

호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅 기법

김재수[†], 백덕화^{**}

요 약

이동 컴퓨팅 환경에서 이동 중인 호스트에게 멀티캐스트 서비스를 효율적으로 제공하는 것은 쉬운 일이 아니다. 양방향 터널링 기법은 캡슐화와 삼각 라우팅의 오버헤드를 야기하는 반면, 원격 가입 기법은 빈번한 트리 재구성을 필요로 하는데 이는 고속으로 이동하는 호스트에게는 비효율적이다. 본 논문에서는 호스트의 이동 정보에 근거하여 원격 가입 기법과 양방향 터널링 기법 사이의 장점을 찾고자 하는 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅(MBMOM) 기법을 제안한다. 만약 호스트의 이동 속도가 고속이라고 판단되면 양방향 터널링 기법을 사용하여 홈 에이전트가 멀티캐스트 패킷을 전달하게 된다. 만약 호스트의 이동 속도가 저속이라고 판단되면 원격 가입 기법이 적용되며 외래 에이전트는 멀티캐스트 그룹에 가입을 시도한다. 본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 분석하기 위하여 분석 모델을 개발하였으며, MOM(Mobile Multicast)과 RBMOM(Range Based MOM), TBMOM(Timer Based MOM) 기법과 비교하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션의 결과는 본 논문의 기법이 호스트의 이동 속도와 멀티캐스트 그룹의 크기 측면에서 위의 세 기법들보다 전달시간이 적게 걸리는 것을 보여주고 있다.

A Mobile Multicasting Mechanism Based on Mobility Information of Mobile Hosts

Kim, Jaesoo[†], Baek, DeukHwa^{**}

ABSTRACT

The efficient provision of multicast service to moving hosts in mobile computing environments is not so easy task. Bi-directional tunneling scheme causes overhead about encapsulation and triangular routing. On the other hand, remote subscription scheme need frequent tree reconstruction, which is inefficient for rapid moving hosts. In this paper we propose Mobility Based MOBILE Multicast(MBMOM) scheme which is based on host's mobility information. Ultimately MBMOM try to find the strong points of remote subscription scheme and bi-directional tunneling scheme. If host's mobility speed is considered to be high, multicast packets are forwarded using bi-directional tunneling scheme from home agent continuously. If host's mobility speed is considered to be slow, remote subscription scheme is applied for foreign agent and it try to join multicast tree. We developed analytical models to analyze the performance of proposed scheme and simulated our scheme compared with MOM(Mobile Multicast), RBMOM(Range Based MOM), and TBMOM(Timer Based MOM) schemes. Simulation results show that our scheme has shorter transmission delay than above 3 schemes in the aspect of host's mobility speed and multicast group size.

Key words: Mobile Computing(이동컴퓨팅), Mobile Multicast Routing(이동 멀티캐스트 라우팅), Mobile-IP Multicast(모바일-IP 멀티캐스트)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김재수, 주소: 경북 상주시 가장동 386(741-711), 전화: (054)530-5290, FAX: (054)530-5299, E-mail: jskim@sangju.ac.kr
접수일: 2004년 3월 26일, 완료일: 2004년 9월 17일

[†] 정회원, 상주대학교 컴퓨터공학과 교수
^{**} 창원전문대학 인터넷정보과 교수
(E-mail: dhbaek@changwon-c.ac.kr)

1. 서 론

최근 무선 네트워크 기술의 비약적인 발전으로 이동 중인 호스트의 통신 요구가 늘어나면서 일기예보, 여행정보와 증권정보 등과 같은 일대다 또는 다대다 간의 멀티캐스트 서비스가 이동 사용자들에게 폭발적으로 증가하고 있다[1]. 하지만 기존의 IP-Multicast 라우팅 프로토콜은 수신자가 이동하지 않는 환경에서 멀티캐스트 전송 트리를 구성하여 패킷을 전달한다[2~4]. 하지만 수신자가 다른 곳으로 움직이는 이동 컴퓨터 환경에서 멀티캐스트 패킷을 전송할 경우 전송 경로가 길어지거나 멀티캐스트 전송 트리를 자주 재구성하여 하는데, 이로 인하여 패킷의 손실과 지연 시간이 길어지게 된다[1,5,6].

이동 호스트(Mobile Host, MH)에 대하여 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위하여 C. Jelger와 C. Janneteau 등은 [5]와 [6]에서 MH의 에이전트(Agent)인 홈 에이전트(Home Agent, HA)와 외래 에이전트(Foreign Agent, FA) 중에서 누가 멀티캐스트 패킷을 전달하느냐에 따라 HA기반 방식과 FA기반 방식을 제안하고 있다. HA기반 방식은 Mobile IP의 HA의 기능을 이용하며, MH의 HA가 IGMP(Internet Group Membership Protocol) 동작을 수행하여 그룹에 등록하고 이를 기반으로 멀티캐스트 트리가 구성되며 HA와 FA사이에는 멀티캐스트 터널을 형성하여 MH에게 멀티캐스트 패킷을 전달한다. 이 방법 기존의 Mobile-IP 프로토콜과 호환성이 매우 높은 장점이 있지만 멀티캐스트 패킷이 HA를 경유하여 전달되므로 전송 경로가 최적화되지 못하고, 효율성과 확장성이 떨어지며, 하나의 FA로 멀티캐스트 패킷이 집중되는 터널집중 현상(Tunnel Convergence) 문제가 발생한다[5,6].

FA기반 방식인 원격 가입 방법은 MH가 외래 네트워크로 이동할 때마다 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 트리를 재구성하는 방법이다. MH의 이동시 새로운 FA가 그룹에 가입하고, 이전의 FA는 그룹에서 탈퇴하는 형태를 가지게 된다. 이 방법은 FA를 기준으로 항상 최적의 멀티캐스트 트리가 설정되고 터널집중현상이 발생하지 않는 장점이 있지만, MH가 고속으로 이동하는 경우에는 호스트의 이동에 따라 멀티캐스트 그룹에 가입하고 탈퇴하는 과정을 매번 반복하게 되는데 이 때마다 멀티캐

스트 트리를 재구성하는데 많은 비용이 소비될 수 있을 뿐만 아니라 멀티캐스트 패킷의 전송지연과 손실이 발생할 수 있다[5,6].

