

# 인터넷 상에서 호스트 이동성을 지원하는 멀티캐스트 방안

방 상 원<sup>†</sup> · 조 기 환<sup>††</sup> · 김 병 기<sup>†††</sup>

## 요 약

본 논문은 인터넷 상에서 호스트 이동성을 지원하는 효과적인 멀티캐스트 방법을 제안한다. 기존 멀티캐스트 방법들은 효율성 제고를 위하여 네트워크의 논리적 구조를 활용하고 있다. 반면에 호스트가 이동하는 이동컴퓨팅 환경에서는 송신자와 수신자의 상대 위치가 시간에 따라서 변화하므로 네트워크의 연결 구조는 변화를 계속하게 된다. 이때 멀티캐스트 전송은 각 목적지의 도착 시간차와 목적 호스트의 이동에 따른 결과로 데이터그램이 일부 호스트는 전달되지 않거나 중복해서 전달되는 현상이 발생한다. 본 논문에서는 먼저 인터넷 상에서 호스트 이동성 지원과 멀티캐스트 프로토콜의 상호 관계를 규명하고, 두 특성을 단순 통합했을 경우에 가능한 멀티캐스트 실행 방법을 정의한다. 이를 바탕으로 멀티캐스트 의미를 효과적으로 만족하고 시스템 전체적인 전송 부담을 최적 화하도록 수정한 효율적인 방법을 제안한다.

## Multicast Methods in Support of Internet Host Mobility

Bang Sang-won<sup>†</sup> · Cho Gi-hwan<sup>††</sup> · Kim Byung-ki<sup>†††</sup>

### ABSTRACT

This paper deals with an IP multicast protocol in support of host mobility. Most of the previous multicast schemes have utilized an underlying logical structure of network topology, in order to provide a certain degree of order and predictability. On the other hand, mobility implies that a host location relative to the rest of the network changes with time; the physical connectivity of the entire network is thus modified as host move. In this case, some multicast datagrams may not delivered properly, or may delivered twice or more, to a mobile host because the destinations will keep moving whilst datagrams are delivered with different time delay. This paper first describes the relation between host mobility and multicast, by exploring the possible interactions, and presents a multicast scheme in support of Internet host mobility. A revised scheme is then proposed to adapt the multicast semantic and to optimize the communication overhead.

### 1. 서 론

멀티캐스트는 기본적으로 네트워크 링크의 공유에

의한 자원의 절약을 목표로 한다. 따라서 기존 알고리즘들은 네트워크 내의 관련 엔티티들 사이의 트리나 스타와 같은 논리적인 연결 구조를 활용함으로써 얼마간의 예측성과 방향성을 얻고 있다. 그러나 이동컴퓨팅 환경에서 논리적 연결 구조는 호스트 이동에 따라 변화되어 기존의 알고리즘을 이용하기 위해서는 필요할 때마다 시스템 구조를 동적으로 재구성하

† 정 회 원: 송원전문대학 전산과

†† 정 회 원: 한국전자통신연구원 병렬처리연구실

††† 통신회원: 전남대학교 전산학과

논문접수: 1997년 1월 7일, 심사완료: 1997년 5월 9일

여야 한다. 이러한 문제는 인터넷 프로토콜에서 이동 호스트를 위한 주소 방법(Addressing)과 목적 호스트의 위치 설정(Location) 그리고 경로(Routing) 등 세 가지의 개념으로 변환된다[6].

이동컴퓨팅 환경에서 목적 호스트는 송신자의 상태와 무관하게 임의로 이동하게 된다. 따라서 멀티캐스트의 기본 의미(semantics)인 정확하게 한번씩 전달(Exactly once)에 특별한 주의가 필요하게 된다. 송신 시점과 목적 호스트들의 이동에 따른 시간차로 인하여 특정 호스트는 동일한 데이터그램을 중복해서 받거나 받지 못하는 경우가 발생한다[2,7]. 따라서 본 논문은 인터넷 상에서 호스트 이동성 지원과 멀티캐스트 프로토콜의 상호 관계를 규명한다. 또한 IP 이동성 지원(IP Mobility Support)[20]과 DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)[13]를 단순 통합했을 경우에 가능한 멀티캐스트 실행 방법을 정의한다. 또한 이를 바탕으로 멀티캐스트 의미를 만족하면서 시스템 전체적인 전송 부담을 최소화 하는 효율적인 이동성 지원 멀티캐스트 방안을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 이동 컴퓨팅의 기반 기술 및 인터넷에서의 멀티캐스트 방법들과 이동컴퓨팅 환경에서의 제반 문제들을 검토하고, 3장에서는 인터넷 상에서 이동 호스트를 지원하는 환경에서 유용하고 효과적인 멀티캐스트 프로토콜을 제안한다. 4장에서는 제안된 방법을 시뮬레이션을 통하여 성능평가 및 분석을 실시하였고, 마지막으로 5장에서 결론 및 추후 연구 방향에 대하여 기술하였다.

## 2. 이동 호스트와 멀티캐스트

인터넷 프로토콜(TCP/IP)의 계층 구조에서 호스트 위치에 관한 처리는 네트워크 계층(IP)의 본래 역할이다[16, 20]. 호스트 이동에도 불구하고 송기(seamless)가 없는 접속을 구체화하려는 노력의 대부분이 IP 프로토콜을 기반으로 진행되어 왔다. 마찬가지로 이유로 기존의 멀티캐스트 프로토콜은 IP를 기반으로 정의 및 구현되고 있다[12, 14].

### 2.1 이동 호스트를 위한 기반 기술

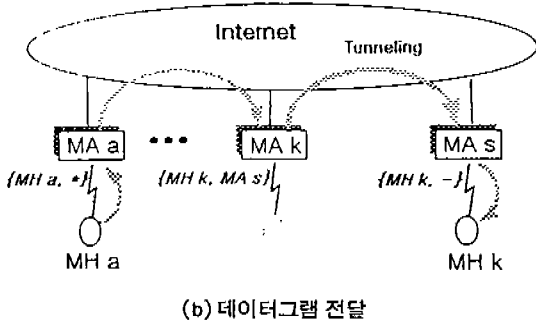
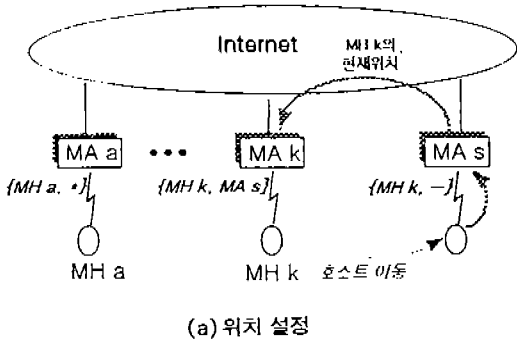
IP를 기반으로 하는 이동컴퓨팅 시스템에서는 IP

가 갖는 고유의 주소 체계와 라우팅 알고리즘으로 인해서 파생되는 문제들이 먼저 해결되어야 한다. IP 데이터그램(Datagram)은 먼저 목적지의 물리적 위치 정보를 내포하고 있는 네트워크 부분을 이용하여 해당 네트워크에 전달된다. 만약 목적 호스트 주소의 네트워크 부분의 변화를 요구하는(네트워크 접속점이 변화하는) 형태로 이동했다면, 현재의 IP 프로토콜은 그러한 이동을 추적할 방법이나 그 호스트로 향하는 데이터그램을 전달할 수단이 없다. 따라서 추가적인 이동 지원 방안이 요구된다[6].

