

# 3-계층 이동 컴퓨팅 환경에서 이동 멀티캐스팅 프로토콜의 설계 및 평가

김재수<sup>†</sup> · 박규석<sup>‡‡</sup>

## 요 약

이동 컴퓨팅 환경은 휴대용 컴퓨터가 이동중이라도 무선 전송 링크를 통하여 네트워크 접속을 계속 유지할 수 있도록 하는 새로운 네트워크 환경이다. 이러한 환경은 컴퓨터의 이동으로 인한 네트워크 연결을 새롭게 재설정하여야 하는 문제를 포함하고 있다. 또한 그룹을 구성하는 수신자에게 메시지를 효율적으로 전달하는 멀티캐스팅 서비스가 보편화되고 있기 때문에, 이동 컴퓨팅 환경에서도 이러한 서비스를 제공하여야 한다. 본 논문에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 효율적이고 신뢰성이 있게 멀티캐스트 패킷을 전송할 수 있는 3-계층 이동 멀티캐스팅 프로토콜을 제안하고 기존의 방법과 비교하여 성능을 분석하였다. 우리의 방법은 핸드오프 비용과 패킷의 전달비용 면에서 기존의 방법보다 우수하였다.

## The Design and Evaluation of Mobile Multicasting Protocol in 3-Tiered Mobile Computing Environment

Jae-Soo Kim<sup>†</sup> and Kyoo-Seok Park<sup>‡‡</sup>

## ABSTRACT

The mobile computing is a new network environment that supports wireless network connection seamless while the portable computer is moving. This environment involves the problem of re-establishing of new network connection. The mobile computing should provide multicasting service, because multicasting is widely-used application service which delivers messages to the members of the groups. In this paper, we proposed 3-tiered mobile multicasting protocol that transfers multicast packets efficiently and reliably. Also, we analyzed the performance of 3-tiered mobile multicasting protocol comparing with other mechanism. Our protocol is superior to other mechanism in the aspects of the handoff costs and packet delivery costs.

## 1. 서 론

지난 몇 년 동안에 컴퓨터 기술과 통신 기술에 있어서 커다란 변화가 있었다. 첫째는 휴대용 컴퓨터의 성능이 크게 향상됨으로써 일반 사용자에게 급속도 보급이 확산되고 있다. 둘째는 무선 LAN과 PCS의 발달로 인하여 휴대용 컴퓨터 사용자는 유선 네트워크의 고정된 접속에 구속될 필요가 없게 되었다. 따라서, 휴대용 컴퓨터 사용자들은 그들이 다른 곳으

로 이동하면서 무선 전송 링크를 통하여 투명한 네트워크 접속을 유지하기를 원하게 되었다. 이동 컴퓨팅 시스템은 컴퓨터의 위치가 고정되어 유선 네트워크에 연결된 고정 호스트(FH)와 위치를 이동할 수 있는 이동 호스트(MH), 이동 컴퓨터의 이동을 지원하는 이동 지원국(MSS)으로 구성된다. 이동 지원국은 무선 LAN이나 무선 라디오 주파수를 이용하여 이동 호스트와 직접적인 통신을 지원하는 컴퓨터를 말하며, 이동 호스트는 이동을 하면서 자신의 이동 지원국을 거쳐 고정된 네트워크에 연결을 할 수 있다. 이동 중인 사용자에게 투명한 네트워크 서비스를 제공

<sup>†</sup> 상주대학교 교양과정부

<sup>‡‡</sup> 경남대학교 컴퓨터공학과

하기 위해서는 이동 컴퓨터의 한정된 전력 문제와 데스크 탑 컴퓨터에 비해 상대적으로 적은 메모리 용량과 성능 문제, 유선 네트워크에 비해 상대적으로 열악한 상태에 있는 무선통신 환경과 보안 문제, 컴퓨터가 이동함으로써 발생하는 위치 관리 및 연결 재설정 문제 등을 고려하여야 한다[1,2,3,4].