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅(Mobility Based MOBILE Multicasting, MBMOM) 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 이동 호스트의 이동 정보에 근거하여 지속적으로 이동하는 경우와 고속으로 이동하는 경우에 따라 원격가입과 포워딩을 통한 패킷 전달 방법을 선택적으로 하게 된다. 호스트 이동 정보에 근거하여 MH가 지속적으로 이동한다고 판단되면 FA가 멀티캐스트 그룹에 원격으로 가입하여 최적 경로를 따라 패킷을 전달하며, MH가 고속으로 이동한다고 판단되면 조인 오버헤드가 발생하는 원격가입 방법보다는 HA로부터 패킷을 터널링하여 MH에게 전달한다. 즉, MH의 이동 정보에 따라 HA로부터 터널링을 통하여 멀티캐스트 패킷을 수신할 것인지, 아니면 새로운 FA가 멀티캐스트 트리에 원격 가입을 하여 멀티캐스트 수신할 것인지를 결정하게 된다. 본 논문에서 제안한 MBMOM 기법의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 기존의 HA기반 방식과 HA와 FA의 혼합 비교 분석하며, 시뮬레이션의 결과로서 호스트의 이동 속도나 멀티캐스트 그룹의 크기에 상관없이 메시지 전송 경로 길이를 최적경로에 가깝게 유지하면서 트리 재구성에 따른 손실과 메시지 전달길이를 효과적으로 줄이는 안정적인 기법임을 확인할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 관련 연구로서 모바일 멀티캐스팅과 관련된 연구로서 T. Harrison 등이 [7]에서 제안한 MOM (Mobile Multicast) 프로토콜과 C. Lin 등이 제안한 [9]에서 RBMOM (Range Based MOM), J. Park 등이 [11]에서 제안한 TBMOM(Timer Based MOM)을 소개하며, 제 3절에서는 본 논문에서 제안하는 호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅 기법에 대하여 자세히 설명한다. 제 4절에서는 성능 평가를 위한 분석 모델과 성능 분석을 위한 시뮬레이션 결과를 기술하며 제 5절에 결론을 맺는다.

2. 관련연구

MOM 프로토콜[7,8]은 대표적인 HA기반의 접근 방법으로서 한 FA 영역에 서로 다른 HA 소속의 다

수 MH들이 이동하였을 때 발생하는 터널집중현상을 해결하기 위하여 제안되었다. 서로 다른 HA들이 공통의 FA로 멀티캐스트 패킷을 터널링을 하게 되면 패킷의 중복이 발생하며, 이러한 중복을 피하기 위하여 DMSP(Designated Multicast Service Provider) 개념을 사용하였다. 서로 다른 HA 소속의 MH들이 임의의 FA 영역으로 이동해 와 있다면 이 FA는 여러 HA 중 하나를 DMSP로 지정하여 이 DMSP로 지정된 HA만이 자신에게 멀티캐스트 패킷을 터널링하도록 함으로서 멀티캐스트 패킷을 중복하여 받는 것을 피할 수 있다. [7]에서는 DMSP 선정 방법으로 Random, Age-based, Count-base, Proximity-based 등 네 부류의 방법에 대해 제시하고 있다. MOM 기법은 터널링이 무한정 길어질 수 있으며, 원격가입 기법의 장점을 전혀 고려하지 않은 문제점이 있다.

RBMOM 프로토콜[9,10]은 HA기반 방식과 FA기반 방식의 장점을 취하기 위하여 MHA(Multicast Home Agent)와 서비스 범위(Service Range) 개념을 사용하여 포워딩(Forwarding) 경로와 트리 재구성 빈도 사이의 문제점을 상호 보완하기 위하여 제안되었다. MHA는 MOM 프로토콜의 DMSP와 같은 개념으로 터널 집중 현상을 방지하기 위하여 MH가 머무르고 있는 FA에게 멀티캐스트 패킷의 터널링을 책임지는 홈 에이전트를 말한다. DMSP와 달리 MHA는 자신의 고유한 서비스 범위를 가지는데 이 범위는 자신이 MH를 관할하는 범위(Hop 수)를 말하며 자신의 서비스 범위 내에 있는 FA에게 멀티캐스트 패킷을 전달한다. MH가 MHA의 서비스 영역을 벗어나 새로운 FA로 이동하면 새로운 MHA를 선택하여야 하는데 RBMOM에서는 MH가 이동한 영역의 새로운 FA가 MHA가 되도록 한다. RBMOM의 성능은 서비스 범위 값에 따라 중요한 영향을 받는다. 이 방법은 MH가 서비스범위 영역내의 이동할 경우에는 전송 트리의 재구성없이 서비스를 받을 수 있다. 하지만 서비스범위가 작은 값을 가지게 되면 원격가입기법처럼 멀티캐스트 트리 재구성 횟수가 증가하게 된다. 또한 이동 호스트가 서비스범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 외래 네트워크로 이동할 때, 서비스 끊김으로 인한 데이터 손실이 발생한다.

TBMOM 프로토콜[11,12]은 MHA의 서비스 범위에 따라 성능이 좌우되는 RBMOM의 단점을 극복하기 위하여 타이머 개념을 도입하여 MH가 FA에 머

무는 시간에 따라 멀티캐스트 트리의 재구성 여부를 결정하게 된다. MH가 멀티캐스트 그룹에 가입해 있지 않은 새로운 FA로 이동을 하게 되면 이 FA는 이전 FA와 핸드오프 처리를 수행하는 동안 타이머를 동작하게 된다. 이 타이머가 만료되기 전에는 이전 FA의 MHA로부터 터널링을 통하여 멀티캐스트 패킷을 수신하게 된다. 하지만 타이머가 만료된 후에도 계속하여 동일한 FA에 머물게 되면 자신이 MHA가 되어 멀티캐스트 트리에 가입한다. 즉, 한 FA에 오래 머물게 된다고 판단하여 이 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하는 것이 유리하다고 판단하게 된다. 하지만, TBMOM에서 MHA의 서비스 범위는 호스트의 이동 거리와 타이머의 시간에 따라 영향을 받게 되는데, 고속으로 이동하는 호스트의 경우는 RBMOM에 비해 상대적으로 매우 긴 터널링이 발생하게 된다.

