

트리 재구성 비용과 터널링 비용의 비교에 근거한 모바일 멀티캐스트 라우팅 기법

A Mobile Multicast Routing Mechanism based on the Comparison of Tree Reconstruction Cost and Tunneling Cost

김재수* 백덕화**
Jae-Soo Kim Deuk-Hwa Baek

요약

모바일 멀티캐스팅은 크게 원격가입과 양방향 터널링 기법으로 나누어진다. 원격가입 방법은 멀티캐스트 트리를 관리하는데 많은 비용이 발생하며, 양방향 터널링 방법은 비효율적인 라우팅 경로를 가지게 된다. 본 논문에서는 패킷의 터널링 및 트리 재구성 비용과 관계되는 비용함수에 근거하여 동작하는 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법을 제안한다. 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법은 기본적으로 비용함수를 사용하여 홈 에이전트로부터 멀티캐스트 패킷을 터널링하는 포워딩 비용과 외래 에이전트가 멀티캐스트 그룹에 가입하는 멀티캐스트 트리 재구성 비용 사이의 적은 비용을 찾고자 하는 것이다. 이동 호스트가 외래 에이전트의 영역으로 이동한 경우, 외래 에이전트는 포워딩 비용과 트리 재구성 비용에 따른 비용함수를 구하여 비용함수에 의해 계산된 임계값을 중심으로 패킷의 포워딩을 계속할 것인가 아니면 새롭게 전달 트리를 재구성할 것인가를 동적으로 결정하게 된다. 이 방법은 이동 호스트의 이동 속도나 그룹 구성원의 수에 관계없이 최적의 전송비용으로 멀티캐스트 패킷을 전달하는 효과를 가져올 수 있다.

Abstract

Mobile multicast schemes are classified into remote subscription and bi-directional tunneling. While the former scheme has much overhead in the maintenances of multicast tree, the latter suffers from inefficient routing. In this paper, we propose dynamic mobile multicast routing (DMMR) scheme, which is operated on the basis of cost functions related with forwarding cost and tree reconstruction cost. Basically DMMR intends to find lower cost between forwarding cost and tree reconstruction cost. Forwarding cost is the cost of tunneling multicast packets from home agent, and tree reconstruction cost is the joining cost of foreign agent to multicast group. In the case that a mobile host moves to the other area, its foreign agent calculates cost functions related with forwarding cost and tree reconstruction cost. If forwarding cost is higher than tree reconstruction cost, foreign agent joins to multicast group and reconstructs the multicast tree. Accordingly, foreign agent can dynamically adapt remote subscription or bi-directional tunneling. Our scheme provides more stable multicast service to the mobile hosts regardless of the movements of mobile host and the number of mobile group members.

Keyword : Mobile computing, Mobile multicast routing, Mobile-IP multicast

1. 서론

무선 네트워크 기술의 비약적인 발전과 노트북 컴퓨터와 PDA와 같은 휴대용 컴퓨터의 폭

넓은 보급으로 인하여 휴대용 컴퓨터를 사용하여 다른 지역으로 이동하면서 통신하고자 하는 요구가 폭발적으로 증가하고 있다. 이러한 요구 중에서 이동 중인 사용자들이 일기예보, 여행정보와 증권정보 등과 같은 일대다 또는 다대다 간의 멀티캐스트 서비스가 크게 관심을 끌고 있다[1].

* 통신회원 : 상주대학교 컴퓨터공학과 교수
jskim@sangju.ac.kr(제 1저자)

** 정 회 원 : 창원전문대학 인터넷정보과 교수
dhbaek@changwon-c.ac.kr(공동저자)

지금까지 이동 중인 컴퓨터, 즉 이동 호스트(Mobile Host, MH)에 대한 멀티캐스트 서비스를 위한 방법이 많이 제안되어 왔지만, 이동에 따른 여러 가지 문제로 인하여 여전히 어려운 일로 여겨지고 있다. 컴퓨터가 이동하는 환경에서 MH의 위치를 관리하여야 하며, 멀티캐스트 서비스를 위하여 그룹 멤버십(Group Membership)을 관리하여야 하며, 필요한 경우 데이터 전달을 위한 멀티캐스트 경로 설정을 다시 하여야 한다. 더구나, DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)과 같은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 고정된 호스트를 대상으로 멀티캐스트 전송 트리를 구성하여 데이터를 전달하는 방법이다. 만약 MH가 이동할 때마다 송신자에서 MH까지 경로를 재구성하여 데이터를 전송한다면, 전송 중에 패킷의 손실이 많이 발생하거나, MH의 이동에 따른 핸드오프 지연 시간이 길어져서 멀티캐스트 서비스의 질이 엄청나게 저하되게 된다[2-4].

