐스트 수신 그룹으로의 가입을 수행함으로써 라우팅을 최적화하고 대역폭을 효율적으로 이용할 수 있다. 한편, 이동한 FN이 이미 멀티캐스트 수신 그룹에 가입된 경우엔, 별다른 동작없이 이동한 MH는 바로 패킷을 수신할 수 있다.

3.2.2 HA의 동작 알고리즘

HA는 기존의 Mobile IP 환경에서 담당하는 역할에 추가하여 MR의 역할을 수행한다. 즉, HA는 멀티캐스트를 지원하기 위해 MH로부터의 그룹 가입/탈퇴 요청의 처리와 멀티캐스트 라우팅을 지원한다. 한편, 본 논문에서는 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 FN으로 이동한 경우에도 멀티캐스트를 지원하기 위해, HA가

MH로의 연결에 대한 상태 정보(즉, *true/false*)를 추가로 관리한다.

예컨대, HA는 수신된 멀티캐스트 패킷을 연결에 대한 상태에 따라 MH가 위치한 FN의 FA로의 전송을 결정한다. 다음의 (그림 5)는 제안하는 HA의 동작 알고리즘을 나타낸 것이다. HA는 *Join/Leave* 메시지와 *Pause/Resume* 메시지를 처리하며, 그룹 멤버십(= *members*)과 바인딩 정보(= *binding*)를 기반으로 멀티캐스트 패킷에 대한 MH로의 전송을 결정하고 수행한다.

Algorithm *Multicasting_by_HA*

Variables

- binding_i* = set of binding(or registration) information for mobile host *i*
- members_j* = set of host ids for multicast group *j*
- link* = boolean which indicates whether *tunnel* is available for multicasting

Initially *binding* = nil, *members* = nil

```

upon receiving Joinj from MHi :
    if membersj = nil then
        send Graft to MRj;
    add MHi to membersj;
    update bindingi;

upon receiving Leavej from MHi :
    remove MHi from membersj;
    if membersj = nil then
        send Prune to MRj;
    update bindingi;

upon receiving Dataj from MR :
    for all i ∈ membersj :
        if linki = true then
            send Dataj using
            bindingi; /* forwarding */
        else
            discard Dataj;

upon receiving Pause from MHi or FAi :
    linki = false;

upon receiving Resume from MHi or FAi :
    linki = true;
    
```

(그림 5) HA의 동작 알고리즘

3.2.3 FA의 동작 알고리즘

라우팅 최적화와 대역폭 이용의 효율을 높이기 위해서는 FA를 기반으로 멀티캐스트 전송 트리를 구성하고, 해당 MH에게 패킷을 직접 전달하는 것이 효과적이다.

그러나, 이동한 MH가 새로운 FN에서 멀티캐스트

수신 그룹에 다시 가입해야되는 경우엔, 가입 및 접합 지연으로 인해 연결이 단절되는 단점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해, 본 논문에서는 FA에게 새로운 기능을 추가하여 연결의 지속성을 향상시킨다.

제안하는 기법의 기본 아이디어는 새로운 FA가 멀티캐스트 전송 트리를 구성하는 동안, 이전의 FA는 MH에 대한 바인딩 정보를 참조하여 수신된 멀티캐스트 패킷을 새로운 FA로 전송함에 있다. 이는 Smooth-Handoff를 위해 유니캐스트 환경에서의 FA가 수행하는 기능과 유사하다. 다음의 (그림 6)은 제안하는 FA의 동작 알고리즘을 나타낸 것이다.

```

Algorithm Multicasting_by_FA
Variables
    bindingi = set of binding(or registration) information for mobile host i
    membersj = set of host ids for multicast group j
Initially binding = nil, members = nil
    upon receiving Joinj from MHi :
        if membersj = nil then
            send Graft to MRj and Bind_Update to FAold
            add MHi to membersj
            update bindingi /* create bindingi */
        upon receiving Leavej from MHi or FAnew :
            remove MHi from membersj
            if membersj = nil then
                send Prune to MRj
                update bindingi /* delete bindingi */
            upon receiving Dataj from MRj or FAold :
                synchronize Dataj and deliver Dataj to membersj using bindingmembersj
                send Leavej to FAold
            upon detecting movement of MHi /* Bind_Update from MHi or FAnew or Timeout */
                update bindingi
    
```