그림 1의 a)는 RBMOM에서 서비스 홉(Hop) 범위가 1 인 경우의 MHA의 서비스 범위를 나타내고 있으며, b)는 TBMOM에서 타이머 만료시점까지 MHA의 서비스 범위 나타내고 있다.

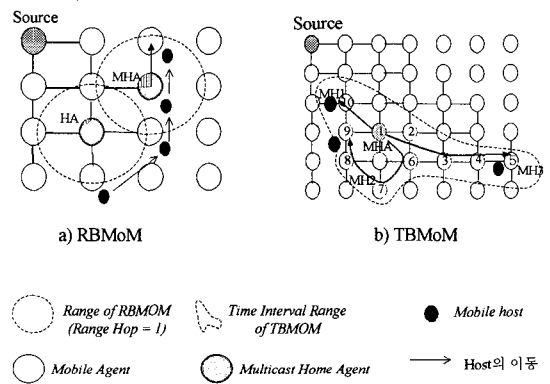


그림 1. RBMOM과 TBMOM

3. 호스트의 이동정보에 근거한 모바일 멀티캐스트(MBMOM)

C. Jelger와 C. Janneteau 등은 [5]와 [6]에서 원격 가입 기법은 최적 경로를 통해 멀티캐스트 패킷을 전달하는 반면 멀티캐스트 트리를 자주 재구성하여야 함으로 오버헤드가 크며, 양방향 터널링 기법은 멀티캐스트 트리를 재구성하지 않는 반면 MA에 의한 포워딩 경로가 지나치게 길어져 터널링 오버헤드가 매우 큰 것을 보여주고 있다. 본 논문에서는 이러

한 오버헤드를 상호 보완하기 위하여 호스트의 이동 정보에 따라 MH의 이동이 저속이라고 판단되면 원격 가입을 통해 최적 경로로 멀티캐스트 패킷을 전달하며, 고속이라고 판단되면 멀티캐스트 트리를 재구성(원격가입 기법의 큰 문제점)하지 않고 터널링을 통하여 멀티캐스트 패킷을 전달하고자 한다. 따라서 MBMOM 기법은 기본적으로 호스트의 이동 정보에 따라 최적 전달 경로와 멀티캐스트 트리 재구성 빈도 사이에서 발생하는 비용을 상호 보완하기 위하여 제안되고 있다.

3.1 호스트의 이동 정보

MH가 새로 이동한 영역의 FA는 핸드오프를 위하여 HA나 이전의 FA로부터 MH에 대한 정보를 주고 받아야 한다. 이때 주고받는 정보를 조사하여 분석함으로써 MH의 이동 정보를 구할 수 있다. 그림 2는 시간의 변화에 따른 MH의 이동 변화를 보여주는 그림이다.

그림 2에서 단위시간 동안의 이동 거리를 살펴보면 a)에서는 단지 하나의 FA만 지난 반면 b)에서는 5개 FA를 지나며, c)에서는 10개의 FA를 지나는 것을 알 수 있다. 아울러 MH가 이전의 MA인 FA_{i-1} 영역에 도착한 시간을 t_{i-1} 이라 가정하고 현재의 MA인 FA_i 영역에 도착한 시간을 t_i 라고 가정하면, FA_{i-1} 영역에 $t_i - t_{i-1}$ 시간 동안 머물렀음을 나타낸다. 즉, MH가 이전의 MA인 $i-1$ 노드에서의 거주시간($\Delta t R_{i-1}$)은 $\Delta t R_{i-1} = t_i - t_{i-1}$ 이 되며, 이

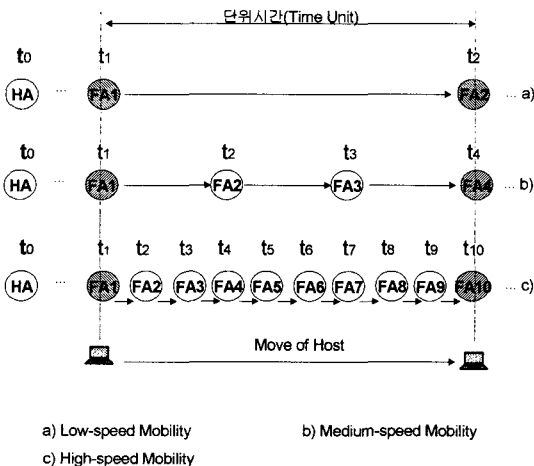


그림 2. 시간에 따른 MH의 이동 변화

것은 MH가 이전의 MA에 $\Delta t R_{i-1}$ 시간 동안 머물러 있었으며 t_i 시간에 i 노드에 도착하였음을 나타낸다. 본 논문에서는 MH가 이전의 MA에 머무는 거주시간을 MH의 이동정보로 설정하였으며, 이러한 호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅 기법을 제안한다.

3.2 MH 카운터

본 논문에서는 MH 카운트를 두어 FA들은 자신이 서비스하는 MH의 수를 관리하도록 한다. FA가 멀티캐스트 트리에 원격가입을 하면 최적 경로를 통하여 멀티캐스트 패킷을 전달 할 수 있는 장점이 있다 [5,6]. 하지만 MOM[7,8]과 RBMOM[9,10]은 이러한 원격가입 기법의 장점을 고려하지 않은 기법이며, TBMOM[11,12]은 타이머가 완료되면 MH가 있는 FA가 원격가입을 하게 된다. 하지만 TBMOM에서는 FA가 자신의 영역으로 이동해 온 MH의 수는 고려하지 않고 설계되었다. 본 논문에서는 MH 카운트를 두어 MH가 FA의 영역으로 이동하게 되면 MH 카운트를 동작하여 MH 카운트가 기준 값을 초과하면 FA가 원격가입을 하도록 한다. 그 이유는 가능한 빨리 원격 가입함으로써 최적 경로를 구성하기 위함이다.

