

# 이동 IP 망에서 효율적인 경로설정과 신뢰성 있는 전송방법을 갖는 멀티캐스트 프로토콜

준회원 조형상\*, 신석재\*, 정회원 유상조\*

## Reliable and Efficient Multicast Protocol for Mobile IP

Hyung-Sang Cho\* , Seak-Jae Shin\* Associate Members, Sang-Jo Yoo\* Regular Members

### 요 약

그 동안 Mobile-IP환경에서 멀티캐스팅을 지원하기 위한 많은 프로토콜들이 제시되었으나, 기존의 프로토콜들은 비최적 경로로의 데이터 전송, 호스트의 이동 시 데이터의 손실 문제로 인해 멀티캐스트 데이터 전송에 신뢰성이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 방법의 문제점들을 고찰해 보고, Mobile IP 네트워크에서 이러한 문제점들을 보완하는 신뢰성 있고 효율적인 새로운 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜은 호스트의 이동 및 여러요인으로 발생하는 데이터 손실 문제를 이전 에이전트를 이용한 다양한 방법을 통해 보상 받게 되므로 신뢰성 있는 데이터 전송을 할 수 있게 한다. 또한 멀티캐스트 그룹의 환경변화에 따라 본 논문에서 제안된 조건에 부합하는 경우 멀티캐스트 트리에 바로 연결시키는 기능을 수행하여 전송 경로를 최적으로 가깝게 설정함으로써 좀더 효율적인 멀티캐스트 서비스가 가능하도록 한다. 이러한 점들은 다양한 환경에서의 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있다.

**Key Words** : Mobile IP; Multicast; Internet QoS

### ABSTRACT

To provide multicasting service, several multicast protocols for mobile hosts have been proposed. But they include glitches such as a non-optimal delivery route, data loss when hosts move another network, therefore they have some insecure problems about multicast data transmission. In this paper, we consider these problems and propose a new reliable and efficient multicast routing protocol for Mobile IP networks. The proposed protocol provides reliable multicast transmission by compensating data loss from the previous agent when a mobile host moves another network. Also it provides additional function that is directly to connect a multicast tree according to the status of agents. It provides more efficient and optimal multicast path. The performance of the proposed protocol is proved by simulation of various conditions.

### 1. 서 론

네트워크 사용자들의 이동성에 대한 욕구와 하드웨어 기술의 급속한 발전은 무선 이동네트워크라는

새로운 환경을 만들어 내었고 발전을 거듭하고 있다. 또한 인터넷 방송이나 다중 화상회의, 소프트웨어 분배 등의 다중 전송을 이용하는 인터넷 응용기술의 증가로 인해 무선 이동네트워크 환경 내에서의 멀티

\* 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망연구실(c2012004@inhavision.inha.ac.kr, sjyoo@inha.ac.kr),

논문번호 : 030340-0806, 접수일자 : 2003년 8월 06일

※ 본 연구는 한국 학술진흥재단 선도 연구자 지원 사업(D20378)으로 수행되었음.

캐스트 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서 이동환경에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 사용은 필연적이라 할 수 있다. 이러한 무선 이동환경에 기존의 고정호스트를 기본으로 설계된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 그대로 적용한다면 많은 문제점이 발생하게 된다. 이동환경의 네트워크에서는 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, 그룹마다 서비스를 제공하기 위해 설정된 경로가 일시적이라는 점을 고려해야 한다. 비록 기존의 멀티캐스팅 방법이 어느 정도의 그룹 멤버의 변화를 수용하고는 있지만, 이는 고정 호스트가 멀티캐스트 그룹의 멤버인 경우를 기본으로 한 것이므로 그 변화 속도가 빠른 이동 호스트(MH: mobile host)의 경우에는 올바르게 동작하기 어렵다. 게다가 이동 호스트의 수가 많아지고 이동성 또한 더욱 증가된다면 이는 빈번한 멀티캐스트 트리의 변화를 가져오게 되고, 트리 재구성을 위한 상당한 비용 증가와 함께 불완전한 트리의 구성 및 멀티캐스트 데이터의 손실 등의 문제를 야기시킨다. 이에 이동네트워크 환경에서의 멀티캐스트 서비스를 지원하는 몇 가지 방법들이 제안되었다. 하지만 이 방법들 또한 여전히 몇 가지 문제점을 내포하고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 무선 이동네트워크 환경에서의 멀티캐스트 라우팅 방법이 가지는 문제점들을 살펴보고, 이런 문제점 중 이동 호스트의 이동 시 발생하는 데이터 손실 문제를 해결하는 방안과 멀티캐스트 그룹의 환경 변화에 따라 효율적인 전송방법의 변화를 통해 기존에 지적된 문제점들을 해결함으로써 좀더 신뢰성 있고 효율적인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 IETF Mobile-IP에 대한 간단한 설명과 함께 현재 IETF에서 이동 호스트에 멀티캐스트를 지원하기 위해 제안한 두 가지 방법과 다른 기존의 제안들을 소개하고 이들이 가지는 문제점을 살펴본다. 제 3장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 REMMIP 프로토콜에 대한 기본 개념의 설명, 프로토콜의 동작 과정, 데이터 구조, 그리고 주요 알고리즘에 대해 기술한다. 제 4장에서는 제안하는 프로토콜에 대해 다양한 조건에서의 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과를 통해서 성능을 평가하고, 마지막으로 제 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 Mobile IP

Mobile IP는 현재 할당되어 사용하고 있는 고정 IP를 노트북과 같이 이동성을 갖는 호스트가 어디로 이동 하든지에 관계없이 초기에 할당된 IP를 변경하지 않고서도 계속 서비스를 받을 수 있도록 하는 개념이다. 이를 위해 홈 에이전트(HA: home agent)와 외부 에이전트(FA: foreign agent)를 두어 이를 통하여 이동 호스트가 이동 중에도 끊김 없는 통신이 가능하도록 한다. 이동 호스트를 위한 데이터는 기본적으로 HA로 전송된다. HA는 자신에게 등록된 이동 호스트로 향하는 데이터를 받게 되면 현재 이동 호스트가 위치한 주소를 목적지로 하는 새로운 IP헤더로 데이터를 캡슐화(encapsulation)한 후 이동호스트가 이동해간 네트워크로 터널링(tunneling)을 한다. FA는 MH가 방문한 네트워크에 있는 라우터로써, HA가 터널링한 데이터를 받아서 자신의 네트워크에 있는 MH에게 전송해주는 역할을 한다. 이와 같은 HA와 FA의 기능으로 기본적인 Mobile IP 유니캐스트(unicast) 라우팅 방식이 동작되고, 여기에 경로 최적화(route optimization)등의 확장된 기법이 사용되고 있다.

