

이동네트워크 환경에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

(Multicast Routing Protocol in Mobile Networks)

신 희 숙[†] 서 영 주^{**} 안 성 옥^{***}

(Hee-Sook Shin) (Young-Joo Suh) (Syungok An)

요 약 이동호스트를 지원하는 네트워크에서의 멀티캐스트 라우팅은 그룹 멤버의 빈번한 위치 변화를 가져와서 기존의 고정 호스트를 기본으로 설계된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 적용할 경우 많은 문제점을 발생시킨다. 이런 점에서 Mobile-IP를 유니캐스트 라우팅 방식으로 사용하는 이동환경에서의 이동호스트를 위한 몇 가지 멀티캐스팅 방법이 제시되었으나, 이 방법들 또한 비최적 경로로의 데이터 전송, 비효율적인 데이터 중복 전송, 그리고 빈번한 멀티캐스트 트리의 재구성으로 인한 오버헤드 등의 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 문제점들을 고찰하고, 이 문제점들을 보완하는 효과적인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다. 제시하는 프로토콜은 Mobile-IP를 사용하는 이동호스트에게 멀티캐스트 서비스를 지원하는 멀티캐스트 에이전트(Multicast Agent)와 이들 멀티캐스트 에이전트들 중에서 선택된 멀티캐스트 포워더(Multicast Forwarder)를 이용하여 동작한다. 이동호스트는 이웃한 멀티캐스트 포워더로부터 데이터를 터널링받거나 또는 로컬네트워크에 위치한 멀티캐스트 라우터로부터 멀티캐스트 데이터를 직접 전송 받게 된다. 따라서 멀티캐스트 데이터의 전송 경로를 단축시키고, 중복되는 데이터 및 터널링으로 전송되는 데이터를 감소시킴으로써 전체 네트워크 트래픽량을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 제시하는 프로토콜의 성능을 다양한 환경의 시뮬레이션을 통하여 확인해 본다.

Abstract In a network with mobile hosts, the problems associated with supporting multicast to mobile hosts are caused by frequent location changes of members. Therefore, some difficulties may be experienced if a conventional multicast protocol is used in a mobile environment since many existing multicast protocols assume static hosts when they construct the multicast delivery tree. Moreover, although several multicast mechanisms for mobile hosts using the Mobile-IP for network unicast routing support have been proposed, they also include glitches such as non-optimal data delivery route, duplicated datagrams, and overhead resulting from frequent reconstruction of a multicast tree. In this paper we summarize these problems and propose an efficient multicast routing protocol using the Mobile-IP to support IP multicast for mobile hosts. Our approach introduces a Multicast Agent that provides multicast service to mobile hosts and uses a dynamic selection of a Multicast Forwarder among the Multicast Agents. Our protocol is more efficient than existing protocols since a mobile host receives multicast data directly from the multicast router in the current network or from tunneling of a certain, close Multicast Agent that is located in an adjacent network. Consequently, our new protocol reduces the multicast data delivery path length and the amount of duplicated data, and decreases the amount of multicast traffic load by the reduction of redundant tunneling. We present the effects of our protocol through simulations with various parameters.

[†] 정 희 원 : (주)데이콤종합연구소 EC서비스개발팀 연구원
hsshin@dacom.net

^{**} 종신희원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수
yjsuh@postech.ac.kr

^{***} 종신희원 : 배재대학교 컴퓨터전자정보공학부 교수
sungohk@mail.paichai.ac.kr

논문접수 : 1999년 11월 26일
심사완료 : 2000년 10월 19일

1. 서론

네트워크 사용자의 이동성에 대한 욕구와 하드웨어 기술의 발전이 무선 이동네트워크라는 새로운 환경을 만들었고 급속한 발전을 거듭하고 있다 [4, 8, 11]. 이런 이동환경에서도 사용자는 다양한 서비스를 요구하고, 특히 멀티캐스팅 방식이 효과적으로 이용될 수 있는 응용 프로그램, 즉, 화상 회의, 그룹 메일 전송, 분산 파일 시스템 등의 서비스도 여전히 요구되어진다. 따라서 이동환경에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 사용은 필연적이라 하겠다. 이러한 무선이동환경에 기존의 고정호스트를 기본으로 설계된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 그대로 적용한다면 많은 문제점이 발생하게 된다. 이동환경의 네트워크는 멀티캐스트 그룹 멤버의 관리와 멀티캐스트 데이터의 전송 경로 설정뿐 아니라 유동적인 그룹 멤버를 위한 서비스 지원, 이동하는 그룹 멤버의 위치 관리도 함께 해야 하기 때문이다. 즉, 그룹 서비스를 위해 설정된 경로가 일시적이라는 요소를 고려해야 하고, 이것이 이동호스트를 위한 멀티캐스트가 갖는 새로운 문제점이 된다. 물론 호스트의 이동에 따른 변화를 빈번한 멤버의 가입과 탈퇴로 본다면 기존의 멀티캐스팅 방식에서의 유동적인 그룹 멤버 문제(dynamic group member problem)로 간소화 시켜볼 수도 있다 [7, 12]. 비록 기존의 멀티캐스팅 방식이 어느 정도 그룹 멤버의 변화를 수용한다고 하지만, 이는 고정 호스트가 그룹의 멤버인 경우를 기본으로 한 것이므로 그 변화 속도가 빠른 경우에는 올바르게 동작하기 어렵다. 게다가 이동호스트의 수가 많아지고 이동성 또한 증가한다면 이는 빈번한 멀티캐스트 트리의 변화를 유발시키고 트리 구성을 위한 상당한 비용 증가와 함께 불완전한 트리의 구성, 멀티캐스트 데이터의 손실 등의 문제를 야기시킨다.

이에 멀티캐스트 서비스를 받는 호스트에게 이동성을 보장하기 위한 몇 가지 방식이 제시되었다 [1, 2, 3, 10]. 특히 IETF Mobile-IP가 이동호스트의 유니캐스트 라우팅 프로토콜로 표준화되어가고 있으므로 IETF Mobile-IP를 사용하는 호스트를 위한 멀티캐스팅 방법들이 제시되고 있는데, 이 방법들 또한 여전히 문제점을 내포하고 있다 [5, 9, 15]. 따라서 본 논문에서는 기존의 이동 환경에서의 멀티캐스트 라우팅 방법이 가지는 문제점을 살펴보고 이런 문제점을 보완하면서 좀더 효과적으로 이동 네트워크환경에서 사용될 수 있는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제시하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어진다. 제 2 장에서는 IETF Mobile-IP에 대한 간단한 설명과 함께 Mobile-

IP를 사용하는 이동호스트를 위한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 대한 기존의 제안들의 소개와 이들이 가지는 문제점을 살펴본다. 제 3 장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 프로토콜에 대한 기본 개념의 설명을 시작으로 프로토콜의 동작 과정과 데이터 구조, 그리고 주요 알고리즘의 설명으로 이어진다. 제 4 장에서는 제시하는 프로토콜을 다양한 환경의 시뮬레이션을 통해서 성능을 평가하고 마지막으로 제 5 장에서 요약 및 결론을 맺는다.