(그림 6) FA의 동작 알고리즘

한편, 제안하는 알고리즘을 수행하기 위해서는 FA가 지원하는 IGMP와 바인딩 정보의 확장이 요구된다. 즉, 기존의 IGMP는 특정 멀티캐스트 주소에 대한 수신 멤버의 유·무만 체크하지만, 새로운 FN으로 이동한 MH에게 멀티캐스트 패킷을 전달하기 위해서는 멤버십을 보다 명시적으로 관리해야한다. 이를 위해, FA는 멀티캐스트 주소별로 가입된 모든 MH들의 리스트와 이들의 바인딩 정보(즉, 위치정보)를 함께 관리한다.

요컨대, FA는 자신의 네트워크에 위치하는 멤버들에게는 기존의 방식(예를 들어, 브로드캐스트)으로 멀티캐스트 패킷을 전달하고, 다른 FN에 위치한 MH에게는 터널링을 통해 해당 FA에게 패킷을 전송한다. MH의 이동탐지와 바인딩 정보의 갱신은 MH나 새로운 FA로부터의 Bind_Update 메시지와 타임아웃 등을 활용해서 유지하고 관리한다.

4. 성능 분석

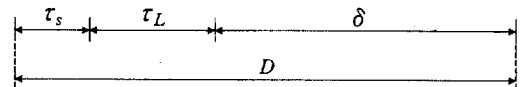
4.1 분석 및 비교

제안한 모델을 평가하기 위해 MH의 이동에 따른 연결 지속성과 대역폭 이용률, 오버헤드 등을 중심으로 효율을 분석하고 기존 연구와 비교한다. 이를 위해, 본 논문에서 고려하는 네트워크는 m 개의 서브넷으로 구성되며, 이 중에서 $k(0 < k \leq m)$ 개의 서브넷이 멀티캐스트를 지원한다. 네트워크 상에는 n 개의 MH가 임의로 분포되어, 단위 시간당 이동률 λ 로 서브넷 사이를 이동함을 가정한다.

4.1.1 연결 지속성

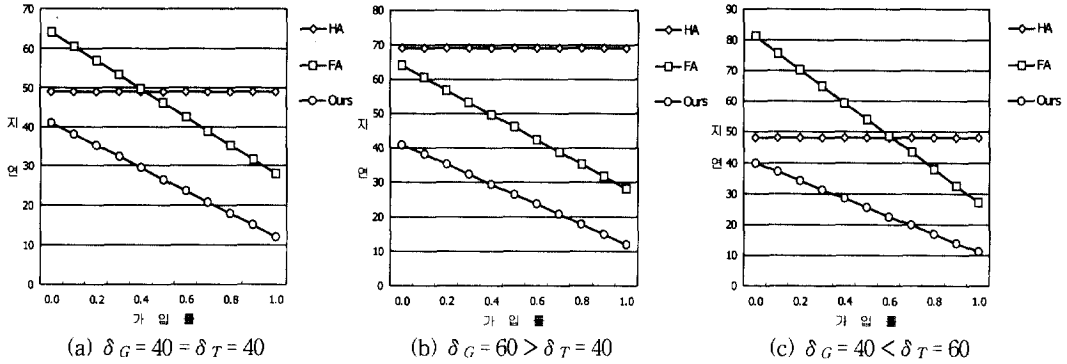
(그림 7)은 MH가 새로운 FN으로 이동해서 멀티캐스트 패킷을 수신하기까지의 지연(D)을 나타낸 것이다. 즉, 지연은 MH가 새로운 FN에서 이동 에이전트를 찾는 시간(τ_s)과 등록 및 가입 요청을 처리하는 시간(τ_L), 이동 에이전트간의 터널링이나 MR간의 수신 트리를 구성하는 시간(δ)으로 구성된다.

δ 를 모델별로 정의하면, HA 기반 모델에서는 FA와 HA 사이의 터널링에 소요되는 시간(δ_G)이며, FA 기반 모델에서는 가장 가까운 MR로의 접합이 처리되는 시간(δ_T)이다. 제안하는 모델에서의 이전 FA와 새로운 FA 사이의 터널링에 소요되는 시간은 δ_G' 으로 정의한다.