멀티캐스팅은 하나의 수신자가 여러 수신자들에게 데이터를 동시에 전달하여 네트워크 대역폭의 낭비를 줄이고 전송 지연시간을 최소화하는 패킷 전달 방법으로 일대다 통신 방법이다. 멀티캐스팅에서 여러 수신자들은 수신자 그룹을 형성하게 되며, 멀티캐스트 패킷의 수신자 그룹은 멀티캐스트 패킷의 목적지가 된다. 수신자 그룹에게 패킷을 효율적으로 전달하기 위하여 컴퓨터의 위치에 독립적인 멀티캐스트 주소를 가져야 하며, 멀티캐스트 주소를 가진 패킷은 컴퓨터의 위치에 관계없이 멀티캐스트 그룹에 속한 모든 컴퓨터에 전송되어야 한다. 또한, 멀티캐스트 그룹을 효율적으로 관리 할 수 있어야 하며, 호스트는 동적으로 멀티캐스트 그룹에 가입하거나 탈퇴할 수 있어야 한다[6].

이동 컴퓨팅 환경에서 멀티캐스팅 서비스를 제공하기 위해서는 호스트의 이동으로 인하여 수신자 그룹이 변하게 되며, 멀티캐스팅의 경로가 변경되어 경로 재설정이 필요하며, 이동 중에 패킷의 손실을 초래할 수 있어 보다 복잡한 문제가 야기된다. [7]에서는 중재자 컴퓨터를 두어 그룹 관리를 하며, 송신자와 수신자 그룹이 일대일로 경로 설정을 하여 멀티캐스팅을 해결하고 있으나, 이 기법은 동적인 멀티캐스트 그룹의 가입과 탈퇴를 허용하지 않으며, 비효율적인 멀티캐스팅 경로 설정이 이루어지는 단점이 있다. [9]에서는 인터넷 그룹 구성원 프로토콜(IGMP)을 이용하여 이동 지원국이 멀티캐스트 그룹을 관리하며 멀티캐스트 터널을 이용하여 경로를 설정하여 패킷을 전달한다. 하지만 이 방법은 이동 호스트가 새로운 이동 지원국으로 이동하였을 경우 패킷의 전달 시간이 증가되며, 이동 호스트로 계속 IGMP 신호를 보냄으로서 무선 링크의 대역폭 낭비가 심한 단점이 있다. [7]과 [9]에서 제시된 방법들은 모두 2-계층 이동 컴퓨팅 환경을 기반으로 하고 있으며, 최근의 이동통신 시스템이 피코-셀 환경으로 바뀌는 상황에서 호스트의 이동으로 인하여 빈번한 핸드오프가 발생하며 멀티캐스트 패킷의 전달 지연시간이 길어지

게 된다.

따라서 본 논문에서는 호스트의 빈번한 이동에도 불구하고 멀티캐스트 패킷의 전달 비용과 핸드오프 비용을 줄일 수 있는 새로운 멀티캐스트 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 3-계층 이동 컴퓨팅 환경에서 동작하며 동작인 멀티캐스트 그룹의 가입과 탈퇴를 허용하며 신뢰성 있는 멀티캐스트 패킷 전달을 보장한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 호스트의 이동과 멀티캐스팅에 관련된 연구와 문제점을 설명한다. 3절에서는 호스트가 이동하는 환경에서 멀티캐스트 패킷의 전달 비용과 핸드오프 비용을 줄여서 효율적으로 멀티캐스트 패킷을 전달할 수 있는 3-계층 이동 멀티캐스팅 프로토콜에 대하여 설명한다. 4절에서는 성능을 분석하여 기존에 제시된 방법과 비교하였으며, 5절에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