2. 관련된 연구

Mobile-IP는 기존의 유선네트워크에서의 라우팅 방식을 그대로 사용하면서 호스트의 이동성에 투명성을 보장하는 방법으로 홈에이전트(home agent)와 포린에이전트(foreign agent)를 통하여 이동중에도 연속적인 통신을 가능하게 한다 [13, 14]. 이동호스트를 위한 데이터는 기본적으로 홈에이전트로 전송된다. 홈에이전트는 자신에게 등록된 이동호스트를 위한 데이터를 받게 되면 현재 이동호스트가 위치한 주소를 목적지로 하는 새로운 IP헤더로 데이터를 캡슐화(encapsulation)한 후 호스트가 이동해간 네트워크로 터널링한다. 포린에이전트는 자신이 관할하는 네트워크로 이동해온 호스트에게 라우팅 서비스를 제공하는 이동에이전트로, 홈에이전트가 터널링한 데이터를 받아서 해당하는 이동호스트에게 전송해주는 역할을 한다. 이와 같은 홈에이전트와 포린에이전트의 기능으로 기본적인 Mobile-IP 유니캐스트 라우팅 방식이 동작되고, 여기에 경로최적화(route optimization)등의 확장된 기법이 제시되고 있다.

이와 함께 IETF Mobile-IP에서는 두 가지의 멀티캐스트 라우팅 방법에 대해서도 간략히 소개하고 있다[13, 14]. 첫째는 [5]와 [9]에서 원격 가입(remote subscription)이라고 칭한 방식이다 [그림 1]. 이동호스트가 직접 그룹 멤버에 대한 책임을 가지고, 이동해 간 네트워크에서 멀티캐스트 그룹 가입을 시도하여 새로운 멀티캐스트 트리를 구성함을 기본으로 한다. 이 방식은 최적화된 경로가 설정되고 중복되는 메시지의 전송은 없지만, 트리를 재구성하는데 많은 오버헤드가 있고, 호스트가 이동하고 새로운 트리가 구성된 후 데이터가 전송되기까지 지연시간이 생기고 메시지가 손실되는 문제가 있다. 특히 호스트의 이동성이 클 경우 트리 구성 자체가 불완전해지므로 더욱 심각한 문제가 된다.

둘째는 Mobile-IP의 유니캐스팅 기법을 그대로 적용하는 방법으로 [5]와 [9]에서 양방향 터널 멀티캐스팅(bidirectional tunneled multicasting)이라고 칭한 방식이다 [그림 2]. 이 방법은 홈에이전트가 이동호스트를

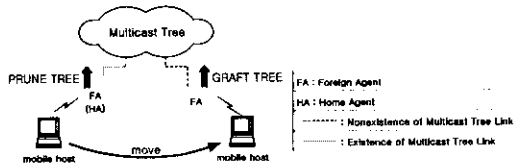


그림 1 원격 가입 (remote subscription) 방식

대행하여 그룹에 가입하고 홈에이전트로 전송되는 멀티캐스트 데이터를 두 번의 IP헤더 캡슐화를 통해 그룹에 속하는 각각의 이동호스트에게 유니캐스트 패킷형식으로 터널링하는 방식이다. 이는 호스트의 이동에 투명성을 보장하나 메시지 전송 경로가 최적화되지 못하고, 두 번의 캡슐화로 인한 패킷 크기의 증가뿐 아니라 각 이동호스트별로 데이터를 터널링하므로 메시지의 불필요한 중복이 두드러지는 문제점이 있다.

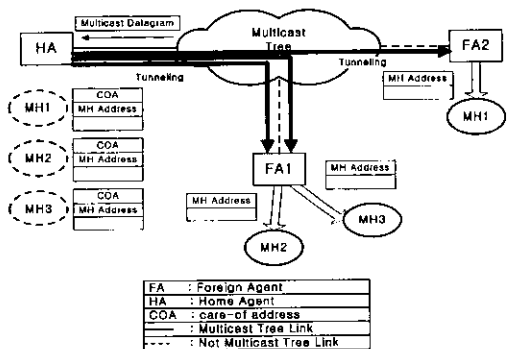


그림 2 양방향 터널 멀티캐스팅(bidirectional tunneled multicasting) 방식

이러한 문제점을 좀더 보완하고자 제시된 방법으로 MoM (Mobile Multicast) 프로토콜 [5, 9]이 있다. MoM 프로토콜에서도 홈에이전트가 멀티캐스트 데이터를 터널링하는 역할을 맡지만, 양방향 터널 멀티캐스팅 방식처럼 모든 이동호스트별로 메시지가 터널링되는 것이 아니라 그룹에 가입된 이동호스트가 있는 포린에이전트별로 터널링함으로써 하나의 방문네트워크에 홈에이전트가 같은 다수의 이동호스트가 있을 경우에 발생하는 이동호스트 수만큼의 메시지 중복 문제를 해결한다 [그림 3, 4].

하지만 여기에는 터널 집중 (tunneling convergence) 현상이 나타난다 [그림 5]. 즉 하나의 방문네트워크에서 서로 다른 홈에이전트를 가지는 다수의 이동호스트가 같은 그룹의 멤버로 있을 때, 각 홈에이전트로부터 같은

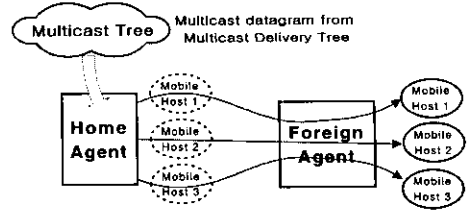


그림 3 양방향 터널 멀티캐스팅 방식에서의 홈에이전트 기능과 데이터 중복 현상

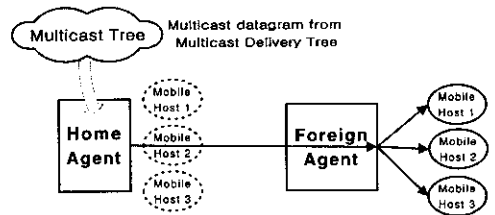


그림 4 MoM 프로토콜에서의 홈에이전트 기능

메시지를 중복해서 포워딩받게 되는 문제가 생긴다. MoM 프로토콜에서는 이 문제를 해결하기 위해서 포린에이전트가 데이터의 포워딩이 가능한 다수의 홈에이전트들 중에서 하나를 DMSP (Designated Multicast Service Provider)로 선택하고 DMSP에서만 그룹에 대한 멀티캐스트 데이터를 터널링하도록 제한하는 방법을 사용한다 [그림 6].