(그림 7) 서비스 지연

이를 기반으로 HA 및 FA 기반 모델의 평균지연을 나타내면, 다음의 식 (1), (2)와 같다. 수식 2에서 $P_m (=k/m)$ 은 이동한 FN이 멀티캐스트를 지원할 확률이며, P_j 는 이동한 FN이 멀티캐스트 수신 그룹에 가입되



(그림 8) 연결 지속성의 비교

있을 확률이다. 한편, 이동한 FN이 멀티캐스트를 지원하지 않는 경우, MH가 FN에 머무는 동안(=1/λ)은 멀티캐스트 패킷을 수신하지 못하므로 서비스가 단절되어 심각한 성능저하를 초래한다.

$$D_{HA} = \tau_S + \tau_L + \delta_G \quad (1)$$

$$D_{FA} = P_m(\tau_S + \tau_L + (1 - P_i)\delta_T) + (1 - P_m)\frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

식 (3)은 제안하는 모델의 평균지연을 나타낸 것이다. 새로운 FN이 수신 그룹에 가입되지 않은 경우, FA는 가장 가까운 MR에게 Graft 및 이전 FA로의 Bind_Update를 동시에 요청하므로, min(δ_{G'}, δ_T) 동안 지연이 발생한다. 마찬가지로 멀티캐스트를 지원하지 않는 FN으로 이동한 경우에도 HA로의 터널링 요청과 이전 FA로의 Bind_Update를 동시에 요청하므로, min(δ_G, δ_{G'}) 동안 지연이 발생한다.

$$D_{Ours} = \tau_S + \tau_L + \frac{k}{m} \min(\delta_{G'}, \delta_T)(1 - P_i) + \frac{m-k}{m} \min(\delta_G, \delta_{G'}) \quad (3)$$

식 (1), (2), (3)에 의하면 모델별 지연의 차이는 δ 값에 좌우되는데, 이는 네트워크 상황에 따라 다양하므로 이를 정확하게 예측하는 것은 매우 어렵다. 이에 본 논문에서는 P_m=0.9, λ=0.5인 환경에서 δ_G, δ_T의 상황에 따른 모델별 지연에 대한 분석을 (그림 8)에서 제시한다.

제안하는 모델은 기존 모델보다 우수한 연결 지속성을 보인다. 이는 제안하는 모델에서의 δ는 min(δ_{G'},

δ_T) 및 min(δ_{G'}, δ_G)에 의해, 항상 δ_G 및 δ_T 이하의 지연을 나타내기 때문이다. 또한, 제안하는 모델은 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 FN으로 이동했을 경우, 터널링을 통해 멀티캐스트 패킷의 수신을 지원함으로써 FA 기반 모델에 비해 우수한 연결 지속성을 보인다.

4.1.2 대역폭 이용률

모델별 대역폭(B)은 채널수에 비례한다. HA 기반 모델은 유니캐스트에 의존하므로, 항상 MH의 수와 같은 채널이 요구된다. 반면에 FA 기반 모델의 경우, 동일한 서브넷에 위치한 MH는 채널을 공유하므로, 밀도(1 ≤ ρ ≤ n)가 높을수록 좋은 효율을 보인다.

