

# 인터넷워크 기반 이동컴퓨팅의 유연성있는 IP 멀티캐스트

◦ ◦◦  
장경성, 조근순, 김용수, 김병기  
◦ 초당대학교 정보통신학과  
◦◦ 전남대학교 전산학과

E-mail : unixhunt@chonnam.chonnam.ac.kr

## Flexible IP-based Multicast for Mobile Hosts in Internetwork

◦ ◦◦  
Kyungsung Jang, GeunSoon Cho, Yongsoo Kim, ByungKi Kim  
◦ Dept. of Information Science, Chodang University  
◦◦ Dept. of Computer Science, Chonnam National University

### 요 약

이동컴퓨터의 기술발전과 더불어 인터넷환경에서 다양한 서비스지원을 위한 이동성지원에 대한 연구가 최근에 활성화되고 있다. 그러나 다자간회의나 다양한 네트워크 환경을 조성하고 있는 인터넷으로 적용을 위해서는 인터페이스를 유연성있게 지원하는 방법이 제시되어야 한다. IP 기반의 이동컴퓨팅 환경에서는 이동성지원을 위해서 이동호스트의 위치를 정의 할 수 있는 Mobile-IP 연구와 멀티캐스트를 지원하는 멀티캐스트연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 IP 기반 이동컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 요구사항을 연구분석하며 인터넷워크 환경으로 적용을 위한 다양한 인터페이스 지원 모델을 제시한다.

### 1. 서론

오늘날의 사회구조는 분산시스템이나 컴퓨터 네트워크의 구성디자이너가 이전에 참여하지 못하였던 이동성 수준에서 요구사항을 간직하고 있다. 하드웨어 기술의 발전은 값싸고 고성능의 이동이 편리한 컴퓨터들과 무선네트워크의 발전에 박차를 가하여 왔다. 이러한 수요와 생산성에 대한 수렴에 의하여 이동성 지원 컴퓨팅 구성의 문제점에 대한 관심이 급증하고 있다.

효율적이고 효과적인 멀티캐스트는 이동성 지원 컴퓨팅의 사용자들에게 서비스를 제공하는데 있어서 매우 다양한 지원 방법을 제공한다. 일련의 이동컴퓨팅 서비스는 멀티캐스트 facility를 통하여 효과적으로 제공될 수 있는데 이러한 서비스들은 일기예보, 여행정보, 주식정보제공 등이 있다. 이와 함께 인터넷상에서의 이동컴퓨팅 적용기술이 다양하게 연구되고 있으며 특히 고정네트워크에서 사용된 IP체계를 이동성 지원을 위하여 변형한 Mobile-IP가 IETF의 Mobile-IP그룹에 의해서 권고프로토콜로 제시되었다[CP96].

본 논문에서는 인터넷상에서 Mobile-IP를 이용한 이동호스트들에게 멀티캐스팅 서비스를 다중 네트워크 인터페이스를 통하여 제공하는 모델을 제시한다. 인터넷의 방대한 환경 때문에 다양한 네트워크를 지원할 수 있는 멀티캐스팅 기법이 필요하며 능동적인 관리방법이 요구되고 있다.

## 2. 관련연구

### 2.1 Mobile-IP

인터넷의 폭발적인 성공을 배경으로 호스트의 이동에 솔기가 없는 접속을 구체화하려는 노력의 대부분이 TCP/IP 프로토콜을 기반으로 진행되어 왔다. 인터넷 프로토콜(TCP/IP)의 계층 구조에서 호스트 위치에 관한 처리는 네트워크 계층(IP)의 본래 역할이다 [J193][FT93]. 따라서 기존 연구들은 인터넷 프로토콜(IP)을 수정하여 호스트 이동성을 지원하려는 노력이 집중되어 왔다. 비록 대부분의 이동 관련 기능들이 IP에서 처리되지만, 물리적 접속에 관련된 정보 등을 이용하기 위해서는 하부 프로토콜의 도움이 필요하다. 또한 응용 프로그램들의 성능 투명성(Performance Transparency)을 보완하기 위해서는 TCP 프로토콜도 일부 수정이 요구된다.