이 DMSP는 포린에이전트에 의해서 호스트의 이동이 발생할 때마다 적절한 알고리즘을 통해 새로운 DMSP로 핸드오프 (handoff)하게 된다. 이는 DMSP를 홈에이전트로 갖는 호스트의 이동으로 인해 멀티캐스트 데이터의 전송이 중단되는 문제와 DMSP 핸드오프 중에 전송되는 데이터의 손실 문제를 발생시킨다. 이 프로토

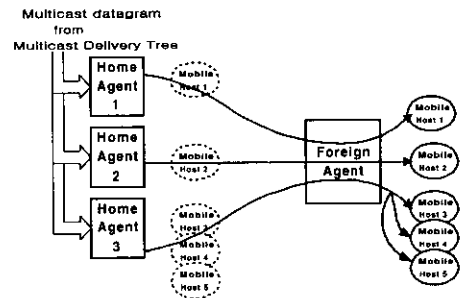


그림 5 MoM 프로토콜의 터널 집중 문제

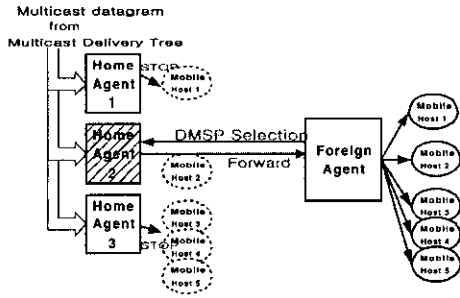


그림 6 MoM 프로토콜의 DMSP 선택 방법

콜은 IETF Mobile-IP에서 언급한 멀티캐스팅 방식에 비하여 멀티캐스트 데이터의 트래픽을 감소시키는 좀더 효율적인 방안을 제시하고 있으나 홈에이전트를 통해서 데이터를 터널링함으로써 전송경로가 비최적화되고, 터널링으로 전송되는 데이터와 멀티캐스트 그룹 전송 트리로부터 직접 포워딩된 데이터가 중복되는 문제 등이 남아 있다 [그림 7, 8].

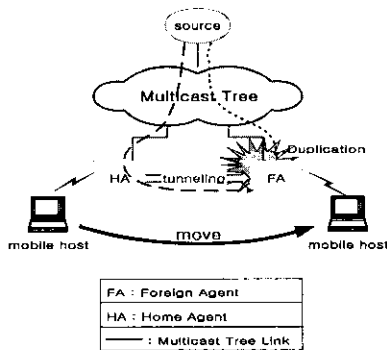


그림 7 MoM 프로토콜의 데이터 중복 문제

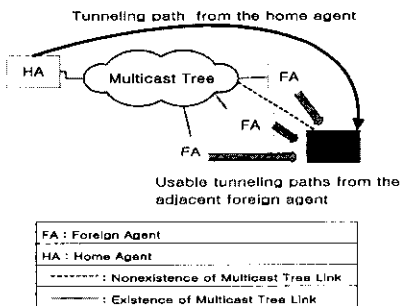


그림 8 전송 경로의 비최적화 문제

3. Multicast by Multicast Agent (MMA) 프로토콜

3.1 개요

기존에 제시된 프로토콜들은 [그림 3, 7]과 같은 데이터 중복 현상들을 발생시키고, 또한 홈에이전트로부터의 터널링을 기본으로 하는 프로토콜의 경우 전송 경로의 비최적화라는 문제점도 있다 [그림 8].

본 논문이 제시하는 MMA (Multicast by Multicast Agent) 프로토콜에서는 이런 문제점들을 해결하고자 멀티캐스트 에이전트 (Multicast Agent (MA))와 멀티캐스트 포워더 (Multicast Forwarder (MF))의 개념을 사용한다. MA는 이동호스트에게 멀티캐스트 데이터를 전송하는 책임을 가진다. 각각의 MA는 그룹당 하나의 MF값을 가지는데 이 MF는 멀티캐스트 데이터를 포워딩 해주는 MA를 나타낸다. 즉, 로컬네트워크가 멀티캐스트 트리에 포함되어 멀티캐스트 라우터로부터 직접 데이터를 전송 받을 경우 MA는 자신을 MF값으로 가지게 되고, 로컬 네트워크가 멀티캐스트 트리에 포함되지 않을 경우에는 이웃한 다른 MA로부터의 터널링을 통해서 데이터를 포워딩 받는다. 이때 터널링해 주는 MA를 MF값으로 가지게 된다.

각각의 MA가 MF값을 설정하는데는 이동호스트가 가지는 MF정보를 이용한다. 즉 한 로컬네트워크에서 같은 그룹에 속하는 이동호스트들과 MA는 동일한 MF값을 가지게 되고, 이동호스트가 다른 네트워크로 이동하게 되면 자신이 가진 이전 네트워크의 MF값을 이동해간 네트워크의 MA에게 알려준다. 이때 MA는 자신이 가진 MF와 이동해 온 호스트에 의한 MF정보를 비교하여 최적의 MF값으로 변화시킨다. 이러한 MF핸드오프는 Oldest-MF 알고리즘 또는 Closest-MF 알고리즘으로 동작되어질 수 있다. Oldest-MF는 한번 설정된 MF를 그대로 유지하는 방법으로 로컬네트워크가 멀티캐스트 트리에 속하게 되어 MA 자신이 MF가 될 때까지 MF를 변화시키지 않는다. 반면에 Closest-MF 알고리즘은 MA 자신이 가지는 MF와 이동호스트에 의해 전달된 MF중에서 전송 경로가 보다 짧은 MF를 선택하는 방법이다. 전송 경로의 비교는 제어 메시지의 TTL 값을 적당히 증가시켜가면서 주위에 있는 MF를 찾는 방법 (expanding ring search method)을 사용하여 비교할 수 있다 [12]. 이때 주위의 어떤 MA가 자신이 가진 MF와 동일한 MF를 찾는 제어 메시지를 받게 될 경우, 이 MA가 MF를 대신하여 자신이 가진 MF거리 (MF distance)정보를 전해 준다. 이로써 시간 지연 및

제어 메시지에 의한 트래픽 오버헤드를 줄일 수 있다. [그림 9]와 [그림 10]은 MMA 프로토콜의 간단한 동작 과정과 포워딩 방식을 보여준다.