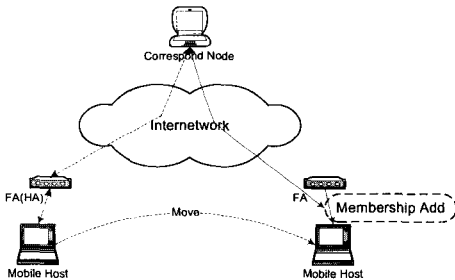
### 2.2 IETF Mobile IP 멀티캐스트 지원방안

현재 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 이동 호스트에게 멀티캐스트를 지원하기 위해 두 가지 방법을 제안하고 있다[1,2]. 첫째는 원격가입(remote subscription) 방법이고, 두 번째는 양방향 터널 멀티캐스팅(bi-directional tunneled multicasting) 방법이다.

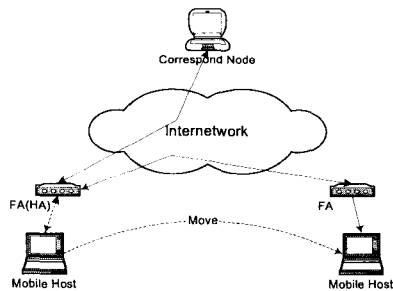
- 1) 원격가입(remote subscription): 이 방법은 그림 1과 같은 FA 기반 멀티캐스트 방법으로써, 이동 호스트가 외부 네트워크로 이동 시, 그 외부 네트워크에서 그룹 등록을 처리하므로, 동작 과정이 단순하며, 최적화된 라우팅 경로를 제공할 수 있고, 또한 한 에이전트에서 중복된 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 가능성이 희박하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이동 호스트의 움직임이 많을 경우 트리 재구성이 많아지고 멀티캐스트 트리 재구성에 따른 지연이 크며, 이 지연에 따른 멀티캐스트 데이터그램의 손실이 발생할 수 있다

는 단점이 있다.

2) 양방향 터널 멀티캐스트(bi-directional tunneled multicast): 이 방법은 그림 2와 같은 HA 기반 멀티캐스트 방법으로써, 이동 호스트가 외부 네트워크로 이동 시 별도의 멤버 가입 절차 없이 HA로부터 FA로 유니캐스트 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 방법이다. 이 방법은 그룹 멤버의 이동성을 숨겨주므로 이동에 따른 멀티캐스트 트리 재구성이 요구되지 않기 때문에 이동 호스트의 움직임이 많을 경우에 유리하다. 그러나 이 방법은 송신지와 수신지간의 멀티캐스트 경로가 HA를 경유하므로 경로가 최적이지 아닐 수가 있으며, 같은 멀티캐스트 그룹에 속하면서 같은 HA를 갖는 이동 호스트들이 각각 다른 외부 네트워크로 이동할 경우에, HA에서 이동해 있는 외부 네트워크의 수만큼 데이터그램을 복사하여 FA로 터널링 해주어야 하므로 HA에서 데이터그램의 복사가 요구된다.



(그림 1) 원격가입 멀티캐스팅



(그림 2) 양방향 터널 멀티캐스팅

문제점들에 대해 분석해 보고 본 논문이 이러한 문제점을 보완하기 위해 제시한 방법들을 살펴보겠다.

1) 터널 집중 현상(Tunnel Convergence Problem): 이 현상은 양방향 터널 멀티캐스팅(bi-directional tunneled multicasting) 방법으로 이동 환경에서 멀티캐스트 서비스를 제공할 때 서로 다른 네트워크에 분산되어 있던 AH들이 한 네트워크로 이동하면 복수의 HA들로부터 하나의 FA로 터널의 끝점이 집중됨으로 해서 발생한다. 이 결과로 FA는 복수의 HA들로부터 데이터그램을 수신하여 MH들에게 전달하므로 FA는 물론 이동 호스트들도 중복된 데이터그램을 수신하게 된다. MoM(Mobile Multicast)프로토콜[3]은 터널 집중 현상을 FA가 멀티캐스트 그룹마다 하나의 DMSP(Designated Multicast Service Provider)를 지정하여 해결하였다. DMSP는 FA에게 데이터그램을 전송할 책임을 갖는 HA이다. 따라서, FA는 같은 멀티캐스트 그룹에 가입한 복수의 이동 호스트들에게 서비스를 제공해야 하는 경우에 한 HA만 DMSP로 지정함으로써 복수의 HA들로부터 데이터그램을 중복하여 수신하지 않도록 제어한다. 그러나 이 방법은 터널 집중 현상을 해결하지만 또 다른 문제를 야기시킨다. 바로 DMSP handoff 동안 발생하는 데이터 손실 문제이다. 즉, 새로운 MH의 이동으로 인해 FA에서는 최적의 DSMP를 선택하게 되는데 이 과정 동안에 MH에서 데이터 손실이 발생하게 된다는 것이다. 또한 이동 호스트에서는 옮겨간 새로운 네트워크에서 다음에 기술될 시퀀스 동기화 문제(out-of-synch problem)가 생길 수도 있다.

2) 시퀀스 동기화 문제(Out-of-Synch Problem): 이 문제는 두 가지 경우에 생길 수 있다. 첫 번째는 호스트가 새로운 네트워크로 이동해서 발생하는 DMSP handoff의 결과로 FA의 MA가 바뀌었을 때 이전 MA에서 받았던 데이터와 새로 선정된 MA에서 받을 데이터의 시퀀스 번호(sequence number)의 불일치로 생길 수 있고, 두 번째는 DMSP handoff의 결과로 FA의 MA가 변하지 않았음에도 불구하고 이전 FA에서 받았던 데이터와 현재 FA에서 받을 데이터의 시퀀스 번호의 불일치로 인해 생길 수도 있다. 본 논문에서 제안하는 REMMIP프로토콜에서는 이 문제점을 보완하기 위해 이전의 MA(Multicast Agent)로

2.3 기존 이동 IP 멀티캐스팅 프로토콜의 문제점  
본 절에서는 기존에 제시된 프로토콜들이 가지는

RR(Recovery Request) 메시지를 보냄으로써 MH에서의 손실된 데이터를 보상받을 수 있게 하는 등 여러 에러 복구 절차를 이용하여 이동 네트워크 환경에서 보다 신뢰성 있는 멀티캐스트 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다.