### Mobile\*IP

미국 컬럼비아 대학의 Ioannidis 등에 의해서 제안된 IP 기반 이동 호스트 지원 시스템으로써 이 분야의 선구자적인 연구이다 [J193]. 모든 이동 호스트들은 비록 멀리 떨어져 있더라도 논리적으로 하나의, 즉 주소의 네트워크 부분이 동일한, 서브 네트워크를 형성한다. 이러한 이동 서브 네트워크 개념은 [GH95]에서 제안한 Embedded Network 방식에 근거한다.

먼저 송신하고자 하는 이동 호스트는 현재 자신을 서비스하고 있는 로컬 에이전트에게 데이터그램을 전달한다. 만약 목적 호스트가 로컬 에이전트의 서비스를 받고 있으면 바로 전달된다. 그렇지 않은 경우는 이동 서브 네트워크 내의 모든 이동 에이전트에게 누가 현재 목적 호스트를 서비스하고 있는지에 관한 질의를 방송한다. 여기서 방송이 이루어지는 지역을 캠퍼스(Campus)라 부른다. 해당 에이전트로부터 응답을 받은 후에 로컬 에이전트는 IP 헤더를 중복시키는 형태의 IPIP라는 캡슐화 기법으로 데이터그램을 처리하

여 보내면 목적 호스트의 로컬 에이전트로 터널 전달이 이루어진다. 이를 받은 에이전트는 역 캡슐화(Decapsulation)를 처리하여 목적 호스트에게 데이터그램을 전달한다. 캠퍼스 밖으로 이동한 호스트와의 통신은 특별한 경우로 처리하고 있다.

### Virtual IP(VIP)

일본 SONY사의 Fumio Teraoka 등에 의해서 제안된 방법으로 가상 네트워크(Virtual Network)라는 개념을 이용하고 있다 [FT93]. 가상 네트워크는 각 호스트에 두개의 IP 주소를, 즉 물리적 주소와 가상 주소, 지정함으로써 논리적으로 구성된다. 데이터그램에서 물리적 주소는 헤더 부분에 위치하며 가상 주소는 캡슐화되거나 IP 옵션으로 전달된다. 가상 주소는 트랜스포트 계층 이상에서 사용되는 논리적 식별자로 이용되는 반면, 물리적 주소는 이동 호스트가 현재 접속하고 있는 서브 네트워크에서 잠정적으로 지정되는 임시 주소로 라우팅에 이용된다.

VIP에서는 위치 설정이 물리적 주소에서 가상 주소로 (혹은 그 역으로) 변환에 의해서 처리된다. 이를 위해서 이동 호스트를 지원하는 지역의 모든 라우터들은 AMT(Address Mapping Table)라는 위치 정보 캐쉬를 갖는다. 어떤 이동 호스트가 새로운 서브 네트워크에 접속하여 새로운 물리적 주소를 받으면 연결 제어 데이터그램을 홈 주소로 보낸다. 이때 전달 경로 상에 위치하는 라우터들은 그 제어 데이터그램을 분석하여 해당 호스트를 위한 AMT의 내용을 바꾼다. 같은 방법으로 데이터를 전달하는 VIP 옵션의 데이터그램도 호스트의 위치 정보를 AMT에 전파하는데 이용된다. 만약 어떤 데이터그램을 처리하는 라우터가 자신의 AMT에 기록된 목적 호스트의 위치 정보와 데이터그램의 헤더에 내용이 서로 다르다는 사실을 발견한 경우, 자신의 AMT 내용을 반영하여 헤더 부분을 재구성해서 새로운 주소로 보내게 된다.