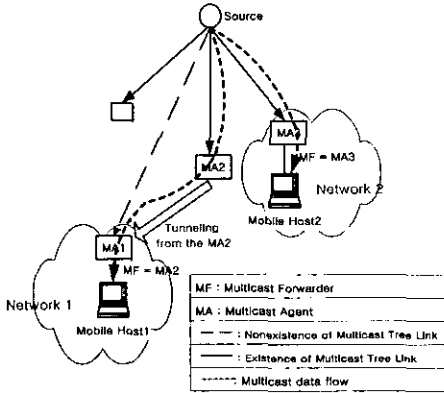


그림 9 MMA 프로토콜의 동작

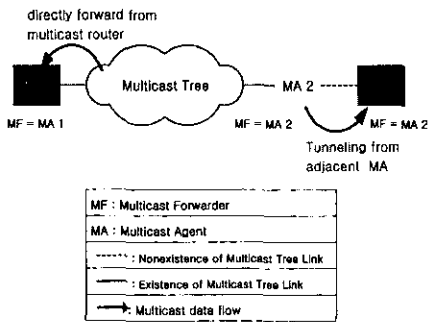


그림 10 MMA 프로토콜의 포워딩 방식

MA는 네트워크 트래픽의 모니터링을 통해서 고정 호스트가 그룹에 가입한 경우에도 미리 해당 그룹에 대한 정보를 관리하고 자신을 MF로 설정해 둔다. 이와 같이 로컬네트워크가 멀티캐스트 트리에 속하게 되어 MA가 자신을 MF값으로 가지거나 이웃한 MA중 하나를 최적의 MF값으로 설정하게 되면 이동호스트의 잦은 출입에 무관하게 고정된 MF를 유지할 수 있다. 따라서 MoM의 DMSP 핸드오프율보다 낮은 MF 핸드오프율을 가질 수 있다. 이것은, 호스트의 이동이 지리적으로 가까운 위치로 옮겨지게 되고 이때 네트워크상의 위치 변화 또한 이웃한 네트워크로 옮겨질 가능성이 높아진다. 따라서 호스트 이동의 지역화가 MA의 보다 가까운 MF설정을 돕게 되고 결국은 고정된 최적의 MF로의

수렴도 가능하게 하기 때문이다. 또한 이러한 호스트 이동성의 지역화는 보다 가까운 MF로부터의 터널링을 이용함으로써 홈에이전트로부터의 터널링 전송 경로보다 짧은 전송 경로를 보장하게 된다.

그리고 MMA 프로토콜에서는 호스트의 이동성을 고려하여 원격 가입 방식과 유사한 방법으로 멀티캐스트 트리에 바로 연결시키는 기능을 선택적으로 포함할 수 있다. 이동호스트가 가지는 정보 중에서 Tree JOIN_Option을 사용하여 구현되는 이 기능은 호스트의 이동성이 낮고 네트워크에 머무르는 시간이 길 경우에 보다 효율적이다. 또한 Tree JOIN_Option을 설정한 경우라도 멀티캐스트 트리로의 연결이 이루어질 때까지는 MF의 포워딩을 통해 데이터를 계속 받음으로 연결 지연 시간 동안에도 연속적인 멀티캐스트 서비스를 가능하게 한다.

요약하면, MMA 프로토콜은 이동호스트가 전달해주는 MF정보를 통해서 터널링 포인터를 현재의 네트워크 위치와 근접하게 조정하는 결과를 얻게 되므로 고정된 홈에이전트를 통한 터널링보다 짧은 전송 경로를 보장하고, 경우에 따라서는 이런 부가적인 터널링없이 멀티캐스트 트리로부터 포워딩된 데이터를 직접 받음으로써 최적 경로를 통한 중복 없는 데이터 전송을 가능하게 하므로 네트워크 트래픽량을 감소시키는 효과를 얻는다.

3.2 데이터 구조

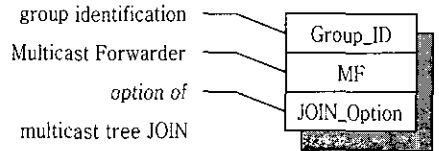


그림 11 이동호스트가 가지는 그룹 정보 테이블

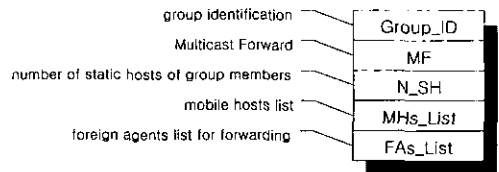


그림 12 MA가 가지는 그룹 정보 테이블

MMA 프로토콜은 멀티캐스트를 지원하는 이동에이전트와 이동호스트간의 동작으로 이루어진다. 이때 객체가 필요로 하는, 그리고 관리하는 주요 정보는 [그림 11, 12]와 같은 그룹 정보 테이블로 구현될 수 있다.

이동호스트는 [그림 11]과 같이 자신이 가입한 그룹과 그룹으로 전송된 데이터를 호스트가 위치한 이동 에이전트로 포워딩시켜 주는 MF의 정보, 그리고 원격 가입 방식과 동일한 기능을 수행하는 JOIN_Option값을 가진다. 이러한 그룹 정보는 이동호스트가 새로운 MA와 등록동작 (registration)을 할 때 이 그룹 정보를 Previous Foreign Agent Notification Format을 갖는 Registration Request Message를 이용하여 보낼 수 있다 [13, 14].

각 MA는 [그림 12]와 같이 Group_ID, MF, 그룹 멤버인 고정호스트의 수, 그룹 멤버이며 로컬 네트워크에 위치하는 이동호스트의 리스트, MA로부터 데이터를 포워딩 받을 이동 에이전트의 리스트 정보를 관리한다. 포워딩에 대한 정보는 Binding Update Message를 사용하여 Forwarding REQUEST/STOP Message를 에이전트간에 상호 교환 할 수 있다 [13, 14].

그룹 당 MA가 관리하는 그룹 멤버는 고정호스트, 이동호스트, 그리고 MA가 멀티캐스트 그룹 트리에 속해 있고 다른 MA에 대해서 MF로의 역할을 수행할 경우라면 데이터를 포워딩 받는 다른 MA도 포함된다. MA는 그룹의 멤버가 존재하는 동안에는 그룹에 대한 정보를 관리하고 자신의 MF를 유지한다.