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Mobile IP와 DVMRP 프로토콜을 확장하여 MH의 이동에 따라 동적으로 멀티캐스트 라우팅을 구성하는 방법을 제안한다. MH가 홈 에이전트(Home Agent, HA)의 영역을 벗어나 외래 에이전트(Foreign Agent, FA)의 영역으로 이동한 경우 FA가 이미 그룹에 가입해 있다면, 송신자는 FA에게 멀티캐스트 그룹 관리를 위한 어떠한 제어 패킷도 보낼 필요가 없다. 하지만, FA가 아직 그룹에 가입해 있지 않다면, HA로부터 멀티캐스트 패킷을 포워딩(Forwarding) 받을 것인지 아니면 멀티캐스트 트리를 새로이 구성할 것인지는 MH의 이동성에 관련한 비용과 네트워크 비용, 포워딩 비용으로 통합된 비용함수에 따라 결정하게 된다. 즉, FA는 HA로부터 멀티캐스트 터널을 통하여 멀티캐스트 패킷을 전달받을 것인지 아니면 FA를 중심으로 전송 트리를 재구성할 것인지를 결정한다.

2. 관련연구

이동 멀티캐스트 기법은 크게 HA기반 방식과 FA기반 방식으로 나뉜다. HA기반 방식은 MH의 HA가 IGMP(Multicast Group Membership Protocol) 동작을 수행하여 멀티캐스트 그룹에 등록하고 이를 기반으로 멀티캐스트 트리가 구성되며 HA와 FA사이에는 멀티캐스트 터널을 형성하여 멀티캐스트 패킷을 포워딩하여 MH에게 전달한다. 이 방법의 장점은 멀티캐스트가 MH와는 별개로 동작하므로 MH가 이동하더라도 HA와 FA사이의 연결만으로 멀티캐스트가 수행되므로, 기존의 Mobile-IP 프로토콜에 별다른 추가 메커니즘이 요구되지 않아 호환성이 매우 높다. 그러나 멀티캐스트 패킷이 HA를 경유하여 전달되므로 전송 경로가 최적화되지 못하고, HA가 이동 호스트들에게 메시지를 일일이 복사해서 FA까지 터널링(Tunneling)하여 패킷이 전달되므로 효율성과 확장성이 떨어지며 HA에서 패킷의 캡슐화로 인한 부하가 발생한다. 뿐만 아니라, 만약 하나의 FA 영역에서 서로 다른 HA로부터 같은 멀티캐스트 데이터를 수신하는 이동 호스트가 다수 존재하게 되면 중복되는 터널링을 받게 되는 터널집중 현상(Tunnel Convergence) 문제가 발생한다[5, 6].

MoM(Mobile Multicast) 프로토콜은 대표적인 HA기반의 접근방법으로서 터널집중현상을 해결하기 위하여 제안되었다. 즉, 서로 다른 HA로부터 공통의 FA로 터널링되는 데이터그램의 중복을 피하기 위하여 DMSP(Designated Multicast Service Provider) 기법을 사용하였다. FA는 여러 HA 중에서 하나의 HA를 DMSP로 지정하여, 지정된 DMSP가 자신에게 멀티캐스트 패킷을 터널링하도록 함으로서 멀티캐스트 패킷을 중복하여 받는 것을 피할 수 있다. 하지만 이동 호스트가 다른 지역으로 이동해 감에 따라 DMSP를 다시 선택해야 하는 DMSP 핸드오프 문제가 발생한다[7, 8].

FA기반방식인 원격가입(Remote Subscription) 방법은 MH가 FA 영역으로 이동할 때마다 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 트리를 재구성하는 방법이다. MH의 이동시 새로운 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하고, 이전의 FA는 그룹에서 탈퇴하는 형태를 가지게 된다. 이 방법은 FA를 기준으로 항상 최적의 멀티캐스트 트리가 설정되고 터널집중현상이 발생하지 않는 장점이 있지만, MH의 이동이 빈번한 경우는 호스트의 이동에 따라 멀티캐스트 그룹에 가입하고 탈퇴하는 과정을 매번 반복하게 되는데 이 때마다 멀티캐스트 트리를 재구성하는데 많은 비용이 소비될 수 있을 뿐만 아니라 멀티캐스트 패킷의 전송 지연과 손실이 발생할 수 있다[5].

트리의 재구성 횟수를 줄이기 위해 Mobile-IP의 계층적 지역가입 방법이 제안되고 있다. 계층적 지역가입 방법은 네트워크를 계층형 트리 구조를 가진 도메인그룹으로 구성하고 각 도메인의 FA가 멀티캐스트그룹에 가입하여 MH에게 서비스하는 방법이다. 이 방법의 장점은 MH가 도메인 내에서 이동할 경우에 전송 트리의 재구성이 없이 효율적으로 서비스를 할 수 있다. 하지만 도메인간의 이동이 잦을 경우와 고정된 도메인과 MH의 이동 패턴이 일치하지 않는 경우에 여전히 재구성 오버헤드가 발생한다[9].