3) 비최적화 된 경로(Non-optimal Path): 기존에 이동호스트에 멀티캐스트를 지원하기 위해 제시된 프로토콜 중 IETF에서 제시한 양방향 터널(bi-directional tunneled) 기법을 기본으로 한 프로토콜들은 모두 이동호스트로의 데이터 전송 시 HA로부터 FA로 유니캐스트 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 전송하게 되므로 비최적화된 전송 경로를 가지고 있다는 문제점을 지니고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 기존의 프로토콜 중 RBMoM 프로토콜 [5]에서는 IETF에서 제안한 원격가입 방법과 양방향 터널링 방법을 결합하여 서비스 범위(range) 개념으로 접근하였다. 하지만 신뢰성 있는 멀티캐스팅을 제공하지 못한다는 점과 함께 최적화 된 서비스 범위를 정하기 어렵다는 단점을 지니고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 효율적인 경로 선택 방법을 제안한다. 멀티캐스트 트리에 연결되지 않은 FA가 멀티캐스트그룹의 환경변화에 관한 몇 가지 조건을 만족하면 FA를 멀티캐스트 트리에 바로 연결시킴으로써 MH에게 효율적인 멀티캐스팅 서비스를 제공할 수 있다.

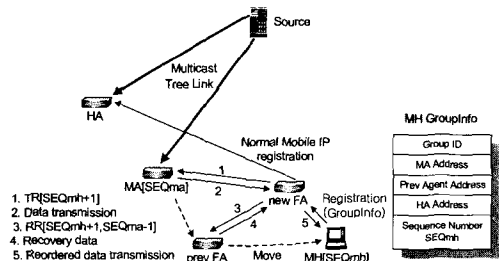
### III. REMMIP(Reliable and Efficient Multicast Protocol for Mobile IP)

기존에 제시된 프로토콜들은 DMSP handoff 과정에서 데이터 손실 문제로 인한 시퀀스 동기화 문제와 전송경로의 비최적화라는 문제점을 가지고 있다. 본 논문이 제안한 REMMIP(Reliable and Efficient Multicast Protocol for Mobile IP)에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 멀티캐스트 에이전트(MA: Multicast Agent)의 개념을 사용한다. MA는 이동호스트의 HA나 이동호스트가 전에 방문했던 네트워크의 FA가 될 수도 있으며, HA대신에 이동호스트가 옮겨간 네트워크의 FA에게 멀티캐스트 데이터를 전송하는 책임을 가지고 있다. 그러한 동작을 위해 MA는 항상 이동호스트의 위치 정보를 가지고 있어야하며, 멀티캐스트 트리에 조인(join)되어 있어야 한다.

#### 3.1 신뢰성 있는 에러 복구 절차

1) MH가 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있지 않은 새로운 FA로 이동할 때

새로운 네트워크에서 이동 호스트가 그룹의 첫 번째 호스트인 경우이다. 즉, 새로운 FA(New FA)는 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있지 않다. 이동 호스트는 그림 3과 같은 GroupInfo Table을 관리하고 있으며 새로운 네트워크로 이동하면 GroupInfo를 포함한 Registration Request 메시지를 FA에게 보내며, FA는 Mobile IP 동작에 따라 이를 HA에게 보낸다. HA는 이 메시지에 따라 binding update를 수행한다. FA는 이동호스트의 GroupInfo에 기술된 MA를 FA의 새로운 MA로 설정한 다음 멀티캐스트 데이터 전송을 위해 새로운 MA에게 터널링 요구 TR[SEQmh+1] 메시지를 보낸다(Step1). 여기서 SEQmh는 MH가 이전 에이전트(Prev FA)에서 받았던 데이터의 시퀀스 번호이다. MA는 TR을 받으면 해당 에이전트에 저장된 데이터 중 전송 가능한 데이터들을 FA에게 전달한다(Step2). 만약 FA가 원하는 시퀀스 번호부터의 데이터를 수신 받지 못하고 SEQma 이후의 데이터만을 수신 받을 경우에 FA는 복구 요구 RR[SEQmh+1, SEQma-1] 메시지를 이동 호스트의 이전 FA(Prev FA)에게 보내어(Step3) 손실된 데이터를 받아 이동 호스트에게 전송해 줌으로써 손실된 데이터에 대해 보상받게 된다(Step4 and 5). 여기서 [SEQmh+1, SEQma-1]는 SEQmh+1부터 SEQma-1 까지 데이터의 시퀀스 번호를 의미한다.



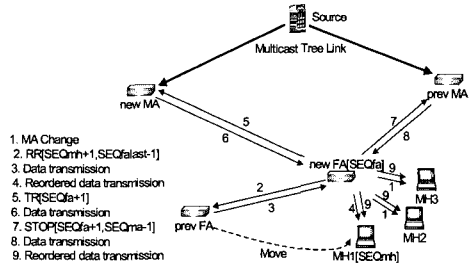
(그림 3) MH가 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있지 않은 새로운 FA로 이동.