이동컴퓨팅이 분산 시스템의 논리적인 진보의 한 형태라고는 하지만 자체의 고유 특성으로 '인하여 새로운 시스템 모델이 요구된다. 본 논문에서는 IETF Mobile-IP 그룹에 의해서 국제 표준으로 제안된 IP 이동성 지원(IP Mobility Support)[19] 방식을 고려한다. 이동컴퓨팅은 기존의 인터넷과 추가적인 이동 관련 엔티티들인 이동 호스트(Mobile Host, MH), 이동 에이전트(Mobility Agent, MA) 그리고 무선 네트워크(Wireless Network)로 구성된다. MH는 무선 네트워크 인터페이스를 장착하고 접속하는 서브 네트워크의 위치를 변화할 수 있는 호스트이다. MA는 고정 네트워크와 무선 네트워크 사이에 위치하여 두 네트워크의 전송 속도나 전송 방식 등의 상이한 특성을 변환하여 상호 연결시키는 기반 호스트 역할을 한다. 임의의 시점에 하나의 이동 호스트는 논리적으로 하나의 MA의 서비스 영역에 속하게 된다.

고정 호스트인 MA는 MH의 주소성(Addressability)을 보조한다. MH는 최초로 등록된(주소를 부여받은) MA를 HA(Home Agent)로 지정한다. MH가 HA가 아닌 다른 MA에 현재 접속하고 있다면 FA(Foreign Agent)에 접속하고 있다고 한다. MA는 자신을 HA로 지정하고 현재 자신의 서비스 영역을 벗어난 MH들에 관한 위치 정보를 현재의 FA 주소를 이용함으로써 이동 호스트의 주소성을 유지한다.

MH의 위치설정 과정을 살펴보면, (그림 1, a)에서 MH k가 HA인 MA k를 떠나 MA s에 접속하게 되면 먼저 현재의 FA인 MA s 주소를 MA k에게 알린다. 만약 MH k에게 MH a가 메시지를 전달할 경우(그림 1, b), MH a는 먼저 무선 접속을 통하여 MA a에게 메시지를 전달한다. MA a는 이를 인터넷을 통하여 MH k의 HA인 MA k에 전달하고 MA k는 유지하고



(그림 1) 인터넷 상에서 호스트 이동성 지원  
(Fig. 1) Internet Host Mobility Support

있는 위치 정보를 이용하여 MH k의 현재 FA인 MA s에게 터널(Tunnel) (다음절 참조) 전달하고, MA s는 무선 인터페이스를 통해서 목적 호스트인 MH k에게 전달한다.

### 2.2 인터넷 멀티캐스트

인터넷 멀티캐스트는 호스트 그룹이라는 개념을 이용한다. 호스트 그룹은 IP 주소의 클래스 D 형태로 단일 주소에 의해 지정되는 동적으로 구성되는 호스트의 집합이다. 어떤 호스트는 특정 그룹을 대상으로 멀티캐스트 되는 데이터그램을 받기를 시작하거나 혹은 받기를 중단하기 위해서는 해당 그룹에 합류(Join)하거나 이탈(Leave)하면 된다. 임의의 그룹에 대해 멀티캐스트를 실현하기 위해서는 그룹 멤버십을 유지하는 방법과 그룹 내의 모든 호스트들에게 데이터그램을 전달하는 방법이 필요하게 된다.

인터넷 상에서 멀티캐스트 그룹에 속하는 호스트

들을 라우터들이 추적 유지하기 위한 방법으로 IGMP (Internet Group Management Protocol)가 제안되어 사용되고 있다[11]. 멀티캐스트를 지원하는 각 로컬 영역에는 임의의 멀티캐스트 라우터(Multicast Router, MR)가 그룹 관리자로 지정된다. 이 관리자는 적절한 시간차를 두고 로컬 호스트들에게 그룹 멤버십에 대한 질의(Queries)를 보낸다. 질의를 받은 각 호스트는 자신이 속해있는 그룹들에 대해서 각각 보고(Reports)한다. 따라서 그룹 관리자는 자신의 관리 영역에 있는 모든 그룹들과 각 그룹의 해당 호스트들에 대한 리스트를 형성하고 유지한다.

그룹 내의 모든 호스트들에게 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는 방법으로는 DVMRP와 MOSPF(Multicast Open Shortest Path First) 등이 있다. 본 논문에서는 인터넷 프로토콜에서 가장 널리 사용되고 있는 DVMRP를 고려한다. DVMRP는 거리 벡터(Distance Vector) 알고리즘과 TRPB(Truncated Reverse Path Broadcasting)를 결합한 것으로 그 원리는 다음과 같다. 처음에 근원지 호스트가 해당 그룹에 멀티캐스트 데이터그램을 보내면 그 데이터그램을 수신한 멀티캐스트 라우터는 그 데이터그램이 송신자로부터 최단 경로를 통하여 도착되었는가를 판단하여 최단 경로로 전달되었다면 인접한 멀티캐스트 라우터에게 방송(broadcasting)하고, 최단경로가 아니면 이를 무시(drop) 한다. 한편 각 멀티캐스트 라우터는 계층구조상 자신이 서비스하고 있는 하위 영역에 해당 그룹의 멤버가 없는 경우, 명시적으로 가지치기(prune) 메시지를 상위 멀티캐스트 라우터(근원지 쪽으로 한 홉 떨어진 라우터)에게 전달하고 이를 수신한 라우터는 해당 라우터의 하부에는 그룹 멤버를 갖지 않으므로 이후 멀티캐스트 트리로부터 제거된다. 그 결과 데이터그램의 전송 경로는 목적지와 송신자 사이에 역 최단 경로(Reverse Shortest Path)를 형성하는 트리 구조를 갖게 된다. 추후 멀티캐스트 데이터그램은 이 트리를 통하여 각 목적지에 전달된다.