RBMoM(Range Based MoM)은 MHA(Multicast Home Agent)와 서비스 범위(Service Range) 개념을 사용하여 HA기반 방식과 FA기반 방식의 장점을 취하기 위하여 제안되었다. MHA는 MH를 대신하여 멀티캐스트 그룹에 가입하며, 현재 MH가 있는 FA에게 멀티캐스트 패킷을 전송한다. MHA의 서비스 범위는 MHA 자신이 MH를 관할하는 범위를 말하며, 따라서 자신의 서비스 범위 내에 있는 FA를 통해 MH에게 멀티캐스트 패킷을 전달한다. RBMoM의 성능은 서비스 범위 값에 따라 중요한 영향을 받는다. 이 방법은 MH가 서비스범위 영역내의 이동

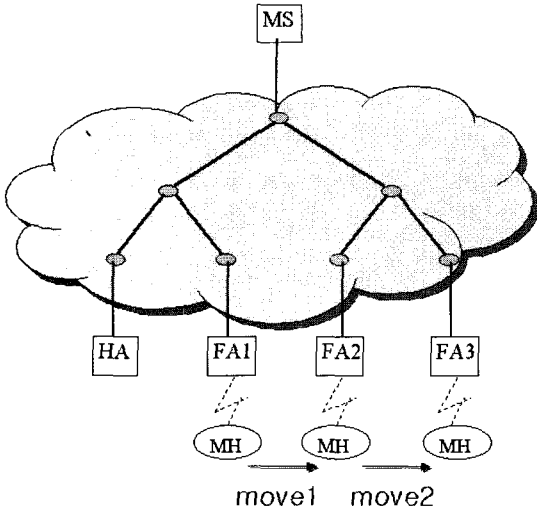
할 경우에는 전송 트리의 재 구성없이 서비스를 받을 수 있다. 하지만 서비스 범위가 작은 값을 가지게 되면 원격가입 기법처럼 멀티캐스트 트리 재구성 횟수가 증가하게 된다. 또한 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 외래 네트워크로 이동할 때, 서비스 끊김으로 인한 데이터 손실이 발생한다 [10, 11].

3. 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법

3.1 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 비용함수에 의한 동적 이동 멀티캐스트 라우팅(DMMR: Dynamic Mobile Multicast Routing) 기법의 시스템 구조는 전형적인 이동 컴퓨팅 환경에서 동작하며 그 구조는 그림1과 같다. 그림1에서 MS(Multicast Source)는 멀티캐스트 패킷의 송신자를 나타내며, FA1과 FA2는 멀티캐스트 그룹에 가입해 있고 FA3는 멀티캐스트 그룹에 가입해 있지 않은 경우, MH의 이동 상황인 move1과 move2를 살펴보자. MH가 move1과 같이 이동하는 경우는 MH가 FA2를 통하여 계속하여 멀티캐스트 서비스를 받을 수 있지만, move2인 경우는 FA3이 멀티캐스트 그룹에 가입을 하여 MH에게 서비스를 하든지 아니면 HA로부터 터널링을 통하여 멀티캐스트 패킷을 넘겨받아 서비스를 해야 한다.

본 논문에서는 멀티캐스트 서비스를 받고 있는 MH가 다른 FA의 영역으로 이동하였을 경우, HA로부터 FA까지 터널링을 통하여 멀티캐스트 패킷을 계속 전달받는 비용과 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 트리의 재구성을 통하여 멀티캐스트 패킷을 계속 전달받는 비용을 계산하여 비용이 적은 방법을 선택하여 MH에게 멀티캐스트 서비스를 제공하는 비용함수에 근거한 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법을 제안한다.



(그림 1) 이동 컴퓨팅 시스템의 구조

MH의 이동에 따른 동적 이동 멀티캐스트 라우팅을 위하여 다음과 같은 가정을 한다.

- 멀티캐스트 패킷은 비신뢰성을 가지며 비연결지향의 전송을 한다.
- MH는 어느 때라도 임의의 멀티캐스트 그룹에 가입하거나 탈퇴할 수 있다.
- MHA는 HA 중에서 선택되며, 외래 네트워크에 있는 MH를 위해 FA에게 멀티캐스트 데이터를 포워드 하는 에이전트이다.
- 각 네트워크의 에이전트는 그 네트워크에서 멀티캐스트 라우터로 동작하며, 멀티캐스트 서비스의 송신자는 고정 호스트이다.

3.2 동작과정

본 논문에서 제안하는 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법의 동작 과정은 다음과 같다. MH가 새로운 FA의 지역으로 이동하였을 때 먼저 FA가 그룹에 가입이 되어있는지를 확인한다. FA가 그룹에 이미 가입이 되어 있으면 어떠한 제어패킷도 보낼 필요 없이 현재의 FA는 MH에게 패킷을 전달한다. FA가 그룹에 가입되어 있지 않으면 이동속도에 따라 저속 이동이면 DVMRP를

이용하여 멀티캐스트 트리를 재구성하여 멀티캐스트 데이터를 서비스한다. 이동속도가 고속으로 이동할 경우 이전의 홈 네트워크가 전달트리에 가입이 되어 있느냐에 따라 포워딩 포인트의 선택이 달라진다.