그림 3은 MH 카운트를 나타내는 그림으로 MH1과 MH2가 FA6의 영역으로 이동하게 되는 경우를 나타내고 있다. 이러한 경우, RBMOM 기법은 이전의 MHA의 서비스 범위를 벗어났기 때문에 FA6이

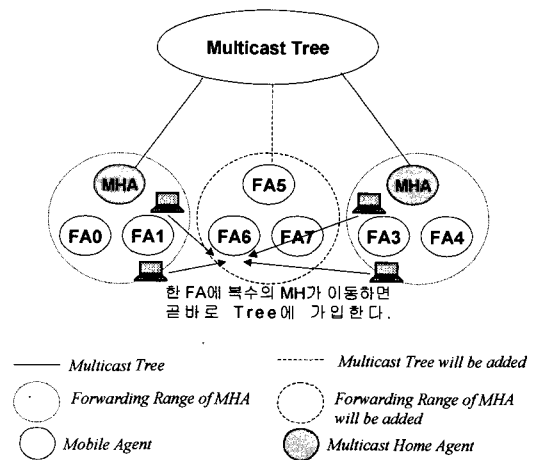


그림 3. MH 카운트

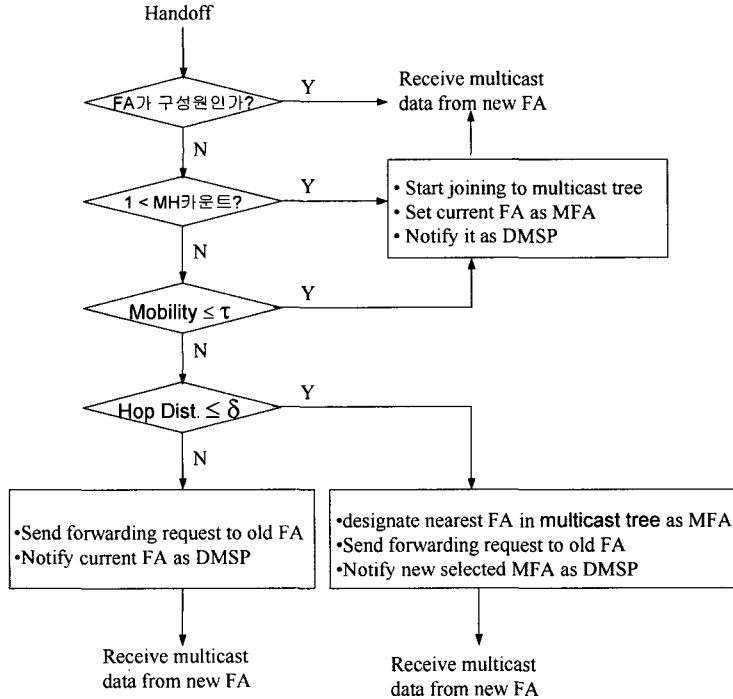


그림 4. MBMOM 기법의 흐름도

새롭게 그룹에 가입하여야 하며 트리를 재구성한 다음 멀티캐스트 패킷을 전달하며, TBMOM 기법은 타이머의 동작이 끝날 때까지 터널링을 하여 멀티캐스트 패킷을 전달한다. 본 논문에서 제안하는 MBMOM에서는 새롭게 이동해 오는 MH로 인하여 FA6의 영역에 복수의 MH가 있게 되면 곧바로 멀티캐스트 그룹에 가입하여야 하여 최적 경로를 통하여 멀티캐스트 패킷을 전달하도록 한다.

3.3 호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅

MBMOM 기법의 기본적인 동작 과정은 다음과 같다. MH가 새로운 FA의 지역으로 이동하였을 때 먼저 FA는 MH를 위해 멀티캐스트 그룹에 가입이 되어있는지를 확인한다. FA가 그룹에 이미 가입이 되어있으면 어떠한 제어패킷도 보낼 필요 없이 현재의 FA는 MH에게 패킷을 전달하면 된다. 하지만, FA가 그룹에 가입되어 있지 않으면 이동속도에 따라 HA가 포워딩을 통하여 멀티캐스트 패킷의 전달을 계속할 것인지 아니면 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입을 시도할 것인지 결정하게 된다. 즉, 이동속도가 고속인 경우는 HA가 포워딩을 하게 되며 저속인

경우는 FA가 멀티캐스트 전달 트리를 재구성하여야 하는데, 이때 포워딩 기법에서 트리 재구성 기법으로 전환되는 MH의 기준 속도를 임계값¹⁾(τ)으로 설정한다.

MH의 이동 속도가 임계값 보다 적은 경우(MH가 저속으로 이동)에는 FA에 상대적으로 오래 머물 것으로 판단하여, FA가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 전달 트리를 재구성하여 최적의 경로를 통하여 멀티캐스트 패킷을 전달하게 한다. 멀티캐스트 트리의 재구성이 완료되면 HA는 멀티캐스트 패킷의 터널링을 중지하며, FA는 재구성된 멀티캐스트 전달 트리를 따라 패킷을 수신하여 MH에게 전달한다. 따라서 기존의 터널링을 통한 경로는 삭제되어 매번 HA로부터 터널링을 하는 오버헤드를 줄여 최적화된 전달 경로를 유지할 수 있다.

MH의 이동 속도가 기준 임계값 보다 큰 경우(MH가 고속으로 이동)에는 HA로부터 멀티캐스트 패킷을 포워딩하도록 한다. HA로부터 멀티캐스트 패킷을 포워딩해야 하는 경우는 여러 HA로부터 하나의

1) 이 임계 값은 4장에서 시뮬레이션을 통해 구할 것임.