3.3 알고리즘

이동호스트가 송신측일 경우에 일반적으로 알려진 두 가지 멀티캐스트 라우팅 방식이 있다 [5, 15]. 이동호스트가 방문네트워크에서 직접 데이터를 전송하거나 또는 이동호스트가 전송하고자 하는 데이터를 홈 에이전트로 보내고 홈 에이전트가 멀티캐스트 트리로 포워딩시키는 경우이다. 실제 환경을 고려했을 때, 대부분의 이동 컴퓨터는 자원이 부족한 장치이고 이동호스트는 수신측으로써의 서비스를 주로 기대하게 된다. 이런 점에서 본 논문에서는 이동호스트가 수신자가 되는 경우에 대해서 중점적으로 살펴본다.

수신자가 되는 이동호스트와 MA의 동작은 몇 가지 알고리즘으로 요약할 수 있다. 이 알고리즘은 이동호스트의 새로운 네트워크로의 출입, 데이터 또는 제어 패킷의 도달 등과 같은 이벤트에 대해 요구되는 MMA 프로토콜의 주요 동작을 나타낸다. 다음은 각 이벤트에 대한 이동호스트와 MA의 동작 과정이다.

[이동호스트의 동작 알고리즘]

첫째, 그룹 멤버인 이동호스트가 로컬 네트워크로 들어갔을 경우,

```

IF(MH receives an Agent Advertisement
from a new MA){
    MH sends a Registration Request Message which
contains the information of (Group_ID, MF, JOIN_
Option);
    MH takes a new MF from MA's Registration Reply
Message;
    IF(New MF is different from MH's MF){
        MH modifies MH's MF with new MF;
    }
}
    
```

둘째, MF 핸드오프가 발생했을 경우,

```

IF(MH receives the information of new MF from MA
& New MF is different from MH's MF){
    MH modifies MH's MF with new MF;
}
    
```

[MA의 동작 알고리즘]

첫째, 그룹 멤버인 이동호스트가 로컬 네트워크로 들어왔을 경우,

```

IF(MA receives a Registration Request Message
from MH){
    MA takes MH's information of (Group_ID, MF,
JOIN_Option);
    IF(Group_ID is already registered in Group
Information Table){
        MA adds MH to MHs_List;
        MA informs new MF = MA's MF to MH
using Registration Reply Message;
        MA selects new optimal MF between MA's
MF and MH's MF;
        IF(New selected MF is MH's MF){
            MA sends Forwarding REQUEST
Message to new MF;
            IF(Multicast datagram is received from
new MF before time-out occurs){
                MA sends Forwarding STOP Message
to old MF;
                MA informs new MF = MH's MF to
all mobile hosts;
                MA modifies MA's MF with new
MF;
            }
        }
    }
    ELSE{
        MA makes new group entry;
        MA adds MH to MHs_List;
        MA sends Forwarding REQUEST Message to
new MF;
        MA setups MA's MF with MH's MF;
    }
}
    
```

```

IF(Multicast router exists && Host requests
multicast tree JOIN processing && MA's MF
is not equal to MA itself){
  MA sends join message for connection to
  multicast delivery tree;
}
}

```

둘째, 그룹의 멤버인 이동호스트가 로컬 네트워크에서 나갔을 경우, (MA는 타임아웃 (time-out)발생으로 호스트의 이동을 인식한다.)

```

IF(Time-out occurs for MH){
  MA deletes MH from MHs_List in group entry for
  all groups joined by MH;
  MA checks a group membership;
  IF(Group member does not exist in group entry
  anymore){
    /* Group member check is done by using
    checking of MHs_List, FAs_List, and N_SH. */
    IF(MA's MF is equal to MA itself){
      /* The network belongs to multicast delivery
      tree nodes. */
      MA sends PRUNE message;
    }ELSE{ /* The multicast data is received by
    tunneling from MF. */
      MA sends Forwarding STOP Message
      to MF;
    }
    MA deletes group entry from Group Information
    Table;
  }
}

```

셋째, 다른 MA로부터 컨트롤 패킷이 왔을 경우, (MA가 위치한 로컬네트워크는 멀티캐스트 트리에 속한다.)

```

IF(Forwarding STOP Message is received){
  MA deletes the foreign multicast agent, which
  sends Forwarding STOP message, from FAs_List
  in group entry;
  MA checks a group membership;
  IF(Group member does not exist in group entry
  anymore){
    MA sends PRUNE message;
  }
}ELSE IF(Forwarding REQUEST Message is
received){
  MA adds the foreign multicast agent, which sends
  Forwarding REQUEST Message, to FAs_List in
  group entry;
}

```

넷째, 멀티캐스트 메시지가 도달했을 경우,

```

IF(Group entry exists in Group Information Table){
  IF(Multicast datagram is forwarded from
  multicast router in the local network){
    MA transmits multicast data to all MHs in
    MHs_List through physical interfaces;
    MA transmits multicast data to all agents in
    FAs_List through virtual tunnels;
  }ELSE IF(Multicast datagram is forwarded from
  MA's MF by using a tunneling){
    MA transmits multicast data to all MHs in
    MHs_List through physical interfaces;
  }
}

```

다섯째, 멀티캐스트 트리로의 연결이 이루어졌을 경우, (JOIN Processing이 완료됐을 때)

```

IF(Group entry exists in Group Information Table){
  MA sends Forwarding STOP message to MF in
  the group entry;
  MA setups MA's MF with MA itself;
  MA informs new MF = MA's MF to all mobile
  hosts in MHs_List;
}

```

4. 성능평가

분산 사건(discrete-event) 시뮬레이션을 사용하여 다음과 같은 가상 환경에서 프로토콜들의 성능을 비교했다. 먼저 좌표평면 상에서 400개의 점을 임의로 (uniformly random) 선택하여 각 점을 하나의 서브네트워크로 하여 전체 네트워크를 구성하였다. 이 가운데 임의로 선택한 T개의 서브네트워크를 초기 트리 노드로 설정한다. 초기 트리 노드들의 위치 설정을 전체 네트워크에 고르게 분산되도록 한 분산모드(sparse mode)와 한 지역에 밀집되도록 한 밀집 모드 (dense mode) 각각의 경우에 대하여 시뮬레이션 했다. 초기 트리 노드의 수와 그룹 멤버의 수를 다양하게 변화시켰고, 시간 단위는 상대적 의미의 유닛을 쓰며 호스트의 이동성에도 그 정도를 1에서 5까지의 등급으로 나누어서 상대적인 차이를 두었다. 하나의 시간 유닛당 이동호스트가 핸드오프할 확률을 20, 40, 60, 80, 100%로 구분하여 이동호스트의 이동률(mobility rate)에 따른 성능을 평가하였다. 즉, MR=5 경우 이동호스트의 핸드오프 확률은 100%로 하나의 시간 유닛내에 반드시 핸드오프하고, MR=1 경우 핸드오프 확률이 20%이므로 5 유닛당 한번의 핸드오프를 하게된다. 각 서브네트워크 간의 최단 데이터 전송 경로 거리는 두 점간의 최단 거리 유클리디언 거리 (Shortest-Path Euclidean Distance)로 계산하고, 임의

로 구성된 네트워크에서 고정된 근원지 서브네트워크를 하나 정하고 전체 호스트의 수를 랜덤하게 각 서브네트워크에 할당하여 시뮬레이션 환경을 구성했다. 각 시뮬레이션은 100번을 수행하였으며 95% 신뢰구간(confidence interval)을 갖는다.