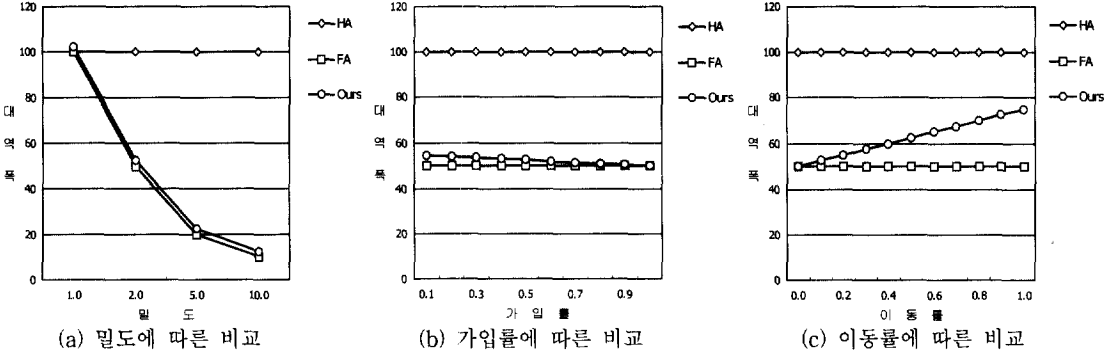
한편, 제안하는 모델은 방문한 FN이 수신 그룹에 가입되지 않았거나 멀티캐스트를 지원하지 않을 경우, 일시적으로 이전 FA와 새로운 FA 사이에 유니캐스트 채널을 유지한다. 따라서, 모든 FN이 멀티캐스트를 지원하고 채널당 사용되는 대역폭이 β 라면, 제안하는 모델의 대역폭은 식 (4)와 같다. 여기서 Δ_D는 min(δ_{G'}, δ_T)과 δ_T의 차이로서, 이전 FA와의 채널이 유지되는 시간이다.

$$B_{Ours} = n\beta\left(\frac{1}{\rho} + \lambda\Delta_D(1 - P_i)\right) \quad (4)$$

(그림 9)는 식 (4)를 기반으로 밀도와 가입률, 이동률에 따른 모델별 대역폭을 비교한 것이다. 일반적으로 제안하는 모델은 HA 기반 모델보다 월등하며, 가입률이 높거나 이동률이 낮을수록 FA와 대등한 효율을 보인다.

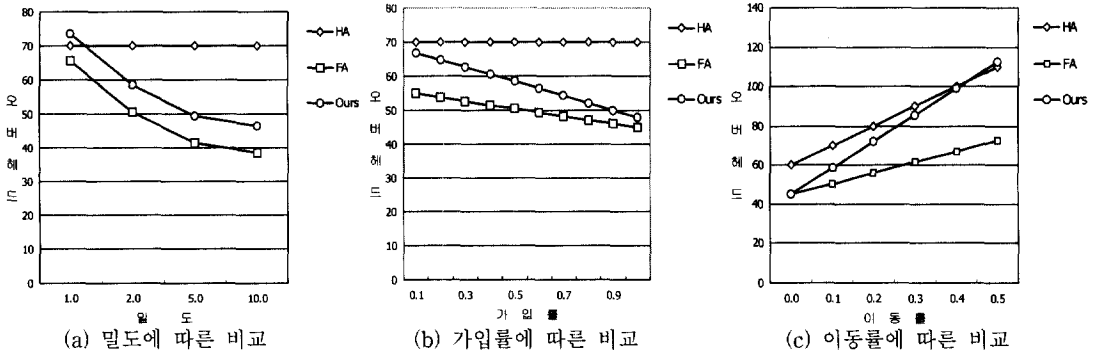
1) 수신 그룹에 가입된 서브넷에 위치한 평균 MH의 개수

분석 환경 : $P_m=1.0, P_j=0.5, n=10, \lambda=0.1, \rho=2, \beta=10, \Delta_D=0.1$



(그림 9) 모델별 대역폭의 비교

분석 환경 : $P_m=1.0, P_j=0.5, \lambda=0.1, \rho=2, n=10, \sigma_R=3, \sigma_C=3, \sigma_{tunnel}=10, \sigma_{tree}=11$



(그림 10) 모델별 오버헤드의 비교

4.1.3 라우팅 오버헤드

라우팅 오버헤드는 MH의 이동에 따른 등록 및 채널 관리와 터널링 및 트리 구성을 위한 버퍼 및 프로세싱 오버헤드로 구성된다. MH의 등록 관리 오버헤드를 σ_R , 채널 관리 오버헤드를 σ_C , 터널링 오버헤드를 σ_{tunnel} , 트리 구성 오버헤드를 σ_{tree} 로 정의할 때, 모델별 오버헤드를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$O_{HA} = n(\sigma_R + \sigma_C + \lambda\sigma_{tunnel}) \quad (5)$$

$$O_{FA} = n\sigma_R + \frac{n}{\rho}\sigma_C + n\lambda(1 - P_j)\sigma_{tree} \quad (6)$$

$$O_{Ours} = n(1 + \lambda)\sigma_R + \frac{n}{\rho}\sigma_C + n\lambda(1 - P_j)(\sigma_{tunnel} + \sigma_{tree}) \quad (7)$$

(그림 10)은 식 (5), (6), (7)을 기반으로 밀도와 가입률, 이동률에 따른 모델별 오버헤드를 그래프로 나타

낸 것이다. 일반적으로 FA 기반 모델은 HA 기반 모델에 비해 오버헤드가 매우 적다. 제안하는 모델은 HA와 FA 기반 모델의 중간 정도의 라우팅 오버헤드를 가지며, 이동률이 낮거나 가입률이 높을수록 FA와 대등한 오버헤드를 보인다.