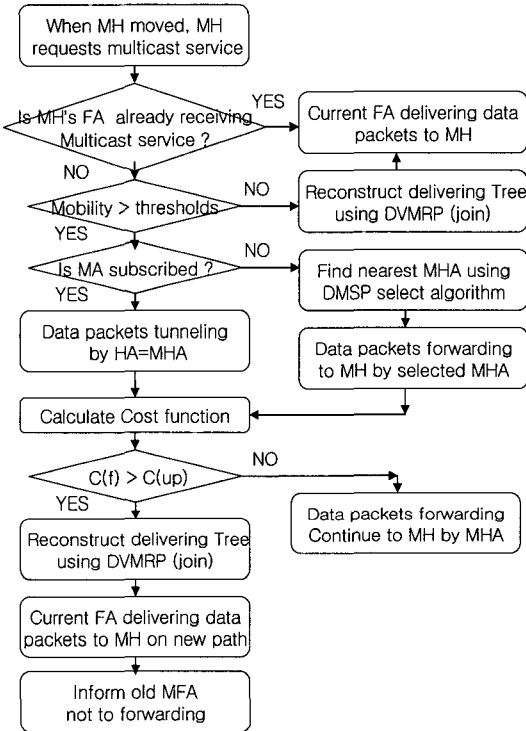
이동으로 인하여 HA로부터 멀티캐스트 패킷을 포워딩해야 하는 경우는 여러 HA로부터 하나의 FA로 터널이 집중되는 터널집중 현상을 고려하여야 한다. 본 논문에서는 터널집중 현상을 방지하기 위하여 RBMoM의 MHA 기법을 사용하기로 한다. 만약 이전의 홈 네트워크가 멀티캐스트 트리에 가입이 되어 있으면 그 홈 네트워크의 HA는 MHA가 되어 멀티캐스트 데이터를 포워딩하게 되며, 그렇지 않을 경우 MHA 선택 알고리즘을 이용하여 FA에서 가장 가까운 HA를 MHA로 선택한다. 선택된 MHA는 멀티캐스트 데이터 패킷을 복사하여 터널링으로 FA까지 보내게 되며 FA는 MH에게 이들 패킷을 전달한다.

MHA로부터 멀티캐스트 패킷을 터널링 받는 동안 MH가 느리게 움직여서 하나의 FA에 오래 머물게 되면 터널링에 따른 오버헤드가 늘어나게 된다. 이 경우 트리를 재구성하여 최적경로로 전달경로를 재구성하는 것이 유리하다. 트리의 재구성은 MHA로부터의 터널링과 병행하여 실행된다. 터널링과 관련된 비용이 멀티캐스트 라우팅 트리의 재구성 비용보다 크다고 판단이 되면 데이터를 터널링하는 동안 FA는 멀티캐스트 그룹에 가입하여 트리를 재구성한다.

즉 MHA로부터 데이터를 터널링하는 동안 FA는 비용함수의 값을 계산하여 포워딩 비용 $C(f)$ 와 멀티캐스트 트리의 재구성 비용 $C(up)$ 을 비교하여 재구성 비용이 낮을 경우, FA는 멀티캐스트 트리에 가입하여 새로운 경로를 통해 패킷을 MH에게 전달하게 된다. 멀티캐스트 트리의 재구성이 완료되면 HA는 멀티캐스트 패킷의 터널링을 중지한다. 따라서 기존의 터널링을 통한 경로는 삭제됨으로서 지나치게 길어질 수 있는 터널링을 통한 전달비용을 줄이고 전체 전달경로

를 최적화할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 동적 멀티캐스트 라우팅 알고리즘의 흐름도는 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 멀티캐스트 라우팅의 흐름도

3.3 비용함수의 계산

논문에서 제안하는 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법은 MH에게 멀티캐스트 패킷을 전달하기 위하여 HA로부터 멀티캐스트 패킷을 수신하는 동안 멀티캐스트 전달 트리를 재구성할 것이 아니라 MHA로부터 멀티캐스트 패킷의 포워딩을 계속할 것인가를 결정하게 된다. 멀티캐스트 에이전트는 이러한 결정을 비용 함수에 근거하여 판단을 하게 된다.