2) MH가 이미 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있는 새로운 FA로 이동할 때

그룹 내의 이동 호스트가 이미 다른 MA로부터 해

당 그룹의 데이터를 받고 있는 새로운 네트워크로 이동했을 경우이다. 본 논문에서는 크게 두 가지 환경을 고려하고 있다. 첫 번째는 MA handoff의 결과로 FA의 MA가 바뀌는 경우이고, 두 번째는 FA의 MA가 바뀌지 않는 경우이다. 본 논문에서의 MA 선택 방법은 기존 MoM 프로토콜에서의 DMSP 선정 방법과 같이 여러 가지 방법이 사용될 수 있다. 그러나 FA의 MA변경은 기존 FA에 속한 MH의 멀티캐스트데이터 수신에 있어서 시퀀스 동기화 문제를 야기할 수 있으므로 신중히 결정되어야 한다. 만약 이동 호스트의 GroupInfo의 MA(즉, 이전에 MH가 데이터를 수신 받던 MA)와 FA의 MA가 같지 않으면, FA는 새로 들어온 이동 호스트에게 MA CHANGE를 알려준다. 그리고 FA가 Seqmh+1이후의 데이터를 새로운 이동 호스트에게 모두 보내줄 수 없을 경우 FA는 새로운 이동 호스트의 이전 에이전트(Prev FA)에게 RR[SEQmh+1,SEQfalast-1]를 보내서 손실된 데이터를 받게 된다. 여기서 SEQfalast는 현재 FA가 저장하고 있는 그룹의 가장 오래된 데이터의 시퀀스 번호이다. FA는 새로운 이동 호스트의 이전 FA로부터 전달받은 손실된 데이터를 새로운 이동 호스트에게 전송함으로써 손실된 데이터를 보상하게 된다. 만약 FA의 MA가 새롭게 들어온 이동 호스트의 GroupInfo에 있는 MA로 변경되었다면, FA는 MA handoff를 수행한다 [그림4]. FA의 MA는 새로운 이동 호스트의 MA로 변경되고 FA는 새로운 이동 호스트를 제외한 네트워크 내의 모든 호스트들에게 MA CHANGE를 알린다 (Step1). FA가 Seqmh+1이후에 요구되는 모든 데이터를 전달 할 수 없다면 FA는 이를 인지하고 MH의 이전 에이전트(Prev FA)에게 손실된 데이터의 전송을 위해 RR[SEQmh+1, SEQfalast-1] 메시지를 보낸다(Step2). 이후 FA는 손실된 데이터를 다 받은 다음(Step3), 새로운 MH에게 수신된 데이터를 전송한다(Step4). 동시에FA는 멀티캐스트 서비스를 위해 새로 선택된 MA에게 TR [SEQfa+1] 메시지를 보낸다(Step5). 그런데 만약 새롭게 선택된 MA로부터 수신된 데이터의 시퀀스 번호가 SEQfa+1보다 큰 번호(SEQma)라면 시퀀스 동기화 문제가 발생한다(Step 6). 이런 경우에 FA는 이전 MA와 연결된 터널을 끊고 Seqma-1 이전의 데이터를 복구하기 위해서 이전 MA(FA's prev MA)에게 STOP [SEQfa+1,SEQma-1] 메시지를 보내게 된다(Step7). 이전 MA로부터 손실된 데이터를 다 받은 후(Step8), 최종적으로 멀티캐스트 데이터를 네

트워크 내에 있는 모든 호스트들에게 전송하게 된다(Step9).



(그림 4) FA의 MA가 MH1의 MA로 변경된 경우.

### 3.2 효과적인 트리 연결 절차

본 논문에서 제안한 REMMIP 프로토콜은 최적의 전송경로를 실현하기 위해 네트워크 상태에 적응적인 멀티캐스트 트리 연결(Join) 방법을 제공한다. 제안된 방법은 다음 세 가지 조건 중 한 가지 이상을 만족하면 해당 FA는 멀티캐스트 트리(multicast tree)에 연결한다.

#### 1) Num (MH) > Th (N)

첫 번째 조건은, FA에 속한 이동호스트 중에서 특정 멀티캐스트 그룹 멤버의 수가 임의의 값(threshold) N을 넘어서는 경우이다. 이 경우 REMMIP 프로토콜은 FA를 멀티캐스트 트리에 바로 연결(Join)하게 하는데, 이로 인해 한 그룹 내에 많은 이동 호스트는 MA 를 통한 터널링보다 짧은 전송 경로를 보장받아 효율적인 멀티캐스트 서비스를 받을 수 있게 된다. 이러한 개념은 사용자가 많은 경우 트리에 연결함으로써 발생하는 비용보다 사용자의 서비스 품질이 더 중요하다는 생각에서 출발한다.

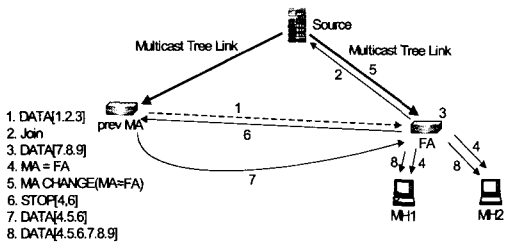
#### 2) Min (MHsojT) > Th (T)

두 번째 조건은, 특정 멀티캐스트 그룹에 속하는 이동 호스트들이 네트워크 내에 머무르는 시간(sojourn time)들 중에 가장 짧은 시간(minimum sojourn time)이 임의의 값(threshold) T보다 클 경우이다. 즉, 이동 호스트들의 이동성이 낮고 네트워크에 머무르는 시간이 길 경우이다. 이 경우 REMMIP프로토콜에서는 FA를 멀티캐스트 트리에 바로 연결(Join)하게 하는데, 이로 인해 이동성이 낮은 이동 호스트들은 MA 를 통한 터널링보다 짧은 전송 경로를 보장받게 되므로 효율적인 멀티캐스트

서비스를 받을 수 있게 된다.

3) Hop (MA to FA) > Th (H)

세 번째 조건은, 현재 MA와 현재 이동 호스트가 머무르고 있는 FA사이의 거리(hop count)가 임의의 값(threshold) H보다 클 경우이다. FA까지의 터널의 길이가 너무 길 경우 REMMIP 프로토콜은 FA를 멀티캐스트 트리에 바로 연결(Join)하게 하는데, MA 를 통한 터널링보다 짧은 전송 경로를 가지게 되므로 이동 호스트들에게 더 효율적인 멀티캐스팅을 제공하게 된다.

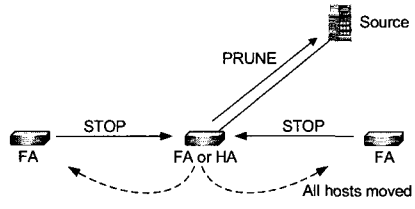


(그림5) 효과적인 트리 연결 절차.

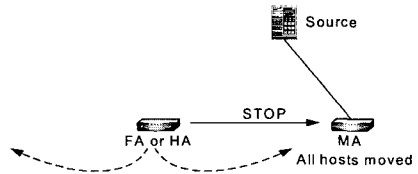
3.3 에이전트(FA 혹은 HA)의 이동 호스트 이동 인지후 동작절차

본 논문에서는 모든 에이전트(FA 혹은 HA)는 이동 호스트가 해당 에이전트를 떠났을 때 이 사실을 알 수 있다고 가정한다. 에이전트는 이동 호스트의 탈퇴를 주기적인 멤버십(membership) 메시지나 이동 호스트에서 보내지는 명시적인 MOVE 메시지를 통해 알 수 있다. 본 논문에서는 에이전트가 특정 멀티캐스트 그룹에 속하는 모든 이동 호스트의 탈퇴를 인식했을 때 발생하는 두 가지 상황에 대한 절차를 제안하고 있다. 첫 번째 상황은 에이전트가 서비스하고 있는 그룹내의 모든 이동 호스트가 해당 네트워크를 떠났고 에이전트 자신이 MA인 경우이다(그림6-a). 에이전트는 자신이 서비스하고 있는 그룹내의 모든 이동 호스트가 떠남을 인식한 후, 자신이 MA로 서비스하고 있는 다른 FA가 있는지를 체크 하게 된다. 만약에 서비스 받는 다른 FA가 없다면 혹시 올지 모를 RR 메시지 때문에 일정시간(round-trip time) 동안 source로 PRUNE 메시지를 보내는 것을 보류한다. 일정시간 동안 RR메시지가 오지 않으면 에이전트는 source에게 PRUNE 메시지를 보내어 멀티캐스트 트리를 떠나게 된다. 해당 에이전트가 MA로 서비스하는 다른 FA가 있다면 해당 FA로부터 STOP메시지를 받기 전까지 계속해