### 2.3 호스트 이동성과 멀티캐스트

인터넷 상에서 호스트 이동성을 지원하는 IP 이동성 지원 프로토콜과 기존의 멀티캐스트 알고리즘인 DVMRP를 통합하였을 때 다음과 같은 문제들이 발생하게 된다. 이러한 문제들의 근저로는 기존 멀티캐

스트 방법이 가정하고 있는 네트워크 논리적인 구조가 고정되어 있다는 사실에서 기인한다. 반면에 각 호스트의 이동으로 네트워크 논리 구조가 시간에 따라 변화하는 상황에서는 그러한 가정이 더 이상 성립되지 않게 된다.

- MH가 HA를 떠나 FA로 이동한 후 멀티캐스트 데이터그램을 전송하고자 할 경우, 데이터그램은 MR에 의해 무시될 수 있다. 이러한 현상은 DVMRP 알고리즘은 MH의 HA로부터 전송되는 데이터그램만을 기대하고 있는 반면에 송신 호스트인 MH가 현재 위치인 FA에서 송신하게 되면 MR은 해당 데이터그램을 무시하게 되어 발생한다.
- 데이터그램을 이미 수신한 MH가 동일한 멀티캐스트 그룹에 속해있는 MH가 이미 존재하는(그러나 해당 데이터그램을 아직 받지 않은) MA 영역으로 이동하게 되면 그 MH는 데이터그램을 중복 수신하게 된다. 또한 반대의 경우, MH는 데이터그램을 수신할 수 없게 된다. 이러한 현상은 이동하는 호스트에 전달되는 데이터그램이 목적 MH의 현재 위치에 따라서 상대적인 시간차를 두고 전달됨으로써 발생한다[2].
- IP에 있어서 데이터그램 전송은 TTL(Time To Live)필드 값에 의해 거리 제한을 받는다. 따라서 빠르게 이동하는 MH에 대해서는 잦은 터널 전달로 인하여 멀티캐스트 데이터그램이 현재 위치하고 있는 MA까지 전송되지 않을 수 있다.
- MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 FA의 서비스 영역으로 이동하는 경우, 멀티캐스트지원을 위해서 특별한 처리가 요구된다.

위에서 언급한 문제들의 해결 방안으로 본 논문에서는 MR과 FA에게 프로토콜 수행에 유용한 상태 정보를 유지/중계하는 중계자(Proxy) 역할을 부여함으로써 호스트의 이동성에 대한 추상화를 제공한다. 즉, HA의 영역을 떠나 FA로 이동한 MH에 대해서는 멀

티캐스트 서비스를 HA대신 FA가 하도록 함으로써 멀티캐스트 라우팅 경로를 최적화한다.

### 3. 제안된 이동 호스트를 위한 멀티캐스트 방안

이동 호스트를 위한 멀티캐스트 프로토콜을 제안하기 위해서 먼저 IETF Mobile-IP 그룹의 표준 권고안인 IP 이동성 지원 방안<sup>1</sup>에 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 DVMRP를 단순 통합했을 경우에 가능한 멀티캐스트 실행 방법을 정의한다. 다음으로 정의한 단순 통합 방법의 문제점들과 기존 방법들을 개선한 새로운 효율적인 멀티캐스트 방법을 제안한다.

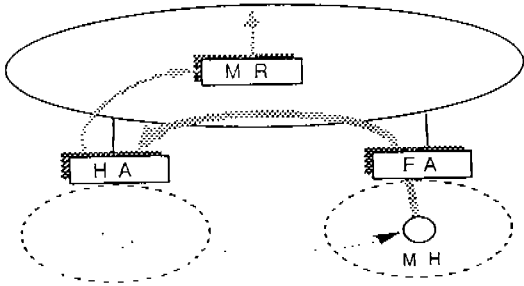
#### 3.1 단순 통합에 의한 방법

##### (1) MH가 송신자인 경우

IP 유니캐스트 라우팅에서는 데이터그램의 목적지에 의존하는 반면, DVMRP 멀티캐스트 라우팅은 근원지의 주소를 라우팅에 이용한다. 인터넷 주소 체계를 그대로 이용하는 IP 이동성 지원 방안에서 멀티캐스트 송신자인 MH 주소는 새로운 장소로 이동 후에도 HA 도메인 주소를 사용한다<sup>1</sup>. 따라서 어떤 MH가 현재의 FA에서 송신을 시도한다면 DVMRP 프로토콜은 MH의 (홈)주소에 근거하여 그 송신이 역 최단거리 전송이 아니므로 잘못 전달된 것으로 판단하여 무시하게 된다. 따라서 두 개념을 단순 통합했을 때 멀티캐스트 데이터그램은 MH의 HA로부터 MR에게 전달되어야 정상적으로 송신이 이루어진다<sup>2</sup>. 이때 HA는 MR 기능의 일부를 수행하면서 멀티캐스트 중계자 역할을 한다.

(그림 2)는 단순 통합에 의해 멀티캐스트가 가능한 방법으로 HA를 경유하여 데이터그램을 송신하는 과정을 보인다. 멀티캐스트를 시작하는 MH의 멀티캐스트 알고리즘을 수정하여 먼저 데이터그램이 송신 MH의 HA에 터널을 이용하여 전달되게 한다. MH의

1. 만약 이동 지원 프로토콜이 MH가 이동한 각 FA에서 임시 주소를 부여받아 사용토록 설계되었다면 송신자 주소 문제는 발생하지 않는다. 그러나 이동 호스트가 임시 주소를 사용하는 방법은 주소 재사용 등의 문제로 일반적으로 비현실적인 것으로 알려져 있다.
2. 멀티캐스트가 아닌 단순 데이터를 전송하는 경우에는 IP 라우팅 알고리즘은 목적지 주소만을 고려하므로 송신자 이동에 따른 주소 문제는 발생되지 않는다.



(그림 2) HA를 경유한 멀티캐스트 송신  
(Fig. 2) Multicast Sending via HA

HA는 데이터그램을 역 캡슐화하여 마치 자신의 영역에서 MH가 멀티캐스트를 시작했던 것처럼 정상적인 라우팅을 거쳐서 MR에 전달한다. 데이터그램을 전달받은 MR은 DVMRP를 수행 멀티캐스트 데이터그램이 기대했던 최적 경로를 기반으로 전송된 것으로 판단하여 데이터그램을 무시하지 않고 다음 전송지로 전달한다.