4.2 요약 및 평가

<표 1> 모델별 분석결과표

항목	HA 기반	FA 기반	제안하는 기법
연결의 지속성	높음 (λ)	보통 (P_m, P_i, λ)	아주 높음 (P_i, λ)
대역폭 이용률	낮음 (n)	매우 높음 (ρ)	높음 (ρ, P_i, λ)
라우팅 오버헤드	많음 (n, λ)	적음 (n, ρ, P_i, λ)	보통 (n, ρ, P_i, λ)
기존 프로토콜의 변경 정도	매우 적음	적음	보통

<표 1>은 분석결과를 요약한 것으로, 괄호 안의 내용은 항목에 중요한 영향을 미치는 요인을 나타낸다. 제안하는 모델은 연결 지속성 측면에서 기존의 연구보다 우수성을 나타내며, 대역폭 측면에서는 FA 기반과 대등한 성능을 나타낸다. 라우팅 오버헤드는 중간 정도의 성능을 보이며, 밀도 및 가입률이 높거나 이동률이 낮을수록 오버헤드가 낮다. 즉, 제안하는 모델은 HA와 FA 기반 모델의 장점을 취하고 있다. 단점으로는 기존 연구에 비해 프로토콜의 변경 정도가 많지만, IGMP와 등록과 관계된 일부만 변경되므로 크게 문제되지는 않는다. 결론적으로 제안하는 모델은 라우팅 효율과 연결 지속성 측면에서 모두 효과적이라고 할 수 있다.

5. 결 론

Mobile IP 기반의 이동컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 방안은 크게 HA 기반 모델과 FA 기반 모델로 구분된다. 라우팅 및 대역폭의 효율을 고려한다면, HA 보다는 FA 기반 모델이 효과적이다. 그러나, MH의 이동이 빈번할 경우, 가입 및 접합 지연으로 인해 연결 지속성이 떨어지는 단점을 제공한다. 특히, MH가 멀티캐스트를 지원하지 않거나 멀티캐스트 수신 그룹에 가입되지 않은 FN으로 이동한 경우, 서비스 단절 및 멀티캐스트 트리로의 접합지연으로 인한 지연이 발생한다.

이의 해결을 위해, 본 논문에서는 확장된 FA 기반의 새로운 라우팅 방안을 제안했다. 제안하는 모델에서는 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 FN으로 이동한 경우, HA에 기반한 멀티캐스트를 지원한다. 또한, MH가 새로운 FN으로 이동하여 가입을 요청하고 처리하는 동안, 이전의 FA는 새로운 FA에게 멀티캐스트 패킷을 전달하여 지연을 줄인다. 즉, 기본적으로는 FA에 기반해서 멀티캐스트를 지원하는 한편, MH의 이동 시에는 부분적으로 유니캐스트 방안을 적용한다. 이를 위해 제안하는 모델에서의 FA는 기존의 IGMP와 등록 정보의 확장을 통해, MH의 이동 및 위치정보를 파악하고 있어야 한다.

본 논문에서는 이를 위한 이동 에이전트들의 동작 알고리즘을 제안했으며, 기존의 연구와 연결 지속성, 대역폭 이용률, 오버헤드 및 라우팅 비용 측면에서 효율을 비교하고 가능성을 평가하였다. 분석결과, 제안하

는 모델은 라우팅 최적화 및 네트워크 대역폭의 효율적인 활용, 연결 지속성의 향상 측면에서 장점을 보였다. 단점으로는 이동 에이전트에서의 오버헤드 및 기존 프로토콜의 변경에 관한 비용이 추가되지만, 분석결과 큰 비중을 차지하지는 않음을 알 수 있었다.