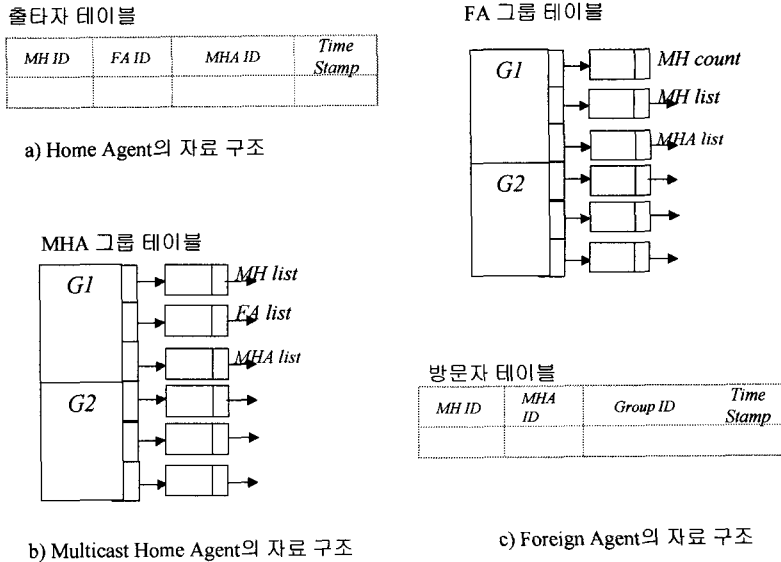


그림 5. HA와 FA, MHA가 관리하는 자료구조

FA로 터널이 집중되는 터널집중 현상을 고려하여야 하며, 본 논문에서는 터널집중 현상을 방지하기 위하여 RBMOM의 MHA 기법을 사용하기로 한다. MHA는 MOM 프로토콜의 DMSP와 같은 개념으로 터널 집중 현상을 방지하기 위하여 MH가 머무르고 있는 FA에게 멀티캐스트 패킷의 터널링을 책임지는 홈 에이전트를 말한다. DMSP와 달리 MHA는 자신의 고유한 서비스 범위를 가지는데 이 범위는 자신이 MH를 관할하는 범위(Hop 수)를 말하며 자신의 서비스 범위 내에 있는 FA에게 멀티캐스트 패킷을 전달한다. 즉, 하나의 FA 관할 영역에 서로 다른 HA 소속의 MH가 다수 이동해 오면, 여러 HA 중 하나를 MHA로 선정하여 MHA로 선정된 HA가 멀티캐스트 패킷을 포워딩하도록 하며, 다른 HA는 멀티캐스트 패킷을 포워딩하지 않고 폐기한다. 포워딩하는 지점은 새로운 FA가 MHA의 서비스 범위²⁾ (δ) 내에 있느냐에 따라 다르게 된다. 새로운 FA가 MHA의 서비스 범위 내에 존재하면 MHA 멀티캐스트 데이터를 포워딩하면 되지만, 그렇지 않을 경우는 새로운 MHA를 선택하여 멀티캐스트 데이터를 포워딩하게 한다. 이때 새로 MHA를 선택하는 기준은 새로운 FA에서 가장 가까운 MHA를 새로운 MHA로 선택

한다. 선택된 MHA는 멀티캐스트 데이터 패킷을 복사하여 터널링으로 FA까지 보내게 되며 FA는 MH에게 이들 패킷을 전달한다.

MH가 다른 FA 영역으로의 핸드오프 시 MBMOM 기법의 흐름도는 그림 4와 같다.

3.4 자료구조

제안된 프로토콜은 멀티캐스트를 지원하는 에이전트와 MH 간의 동작에 의해 이루어진다. 이때 객체들은 멀티캐스트 그룹과 MH의 이동과 관계되는 정보를 테이블로 관리하는데, HA는 출타자 테이블(Away Table)을 관리하며, FA는 방문자 테이블(Visitor Table)과 FA 그룹 테이블을, MHA는 MHA 그룹 테이블을 관리한다. HA와 FA, MHA가 관리하는 자료구조의 모양은 그림 5와 같다.

HA는 MH가 이동할 때마다 출타자 테이블에 MH의 번호, 현재 MH를 서비스하는 FA 번호, FA에게 멀티캐스트 패킷을 터널링하는 MHA 번호, 지금의 FA로 이동한 Time-stamp의 내용의 내용을 기록하여 다른 지역으로 간 MH의 이동을 관리한다. FA는 방문자 테이블과 FA 그룹 테이블에 MH와 멀티캐스트 그룹과 관계되는 정보를 기록하여 자신이 서비스하는 MH를 관리한다. 방문자 테이블에는 FA 자신이 서비스하는 MH의 번호, MH를 위해 자신에게 멀티캐스트 패킷을 터널링하는 MHA의 번호, MH가

2) 각 MHA는 고유한 서비스 범위를 가지며, MH가 그 범위를 벗어나면 다른 MHA를 선정하여야 한다.

FA 영역으로 이동한 Time-stamp의 내용이 기록되며, 그룹 테이블에는 각 그룹 별로 구성원 번호(MH 번호)와 MH의 MHA 리스트를 기록한다. 마지막으로 MHA는 멀티캐스트 패킷의 포워딩을 위하여 각 그룹 별로 그룹에 가입한 MH 번호와 그룹에 가입한 FA 리스트, 터널링을 위한 MHA 리스트를 MHA 그룹 테이블에 기록한다.

4. 성능 분석

본 논문에서 제안하는 호스트의 이동 정보에 근거한 모바일 멀티캐스팅(MBMOM) 기법의 성능을 분석하기 위하여 멀티캐스트 패킷을 전달하는데 드는 비용을 계산하기 위한 분석 모델을 제안하였으며, 이 분석 모델을 기반으로 관련 연구 부분에서 소개된 기법(MOM, RBMOM, TBMOM)과 성능을 비교하였다.

4.1 분석 모델

멀티캐스트 패킷의 전달비용을 분석하기 위하여 그림 6과 같은 네트워크 모델에서 포워딩 비용과 조인(Join) 비용을 정의한다. 그림 6의 a)는 포워딩 비용을 분석하기 위한 모델로서 MH는 HA 영역에서 FA 영역으로 이동한 것으로 가정한다. 그림 6의 b)는 조인 비용을 분석하기 위한 모델로서 MH는 FA 영역에서 FA' 영역으로 이동한 것으로 가정하며, CR은 FA'가 멀티캐스트 트리에 가입할 연결점을 나타낸다.

포워딩 비용은 멀티캐스트 패킷을 수신한 HA가 MH가 이동한 FA에게 패킷을 터널링하여 전달하는데 드는 비용이라 정의한다. 이 비용은 유선 네트워크

크에서 경로 상의 홉(Hop) 수와 관련이 있으며, 본 논문에서는 이 비용함수를 지연 시간(ms)으로 표시한다. 그림 6의 a)에서 송신자로부터 MHA까지의 홉 수는 H_{SRC_MHA} 가 되며, MHA에서 MH가 있는 FA까지의 홉 수는 H_{MHA_FA} 가 된다. 패킷이 하나의 홉을 지나는 전달 지연시간을 C_{hop} 라 하고, MHA에서 패킷의 포워딩 처리에 관련된 지연시간을 C_{MF} 라 하고, 이동호스트의 이동에 따라 에이전트가 위치를 등록하는데 걸리는 지연시간을 C_{reg} 라 하면 포워딩 비용 $C(f)$ 는 식 1과 같다.