(1) 포워딩 비용

포워딩 비용은 멀티캐스트 패킷을 수신한 HA

가 MH의 현재 FA에게 패킷을 터널링하여 전달하는데 드는 비용을 말한다. 이 비용은 유선 네트워크에서 경로 상의 홉(Hop) 수와 관련이 있으며, 본 논문에서는 이 비용함수를 지연 시간(ms)으로 표시한다. 포워딩 비용을 구하기 위하여 멀티캐스트 패킷의 송신자에서 MH의 MHA까지 경로의 홉 수를 H_{SRC_MHA} 로 정의하고 MH의 MHA에서 MH가 있는 FA까지 경로(Hop 수)를 H_{MHA_FA} 로 한다. 또한, 패킷이 하나의 홉을 지나는 전달 지연시간을 C_{hop} 이라고 하고, HA에서 패킷의 포워딩 처리에 관련된 지연시간을 C_{MF} , 이동호스트의 이동에 따라 에이전트가 위치를 등록하는데 걸리는 지연시간을 C_{reg} 라고 하면 포워딩 비용 $C(f)$ 는 식(1)과 같다.

$$C(f) = \sum_{H_{SRC_MHA}} C_{hop} + \sum_{H_{MHA_FA}} C_{hop} + C_{MF} + C_{reg} \quad (1)$$

포워딩 비용은 MH가 움직이는 속도를 나타내는 이동성 요소에 의하여 그 값이 삭감될 수 있다. 만약 MH가 네트워크 사이를 빠르게 움직이면 MH가 다른 곳으로 이동해 나갈 가능성이 많으므로 포워딩 비용은 낮아지며, 느리게 움직이게 되면 포워딩 비용은 높아지게 된다.

(2) 네트워크 비용

네트워크 비용은 MH가 새로 이동한 FA에서 가장 가까운 그룹에 속한 라우터까지 멀티캐스트 전달 트리를 재구성하는데 드는 비용으로서 거리와 관련이 있다. 네트워크 비용은 로컬 네트워크에서 라우팅 테이블 갱신 메시지를 조사함으로써 비용 정보를 간접적으로 구하거나, 하나의 멀티캐스트 라우터를 지정하여 이 라우터가 직접 비용을 계산한다. 네트워크 비용은 멀티캐스트 패킷의 송신자로부터 MHA까지의 홉 수와 관련이 있으므로 라우팅 테이블을 조사함으로써 네트워크 비용을 계산할 수 있다. MH가 이동한 새로운

FA에서 멀티캐스트 트리까지의 경로(Hop 수)를 H_{CR_FA} 라 하고, 트리의 재구성으로 인하여 멀티캐스트 트리에서 삭제되어야 할 경로(Hop 수)를 H_{CR_FA} 라 하고, 라우터가 멀티캐스트 그룹의 가입을 처리하는데 걸리는 지연시간을 C_{group} 이라고 하면, 멀티캐스트 트리를 재구성하는데 드는 비용 $C(up)$ 은 식 2와 같다.

$$C(up) = \sum_{H_{\alpha\beta}} C_{group} + \sum_{H_{\alpha\beta}} C_{group} + C_{reg} \quad (2)$$

멀티캐스트 트리가 재구성된 후, 송신자에서 MH의 새로운 FA'까지의 경로의 홉 수를 H_{SRC_FA} 라고 하면 송신자에서 멀티캐스트 패킷의 전달 비용 $C(re)$ 는 식 3과 같다.

$$C(re) = \sum_{H_{SRC_FA}} C_{hop} \quad (3)$$

호스트의 이동에 따른 멀티캐스트 패킷의 전달은 트리의 재구성 비용과 HA로부터의 전달 비용에 따라 성능이 좌우되기 때문에 본 논문에서는 FA가 멀티캐스트 패킷을 전달하기 위한 전달 비용과 임계값을 비교하여 전달비용이 더 크게 되면 전달을 중지하고 멀티캐스트 트리를 재구성하여 멀티캐스트 패킷을 전달하게 한다.

송신자로부터 MH가 있는 노드까지의 Depth를 d , 한 노드가 가지는 트리의 Degree를 m 이라고 하면 $n = m^d$ 이며, 이 경우 임의의 노드에서 패킷의 전달을 위한 서비스 범위의 최대값은 $2d = 2\log_m n$ 이 된다. 트리가 재구성될 교차지점인 HCR_FA 와 HCR_FA' 는 Depth d 값 보다 작은 값을 나타내므로 트리의 재구성 횟수를 줄이면서 최적의 전달경로를 유지할 수 있다.