주요 비교 대상은 첫째, 전체 네트워크에 나타나는 시간당 멀티캐스트 데이터의 부가적인 트래픽량, 둘째, 각 호스트당 멀티캐스트 데이터의 평균 전송 거리이다. IETF Mobile-IP에서 제시한 멀티캐스팅 방식과 MoM 프로토콜, 그리고 본 논문에서 제시하는 MMA 프로토콜을 비교해 보았다. 데이터 전송 거리의 비교에서는 MMA의 최악의 경우에 대한 비교를 위해 DMSP와 MF선택 알고리즘을 각각 Closest-HA, Oldest-MF로 사용했고, 핸드오프율의 비교에서는 Oldest-HA, Closest-MF 알고리즘을 각각 사용했다. MMA 프로토콜에서 호스트의 이동성 정도에 따라 JOIN-Option을 선택적으로 사용한 경우에 대해서도 함께 비교했다.

요약하여, 다음 [표 1]과 같은 시뮬레이션 환경변수를 설정하고 제시한 프로토콜의 성능을 분석해 보았다.

표 1 시뮬레이션 환경

Parameter	Description	Values
N	서브네트워크의 수	400 개
T	초기 트리 노드의 수	10 - 90 개
H	서브네트워크당 이동호스트의 수	1 - 29 개
MR	이동성 등급	1 - 5
a	서비스 시간	5유닛 (unit)
b	트리 연결 지연 시간	1유닛 (unit)

이동호스트를 위한 멀티캐스트 데이터의 트래픽량은 기존 전송 트리상의 데이터 트래픽 외에 이동호스트를 위해 포워딩 포인트로부터 이동호스트가 위치한 네트워크까지의 터널링이라는 데이터 트래픽이 부가적으로 더해진다. MoM 프로토콜의 성능 평가와 유사한 방법으로, 이런 부가되는 터널링 수의 비교를 통해서 네트워크 트래픽량의 비교를 유추할 수 있다. [6]. 즉, IETF Mobile-IP의 양방향 터널 멀티캐스팅에서는 방문네트워크에 위치한 모든 이동호스트에게, MoM 프로토콜에서는 그룹멤버인 이동호스트가 있는 모든 포린에이전트에게, MMA 프로토콜에서는 포워딩을 요청한 포린에이전트에게 멀티캐스트 데이터를 터널링해 준다. 따라서 방문네트워크로 이동한 이동호스트의 수, 이동호스트가 존재하는 방문네트워크의 수, MF로부터 포워딩 받는 MA

의 수의 비교로 터널링을 통한 멀티캐스트 트래픽의 양을 비교할 수 있다. 그 결과 그래프를 [그림 13]에서 보인다. [그림 13]의 첫 번째 그래프는 초기 트리 노드의 수를 10에서 90까지 변화시켰을 때(sparse mode), 이동호스트 수의 증가에 따른 네트워크 트래픽량의 변화를 나타낸다. 이때 호스트의 이동성 정도(MR)는 3으로 고정되어 있다. 두 번째 그래프는 초기 트리 노드를 50으로 고정시키고(dense mode) 호스트의 이동성 정도를 1에서 5까지의 상대적인 값으로 변화시켰을 때, 이동호스트 수의 증가에 따른 네트워크 트래픽량의 변화를 나타낸다. 세 번째 그래프는 첫 번째 그래프와 같은 환경변수 하에서, MMA 프로토콜이 JOIN과정을 수행할 때 나타나는 결과를 보여준다. 보는바와 같이 세 가지 모든 경우, 가상 터널로 포워딩 되는 데이터 패킷 수가 MMA 프로토콜의 경우 가장 작고 따라서 트래픽량도 상대적으로 작음을 보여준다. 특히 MMA 프로토콜이 JOIN 과정을 사용할 경우 더 많은 트래픽 감소를 볼 수 있고 이동호스트의 수가 증가함에 따라서 터널링 받는 개체 수의 차이가 크게 나타나 다수의 이동호스트 환경에서 MMA 프로토콜이 더 효과적임을 보인다.

전송 경로 길이의 비교는 이상적인 최단 경로 거리를 1로 하고 MoM과 MMA 프로토콜(join과정 없을 때)에서 나타나는 호스트당 전송 경로 길이를 상대적인 값으로 비교해 보았다. [그림 14]의 첫 번째 그래프에서, 상단의 선이 MoM 프로토콜의 결과를 나타내고, 그 아래의 선이 MMA 프로토콜을 수행 결과를 나타낸다. 호스트의 이동성을 세 단계로 증가시켰고, 각각의 경우마다 초기 트리 노드의 수를 10, 50, 90으로 변화시키면서 이동호스트 수의 증가에 따른 전송 경로 거리의 평균값을 살펴보았다. 이동호스트의 수를 증가시키면 처음에서 평균 전송 경로 거리 값이 증가하다가 이후에는 다시 감소함을 볼 수 있고, 초기 트리의 크기가 증가함에 따라 결과 값은 증가함을 보인다. 두 번째 그래프에서는 트리 노드들의 위치 설정을 전체 네트워크에 고르게 분산시킨 분산모드와 한곳에 집중시킨 밀집모드 각각에 대한 비교 결과를 나타낸다. 호스트의 이동성을 다섯 단계로 변화시켰고, 각각의 경우에 초기 트리 노드를 10에서 90까지 변화시켰을 때 나타나는 결과를 보인다. [그림 14]의 비교 결과, MoM 프로토콜에 비해 MMA 프로토콜이 분산모드와 밀집모드의 모든 경우에 작은 전송 경로 거리를 보여 주고, 특히 이동호스트의 이동률이 높고 초기 트리 노드의 수가 많을 때 성능의 차이는 더욱 커진다. 이는 MMA 프로토콜이 초기 트리 노드의 수가 많을수록 좀더 최적의 전송경로를 설정하고, 이동호스트의

이동률이 높아짐에 따라 짧은 전송 경로 값이 계속 누적되어 더욱 더 효과적인 전송 경로 거리를 가짐에 기인한다. 물론 JOIN 과정을 사용할 경우라면 최단 경로에 더 근사해진다.