### Multiple Address Approach

일본 Matsushita사의 Wada 등에 의해서 제안된 방법으로 VIP에서와 같이 이동 호스트가 새로운 서브 네트워크에 접속할 때마다 그 서브 네트워크에서의 임시 주소가 지정된다 [HW93]. 각 이동 호스트는 하나의 홈 주소가 지정되며, 그 호스트로 향하는 데이터그램은 홈 주소로 전달된다. 호스트들의 홈 서브 네트워크는 적어도 하나의 PFS(Packet Forwarding Server)

라고 불리는 특수 라우터를 갖는다. PFS는 호스트의 홈 주소와 임시 주소의 정보를 유지 관리한다. 새로운 임시 주소가 지정될 때마다 호스트는 자신의 홈 PFS에 이를 알린다. 홈 PFS는 새로운 위치 정보를 해당 호스트가 접속을 분리했던 곳의 PFS와 같은 관련 라우터나 호스트에게 전파한다.

이동 호스트를 향하는 데이터그램은 홈 서버 네트워크를 살피고 있는 홈 PFS에 의해서 다른 곳으로의 연결 전달이 필요하다고 판단되면, 즉 PFS의 위치 정보와 데이터그램 헤더의 주소가 다른 경우, 가로챈(Intercept)을 당하여 캡슐화 된다. 이때 PFS가 유지하고 있는 임시 주소를 이용하여 그 호스트의 현재 위치로 전달한다. 이러한 전달 방법은 대규모 네트워크에서는 경우에 따라서는 매우 비효율적이게 된다. 하나의 해결책으로 데이터그램을 받을 때 이동 호스트 자신이 상대 호스트의 위치 정보를 유지하여 역으로 송신한 호스트에게 데이터그램을 보낼 때 이용하기도 한다.

### IP Option Approach

미국 IBM사의 Perkins 등에 의해서 제안된 IP의 LSRR(Loose Source and Record Route) 옵션을 이용하는 방법이다. 이동 호스트는 하나의 주소만이 지정되며 이동하는 도중에도 변하지 않는다. 이 방법에서도 Wada 등이 제안한 방법에서의 PFS와 비슷한 기능을, 즉 이동 호스트의 위치 정보를 유지하여 그 호스트로의 접근성을 확보하는 기능, 하는 이동 엔티티를 갖고 있으며 이를 이동 라우터라 부른다. 호스트가 새로운 에이전트에 접속할 경우는 로컬 에이전트의 주소를 자신의 이동 라우터에게 알린다.

이동 호스트가 홈 에이전트의 서비스 영역을 벗어나 있을 때, 그 호스트에게 보내지는 데이터그램을 홈 서버 네트워크에 위치한 이동 라우터가 엿듣기를 한다. 이동 라우터가 해당 호스트의 현재 위치로 터널 전달할 때 LSRR 옵션을 추가한다. 전달된 데이터그램에 대해서 목적 호스트는 현재 자신을 서비스하고 있는 에이전트의 주소를 포함한 LSRR 옵션을 추가하여 송신자에게 응답한다. 최초 데이터그램을 보냈던 송신 호스트는 응답 데이터그램에 기록되어 있는 라우터를 역순으로 LSRR 옵션으로 나열하여 이후에 목적 호스트에게 데이터그램을 보낼 때 이용한다. 그 결과 데이터그램은 목적 호스트의 이동 라우터를 거치지 않고 최적의 경로로(이동 컴퓨팅에서 최적 경로란 연결 전달이 없는 인터넷에서의 정규 라우팅 경로를

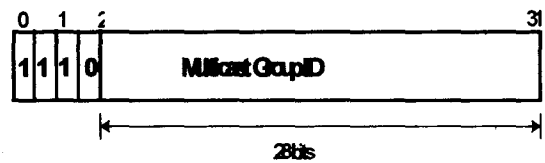
말함) 전달된다. 그러나 현재의 IP 구현들은 (IPv4)이 옵션을 거의 포함하지 않는 문제가 있다.