(3) 호스트의 이동정보

FA는 HA로부터 MH의 정보를 받아 분석함으

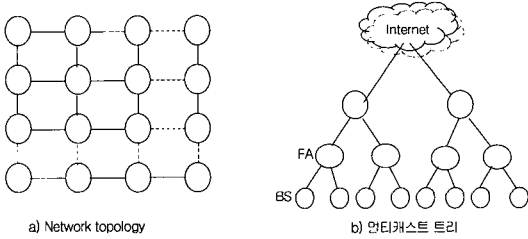
로서 MH의 이동 정보를 구할 수 있다. R_i 는 이동 호스트 MH_i 의 거주시간을 나타낸다고 하면 MH_i 의 이동정보는 다음과 같다. MH_i 의 이동방향은 출발지로부터 현재 거주지역까지의 거리벡터로 구할 수 있으며, 이전 노드에서의 거주시간은 MH의 이전 노드 도착시간 t_{i-1} 에서 현재 노드의 도착 t_i 를 빼면 알 수 있다. 즉, 이전 노드에서의 거주시간(ΔtR_{i-1})은 $\Delta tR_{i-1} = t_i - t_{i-1}$ 이 된다. 따라서 MH_i 는 이전의 기지국에서 t_{i-1} 시간에 출발하였으며 이전 노드에 ΔtR_{i-1} 시간 동안 머물러 있었다는 것을 알 수 있다. 이처럼 이전 노드의 거주시간 ΔtR_{i-1} 로부터 이동도 패턴을 알 수 있다. Mobile-IP는 MH가 1 net/sec의 속도로 이동하는 것을 가정하고 있다. 하지만 MH의 등록과 그룹 구성원 정보, 터널링 등 멀티캐스팅과 관련된 지연시간을 고려하여 본 논문에서는 3 net/sec 보다 빠른 속도로 이동을 하게 되면 MH는 빠르게 이동 중인 것으로 간주한다. 이 경우는 터널링 비용을 50% 할인하게 되며, 느리게 이동 중이라고 판단이 되면 터널링 비용은 정상적으로 계산된다.

4. 성능 분석

본 절에서는 본 논문에서 제안한 비용함수에 근거한 동적 이동 멀티캐스트 라우팅 기법의 성능을 분석한다. 네트워크의 크기는 10*10개이며 중앙지점에 멀티캐스트 소스가 있다고 가정한다. 시뮬레이션에 적용된 네트워크 토폴로지와 멀티캐스트 트리 구성은 그림3과 같다. 아울러 각 서브네트워크 간의 데이터 전송 경로 거리는 두 점간의 최단 거리로 계산하며, 모든 서브네트워크에는 멀티캐스트 라우터가 있다고 가정한다.

시뮬레이션 환경변수는 표 1과 같다. 아울러 멀티캐스트 패킷의 전달에 사용된 인수는 $C_{MF} = 7ms$, $C_{hop} = 3.5 ms$, $C_{reg} = 10ms$, $C_{group} =$

3ms 로 설정하였으며, MH가 임의로 이동한 거리의 평균값으로 평가를 하였다.



〈그림 3〉 시뮬레이션 구성도

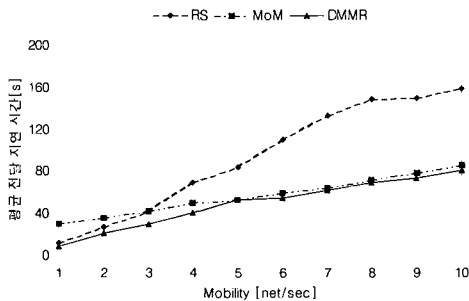
〈표 1〉 시뮬레이션 환경

환경 변수	값
네트워크의 수(Mobile Agent)	100(10X10)
멀티캐스트 그룹의 수	1
멀티캐스트 송신자의 수	1
멀티캐스트 그룹의 크기 (MH의 수)	1, 50, 100, 150, 200, 250, 300
MH의 이동 속도 (net/sec)	1 - 10
멀티캐스트 패킷 발생률 (Packets/time unit)	0.1

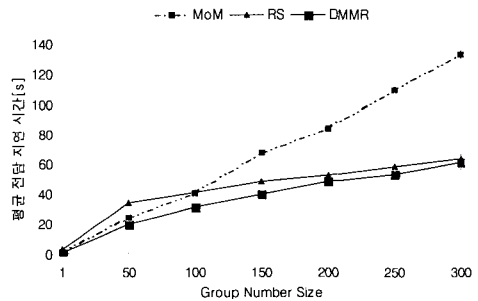
시뮬레이션은 MH의 이동속도와 그룹의 크기에 따라 송신자에서 멀티캐스트 그룹에 속한 MH들에게 패킷을 전달하는데 걸리는 평균 전달 지연 시간과 평균 데이터 전달 경로 길이, 멀티캐스트 트리 재구성 수에 대하여 실행하였으며, 본 논문의 제안 기법(DMMR)과 HA 기반의 터널링을 통한 전달 방법인 MoM 기법, FA기반의

원격 가입을 통한 트리 재구성 방법(RS) 기법에 대한 성능을 비교하였다.