[그림 15]에서 전송 경로 거리의 비교를 멀티캐스트 트리상의 전송 경로와 포워딩 되는 전송 경로로 구분하여 좀더 자세히 분석하였다. 첫 번째 그래프와 같이 MoM과 MMA는 트리상의 전송 경로는 유사하게 나타나지만 포워딩 되는 전송경로에서 많은 차이를 보이고 이로 인하여 전체 전송 경로 거리에서 MMA가 보다 최단 경로 거리에 근사하게 나타난다. 그래프에서 (1)로 표기된 선은 MoM 프로토콜에서 트리상의 전송 경로 거리를 나타내고 (2)로 표기된 선은 MMA 프로토콜에서의 트리상의 전송 경로 거리를 나타낸다. 호스트의 이동성을 다섯 단계로 변화시켰고, 각각의 경우에 대해 초기 트리 노드의 수, 이동호스트의 수를 증가시켰을 때 나타나는 결과를 보여준다. [그림 15]에서 두 번째 그래프는 MMA 프로토콜에서의 전송 경로 거리에서 MoM 프로토콜의 전송 경로 거리를 뺀 결과를 보인다. 즉 상단의 선은 (MMA 프로토콜 수행시 나타나는 트리상의 전송 경로 거리 - MoM 프로토콜 수행시 나타나는 트리상의 전송 경로 거리)의 값을, (3)으로 표시된 최하단에 나타나는 선은 (MMA 프로토콜 수행시 나타나는 터널상의 전송 경로 거리 - MoM 프로토콜 수행시 나타나는 터널상의 전송 경로 거리)의 값을 나타낸다. 중간에 (2)로 표시된 선은 전체 값으로, (1)과 (3)의 값을 합을 나타낸다. 즉, [그림 15]의 첫 번째 그래프의 결과와 마찬가지로 포워딩 되는 전송 경로에서 큰 차이를 보이고 이로 인하여 전체 전송 경로 거리에서 MMA가 보다 최단 경로 거리에 근사해진다.

[그림 16]에서는 MoM 프로토콜에서의 DMSP 핸드오프와 MMA 프로토콜에서의 MF 핸드오프 발생율을 비교한다. 그림에서 보는바와 같이 MF 핸드오프 발생율은 DMSP 핸드오프 발생율보다 훨씬 낮게 나타나며 이는 호스트의 수와 이동호스트의 이동률이 증가함에 따라서 더 큰 차이를 보인다. 잦은 DMSP 및 MF의 핸드오프는 많은 트래픽을 유발하여 네트워크에 부하를 늘리게 되며, 핸드오프 기간동안 발생하는 서비스 중지로 성능이 현저하게 떨어지게 된다. 따라서 DMSP 또는 MF의 핸드오프 빈도는 작아져야 하며 MMA 프로토콜은 이런 특성을 보여주며 이로 인해 성능향상을 이루게 된다.

MMA 프로토콜은 이동 호스트와 에이전트의 기능확장, 등록메시지 크기의 증가, 부가적인 제어메시지 필요 등의 단점이 있으나, 위에서 살펴본 바와 같이 MMA 프로토콜은 불필요한 터널링으로 인한 데이터의 중복

문제를 완화시키고, 멀티캐스트 트래픽을 감소시키며, 최적화된 경로로 데이터가 전송되는 등의 특성으로 효율적인 멀티캐스팅을 보장한다. 이러한 성능향상을 위해서는 기존의 포린에이전트가 MA 및 MF의 역할도 겸하도록 해야하며 이 경우 포린에이전트에 소프트웨어적인 부하가 증가하는 단점이 존재한다. 다른 방법으로, 별도로 MA 및 MF의 역할을 하는 시스템을 설치할 수 있으나, 이 경우 포린에이전트의 소프트웨어적인 부하증가는 없으나 별도의 시스템 구매 비용이 든다는 단점이 있다. 그러나 멀티캐스트 성능 향상을 위해 다소의 비용증가는 큰 문제가 되지 않는다고 사료되며 필요한 경우 성능 및 비용의 타협(tradeoff)이 필요하다.

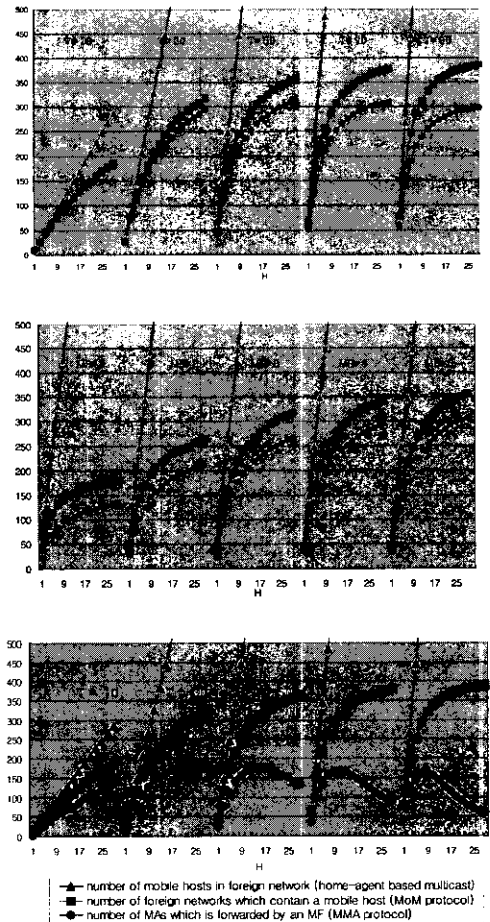


그림 13 멀티캐스트 데이터로 인한 네트워크 트래픽의 비교

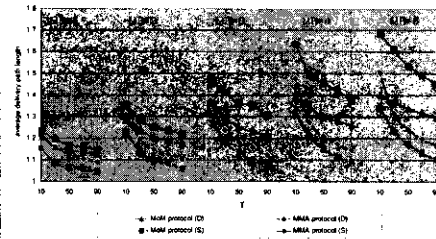
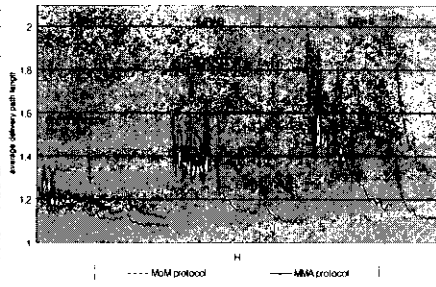