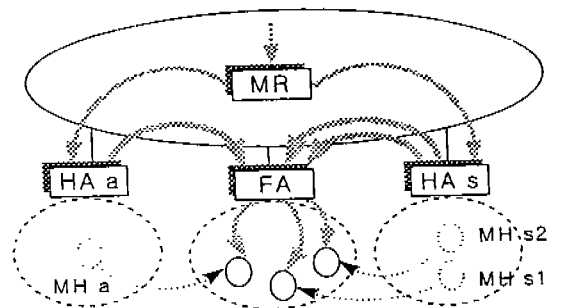
이 방법은 MH와 MR 사이의 전송 경로가 삼각 라우팅(Triangle Routing)[8] 현상이 발생하는 단점이 있다. 즉, 송신 데이터그램이 MH의 HA를 경유하여 MR에 전달되는 반면에 응답 데이터그램은 FA를 통하여 (응답자는 MH의 현재 위치를 알고 있으므로 HA를 우회하여) MR로 전달된다. 송신자의 HA를 경유하는 삼각 경로 현상은 불필요하게 긴 전송 경로로 인한 네트워크의 전송 부담을 가중시키고 송신자와 수신자 사이에 네트워크 성능 차이를 야기시킨다.

(2) MH가 수신자인 경우

MH가 수신자인 경우에는 그것이 송신자였을 때와 다른 접근이 요구된다. MH가 송신자인 경우에는 멀티캐스트 알고리즘 특성으로 현재 위치인 FA에서 전송이 무시되는 현상이 문제였던 반면에 수신자인 경우는 호스트 이동성 지원 프로토콜의 지원을 받아 멀티캐스트 알고리즘은 충돌 없이 데이터그램을 전달한다. (그림 3)은 데이터그램이 수신자 MH의 HA를 경유하여 전달되는 경로를 보인다. 데이터그램은 호

스트 그룹 멤버십 리스트에 MH를 가지고 있는 HA에 의해서 수신되고, HA는 이동성 지원 방안에 의해 MH의 현재 위치하고 있는 FA의 주소를 알고 있으므로 이를 가상 링크에 의한 터널을 이용하여 현재의 FA에 전달한다. 마지막으로 FA는 MH에게 전달된다.

그러나 이 방식은 멀티캐스트 데이터그램이 동일한 FA에 속해있는 같은 그룹의 여러 멤버 호스트들에 대해서 각각 별개의 터널 전송이 중복해서 발생된다<sup>3</sup>. 예로, (그림 3)에서 MH a를 향하는 데이터그램은 HA a를, MH s1과 MH s2를 향하는 데이터그램은 각각 HA s를 경유하여 동일한 FA에 전달되고 다시 각 MH로 전달된다. 따라서 네트워크 자원의 효율적인 활용이라는 멀티캐스트의 기본 취지에 상반되고, 중복 수신에 따른 Exactly once 의미를 확보하기 위해서는 응용 수준에서 특별한 처리가 요구된다. 이러한 현상은 최종 전달 엔티티인 FA가 무선 링크를 통한 방송 전송을 사용하고 있음에도 불구하고 HA에서 FA로 터널 전달하는 과정에서 그룹에 관한 정보를 활용하지 않음에 따른 결과이다. 또한 MH가 송신자인 경우와 마찬가지로 데이터그램 전달이 목적 MH의 HA를 경유하는 삼각 라우팅의 부담이 수반된다.



(그림 3) HA를 경유한 멀티캐스트 수신  
(Fig. 3) Multicast Reception via HA.

3.2 이동성 추상화 방안

본 절에서는 3.1 절에서의 단순 통합에 따른 문제들을 해결하기 위한 방안으로 FA에 의한 이동성 추상화 방안을 제안한다. 즉, MH의 동적인 주소성을

3. 호스트 이동성과 고정 네트워크에서의 전송 시간차에 따른 현상으로 특정 MH이 멀티캐스트 데이터그램이 중복해서 받는 경우와 받지 못하는 문제는 여기서는 다루지 않는다. ([2] 참조).

보조하는 FA는 이동성 지원 프로토콜을 이용하여 자신의 서비스 영역에 포함되고 있는 MH들을 파악 이를 자신의 버퍼에 유지하고, IGMP를 수행하여 현재 자신을 방문(visiting)하고 있는 MH들의 호스트 그룹에 관한 정보를 획득 유지한다. 이러한 위치와 그룹에 관한 정보를 이용하여 FA는 멀티캐스트 알고리즘의 수행에서 이동 호스트의 대리자 역할을 수행함으로써 호스트의 이동성을 추상화하여 멀티캐스트에서 호스트 이동성에 따른 제한 현상들을 분리하는 방법이다. 여기서 FA는 기본적으로 MR로 동작함을 가정하며 제안된 방법은 다음과 같은 환경을 목표로 한다.

첫째, 그룹 멤버는 고정 호스트와 이동 호스트 모두를 포함한다.

둘째, 그룹의 멤버는 동적(dynamic)으로 구성된다.

셋째, 이동 호스트는 FA가 MR의 서비스를 제공하지 않는 지역으로 이동하기도 한다.

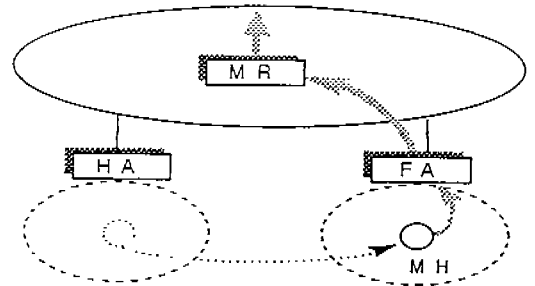
넷째, 이동 호스트가 홈 네트워크에 위치할 때에는 기존의 멀티캐스트 방법이 사용된다.

(1) MH가 송신자인 경우

MH는 데이터그램을 FA에게 정상적인 멀티캐스트 주소를 이용하여 전달한다. FA는 목적지 주소로부터 해당 데이터그램이 멀티캐스트 데이터그램이라는 점과 송신 호스트가 현재 방문 호스트라는 사실을 인식한다. 이때 FA는 원래의 데이터그램 헤더를 데이터 영역에 위치하게 하고 FA 자신의 주소를 데이터그램의 송신자 주소로 하는 새로운 헤더로 캡슐화한 후 다음 MR에게 전달한다. 이를 수신한 MR은 데이터그램이 마치 FA에서 시작했던 것처럼 (송신자 주소가 FA이므로) 정상적으로 멀티캐스트 전송한다 (그림4. 참조). 터널된 데이터그램은 송신 호스트를 서비스하고 있는 HA 혹은 FA에 의해 역 캡슐화된다.