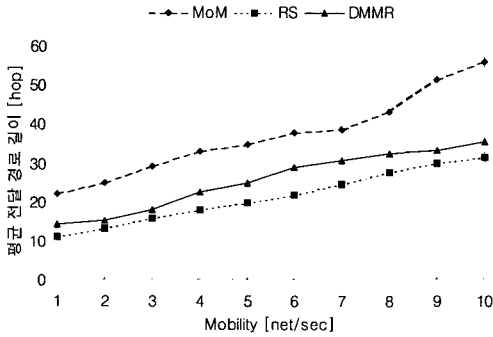
그림 4와 그림 5는 송신자에서 멀티캐스트 그룹에 속한 MH에게 전달되는 평균 전달 지연 시간을 나타내고 있다. MH의 이동속도가 3 net/sec 이하일 때, 즉, MH가 천천히 이동할 때에는 MoM 기법이 멀티캐스트 패킷의 평균 전달 지연 시간이 가장 큰 것으로 나타나 있는데, 이것은 임의의 FA에 비교적 오래 머무르게 되므로 HA를 통하여 패킷을 터널링하여 수신하는 것은 비효율적인 것으로 분석된다. 이동속도가 3 net/sec 이상일 때는 RS 기법이 멀티캐스트 패킷의 평균 전달 지연 시간이 가장 큰 것을 알 수 있는데, 이것은 새로운 FA에서 얼마 머무르지 않아 다른 FA로 이동하여야 하는데도 불구하고 멀티캐스트 트리를 재구성하여 패킷을 전달하는 것은 패킷의 지연시간이 길어지기 때문이다. 하지만, 그룹의 크기가 큰 경우, 즉, 그룹 구성원이 많아지면 MoM 기법보다 RS 기법이 성능이 우수한 것으로 나타나 있는데, 이것은 MH가 다른 FA로 이동하더라도 그 FA는 이미 같은 그룹에 속하는 다른 MH를 서비스하기 위해 멀티캐스트 그룹에 가입해 있을 확률이 많기 때문이다. 그림 4과 그림 5에서 DMMR 기법은 터널링 기법인 MoM과 재구성 기법인 RS에 비해 MH의 이동 속도와 그룹의 크기에 상관없이 안정된 평균 전달 지연 시간을 가지고 있음을 알 수 있다.



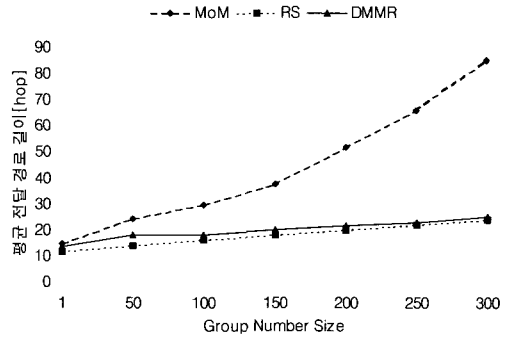
〈그림 4〉 전달 지연 시간(Group = 100)



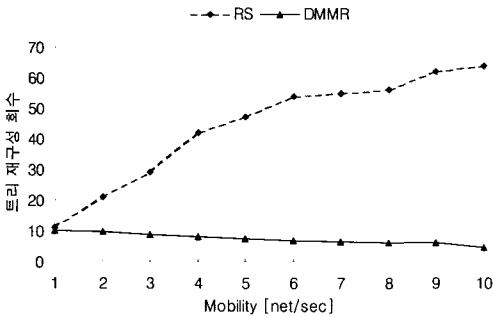
〈그림 5〉 전달 지연 시간(Mobility=3net/sec)



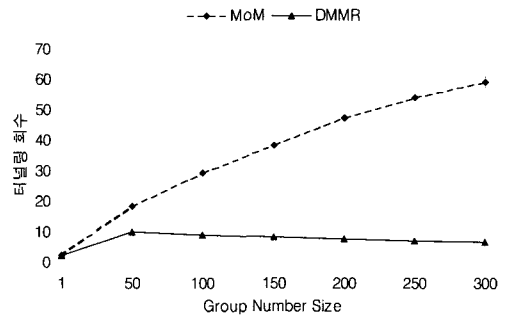
〈그림 6〉 데이터 경로 길이(Group=100)



〈그림 7〉 데이터 경로 길이(Mobility=3net/sec)



〈그림 8〉 트리 재구성 수(Group=100)



〈그림 9〉 터널링 회수(Mobility=3net/sec)

그림 6과 그림 7은 평균 메시지 전송 경로의 길이에 대한 합을 나타낸 것이다. 그림 6과 그림 7에서 DMMR 기법은 이동 속도와 그룹의 크기에 상관없이 MoM 기법에 비하여 데이터의 전달 경로가 훨씬 짧게 나타났지만 RS 기법보다는 길게 나타나 있다. 이동 호스트의 속도가 느릴 때에는 RS 기법과 비슷한 최적경로를 유지하다가, 속도가 빨라지게 되면 터널링을 통한 데이터 전달이 이루어짐으로 데이터 전달 경로가 길어지게 되는 것을 알 수 있다. 그 이유는 단지 데이터의 전달 경로만 비교 할 경우는 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 DVMRP와 비슷한 최적경로를 통하여 멀티캐스트 트리를 재구성하는 RS 기법이 가장 짧은 데이터 전달 경로를 이루게 된다. 하지만 본 논문에서 제안 한 DMMR 기법도 RS

기법과 거의 유사한 최적 경로를 유지하게 되는 것을 알 수 있다.