서 멀티 캐스트 트리에 연결을 유지하여 다른 FA들에게 서비스를 제공한다. 두 번째 상황은 에이전트의 MA가 자기 자신이 아니고 다른 에이전트에 의해 서비스를 받고 있는 경우이다(그림6-b). 에이전트는 자신이 서비스하고 있는 그룹내의 모든 이동 호스트가 떠남을 인식한 후 혹시 올지 모를 RR 메시지 때문에 일정시간(round-trip time) 동안 기다린다. 일정시간 동안 RR메시지가 오지 않으면 에이전트는 에이전트의 MA에게 터널을 끊으라는 STOP 메시지를 보낸다.



(그림6-a) 에이전트의 MA가 에이전트 자신일 때 (에이전트는 트리에 연결되어 있다).



(그림 6-b) 에이전트의 MA가 자신이 아닐 때 (에이전트는 다른 에이전트로부터 서비스를 받는다).

3.4 제안된 데이터 구조

REMMIP프로토콜은 멀티캐스트를 지원하는 에이전트(FA 혹은 HA)와 이동 호스트간의 동작으로 이루어진다. 이때 각 객체가 필요로 하는, 그리고 관리하는 주요 정보 테이블들은 그림7 및 그림8과 같이 구현된다. 이동 호스트는 자신이 가입한 그룹에 데이터를 포워딩 시켜주는 MA Address와 이전 에이전트 Address(Prev FA or HA), 그리고 이동 호스트의 HA Address, 마지막으로 이동 호스트가 받을 데이터의 시퀀스 번호를 가리키는 SEQmh등을 가지는 그림 7과 같은 테이블을 유지한다. 이러한 그룹 정보는 이동 호스트가 새로운 FA와 등록동작(registration)을 할 때, Registration Request 메시지를 이용하여 새로운 FA 로 전해진다.

Group ID
MA Address
Pre Agent Address
HA Address
Sequence Number SEQmh

← Previous Agent Address (points to Pre Agent Address)

← Sequence Number of Mobile Host (points to Sequence Number SEQmh)

(그림7) 이동 호스트가 가지는 GroupInfo 테이블.

각 에이전트는 그룹(Group ID)마다 MA Address, 이전 MA Address, 에이전트가 보내는 데이터의 시퀀스 번호, 현재 데이터를 포워딩하는 에이전트 리스트와 이동 호스트들의 리스트들을 관리하는 그림 8과 같은 테이블을 유지한다. 포워딩에 대한 정보는 Binding Update 메시지를 사용하여 Tunneling REQUEST/STOP 메시지를 에이전트간에 서로 교환할 수 있다.

Group ID	MA Address	← If the agent joined the tree then MA is the Agent address
	Prev MA Address	
	SEQ(agent)	
	SEQlast(agent)	
	Served Agent Lists	← Only if the agent joined the tree
Group ID	MH Lists & Arrival Time	← MHs that are in the agent network

(그림8) 에이전트가 가지는 GroupInfo 테이블.

그림 9는 에이전트가 가지는 GroupInfo 테이블의 한 예이다. 이 테이블을 가진 에이전트를 FA1이라 가정했을 때, FA1은 자신의 네트워크 내에 있는 G1이라는 그룹에 대해 G1그룹의 현재 MA는 FA2, G1 그룹의 이전 MA는 FA3, FA1이 현재 에이전트(FA2)에게서 받은 데이터의 시퀀스 번호는 13, FA1이 저장하고 있는 이전 에이전트(FA3)에서 받은 데이터의 마지막 시퀀스 번호는 7, 그리고 FA1을 MA로 서비스 받고 있는 다른 에이전트는 없고,

G1	MA	FA2
	Prev MA	FA3
	SEQfa1	13
	SEQfa1last	7
	Agent Lists	-
	MH Lists	MH1(10), M2(5)
GN		

(그림9) FA1의 구성 예.

FA1의 네트워크에 있는 이동 호스트는 MH1, MH2 이고 그들의 도착시각(arrival time)이 각각 10, 5임이 나타나 있다.

### 3.5 알고리즘

이동 호스트와 MA의 동작은 몇 가지 알고리즘으로 요약할 수 있다. 이 알고리즘은 이동 호스트의 새로운 네트워크로의 이동, 데이터 또는 손실 복구를 위한 제어 패킷의 도달 등과 같은 이벤트에 대해 요구되는 REMMIP 프로토콜의 주요 동작을 나타낸다. 다음은 각 이벤트에 대한 이동 호스트와 에이전트의 동작 과정이다.

#### [이동호스트의 동작 알고리즘]

첫째, 그룹 멤버인 이동 호스트가 로컬 네트워크로 들어갔을 경우,

```

IF(MH receives an Agent Advertisement from a new FA1)
  MH sends a Registration Request Message with GroupInfo which contains the information of (Group_ID,MA address, Prev Agent Address, HA Address, Sequence Number SEQmh);
  MH takes a new MA from FA's Registration Reply Message;
  IF(MH receives MA CHANGE Message)
    MH modifies MH's MA with FA's MA;
}
    
```