MH를 현재 서비스하고 있는 FA가 해당 멀티캐스트 그룹을 지원하는 MR인지 아닌지는 MH가 FA로 최초 이동할 때 발생하는 Hand-off 과정에서 인식된다. 만약 현재의 FA가 송신코자 하는 멀티캐스트 그룹을 지원하지 않는다면 MH는 자신이 HA에게 터널 전달한다. HA는 MH가 마치 자신의 영역에서 송신했던 것처럼 데이터그램을 역캡슐화하여 다음 MR에게 전달한다.

이러한 방법으로 MH에서 송신할 경우 FA가 송신



(그림 4) FA에 의한 멀티캐스트 송신  
(Fig. 4) Multicast Sending through FA

지정된 그룹을 지원한다면 HA를 우회하여 FA를 통한 전송 결과로 MR에 도착하는 송신 경로는 최적화 되게 된다. 여기서 경로 최적화는 호스트 이동성을 주어지지 않는 상태와 동일한 경로임을 의미한다. 실질적으로 네트워크 전송 경로 최적화 문제는 사용자 데이터그램을 전송할 때 얻게 되는 이익이 최적화를 성취하기 위해 소요되는 추가 정보의 획득/관리 부담보다 더 클 때 효용성을 갖게 된다. 이 방법에서 멀티캐스트 송신을 위해서 MH는 단지 현재의 FA가 원하는 그룹을 지원하는지 여부에 대한 정보만을 추가로 요구한다.

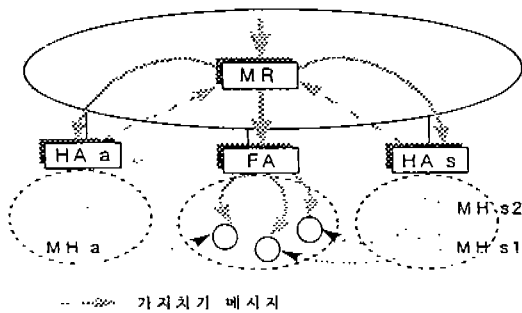
(2) MH가 수신자인 경우

MH에게 멀티캐스트 되는 데이터그램의 경로를 최적화하기 위한 방안으로 HA들은 현재 자신의 서비스 영역을 벗어난 MH들에 대해서는 멀티캐스트 서비스를 중단한다. HA는 Hand-off 과정에서 자신을 떠나 다른 네트워크를 방문중인 MH가 임의의 호스트 그룹의 멤버라면 자신의 호스트 그룹 멤버십 리스트에서 해당 MH를 삭제한다. 홈 네트워크가 아닌 다른 네트워크를 방문중인 MH는 FA의 IGMP 수행시 자신이 속한 그룹에 대한 멤버십을 FA에게 보고한다. 이를 FA는 자신의 호스트 그룹 멤버십 리스트에 유지하고 멀티캐스트 수신시에 이용한다.

데이터그램이 현재 해당 그룹의 멤버인 MH를 서비스하고 있지 않은(HA를 떠나 있는) HA에 도달하면 멀티캐스트 라우팅 알고리즘에 의해 HA는 명백한 가지치기 메시지를 MR에게 보냄으로써 멀티캐스트 트리로부터 삭제된다. 따라서 불필요하게 HA에

의해 중복해서 터널 전달되는 현상은 제거된다. 한편 호스트 그룹의 멤버인 MH들을 서비스하고 있는 FA는 멀티캐스트 데이터그램을 청취후 해당 데이터그램의 멀티캐스트 전파 트리에 합류(graft)하게 되고, 이를 수신하여 현재 자신이 서비스중인 MH들에게 단일 데이터그램을 방송전달한다. 따라서 다수의 목적 MH들에게 중복 전달을 피하고 최적인 단일 경로를 이용하여 멀티캐스트는 전달된다.

구체적인 예로 (그림 4.4)는 현재 전송되는 데이터그램의 목적 호스트인 MH a, MH s1 그리고 MH s2가 FA로 이동한 상태에서 MR에 의한 멀티캐스트 전송 경로를 보인다. MR에 의해서 전파된 멀티캐스트 데이터그램은 해당 호스트 그룹을 서비스하고 있는 FA에 의해 청취된다. FA와 MH사이에는 무선 매체에 의한 방송 형태로 전송되므로 FA는 한번의 방송으로 동일한 그룹에 속한 MH들에게 데이터그램을 전달한다. 그 결과 단순 통합의 경우에 발생했던 동일 FA 영역 내에 위치하는 각각의 목적 MH에게 중복해서 유니캐스트 하는 부담과 터널 집중성 문제를 제거하게 된다. 또한 멀티캐스트 경로는 항상 최적화되며, 동일 FA내의 MH들에 대해서 각 수신 MH의 HA를 경유함으로써 발생하는 서로 상이한 전송 시간 지연 현상에 따른 중복 수신 현상을 예방하게 된다.

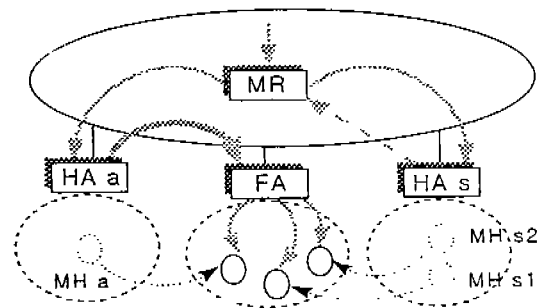


(그림 5) FA를 통한 멀티캐스트 수신  
(Fig. 5) Multicast Reception through FA

만약 현재의 FA가 수신코자 하는 멀티캐스트 그룹을 지원하지 않는다면 특별한 처리가 필요하다. 먼저 해당 그룹을 지원하지 않는 FA로 어떤 MH가 최초에 이동하였다면 그 MH의 HA를 터널 대리자로 지정한다. 이때 MH의 현재 위치도 터널 대리자로 지정된

HA는 전달되는 멀티캐스트 데이터그램을 가지치기 하지 않고 이동성 지원 프로토콜이 제공하는 MH의 현재 위치 정보를 이용하여 MH에게 터널 전달한다. 특정 그룹에 대한 터널 대리자의 지정은 FA에 추가 정보로 기록된다. 그 이후에 해당 FA로 이동한 MH는 hand-off 과정에서 자신이 필요로 하는 그룹에 대한 터널 대리자가 지정되어 있으므로 자신의 HA를 터널 대리자로 지정하지 않는다. 만약 특정 FA에서 특정 그룹에 대한 터널 대리자를 지정했던 MH가 FA를 떠나게 되면 FA는 남아 있는 MH 중에서 하나를 선택하여 새로 터널 대리자로 지정한다.