### IP Mobility Support

IETF의 mobile-IP그룹에 의해서 개발된 인터넷에서의 이동호스트 지원 권고 프로토콜(안)이다[CP96]. 이 프로토콜은 위에서 언급한 기존 연구에 관련된 사람들이 주로 참여하여 그들의 연구 내용을 반영한 기본 틀 수준에서 표준이다. 이동 호스트는 홈 주소가 지정되며 만약 홈 서버 네트워크의 영역을 벗어나면 그 호스트의 현재 위치를 반영하는 보호(Care-of) 주소가 지정된다. 보호 주소는 현재 이동 호스트를 서비스하고 있는 이동 에이전트의 주소일 수도 있고 임시로 지정되는 주소일 수도 있다. 홈 에이전트의 서비스 영역을 벗어날 경우 이동 호스트는 관련 에이전트에게, 즉 접속을 분리했던 에이전트와 홈 에이전트, 보호 주소는 알린다. 홈 에이전트는 보호 주소를 이용하여 필요할 때마다 현재의 위치로 데이터그램을 캡슐화하여 터널 전달을 한다. 따라서 모든 데이터그램은 홈 에이전트를 거치게 된다. 이러한 비효율성을 보완하기 위한 위치 설정과 라우팅 최적화를 위한 권고안을 별도로 작업 중이다.

### 2.2 Multicast Routing in Internetwork

TCP/IP기반의 인터넷상에서 WAN 멀티캐스트 기법이 Deering[DC90]에 의해서 연구되었다. MAC Layer의 멀티캐스트 주소에 Class D의 IP주소를 제공함으로써 기존 IP Class에서 제공하지 못하는 다자간 전송 IP기법을 제시하였다.



클래스 D 멀티캐스트 주소 형식

멀티캐스트 그룹 멤버에 대한 정보를 관리하는 방법으로는 IGMP(Internet Group Management Protocol[Dee89])가 연구되었는데 호스트들이 받기 원하는 멀

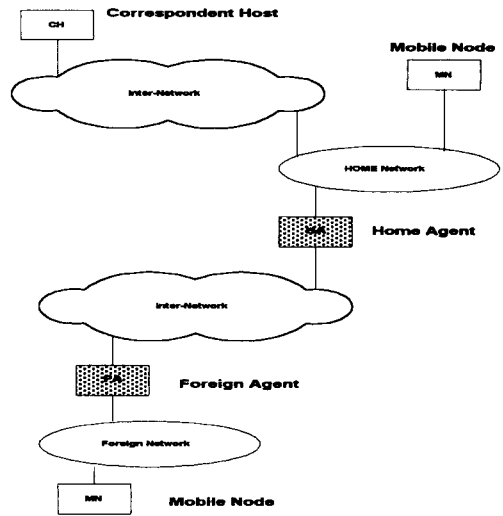
티캐스트 주소에 대한 정보를 멀티캐스트 라우터들에게 전송하는데 이동된다. 수집된 그룹 멤버들에 대한 정보를 이용하여 라우터들에게 데이터그램 전송경로를 구성하게 하고 데이터그램 전달을 수행하게 하는 멀티캐스팅 라우팅 프로토콜중에서, MBONE[Eri94]에 의해서 연결된 수 백개의 영역에서 적용되어오고 있으며 광범위하게 인터넷상에서 사용되고 있는 DVMRP(Distance-Vector Multicast Routing Protocol)을 IP-Multicast 기본 플랫폼으로 제안한다. DVMRP[DC90]은 truncated reverse-path broadcast routing algorithm의 일종으로 유니캐스트 라우팅 프로토콜인 RTP와는 다음의 중요한 차이점이 있다. 즉, RTP는 특별한 목적지까지의 가능한 경로에 대하여 관심이 있는 반면에 DVMRP는 멀티캐스트 데이터그램의 스스로의 역경로(reverse path)의 추적을 유지하는 것이다.

### 3. 이동호스트를 위한 멀티캐스트

이동 환경에서는 그룹 멤버십 관리나 필요한 경로를 설정하는 작업뿐만 아니라 이동호스트가 이동하는 경우 자동적으로 전송경로를 설정하는 과정이 필요하다. 이동호스트에 대한 능동적 그룹 멤버십과 능동적 위치 특성은 멀티캐스트 기법을 연구하기 위한 중요한 문제로 대두시키고 있다. TCP/IP체계에서 이용되는 IGMP와 DVMRP에 의한 고정 호스트의 멀티캐스트 기법은 이동 환경으로 적용에 있어서 문제점이 없어보인다.