그림 8과 그림 9는 각각 멀티캐스트 트리의 재구성 수와 멀티캐스트 패킷의 터널링 수를 보여주고 있다. 그림 8에서 RS 기법에서는 단위 시간당 이동이 많은 경우는 빈번하게 멀티캐스트 트리를 재구성하여야 하는데 이것은 많은 오버헤드 비용을 유발하게 된다. 이동도가 높으면 비용 함수에 의하여 트리를 재구성하기보다는 HA로부터 패킷을 터널링하여 MH에게 전달하는 것이 보다 효율적이다. 그림 9에서 MoM 기법은 멀티캐스트 그룹의 구성원 수가 증가하는 경우에 멀티캐스트 터널링 패킷의 수도 따라 증가하게 되지만, DMMR 기법에서는 감소하게 된다. 그 이유는 멀티캐스트 그룹의 구성원 수가 증가하면

새로운 영역의 FA는 비용함수에 의해 터널링을 중지하고 멀티캐스트 트리를 통하여 패킷을 서비스할 확률이 높기 때문에 분석된다.

5. 결론

본 논문에서는 Mobile IP 와 DVMRP를 사용하는 이동 컴퓨팅 환경에서 보다 효율적인 멀티캐스팅 기법을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 비용함수를 사용하고 있다. MH의 이동에 따라 MHA로부터의 터널링 비용과 FA 중심의 멀티캐스트 트리 재구성 비용에 따른 비용함수를 구하여 HA를 경유하여 터널링을 통하여 포워딩을 할 것인지 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 트리를 재구성하여 패킷을 받을 것인지 동적으로 결정하게 된다. 즉, 멀티캐스팅에 드는 비용을 산출하여 터널링 비용이 적은 경우는 MHA로부터 데이터를 포워딩함으로써 멀티캐스트 트리 재구성 오버헤드를 줄이도록 하였으며, 트리 재구성 비용이 적은 경우는 FA가 멀티캐스트 그룹에 조인을 통해서 최적화된 메시지 전송 경로를 가지도록 하였다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 제안된 프로토콜은 현존하는 HA기반 방식인 MoM과 FA기반 방식의 RS 프로토콜에 비해 메시지 전송 경로 길이를 최적경로에 가깝게 유지하면서 트리 재구성에 따른 손실과 메시지의 전달 지연과 손실을 효과적으로 줄이는 매우 안정적인 기법임을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] C. R. Lin and C. J. Chung, "Mobile Reliable Multicast Support in IP Networks," Globecom '00, pp.1421-1425, Nov. 2000.
- [2] D. B Johnson A. Myles, and C. Perkins, "Route Optimization mobile IP," IETF Mobile Working draft. 1995.
- [3] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Protocols for Adaptive Wireless Mobile Networking," IEEE Personal Communication, pp. 34-42, Feb. 1996.
- [4] A. Acharya, A. Bakre, and B. Badrinath, "IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking," INFOCOM '96, San Francisco, CA, pp. 67-74, Mar. 1996.
- [5] C. Jelger and T. Noel, "Multicast for Mobile Hosts in IP Networks: Progress and Challenges," IEEE Wireless Communications, Oct. 2002.
- [6] V. Chikarmane, C. L. Williamson, R. B. Bunt, and W. L. Mackrell, "Multicast Support for Mobile Hosts Using Mobile IP: Design Issues and Proposed Architecture", ACM/Baltzer Journal on Mobile Networks and Applications (MONET), 1997.
- [7] Carey L. Williamson, Tim G. Harrison, Wayne L. Mackrell and Richard B. Bunt "Performance evaluation of the MoM mobile multicast protocol," Mobile Networks and Applications, Vol.3, No.2, 1998.
- [8] T .G. Harrison, C. L. Williamson, W. L. Mackrell, and R. B. Bunt, "Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," MOBICOM 97, pp. 151-160, Sep. 1997.
- [9] H. Omar, T. Saadwai, and M. Lee, "Multicast support for mobile-IP with the hierarchical local registration approach," ACM WoWMoM '00 2001.
- [10] C. R. Lin, and K. M. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Network," INFOCOM'00, Vol. 3, pp. 1664 -1672, 2000.
- [11] C. R. Lin, and K. M. Wang, "Scalable Multicast Protocol in IP-Based Mobile Networks," Wireless Networks, Vol.8, No.1, Jan. 2002.

◎ 저 자 소개 ◎



김 재 수

1985년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1987년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사)
1999년 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
1987 ~ 1996 한국전기연구소 선임연구원
1996 ~ 현재 상주대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 이동 컴퓨팅, 멀티미디어 통신, etc.
E-mail : jskim@sangju.ac.kr



백 덕 화

1988년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
1990년 경북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사)
1992년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사수료)
1991 ~ 현재 창원전문대학 인터넷정보과 교수
관심분야 : mobile internet, 컴퓨터네트워크, 컴퓨터설계, etc.
E-mail : dhbaek@changwon-c.ac.kr