#### [에이전트의 동작 알고리즘]

첫째, 그룹 멤버인 이동 호스트가 새로운 네트워크로 들어간 경우,

```

IF(Agent receives a Registration Request Message from a MH)
  Agent takes MH's information(Group ID, MA address, Prev Agent Address, HA Address, Sequence Number SEQmh);
  IF(Group_ID is already registered in GroupInfo Table)
    Agent adds MH to MH Lists;
    Agent selects new optimal MA between Agent's MA and MH's MA;
    IF(New selected MA is MH's MA)
      Agent informs MA change to all MHs except the new MH in the network;
      Agent sets the new MH's MA as its MA;
      IF(Out of synch problem occurs out of synch problem in new MH)
        Agent request RR[SEQmh+1, SEQlast-1] to the MH's prev Agent;
        After Agent received the data, it forward them to the new MH;
      }
      Agent sends TUNNELING REQUEST[fa+1] to the new MA;
      IF(out of synch problem occurs)
        Agent sends STOP[SEQfa+1, SEQma-1] to the Agent's prev MA;
        After Agent received all data, Agent sends STOP to the Agent's prev MA;
        Agent sends reordered data to all MHs in the network;
      }
    ELSE
      Agent sends STOP to the Agent's prev MA;
  }
  ELSE
    Agent informs MA change to the new MH using Registration Reply Message;
    IF(out of synch problem occurs in new MH)
      Agent requests RR[SEQmh+1, SEQfa1-1] to the MH's prev Agent;
      After Agent received the data from MH's prev agent, it forward them to the new MH;
}
    
```

```

ELSE|
Agent makes new group entry;
Agent adds MH to MHs List;
Agent sets the MH's MA to the Agent's MA;
Agent sends TUNNELING REQUEST[SEQmh+1] to the MH's MA;
IF(out of synch problem occurs)
Agent requests RR [SEQmh+1, SEQma-1] to the MH's prev agent;
After Agent received the data from MH's prev agent, it forward them to the new MH;
}
}

```

둘째, 그룹의 멤버인 이동 호스트가 로컬 네트워크에서 나갔을 경우, (에이전트는 타임 아웃(time-out)이나 이동 호스트의 MOVE 메시지로, 이동 호스트의 이동을 인식한다.)

```

IF (Time-out occurs for MH or Agent receives MOVE Message from MH)
Agent deletes MH from MH's list in group entry for all groups joined by MH;
Agent checks a group membership;
IF (There exists no MH of a multicast group)
IF(MA of the agent is the agent itself)
Check there are any Agents that is served by the agent;
IF(MA is not serving any Agent)
Agent waits a moment; // because of RECOVERY REQUEST
Agent sends PRUNE message;
}
ELSE//MA of the agent!=Agent
Agent waits a moment; // because of RECOVERY REQUEST
Agent send STOP to the agent's MA; // To finish tunneling.
}
}

```

셋째, 전송방법을 양방향 터널 방식에서 원격 가입 방식으로 변경할 경우,

```

IF(the number of MHs is greater than threshold value(Th(N)) or
The minimum staying time of MHs is greater than threshold value(Th(T)) or
The number of hops from DMSP to Agent is greater than threshold value(Th(H)) ) {
Agent sends Join Message to Source;
Agent sets its MA to the Agent itself;
Agent informs all MHs of the MA CHANGE;
IF(out of synch problem occurs){
Agent sends STOP[SEQfa+1, SEQs-1] to Agent's prev MA;
After Agent received the data from Agent's prev Agent, it forward them to the all MHs;
}
ELSE|
Agent sends STOP to Agent's prev MA
}
}

```

넷째, 다른 에이전트로부터 컨트롤패킷이 왔을 경우,

```

IF(STOP [a,b] Message is received) |
Agent sends data[a,b] to the Agent which sends STOP(a,b) Message;
Agent deletes Agent, which sends STOP(a,b) Message, from Served Agent lists in group entry;
Agent checks a group membership;
IF(There is no MHs and Agent that is served by the agent in group entry){
Agent sends PRUNE Message;
}
}
IF(TUNNELING REQUESTMessage is received)|
Agent adds Agent, which sends TUNNELING REQUEST Message, to Served Agent lists in group entry;
}
IF(RR [a,b] Message is received)|
Agent sends data[a,b] to the Agent which sends RR [a,b] Message;
}
}

```

다섯째, 멀티캐스트 메시지가 도달했을 경우,

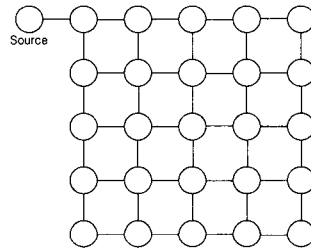
```

IF(Group entry exists in GroupInfo Table){
IF(Multicast datagram is forwarded from multicast router in the local network){
Agent transmits multicast data to all MHs in MHs List;
Agent transmits multicast data to all agents in Served Agent Lists through tunnels;
}
ELSE IF(Multicast datagram is forwarded from Agent's MA by using a tunneling){
Agent transmits multicast data to all MHs in MHs List;
}
}
}

```

#### IV. 모의 실험 및 성능 분석

분산 사건(discrete-event) 시뮬레이션을 사용하여 다음과 같은 가상 환경에서 제안된 프로토콜의 성능을 평가하였다. 먼저 성능평가를 위해 본 논문에서는 네트워크 구조가 그림 10과 같은 5x5 메쉬(mesh) 네트워크에 기반 한다고 가정한다.



(그림 10) 네트워크 토폴로지의 예.

각 노드는 하나의 서브네트워크가 되고 로컬 네트워크의 멀티캐스트 라우터와 같이 동작한다. 각 에지(edge)는 링크(link)가 되고 정해진 링크 경비(link cost)를 가진다. 각 서브네트워크 간의 최단 데이터 전송 경로 거리는 두 노드간의 링크 경비의 합이 최소가 되는 경로의 거리이며 패킷의 전달 시간이 최단 데이터 전송 경로 거리에 비례한다. 전체 이동 호스트들은 무작위로 25개의 서브네트워크에 분산된다. 간단하게 하기 위해서 전체 네트워크에는 오직 하나의 멀티캐스트 그룹이 존재하고 멀티캐스트 그룹은 하나의 소스만을 가지는 것으로 가정한다. 멀티캐스트 패킷은 정해진 패킷 도착률( $\lambda$ )로 포와송(Poisson) 분포를 따르도록 생성되고 각 이동 호스트가 특정 서브 네트워크에 머무르는 시간의 평균은  $m$ (time units)이고 그 값은 exponential 분포를 가진다. 이동 호스트는 다른 서브 네트워크로 이동시에 동일한 확률로 상, 하, 좌, 우의 어느 한 방향으로 이동할 수 있다. REMMIP 프로토콜의 성능

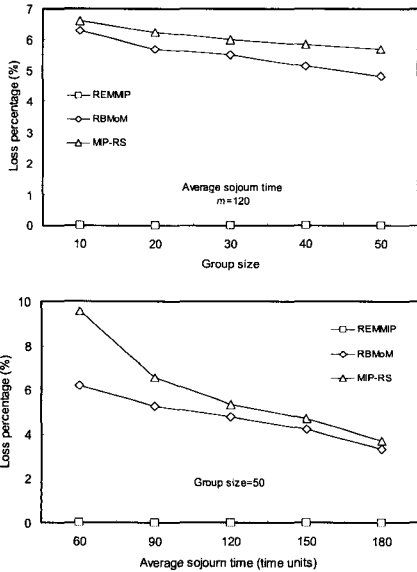


을 평가하기 위한 파라미터(parameter)로는 전체 네트워크에 존재하는 이동 호스트의 숫자(group size)와 이동호스트가 방문지 네트워크에서 평균적으로 머무르는 시간(average sojourn time)을 사용되었다. 각 시뮬레이션은 100번을 수행하였으며 시뮬레이션 기간은 100,000 단위시간(time units)으로 하였다. 다음 표 1과 같은 시뮬레이션 환경 변수를 설정하고 제시한 프로토콜의 성능을 분석해 보았다.