제안하는 모델은 이동환경에서의 멀티캐스트를 효과적으로 지원함으로써, 시간과 공간을 초월한 편리한 서비스의 구현을 지원할 것으로 예상된다. 향후 연구 과제로는 이동환경에서의 멀티미디어 서비스 구현을 비롯하여, 비신뢰적인 유·무선망에서의 신뢰적인 멀티캐스트 전송 기술에 관한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support," *Internet RFC 2002*, Oct. 1996.
- [2] C. Perkins, "Mobile Networking through Mobile IP," *IEEE Internet Computing*, Jan · Feb. 1998, pp.58-69.
- [3] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," *Internet RFC 1112*, Aug. 1989.
- [4] S. Casner and S. Deering, "First IETF Internet Audiocast," *ACM Computer Commun. Review*, Vol. 22, No.3, Jul. 1992, pp.92-97.
- [5] K. Almeroth, "The Evolution of Multicast : From the Mbone to Interdomain Multicast to Internet2 Deployment," *IEEE Network*, Jan. 2000, pp.10-20.
- [6] K. Obraczka, "Multicast Transport Protocols : A Survey and Taxonomy," *IEEE Communications Magazine*, Jan. 1998, pp.94-102.
- [7] D. Waitzman, C. Portridge, and S. Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)," *Internet RFC 1075*, Nov. 1988.
- [8] J. Moy, "Multicast extensions to OSPF," *Internet RFC 1584*, Mar. 1994.
- [9] T. Ballardie, P. Francis, and J. Crowcroft, "Core Based Trees (CBT) : An Architecture for Scalable Multicasting Routing," *ACM SIGCOMM*, San Francisco, CA, Sep. 1997.
- [10] S. Deering et al., "PIM Architecture for Wide-Area Multicast Routing," *IEEE/ACM Trans. Net.*, Apr. 1996, pp.153-62.

[11] H. Eriksson, "MBone : the multicast backbone," *Communications of the ACM* 37 (8), 1994, pp.54-60.

[12] V. Chikarmane, R. Bunt, and C. Williamson, "Mobile IP-based Multicast as a Service for Mobile Hosts," in Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Services in Distributed and Networked Environment, 1995, pp.11-18.

[13] A. Acharya, A. Bakre, and B. R. Badrinath, "IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking," in Proc. of the IEEE INFORCOM '96, 1996, pp. 67-79.

[14] G. Xylomenos and G. Polyzos, "IP Multicast for Mobile Hosts," *IEEE Communications Magazin*, Jan. 1997.

[15] V. Chikarmane and C. L. Williamson, "Multicast Support for Mobile Host using Mobile IP : Design Issues and Proposed Architecture," *ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications*, 1998, pp.365-379.

[16] K. Brown and S. Singh, "ReIN : Reliable Multicast for Mobile Networks," *Computer Communications*, 21(16), Aug. 1998, pp.1379-1400.

[17] G. Anastasi, A. Bartoli, and F. Spadoni, "Group Multicast in Distributed Mobile Systems with Unreliable Wireless Network," in Proc. of the 18th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems, Oct. 1999, pp.14-23.

[18] C. Perkins, et. al., "Route Optimization in Mobile IP," draft-ietf-mobileip-optim-09.txt.



강 필 용

e-mail : kangpy@it.soongsil.ac.kr

1996년 송실대학교 소프트웨어공

학과 졸업(학사)

1998년 송실대학교 대학원 컴퓨터

학과(석사)

1998년~현재 송실대학교 대학원

컴퓨터학과 박사과정

관심분야 : 멀티캐스팅, Mobile IP, 멀티미디어 통신, 컴퓨터 네트워크 등



신 용 태

e-mail : shin@computing.soongsil.ac.kr

1985년 한양대학교 산업공학과

졸업(학사)

1990년 Univ. of Iowa 전산학과

(석사)

1994년 Univ. of Iowa 전산학과

(박사)

1994년~1995년 Michigan State Univ. 전산학과 객원교수

1995년~현재 송실대학교 컴퓨터학부 조교수

관심분야 : 멀티캐스팅, 실시간통신, 이동인터넷 통신, 전자상거래 등