(그림 6)은 이러한 처리 결과에 따른 전송 경로를 보여주고 있다. MH a가 최초로 FA에 접속하여 (그러나 FA는 MH가 원하는 그룹을 지원하지 않는 MR인 경우) 자신의 HA인 HA a를 터널 대리자로 지정했을 경우이다. MH a 이후에 FA에 접속한 MH s1, MH s2는 HA s를 터널 대리자로 지정하지 않으므로 HA s에 전달된 데이터그램은 가지치기로 처리된다. 따라서 데이터그램은 터널 대리자를 통하여 단일 전송 경로를 이용하여 최종 멀티캐스트 라우터인 FA에 전달된다. 그러나 이 경우에는 최적 경로는 아니다.



(그림 6) 터널 대리자를 통한 멀티캐스트 수신  
(Fig. 6) Multicast Reception through a Tunnel Proxy

### 3.3 제안된 프로토콜의 수행 절차

단순 통합에 의한 멀티캐스트 방안과 제안된 이동성 추상화 방법의 수행 절차를 C언어 구문을 일부 이용한 비정형화(Informal)된 언어로 서술한다. 여기서는 Hand-off과정은 생략하였으며, IGMP 및 DVMRP와 이동성 지원 프로토콜에 대한 구체적인 서술은 참고문헌[13, 14, 19]에서 자세히 다루고 있다.

### 3.3.1 단순 통합 방안

#### MH가 송신자인 경우

1. MH가 송신하고자 하는 멀티캐스트 데이터그램을 FA에게 전달한다.
2. 이를 수신한 FA는  
*if* MH가 방문자(visitor)이면  
*then* 데이터그램을 MH의 HA에게 터널전송한다.  
*else* 다음 MR에게 전달한다.
3. FA로부터 데이터그램을 전달받은 HA는 역캡슐화하여 다음 MR에 전달한다.
4. MR은 인터넷 멀티캐스트 전달 프로토콜을 수행한다.

#### MH가 수신자인 경우

1. 인접 MR로부터 멀티캐스트 데이터그램을 청취한 HA는  
*if* 호스트 그룹 멤버십 리스트에 해당 그룹의 멤버가 있으면  
*then if* 해당 MH가 홈을 떠나있으면  
*then* 데이터그램을 FA에게 터널전달 한다.  
*else* 로컬 호스트들에게 방송한다.
2. HA로부터 데이터그램을 터널전달받은 FA는 이를 역캡슐화하여 방송한다.

### 3.3.2 이동성 추상화 방안

#### Hand-off 과정

1. 새로운 FA로 이동한 MH는  
*if* FA가 멀티캐스트를 지원하지 않으면  
*then* 자신이 속한 호스트 그룹에 관해 FA에게 통지한다.  
HA에게 FA에 관해 통지한다
2. MH로부터 그룹에 관한 통지를 수신한 FA는  
*if* MH가 최초의 그룹 요청자이면  
*then* MH의 HA를 터널 대리자로 지정하는 메시지를 HA에게 전달한다.
3. FA로부터 터널 대리자 요청을 수신한 HA는 FA를 해당 그룹의 터널 종단점(end-point)으로 정한다.
4. MH로부터 FA에 관해 통지를 받은 HA는  
*if* FA가 멀티캐스트를 지원하면  
*then* 호스트 그룹 멤버십 리스트에서 MH를 제거

한다.

*else* MH의 위치 정보로써 FA를 유지한다.

#### MH가 송신자인 경우

1. 멀티캐스트 데이터그램을 송신하고자 하는 MH는  
*if* 현재 방문중인 FA가 멀티캐스트를 지원하지 않으면  
*these* 데이터그램을 HA에게 터널전달 한다.  
*else* 데이터그램을 FA에게 전달한다
2. 데이터그램을 전달받은 HA는  
*if* 송신자 MH가 홈을 떠나있으면  
*these* 역캡슐화한 후 다음 MR에게 전달한다.  
*else* 다음 MR에게 전달한다.
3. 데이터그램을 전달받은 FA는  
*if* 해당 호스트가 방문자이면  
*then* 데이터그램을 다음 MR에게 터널 전달한다.  
*else* 다음 MR에게 전달한다.
4. MR은 인터넷 멀티캐스트 전달 프로토콜을 수행한다.

#### MH가 수신자인 경우

1. 인접 MR로부터 멀티캐스트 데이터그램을 청취한 HA는  
*if* 호스트 그룹 멤버십 리스트에 해당 MH가 있으면  
*then if* 해당 그룹의 터널대리자이면  
*then* FA에게 터널전달한다.  
*else if* 데이터그램이 캡슐화 되어 있으면  
*then* 역 캡슐화한 후 로컬 호스트들에게 방송한다.  
*else* 로컬 호스트들에게 방송한다.
2. 인접 MR로부터 멀티캐스트 데이터그램을 청취한 FA는  
*if* 호스트 그룹 멤버십 리스트에 해당 MH가 있으면  
*then if* 데이터그램이 캡슐화 되어 있으면  
*then* 역 캡슐화한 후 로컬 호스트들에게 방송한다.  
*else* 로컬 호스트들에게 방송한다.

### 4. 성능평가 및 분석

본 장에서는 라우팅 효율성 측면에서 단순 통합에 의한 방법 및 기존의 연구들과 제안한 이동성 추상화

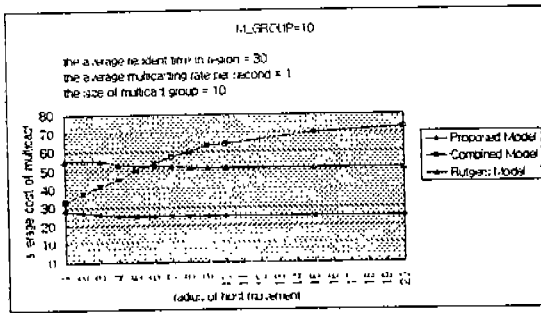


방법을 시뮬레이션을 통하여 비교 분석하였다. 시뮬레이션은 C언어를 지원하는 프로세스지향 이산사건 시뮬레이션 도구인 CSIM[17]을 사용하여 구현하였다. 비교 대상의 기존 연구로는 Rutgers 대학 연구[2]와 Chikarmance의 연구[10]가 있으며, 이 중에서 Chikarmance의 연구는 라우팅 방법에 있어서 단순 통합 방법과 같으므로 단순 통합 방법의 결과로 분석을 하였다.