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

조인 비용은 MH가 새로 이동한 FA에서 가장 가까운 그룹에 속한 라우터까지 멀티캐스트 전달 트리를 재구성하는데 드는 비용이라 정의하며 이 비용은 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. 그림 6의 b)에서 MH가 FA에서 FA'로 이동하여 FA'는 새로 멀티캐스트 트리에 가입하여야 하며 FA는 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하여야 한다고 가정하면, FA'가 멀티캐스트 트리에 가입하기 위한 홉 수는 H_{CR_FA} 이며, FA가 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하기 위한 홉 수는 H_{SRC_FA} 가 된다. 아울러 송신자에서 FA'까지의 홉 수는 $H_{SRC_FA'}$ 가 된다. 라우터가 멀티캐스트 그룹의 가입을 처리하는데 걸리는 지연시간을 C_{group} 이라 하면 멀티캐스트 트리의 재구성 비용 $C(up)$ 은 식 2와 같으며, 멀티캐스트 트리가 재구성된 후 송신자에서 멀티캐스트 패킷의 전달 비용 $C(re)$ 는 식 3과 같다.

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

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

송신자로부터 MH가 있는 노드까지의 Depth를 d , 한 노드가 가지는 트리의 Degree를 m 이라고 하면 전체 노드 수(n)은 $n = m^d$ 이며, 터널링을 통하여 멀

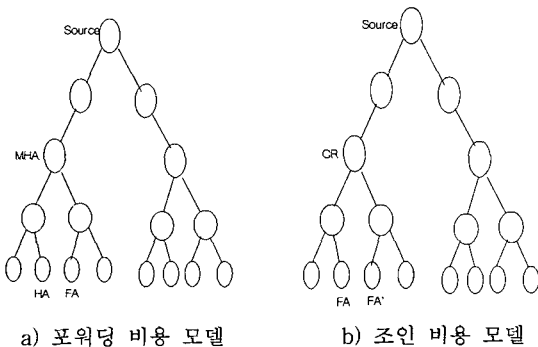


그림 6. 비용 분석 모델

터캐스트 패킷을 전달 할 경우 최대 경로는 트리 Depth의 두 배인 $2d$ 가 된다. 하지만 원격 가입 시 새로운 FA가 트리에 조인할 경우 트리가 재구성될 교차지점인 H_{CR_FA} 와 $H_{CR_FA'}$ 는 트리의 Depth보다는 작으므로 d 값 보다 작은 값을 가지게 된다.

4.2 성능 분석

본 논문에서 제안한 MBMOM 기법의 성능을 분석하기 위하여 C++ 언어를 이용하여 분석 모델에 근거하여 시뮬레이션을 실시하였다. 네트워크의 크기는 10×10 으로 100개의 이동 에이전트가 있으며 중앙에 멀티캐스트 소스가 있다고 가정하였다. MH는 임의의 방향으로 이동한다고 가정하며 이동 방향은 출발지 에이전트에서 현재 MH의 에이전트까지 거리 벡터로 구할 수 있으며, 에이전트 간의 데이터 전송은 최단 거리로 계산한다. 시뮬레이션은 MH의 이동 속도와 그룹의 크기에 따라 송신자에서 멀티캐스트 그룹에 속한 MH들에게 패킷을 전달하는데 걸리는 평균 전달 지연 시간에 대하여 평가하였다. 시뮬레이션 환경변수는 표 1과 같으며, S. Yang 등은 [13]에서 호스트가 이동하는 환경에서 멀티캐스트 패킷의 지연 요소인 C_{MF} 와 C_{hop} , C_{reg} , C_{group} 에 대하여 적절한 값을 제시하고 있으며, 본 논문에서는 이를 근거로 $C_{MF}=7ms$, $C_{hop}=3.5ms$, $C_{reg}=10ms$, $C_{group}=3ms$ 로 인수 값을 설정하였다.

먼저 MH의 이동이 멀티캐스트 패킷의 전달 방법에 미치는 영향을 알아보기 위하여 터널링을 통한 전달 방법과 원격가입을 통한 전달 방법에서 패킷의 전달비용을 시뮬레이션한 결과는 그림 7과 같다. 그림 7에서 MH의 이동 속도가 4 Net/sec 이하인 경우는 FA가 멀티캐스트 그룹에 원격가입을 한 후 멀티

표 1. 시뮬레이션 환경

환경 변수	값
멀티캐스트 그룹의 수	1
멀티캐스트 송신자의 수	1
멀티캐스트 그룹의 크기 (MH의 수)	1, 50, 10, 150, 200, 250, 300
MH의 이동 속도 (net/sec)	1~10
멀티캐스트 패킷 발생율 (Packets/time unit)	0.1

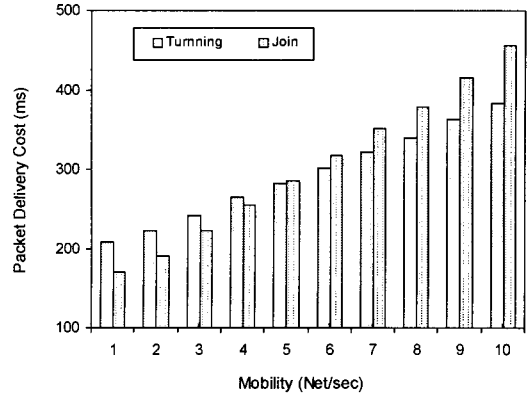


그림 7. 터널링과 원격가입에서의 패킷전달 비용

캐스트 패킷을 전달하는 것이 비용이 적으며, 5 Net/sec 이상인 경우는 터널링을 통하여 HA로부터 멀티캐스트 패킷을 전달받아 MH에게 전달하는 것이 비용이 적은 것으로 나타났다. 이것은 MH가 이동할 때 포워딩 기법에서 트리 재구성 기법으로 전환되는 이동 속도의 기준 값(즉, 임계값)은 5 Net/sec 전후가 됨을 보여주는데, 본 논문에서는 MBMOM의 이동 임계 값(τ)을 5 Net/sec 전후인 4 Net/sec와 6 Net/sec로 설정하여 멀티캐스트 패킷의 전달 지연 시간에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다.