본 논문에서 제안하는 유연성있는 멀티캐스트의 기본 scheme은 위치관리와 멀티캐스트 기능을 분명하게 분리한다. 위치관리 기능을 제공하기 위하여 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 기반을 두고 있으며, 이동호스트의 홈 네트워크로부터 제공되는 서비스를 위하여 멀티캐스트를 수행한다.

호스트의 이동성관점에서 유니캐스트 라우팅을 효율적으로 수행하기 위한 네트워크 계층 프로토콜 [TCT92]이 다양하게 연구되어 왔다. 특히 IETF working group에서는 인터넷에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Mobile-IP protocol의 특성들을 정의해 있으며 본 연구의 기본 scheme으로 사용된다.



Mobile IP entries and their interrelationships

### 4. 유연성 지원 멀티캐스트 기법

본 연구는 인터넷에 연결되어 있는 네트워크의 다양성을 사용자에게 지원하고 자동적으로 관리하기 위해서 라우터가 관리하는 라우팅 테이블을 확장하여 다양한 사용자 인터페이스를 지원하는 멀티캐스트 라우팅 방법을 제안한다.

DV(Distance-Vector)알고리즘을 사용하는 라우터는 internetwork에서 도달 가능한 각 목적지에 대한 엔트리를 포함하는 라우팅 테이블을 유지한다. 일반적으로 멀티캐스팅 지원을 위한 라우팅 테이블을 목적지와 다음 홉에 대한 주소정보를 포함하고 있다.

Destination1	Distance1	Destination 2	Distance2	...
				..

[그림 1] The Router's Packet from it's neighboring Routers

Destination1	Distance1	subnet type	Destination 2	...
				..

[그림 2] The New Router's Packet from it's neighboring Routers

Destination	Distance	next-hop-address	next-hop-subnet	time-left
-------------	----------	------------------	-----------------	-----------

[그림 3] The Routing Table Entry for each destination

Destination	Distance	next-hop-address	next-hop-subnet	subnet-type	time-left
-------------	----------	------------------	-----------------	-------------	-----------

[그림 4] The New Routing Table Entry for each destination

[그림 1]에서 destination을 하나의 호스트, 하나의 서브네트워크 또는 하나의 서브네트워크에 대한 클러스터(Cluster) 지칭한다. 또한 distance는 destination까지의 Shortest-Path 거리를 표시하며, 일반적으로 홉의 개수나 또는 delay에 대한 다른 단위를 이용한다. Next-hop-address는 목적지를 향하는 경로상의 다음 라우터의 주소를 지칭하며, 같은 서브네트워크에서 라우터를 공유하는 경우는 목적 호스트의 주소가 된다. "next-hop-subnet"을 next-hop-address에 도달하기 위한 서브네트워크에서의 로컬 식별자를 일컫고 있다. "time-left"는 유량하고 있는 라우트 엔트리를 찾기 위한 타이머이며 목적지에 도달하지 못하고 방향하는 패킷에 대한 limit값으로 사용된다.

라우터들은 주기적으로 주변의 이웃 라우터들로 부터[그림 3]과 같은 각 라우터들의 정보를 수용한다. 이러한 packet은 전송 라우터들에게 알려진 모든 목적지를 막나하고 있으며 해당 라우터로부터 그들간의 거리도 함께 표시한다.

방대한 인터넷에서 다양한 사용자 인터페이스를 제공하기 위해서 IP 계층의 별도로 Mobile Policy Table(MPT)을 유지하면서 상위계층의 TCP/UDP 및 IPIP를 지원하며 하위의 다양한 링크계층을 지원하는 방법이 있다. 그러나 Mobile-IP에 바탕을 둔 IETF working group에서는 Mobile특성을 지원하기 위해서 제안된 방법들을 고려할 때 고려사항 중 라우팅 소프트웨어 및 테이블의 변형을 허용하지 않도록 하는 권고안을 제시하고 있으며, 이것은 향후 확장성 및 적용 문제와 관련된 바람직한 방향으로 여겨진다. 멀티캐스트를 지원하기 위한 적용연구로서 MPT생성방법