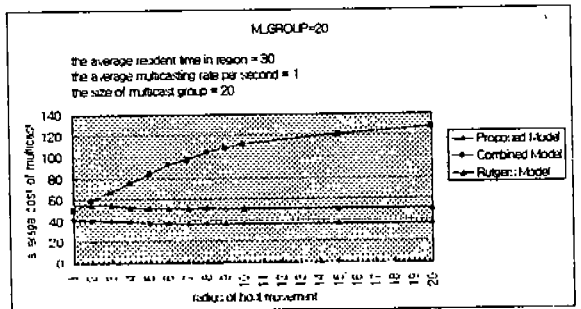
본 연구의 시뮬레이션 모델은 편의상 루프(loop)가 없는 형태로 구성하였다. 여기서 각 MA들은 기본적으로 MR로서 동작한다. 각 호스트들은 각 무선 네트워크를 자유로이 돌아다니며 네트워크에 접속할 수 있다.

4.1 시뮬레이션 매개변수

- M\_RUNTIME: 이동호스트가 한 지역에 머무르는 평균시간으로 지수분포에 따른다고 가정
- D\_RATE: 멀티캐스트 소스 호스트의 단위시간당 멀티캐스트 전송 횟수
- M\_DIST: 이동호스트가 HA(home agent)로부터 이동가능한 거리로서, 이동거리는 HA와 FA사이의 떨어진 간격에 대한 홉(hop)수로서 나타낸다.
- M\_GROUP: 멀티캐스트 대상 그룹의 크기를 나타내며, 멀티캐스트 그룹의 크기는 그룹에 포함되는 호스트들의 개수로써 나타낸다.
- M\_COST: 멀티캐스트 통신비용, 멀티캐스트 소스 호스트와 멀티캐스트 그룹 호스트들 사이의

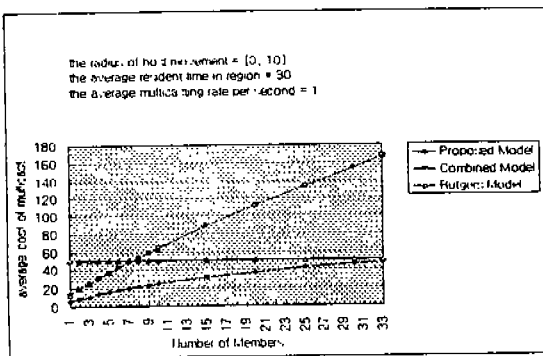


(a) M\_GROUP = 10

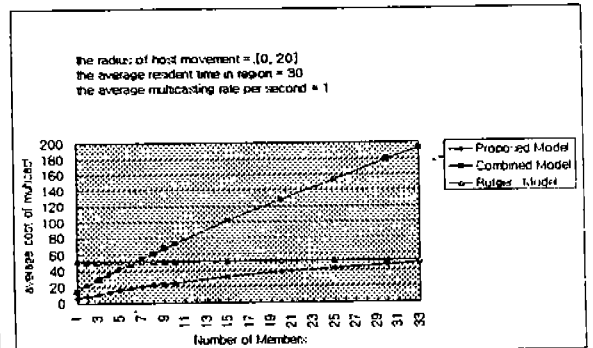


(b) M\_GROUP = 20

(그림 7) 목적 호스트의 평균 이동 거리에 따른 멀티캐스트 비용  
(Fig. 7) A Multicast Cost with Radius of Destination Host Movement



(a) M\_DIST = 10



(b) M\_DIST = 20

(그림 8) 그룹의 크기에 따른 멀티캐스트 비용  
(Fig. 8) A Multicast Cost with Group Size

최단경로들에 의해 생성되는 스페닝트리의 에지들에 대한 통신부하의 가중치의 합으로서 정의된다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과 및 평가

먼저 호스트의 평균 이동에 따른 분석을 실시하였다. (그림8)은 그룹 멤버의 수를 10과 20으로 고정하고 목적 호스트들의 평균 이동거리에 따른 전송비용을 측정하였다. 여기서 알 수 있듯이 목적 호스트들이 HA로부터 멀리 이동할수록 그룹의 멤버 수가 많을수록 단순 통합 방법과 제안한 방법의 비용차이가 커지게 된다.

다음으로(그림9)와 같이 목적 호스트의 평균이동거리를 10과 20으로 고정하고 그룹의 멤버의 수를 늘려가면서 그에 따른 멀티캐스트 비용을 측정하였다. 위의 결과에서도 마찬가지로 본 논문에서 제안한 이동성 추상화 방법이 가장 효율적이며, 네트워크를 구성하고 있는 모든 호스트들이 그룹 멤버이면 Rutgers 대학의 방법과 같아지게 된다. 왜냐하면 Rutgers 대학의 방법은 방송전달을 하고 있기 때문이다. (그림9)는 이러한 결과를 정확하게 보여주고 있다.

위의 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 이동성 추상화 방법은 기존의 다른 방법들 보다 효율성이 제일 우수하다. 단순 통합의 방법은 Rutgers대학의 방법보다 효율성이 낮게 나왔다. 그러나 실험에 사용된 네트워크 도메인이 크지 않기 때문에 이러한 결과가 나왔다고 보면 된다. 왜냐하면 Rutgers 대학의 방법은 방송전달을 사용하고 있기 때문에 일반적으로 도메인 영역이 좁은 곳에서는 방송전달이 효율적일 수 있기 때문이다. 도메인이 점점 커지면 Rutgers 방법은 그 효율성이 점점 나빠지게 될 것이다.

위의 시뮬레이션 결과에서 본 바와 같이 전송비용은 이동성 추상화 방법이 단순통합에 의한 방법보다 적게 들게 된다. 비용의 차이는 호스트의 이동성이 클수록 이동성 추상화 방법과의 비용의 차이가 커지게 되고, 이동성이 작아지면 점점 같아지게 될 것이다. MH의 이동이 없는 경우(MH가 HA에 있는 경우)는 모두 같게 된다. 따라서 이동성 추상화 방법이 MH의 이동성이 많아지면 더욱 효율적이게 된다. 이상의 결과로 이동성 추상화 방법은 모든 실험 결과 그 효율성이 증명되었다.

#### 5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서 제안한 이동성 추상화 방법은 호스트 이동성 지원과 멀티캐스트를 분리하였다. 먼저 이동성 지원은 IETF의 IP 이동성 지원 방안을 그대로 수용함으로써 기존 인터넷 체계에 쉽게 접목될 수 있게 하였다(이동성 지원은 기존의 인터넷 체계에 변화를 가져오지 않는다). 멀티캐스트 방법에 있어서는 호스트가 이동하여 다른 네트워크를 방문하였을 때 HA가 hand-off를 통하여 해당 호스트에 관한 멀티캐스트 서비스를 FA에게 이관하여 FA에 의한 라우팅을 수행토록 하였다. 따라서 이동 호스트는 IGMP를 사용하여 FA에게 그룹 멤버십을 보고하고, FA는 해당 멀티캐스트 트리에 접목(graft)하여 HA를 거치지 않고 멀티캐스트 서비스를 시행한다. 이렇게 함으로써 기존의 HA에 의한 멀티캐스트 처리로 인한 삼각 라우팅 문제와 터널 집중성 문제를 해결하였다.