그림 8은 MH의 이동속도와 그룹크기에 따른 MBMOM 기법의 패킷전달 비용을 나타낸 것이다. 패킷의 전달 비용은 MH의 이동 속도나 그룹의 크기에 비례하는 것을 알 수 있는데, 이는 본 논문의 제안 방법이 보다 유연하게 동작하는 것을 나타낸다. 그림 8에서 그룹 내 MH의 수가 적은 경우에 비용이 많이 발생하는 것은 FA가 터널링이든지 원격가입이든지

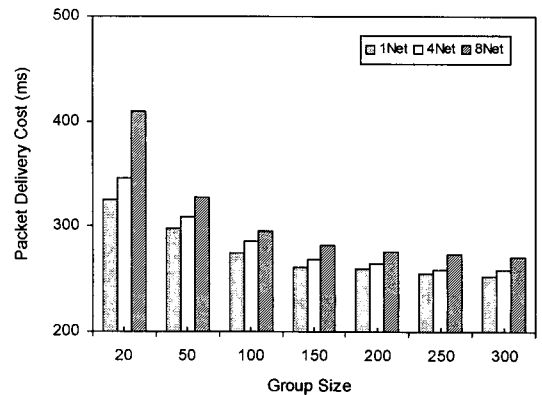


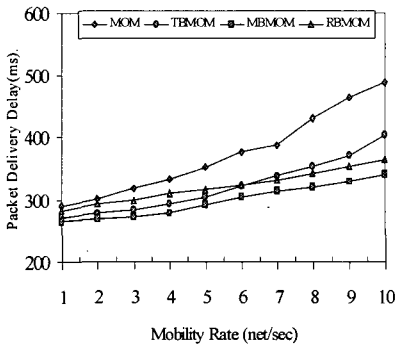
그림 8. 이동속도(net/sec)에 따른 패킷전달 비용

패킷을 수신하여 MH에게 전달하여야 하지만 MH의 수가 많게 되면 MH가 이동하더라도 원격 가입한 MH가 이미 존재하므로 비용이 적게 드는 것으로 분석된다.

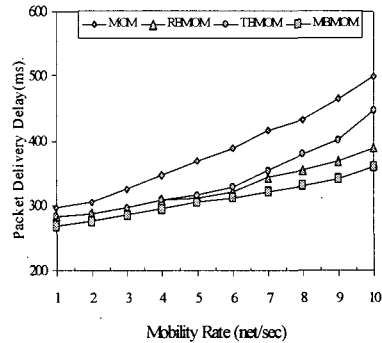
그림 9와 그림 10의 a)는 RBMOM의 서비스 범위는 2 홉으로, TBMOM의 시간 단위는 5 Unit, MBMOM의 저속 이동과 고속 이동의 기준이 되는 임계 값(τ)은 4 Net/sec으로 설정한 경우의 시뮬레이션 결과이며, b)는 RBMOM의 서비스 범위는 4 홉으로, TBMOM의 시간 단위는 10 Unit, MBMOM의 저속 이동과 고속 이동의 기준이 되는 임계 값(τ)은 6 Net/sec으로 설정한 경우의 결과이다.

그림 9는 MH의 이동 속도에 따른 패킷의 평균 전달

지연 시간을 나타내고 있다. 그림 9에서 MBMOM 기법은 MOM 기법에 비하여 전달 지연시간을 30% 이상 단축시키고 있으며, TBMOM 기법에 비하여 10% 가까이 단축시키는 것을 알 수 있다. MOM 기법이 평균 전달 지연 시간이 가장 크게 나타나는 이유는 항상 HA를 경유하여 비효율적인 경로를 통하여 패킷을 터널링하여 수신함으로써 비용이 많이 발생하는 것으로 분석된다. TBMOM의 경우는 타이머를 이용하여 이동 속도를 어느 정도 고려하고 있으나 터널링이 무한정 길어지는 경우가 발생하여 MH의 이동이 평균 5.5 Net/sec 보다 고속인 경우는 RBMOM보다도 지연시간이 크게 나타났다. RBMOM 기법은 원격 가입의 장점인 최적 경로를 전혀 고려하지 않기

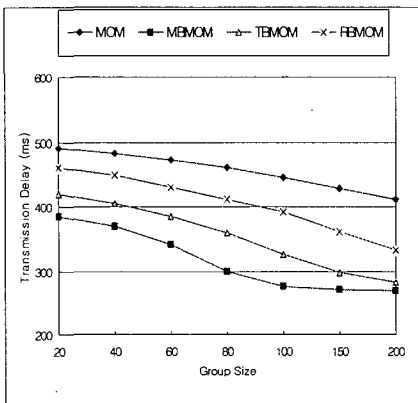


(a) RBMOM(Service Range=2 hop), TBMOM(Time Unit=5 unit)
MBMOM(τ =4Net/sec)

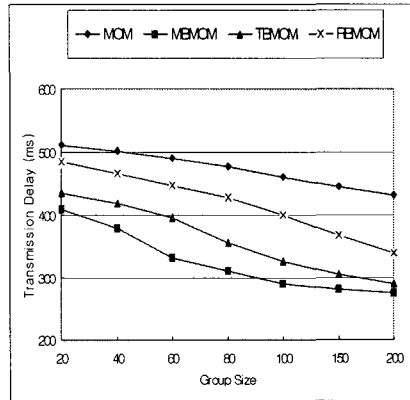


(b) RBMOM(Service Range=4 hop), TBMOM(Time Unit=10 unit)
MBMOM(τ =6Net/sec)

그림 9. MH의 이동 속도에 따른 패킷전달 지연시간



(a) RBMOM(Service Range=2 hop), TBMOM(Time Unit=5 unit)
MBMOM(τ =6Net/sec)



(b) RBMOM(Service Range=4 hop), TBMOM(Time Unit=10 unit)
MBMOM(τ =4Net/sec)

그림 10. 그룹크기에 따른 패킷전달 지연시간

때문에 MH의 이동이 평균 5.5 Net/sec 보다 저속인 경우 MBMOM 보다 지연 시간이 크게 나타났다. MBMOM은 MH의 이동 속도가 임계값(τ) 보다 저속일 경우에는 원격가입으로 최적경로를 통해 패킷을 전달하며, 임계값(τ) 보다 고속일 경우에는 MH가 있는 FA에서 가장 가까운 MHA를 통해 터널링을 행함으로써 적절한 전달 경로가 구성되어 전달 지연 시간을 나타내는 것으로 분석된다.