[VI95]은 라우터의 테이블의 확장부분으로 라우팅 소프트웨어를 변형하여야 하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 DVMRP에서 제시되는 라우터들에 대한 패킷정보에 서브네트워크의 유형을 정의함으로써 멀티캐스트 패스에 관한 라우팅 리스트를 구성하는 과정에서 제시됨으로 전체 네트워크의 형태를 정의하는데 MPT구성방법보다 부하를 줄일 수 있다. 또한 서브네트워크의 형태 변경시 이유 라우터간의 목적지 변경정보 전송시 추가됨으로써 효율적인 변화를 반영할 수 있다. 제안한 변형 멀티캐스트 라우팅 테이블의 형태는 [그림 2]과 같이 기존 테이블[그림 4]의 엔트리에 서브네트워크 유형을 추가함으로써 전송 라우터가 목적지 서브네트워크의 유형을 예상하도록 하며 전송 데이터그램의 header format을 변경한다.

목적지 서브네트워크의 유형에 맞는 header format으로 변형된 데이터그램을 해당 서브네트워크의 라우터에 의해서 멀티캐스트 멤버에게 format 변형에 의한 지연 없이 전송이 가능하다.

제안 모델의 기반 네트워크는 일반적으로 이용되는 인터넷 기반으로 다양한 서브네트워크들에 의해서 구성되었으며 네트워크 구성방식도 특정목적의 네트워크 구성과는 많은 차이를 지니고 있다. 또한 멀티캐스트된 데이터그램이 도착하는 그룹 멤버들의 이동에 따른 old subnetwork(home agent)와 new subnetwork(foreign agent)의 유형변경에 의한 정보유지 및 관리면에서도 멀티캐스트 패스를 구성시 유지함으로써 데이터그램 전송시 부하를 줄이는 타당성을 지원한다. 또한 기존 라우터의 변형을 없앴으로써 IETF에서 제시한 확장성 및 적용성을 지닌다는 장점을 가지고 있다.

## 5. 향후계획

본 연구에서 제안한 모델은 멀티캐스트 라우팅 패스 구성 방법을 변형함으로써 다양한 서브네트워크형태정보를 원천적으로 유지함으로써 부하를 줄이고 기존 라우터의 테이블변형을 막음으로써 모델 적용면에서 높은 적용성을 유지한다.

제안된 모델을 MBONE에 적용함으로써 이동성지원에 따른 성능을 분석, 검토하고 향후 인터넷 범용 구성에 적용할 예정이다.

참고문헌

- [CP96] C. Perkins, "IP Mobility support, "Internet Draft, draft-ietf-mobileip-protocol-15.txt, 1996
- [JI93] J. Ioannidis, and G. Maguire Jr, "The design & Implementation of Mobile Internetworking Architecture, " Proc 1993 winter USENIX, San Diego, CA, 1993, pp491-502
- [FT93] F. Teraoka, M. Tokoro, "Host Migration Transparency in IP Networks : The V4P Approach, "ACM Computer communication Review 23, 1993, pp45-65
- [GH95] 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, 1995, pp 868-879
- [HW93] H.Wada, T. Yogawa, T. Ohnishi, and Y. Tanaka, "Mobile computing environment based on Internet packet Forwarding," Proc. 1993 winter USENIX, San Diego, CA, 1993, pp503-517
- [Dee89] S. Deering, editor, Host extensions for IP multicasting, RFC1112, Stanford University, August 1989.
- [DC90] S. Deering and D. R. Cheriton, "Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LANs," ACM Trans. Computers, pp 85-110,
- [TCT92] F. Teraoka, K. Claffy and M. Tokoro, Design, Implementation and evaluation of virtual internet protocol, In Proc. 12th International Conference on Distributed Computing Systems, pp170-177, Yokohama, Japan, June 1992.
- [VI95] V. Chikarmane, R. Bunt and C. Williamson, Mobile IP-based Multicast as a Service for Mobile Hosts, Dept. of Computer Science, Saskatoon, Canada, 1995.