<표 1> 시뮬레이션 환경.

Parameters	Description	Values
N	Number of Networks	25(5 x 5)
M	Number of Multicast Group	1
S	Source per Multicast Group	1
g	Multicast Group Size	10-50
$\lambda$	Multicast Packets Generating Rate (pkts/sojourn)	0.2
m	MH's Average Sojourn Time for each visit to a Network(time units)	60-240

본 논문에서 제안한 REMMIP 프로토콜의 성능을 패킷 손실률과 패킷당 전송 거리 그리고 트리 재구성에 의한 비용 등을 비교 항목으로 하여 RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜과 그 성능을 비교하였다.



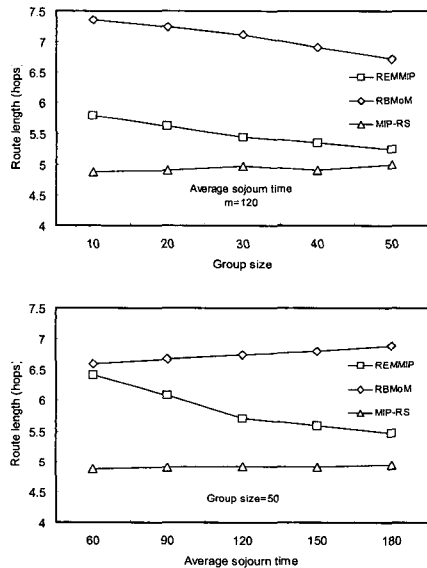
(그림 11) 패킷 손실률.

첫 번째 실험에서는 멀티캐스트 그룹 사이즈(multicast group size)와 이동호스트가 방문지 네트

워크에서 평균적으로 머무르는 시간(average sojourn time)을 변수로 하여 REMMIP 프로토콜의 패킷 손실률을 RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜의 패킷 손실률과 비교하였다. 패킷 손실률과 패킷당 전송 거리 관측을 위해 패킷 전송은 신뢰성이 있고 그러므로 모든 패킷 손실은 로밍에 의해서만 발생한다고 가정하였다. 프로토콜간의 성능 비교를 위해 REMMIP 프로토콜은 트리 연결 조건을  $Th(H)=3$ ,  $Th(T)=240$ ,  $Th(N)=5$  로 선택하였고 RBMoM은 서비스 범위를  $R(range)=5$  로 선택하였다.

그림 11에서 보는 바와 같이 REMMIP의 패킷 손실률은 거의 제로에 가까우며 세 프로토콜 중에 가장 최소 값을 가진다. REMMIP 프로토콜에서는 에이전트의 버퍼가 손실된 패킷을 보상하기 위해서 요청된 모든 데이터를 보관하기에 충분하다면 패킷 손실이 발생하지 않는다. 반면에 RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜은 시퀀스 동기화 문제로 인해 패킷 손실이 발생한다. 특히 이동호스트가 방문지 네트워크에서 평균적으로 머무르는 시간이 짧거나 멀티캐스트 그룹 사이즈가 작을 경우에는 심각한 패킷 손실이 발생한다.

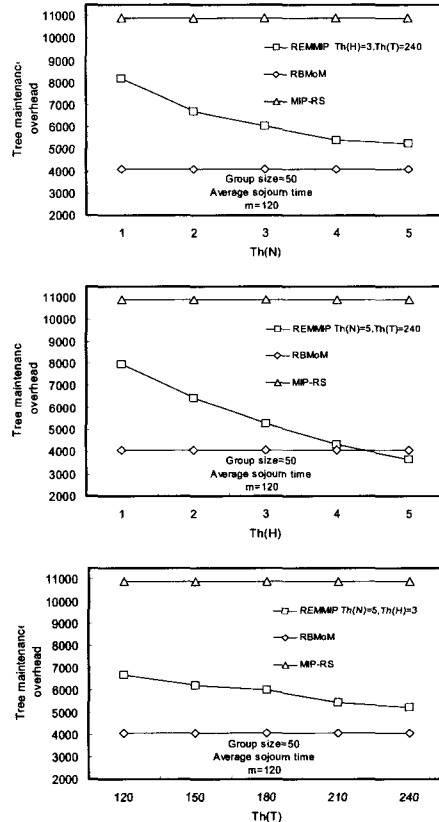
두 번째 실험에서는 멀티캐스트 그룹 사이즈(multicast group size)와 이동호스트가 방문한 네트워크에서 평균적으로 머무르는 시간(average sojourn time)을 변수로 하여 REMMIP 프로토콜의 라우팅 효율성을 패킷당 평균 전송 경로 거리측면에서 RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜과 비교하였다.



(그림 12) 라우팅 효율성.

그림12 에서의 결과에서 볼 수 있듯이 RBMoM 프로토콜은 라우팅 효율성 측면에서 세프로토콜 중 가장 떨어지는 성능을 보여주고 있다. MIP-RS 프로토콜의 경우에는 각 패킷이 모두 최소 거리를 가지는 경로로 전송되므로 최고의 성능을 보여주고 있다. REMMIP 프로토콜은 전반적으로 MIP-RS 프로토콜과 비슷한 라우팅 효율성을 보여주고 있다. 멀티캐스트 그룹 사이즈가 증가함에 따라 REMMIP 프로토콜과 RBMoM 프로토콜은 패킷당 전송 경로 거리가 줄어들음을 보여준다. MIP-RS의 경우에는 멀티캐스트 그룹 사이즈의 증감에 별다른 영향 없이 일정한 패킷당 전송 경로 거리를 보인다. RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜은 이동호스트가 방문한 네트워크에서 평균적으로 머무르는 시간의 증감에 따라 패킷당 전송 경로 거리가 큰 변화를 보이지 않는다. 반면에 REMMIP 프로토콜은 이동호스트가 방문한 네트워크에서 평균적으로 머무르는 시간이 증가할수록 전송 경로 거리가 급격하게 감소한다. REMMIP 프로토콜에서는 트리 연결 조건을 만족하면 에이전트가 직접 멀티캐스트 트리에 연결을 시도하게 되는데 이동호스트가 방문한 네트워크에서 평균적으로 머무르는 시간이 증가할수록 특정 멀티캐스트 그룹에 속하는 이동 호스트들이 네트워크 내에 머무르는 시간 (sojourn time)들 중에 가장 짧은 시간 (minimum sojourn time)이 임의의 값 (threshold) T보다 커져서 트리에 직접 연결하게 되는 조건을 만족할 확률이 높아지기 때문이다.