그림 10은 멀티캐스트 그룹의 크기, 즉, 멀티캐스트 그룹에 속한 MH의 수에 따라 멀티캐스트 패킷이 전달되는 전달 지연시간을 나타내고 있다. 그림 10에서 멀티캐스트 그룹의 크기가 60~100 사이에서 MBMOM 기법은 TBMOM 기법보다는 10% 가까이 전달 지연 시간을 단축할 수 있으며, MOM 기법보다 40% 이상 단축할 수 있는 것으로 나타났다. 이것은 TBMOM에서는 FA 내의 MH 수를 전혀 고려하지 않은 반면, MBMOM에서는 임의의 FA에 복수의 MH가 이동하면 곧바로 멀티캐스트 그룹에 가입함으로써 전달 지연 시간을 단축할 수 있는 것으로 분석된다. 그리고 MBMOM 기법에서 그룹의 크기가 60 이상에서 지연 시간이 크게 단축되는 이유는 MH가 다른 FA로 이동하더라도 그 FA는 이미 같은 그룹에 속하는 다른 MH를 서비스하기 위해 멀티캐스트 그룹에 가입해 있을 확률이 많기 때문으로 분석된다.

5. 결 론

본 논문에서는 호스트가 이동 중인 상태에서도 저속적인 데이터 통신이 가능한 이동 컴퓨팅 환경에서 보다 효율적인 멀티캐스팅 기법을 제안하고 있다. 제안된 프로토콜은 터널집중현상을 방지하고 적절한 터널링 길이를 유지하기 위하여 RBMOM의 MHA 개념을 도입하였으며, 이동 호스트의 이동 정보에 근거하여 MH가 정해진 이동 속도 임계값 보다 저속으로 이동하는 경우에는 원격가입을 하게 되며, 고속으로 이동하는 경우는 포워딩을 통하여 패킷을 전달하도록 하였다. 호스트 이동 정보에 의하여 이동 속도가 고속이면 오버헤드가 많이 발생하는 멀티캐스트 트리를 재구성하기보다는 HA(또는 MHA)로부터 패킷을 터널링하여 MH에게 전달하며, 저속으로 이동하게 되면 FA가 멀티캐스트 그룹에 원격으로 가입하여 최적 경로를 따라 패킷을 전달할 수 있다. 아울러 MH 카운트 개념을 도입하여 임의의 FA에 복

수의 MH가 이동해 오는 경우에는 곧바로 멀티캐스트 그룹에 가입함으로써 초기에 미리 최적 경로를 통하여 멀티캐스트 패킷을 전달하도록 하였다.

우리는 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제안한 MBMOM 기법은 기존의 HA기반 방식의 MOM이나 HA와 FA의 혼합 기법인 RBMOM, TBMOM 기법과 비교한 결과, 호스트의 이동 속도나 멀티캐스트 그룹의 크기에 상관없이 메시지 전송 경로 길이를 최적경로에 가깝게 유지하면서 트리 재구성에 따른 손실과 메시지 전달길이를 효과적으로 줄이는 기법임을 확인할 수 있었다. 앞으로의 연구 내용은 최적의 이동 속도 임계값을 구하는 문제와 함께 원격가입 비용과 포워딩 비용을 계산하여 이 비용에 따라 보다 적극적으로 원격가입 기법과 포워딩 기법을 선택하여 멀티캐스트 패킷을 전송하는 비용 기반의 이동 멀티캐스팅 기법으로 확장해 나갈 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] C. Lin and C. Chung, "Mobile Reliable Multicast Support in IP Networks," Globecom 00, pp.1421-1425, Nov. 2000.
- [2] D. Johnson A. Myles, and C. Perkins, "Route Optimization mobile IP," IETF Mobile Working draft. 1995.
- [3] D. Johnson and D. 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 Internet-working," The Proceedings of the IEEE 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] C. Janneteau, Y. Tian, S. Csaba, T. Lohmar, H. Lach, R. Tafazolli, "Comparison of Three Approaches Towards Mobile Multicast," IST 2003, Feb. 2003.
- [7] T. Harrison, C. Williamson, W. Mackrell, and R. Bunt, "Mobile Multicast (MOM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," Proc. of

- Mobicom 97, pp. 151-160, Sep. 1997.
- [8] C. Williamson, T. Harrison, W. Mackrell and R. Bunt "Performance evaluation of the MOM mobile multicast protocol," Mobile Networks and Applications, Vol.3, No.2, 1998.
 - [9] C. Lin, and K. Wang, "Scalable Multicast Protocol in IP-Based Mobile Networks," Wireless Networks, Vol.8, No.1, pp. 27-36 Jan. 2002.
 - [10] C. Lin, and K. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Network," INFOCOM'00, Vol. 3, pp. 1664-1672, 2000.
 - [11] J. Park and Y. Suh, "A Timer-Based Mobile Multicast Routing Protocol in Mobile Network," Computer Communications, vol. 26, issue 17, pp. 1965-1974, Nov. 2003.
 - [12] J. Park and Y. Suh, "An Efficient Multicast Routing Protocol For Mobile Hosts," Proc. of KISS Spring Conference, vol.21, pp.262-264, 2001.
 - [13] S. Yang, H. Oh, and S. Pak, "An efficient Multicast routing protocol for mobile hosts in IPv6 based networks" 3G Wireless 2002, San Francisco/Silicon Valley, USA, May. 2003.



김 재 수

1985년 경북대학교 전자공학과
전자계산기공학전공 졸업
(공학사)
1987년 중앙대학교 대학원 전자
계산학과 졸업(공학석사)
1999년 경남대학교 대학원 컴퓨
터공학과 졸업(공학박사)

1987년~1996년 한국전기연구소 선임연구원
1996~현재 상주대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 이동 컴퓨팅, 컴퓨터 보안,
etc.



백 덕 화

1988년 경북대학교 전자공학과
전자계산기공학전공 졸업
(공학사)
1990년 경북대학교 대학원 전자
계산기공학과 졸업(공학
석사)

1992년 경북대학교 대학원 컴퓨
터공학과(공학박사수료)
1991년~현재 창원전문대학 인터넷정보과 교수
관심분야 : mobile internet, 컴퓨터네트워크, 컴퓨터그래
픽스, etc.