그림 14 멀티캐스트 데이터의 전체 전송 거리의 비교

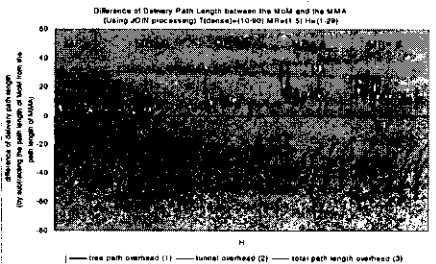
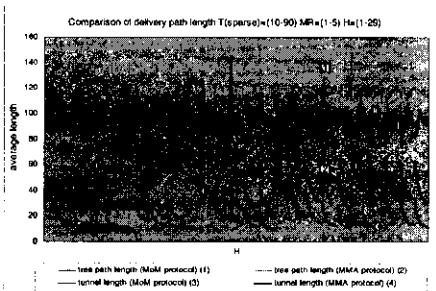


그림 15 멀티캐스트 데이터의 전송 경로 거리의 비교 - 멀티캐스트 트리상의 전송 경로 거리와 터널링되는 전송 경로 거리로 세분화한 비교

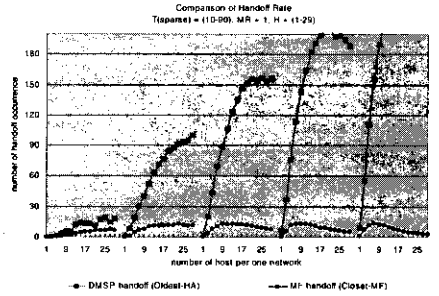


그림 16 DMSP와 MF의 핸드오프율의 비교

5. 결론

이상으로 살펴본 바와 같이, 이동호스트를 위한 MMA 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 고정된 홈에이전트를 통해서 이루어지던 다른 방법들에 비해 유동적인 MF를 사용함으로써 향상된 성능을 보인다. 호스트의 이동성이 보다 자유롭고 홈에이전트에 독립하여 동작하므로 호스트의 확장성 또한 보장된다. 물론 MMA는 이동에이전트와 이동 호스트의 기능 확장과 부가적인 제어 메시지를 필요로 하는 오버헤드를 가진다.

MMA 프로토콜은 에이전트 관점에서 포워딩 포인터를 설정하여 MF 핸드오프를 감소시키고 데이터의 연속적인 전송을 보장한다. 또한 멀티캐스트 데이터 전송을 위한 터널링을 줄이고 가능하면 멀티캐스트 트리상의 인터페이스를 통해 직접 데이터를 받게 함으로써 불필요한 터널링으로 인한 데이터의 중복 문제를 완화시키고 멀티캐스트 데이터로 인한 트래픽을 감소시키는 이점을 가져온다. 또한 호스트의 이동성이 반영되어, 근접한 멀티캐스트 트리상의 이웃한 MA를 새로운 MF로 선정하므로 보다 최적화된 경로로 데이터가 터널링되어 지므로 전송 경로 거리를 줄일 수 있다.

부가적으로 Closest-MF 선택 알고리즘의 사용과 이동호스트의 선택적 Tree JOIN Processing의 기능 추가로 보다 향상된 성능을 기대할 수 있다. 다양한 환경에서의 시뮬레이션의 결과를 통해서 MMA 프로토콜의 효율성을 확인할 수 있다.

참고 문헌

[1] Acharya and B. R. Badrinath, "A framework for delivering multicast message in networks with mobile hosts," ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications, pp. 199-219, 1996.
 [2] Acharya and B. R. Badrinath, "IP multicast

- extensions for mobile internetworking," IEEE INFOCOM 96, 1996.
- [3] Bartoli, "Group-based multicast and dynamic membership in wireless networks with incomplete spatial coverage," ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications, pp. 175-188, 1998.
- [4] C. Cox, "Wireless Personal Communications: What is it ?," IEEE Personal Communications, pp. 20-35, April 1995.
- [5] 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, pp. 365-379, 1998.
- [6] V. Chikarmane and C. L. Williamson, "Performance Evaluation of the MoM Mobile Multicast Protocol," ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications, pp. 189-201, 1998.
- [7] S. Deering, "Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LANs," ACM trans. on Computer Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 85-110, May 1990.
- [8] Forman and J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," IEEE Computer, 27 (4), pp. 38-47, April 1994.
- [9] T. G. Harrison and C. L. Williamson, "Mobile Multicast(MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," ACM MOBICOM 97, pp. 151-160, 1997.
- [10] Ioannidis, "IP-based Protocols for Mobile Internetworking," Proc.ACM SIGCOMM Symp. On Communication, Architectures and Protocols, pp. 235-245, 1991.
- [11] Jabbari and G. Colombo, "Network Issues for Wireless Communications," IEEE Communications Magazine, pp. 88-98, January 1995.
- [12] Miller, Multicast Networking and Applications, p. 282, Addison Wesley, 1998.
- [13] Perkins, IP mobility support, RFC 2002, Mobile IP Networking Group
- [14] Perkins, Mobile IP Design Principles and Practices, p. 275, Addison Wesley, 1997.
- [15] G. Xylonmenos, "IP Multicast for Mobile Hosts," IEEE Communications Magazine, pp. 54-58, January 1997.



신 회 숙

1998년 경북대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업. 2000년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석사졸. 2000년 ~ 현재 데이콤종합연구소 EC서비스개발팀 연구원. 관심분야는 무선인터넷 서비스 및 시스템, 이동환경에서의 멀티캐스팅 기법.



서 영 주

1985년 한양대 전자공학 학사. 1987년 한양대 전자공학 석사. 1996년 미국 Georgia Tech 컴퓨터공학 박사. 1988년 ~ 1990년 LG전자 연구원. 1990년 ~ 1993년 충청대학 조교수. 1996년 ~ 1997년 미국 Georgia Tech Postdoc Researcher. 1997년 ~ 1998년 미국 University of Michigan Research Fellow. 1998년 ~ 현재 포항공대 컴퓨터공학과 조교수. 관심분야는 Network Protocols, Wireless Mobile Networks, Interconnection Networks.



안 성 옥

1983년 2월 고려대학교 수학교육과 졸업(학사). 1985년 2월 고려대학교 대학원 수학과 졸업(전산학전공 석사). 1989년 8월 고려대학교 대학원 수학과 졸업(전산학전공 박사). 1991년 ~ 현재 배재대학교 정보통신공학부 부교수. 1993년 ~ 1994년 펜실베이니아주립대학교 컴퓨터학과 교환교수. 1994년 ~ 1995년 뉴욕주립대학교 컴퓨터학과 교환교수. 관심분야는 데이터베이스, 컴퓨터네트워크, XML 저장관리기, 컴퓨터교육