마지막 실험에서는 REMMIP 프로토콜의 트리 연결 조건 (Th(N), Th(H), Th(T))를 변수로 하여 REMMIP 프로토콜의 트리 관리 비용을 시뮬레이션 기간동안의 멀티캐스트 트리 연결 시도 횟수로써 RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜의 멀티캐스트 트리 관리 비용과 비교하였다. 그림 13의 결과와 같이 트리 연결 조건(Th(N), Th(H), Th(T))들이 증가함에 따라 REMMIP 프로토콜의 멀티캐스트 트리 관리비용은 감소한다. 그러나 RBMoM 프로토콜과 MIP-RS 프로토콜은 트리 연결 조건에 영향을 받지 않기 때문에 트리 연결 조건의 증감에 따른 변화는 없다. REMMIP 프로토콜은 RBMoM 이 서비스 레인지 만을 트리 연결조건으로 가지는



(그림 13) 트리 관리비용.

데 반해 좀 더 다양한 트리 연결 조건 중 하나를 만족하면 에이전트가 멀티캐스트 트리에 직접 연결을 시도하기 때문에 본 시뮬레이션 조건하에서는 RBMoM 프로토콜에 비해 멀티캐스트 트리 관리비용이 크다. MIP-RS 프로토콜은 이동 호스트가 멀티캐스트 트리에 직접 연결되지 않은 네트워크로 이동시마다 멀티캐스트 트리에 직접 연결을 시도하기 때문에 세 프로토콜 중 멀티캐스트 트리 관리비용이 가장 크다.

V. 결 론

본 논문에서는 Mobile IP 환경에서 신뢰성 있고 효율적인 새로운 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 REMMIP 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 이동호스트가 새로운 네트워크로 이동할 때 발생하는 시퀀스 동기화 문제로 인한 데이터 손실을 복구함으로써 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 비해 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장해준다. 또한 네트워크 상태에 따라 효과적인 데

이더 전송 방법을 선택함으로써 패킷당 전송 경로 거리 측면에서 향상된 라우팅 성능을 가진다. 이러한 점들은 다양한 환경에서의 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있었다. 물론 REMMIP 프로토콜은 이동 호스트와 에이전트간의 기능 확장과 부가적인 제어 메시지를 필요로 하는 오버헤드(overhead)를 가지고 있다. 그러나 데이터 전송에 있어서 신뢰성을 보장하고 효율적인 경로 설정 방법으로 전송 경로 거리를 줄여주기 때문에 다소의 비용증가는 불가피하며 필요한 경우 성능 및 비용의 타협(tradeoff)이 필요하다.

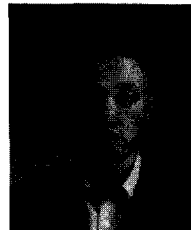
### 참 고 문 헌

- [1] Vineet Chikarmane, Carey L. Williamson, Richard B. Bunt and Wayne L. Mackrell, "Multicast support for mobile hosts using Mobile IP:Design issues and proposed architecture", Mobile networks and applications, Vol. 3, No. 4, pp. 365-379, December, 1998.
- [2] Perkins, "IP mobility support", RFC 2002, Mobile IP Networking Group.
- [3] T. Harrison, C. Williamson, R. Bunt and W. Mackrell, "Mobile multicast (MoM) protocols: multicast support for mobile hosts", ACM MOBICOM, pp 151-160, 1997.
- [4] Chunhung Richard Lin and Kai-Min Wang, "Mobile multicast support in IP networks", IEICE Transaction on communications, Vol. 84, No. 2, pp 245-254, 2001.
- [5] Yu Wang and Weidong Chen, "Supporting IP Multicast for Mobile Hosts", Mobile Networks and Applications, Vol. 6, No. 1, pp.57-66, January 2001.
- [6] Jiunn-Ru Lai and Wangjiun Liao, "Mobile multicast with routing optimization for recipient mobility", IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 47, No. 1, pp. 1340- 1344, February 2001.
- [7] Hee-Sook Shin and Young-Joo Suh, "Multicast routing protocol in mobile networks", Journal of KISS: Information Networking, Vol. 27, No. 4, pp.418-428, December, 2000.
- [8] Richard, C. and Chang-Joi Chung, "A mobile

multicast protocol with error control for IP networks", Global Telecommunications Conference, 2000. G LOBECOM '00 IEEE, Volume: 3, 27 Nov -1 December 2000.

조 형 상 (Hyung-Sang Cho)

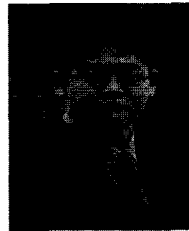
준회원



2003년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)  
 2003년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정  
 <관심분야> Mobile IP, 인터넷 QoS, 무선 에드혹 네트워크

신 석 재 (Seak-Jae Shin)

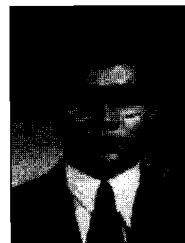
준회원



2003년 2월 : 인하대학교 전기공학과 (공학사)  
 2003년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정  
 <관심분야> Mobile IP 멀티캐스팅, 인터넷QoS,

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원



1988년 2월 : 한양대학교 전자통신학과(공학사)  
 1990년 2월 : 한국 과학 기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
 2000년 8월 : 한국 과학 기술원 전자전산학과(공학박사)  
 1990년 3월 ~ 2001.2 : 한국통신 연구개발본부 전임 연구원  
 2001년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신대학원 조교수  
 <관심분야> 인터넷QoS, 초고속 통신망 구조, 멀티미디어 네트워킹, 트래픽 엔지니어링, 무선 에드혹 네트워크