본 논문의 방안은 그룹 관리 프로토콜인 IGMP와 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 DVMRP에 어떠한 수정도 하지 않고 그대로 사용하며, 단지 hand-off에서 해당 호스트 그룹 멤버십 리스트만을 수정한다 즉 MH가 이동하여 FA에 그룹 멤버십을 재등록한다. 이렇게 기존 인터넷 체계의 변화를 최소화하여 쉽게 인터넷 상에서 적용할 수 있다.

본 논문에서 제안한 이동성 추상화 방안의 단점으로는 MH가 송신자일 경우 데이터그램을 FA에서 시작하는 것으로 위장하기 위해 캡슐화해야 한다는 점이다. 또한 이를 수신한 목적지 HA나 FA는 역 캡슐화해서 MH들에게 전달한다. 그러나 HA와 FA에서 캡슐화된 데이터그램을 인식하는 것과 그것들을 다루는 것은 기본적으로 HA나 FA가 갖추어있기 때문에 큰 변화는 요구되지 않는다. 두 번째로는 FA에 상당한 결정권을 부여함으로써 보안의 취약성과 MH의 자율성이 약해질 수 있다는 점이다.

추후 연구로는 첫째, 본 논문에서 제안한 방법에 대한 실험이 광범위한 네트워크 도메인에서 이루어져야 하겠다. 다음으로 본 논문에서 제안한 방법은 라우팅 프로토콜로서 DVMRP만을 전제로 수행된다. 그러나 DVMRP는 구현은 쉬운 트리의 설치 비용이 많이 들어 비효율적인 프로토콜로 알려져 있다. 따라서 인터넷 상에서 멀티캐스트 지원 프로토콜인

MOSPF나 CBT 등에 적용할 수 있는 방안에 대하여 좀 더 연구가 이루어져야 하겠다. 또한 나아가서 기존의 멀티캐스트 프로토콜인 아닌 좀더 효율적인 이동 호스트를 위한 멀티캐스트 방안에 연구가 있어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 조기환, 이동컴퓨팅 기반기술 진과협회지 12월 호, pp 36-41, 1996.
- [2] A. Acharya and B. R. Badrinath, Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Hosts, in Proc. 13th Int'l Conf. on Distributed Computing Systems, pp 292-299, 1993.
- [3] A. Acharya and B. R. Badrinath, A Framework for Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Hosts, Journal on Mobile Networks and Applications 1(2), pp 199-220, 1996.
- [4] A. Acharya, A. Bakre and B. R. Badrinath, IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking, in Proc. of the IEEE INFOCOM 96, pp 67-79, 1996.
- [5] T. Blackwell et al., Secure Short-Cut Routing for Mobile IP, in Proc. USENIX Summer 1994 Technical Conf., Boston, MA, 1994.
- [6] G. H. Cho, Internet Host Mobility Support: Addressing, Location and Routing, Submitted to IEEE Communications Magazine, 1996.
- [7] G. H. Cho and L. F. Marshall, A Multicast Service for Mobile Computing, Proc. of the 6th IEEE Workshop. on Local and Metropolitan Area Networks, 1993.
- [8] G. H. Cho and L. F. Marshall, An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environments, IEEE Journal on Selected Areas in Communications 13, pp 868-879, 1995.
- [9] D. Cohen, J. B. Postel, and R. Rom, IP Addressing and Routing in a Local Wireless Network, Unpublished Manuscript, University of Southern California, 1991.
- [10] V. Chikarmane, R. Bunt and C. Williamson, Mobile IP-based Multicast as a Service for Mobile Hosts, in Proc. of the IEEE Workshop on Services in Distributed and Networked Environments, pp 11-18, 1995.
- [11] S. Deering, Host Extensions for IP Multicasting, RFC 1112, 1989.
- [12] S. Deering et al., An Architecture for Wide-area Multicast Routing, Computer Communications Review 24(4), pp 126-135, 1994.
- [13] S. Deering, C. Partridge and D. Waitzman, Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075.
- [14] S. Deering and D. R. Cheriton, Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LANs, ACM Trans. Computers, pp 85-110, 1990.
- [15] H. Eriksson, MBONE: The Multicast Backbone, Communications of the ACM 37(8), pp 54-60, 1994.
- [16] J. Ioannidis, and G. Maguire Jr., The Design and Implementation of a Mobile Internetworking Architecture, in Proc. of 1993 Winter USENIX, San Diego, CA, pp 491-502, 1993.
- [17] Herb Schwetman, CSIM Hser's Guide, Rev.2, Microelectronics and Computer Technology Corporation, 1989.
- [18] C. Perkins, Providing Continuous Network Access to Mobile Hosts using TCP/IP, Computer Networks and ISDN Systems 26, pp 357-369, 1993.
- [19] C. Perkins, IP Mobility Support, Internet Draft, draft-ietf-mobileip-protocol-15.txt Work in Progress, 1996.
- [20] F. Teraoka, M. Tokoro, Host Migration Transparency in IP Networks: The VIP Approach, ACM Computer Communication Review 23, pp 45-65, 1993.



**방 상 원**

1985년 전남대학교 자연과학대  
학 계산통계학과 졸업  
(학사)

1988년 전남대학교 대학원 계  
산통계학과 졸업(이학  
석사)

1995년 전남대학교 대학원 전  
산통계학과 박사과정 수료  
1987년~현재 송원전문대학 전산과 조교수  
관심분야: Mobile Computing, 소프트웨어 공학, 분산  
처리시스템



**김 병 기**

1978년 전남대학교 수학교육과  
(학사)

1980년 전남대학교 대학원 수  
학과(이학석사)

1981년~현재 전남대학교 전산  
학과 교수

관심분야: 소프트웨어 공학 신경  
망 컴퓨터, 초고속 정보통신 등



**조 기 환**

1985년 전남대학교 자연과학대  
학 계산통계학과 졸업  
(학사)

1987년 서울대학교 대학원 계  
산통계학과 졸업(이학  
석사)

1995년 Newcastle University,  
Department of Computing Science (Ph.D)  
1887년~현재 한국전자통신 연구소  
관심분야: Mobile Computing, 컴퓨터 네트워크, 컴퓨  
터 통신, 운영체제