### 2.1 호스트의 이동과 멀티캐스팅

이동 컴퓨팅 환경에서 호스트가 이동함으로서 발생하는 멀티캐스트 그룹의 변화를 살펴보자. 이동 호스트는 서로 다른 셀에 위치한다고 가정하고 특정 멀티캐스트 그룹에 속해 있는 이동 호스트의 집합을  $E$ 이라고 하자.  $c_1, c_2, \dots, c_k$ 를 서로 다른 셀이라고 하고, 각 셀에 위치해 있는 이동 호스트를 각각  $h_1, h_2, \dots, h_k$ 라고 하자. 여기서  $h_i > 0$ 이고  $\sum h_i = |E|$ 이다. 이동 호스트를 포함하고 있는 셀의 집합을 셀 그룹이라고 하며,  $C$ 로 표시하자. 셀  $c_1$ 과  $c_2, c_3, c_4$ 는  $E$ 에 속하는 이동 호스트를 포함하고 있다고 가정하면  $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$ 가 된다. 그럼 1은 호스트 이동에 따른 3가지 형태의 멀티캐스팅 그룹의 변화를 보여주고 있다.

첫 번째 형태는 멀티캐스트 그룹에 속해 있는 이동 호스트가  $c_1$  셀에서  $H$  셀로 이동한 경우로,  $H$  셀은 초기에  $E$ 에 속하는 이동 호스트가 존재하지 않으므로  $C$ 에 속해 있지 않다. 따라서 멀티캐스트 그룹에 속해 있는 이동 호스트가 셀 그룹이 아닌  $H$  셀로 이동하면  $H$  셀은 셀 그룹  $C$ 에 가입하여  $H$  셀의 이동 지원국이 멀티캐스트 패킷을 받아 이동 호스트에게 전달하여야 한다. 두 번째 형태는 이동 호스트가 셀  $c_2$ 에서 셀  $G$ 를 거쳐 셀  $c_4$ 로 이동한 경우이다. 이 경우,

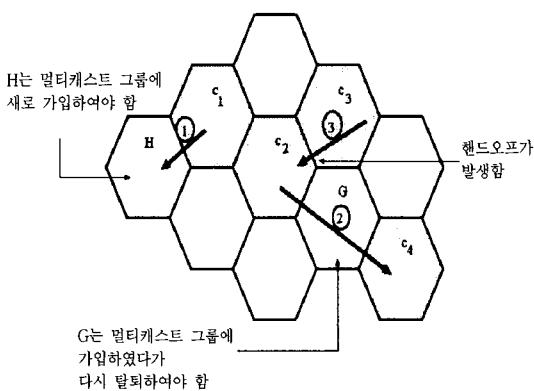


그림 1. 호스트의 이동과 멀티캐스팅

셀 G는 셀 그룹 C에 가입하였다가 이동 호스트가 셀 c<sub>4</sub>로 이동하면 셀 그룹에서 탈퇴하여야 한다. 세 번째 형태는 이동 호스트가 셀 c<sub>3</sub>에서 셀 c<sub>2</sub>로 이동한 경우인데, c<sub>2</sub>와 c<sub>3</sub>가 모두 셀 그룹에 속해 있는 경우이다.

## 2.2 HVMP

HVMP(Host View Membership Protocol)는 이동 호스트(MH)와 이동 지원국(MSS)으로 구성된 일반적인 이동 컴퓨팅 환경에서 정확하고 신뢰성 있게 멀티캐스트 패킷을 전달하는 멀티캐스팅 프로토콜이다[7,8]. 멀티캐스트 그룹의 구성원과 멀티캐스트 라우터는 다음과 같이 집합으로 표시하여 관리하고 있다.

- Members Eg : 멀티캐스트 그룹 g의 구성원인 이동 호스트의 집합
- Host View Hg : Eg에 속한 이동 호스트를 관할하는 이동 지원국의 집합으로 멀티캐스트 그룹 g의 호스트 뷰라고 한다.

멀티캐스트 패킷의 송신자는 Hg에 속하는 모든 MSS에게 멀티캐스트 패킷을 송신하게 되며, MSS는 Eg에 속한 MH에게 멀티캐스트 패킷을 보내게 된다. Eg에 속한 하나의 MH h가 MSS M에서 MSS N으로 이동을 하면 다음과 같이 HVMP 프로토콜이 수행된다.

- h가 이동하여 M 관할의 Eg에 속하는 MSS가 더 이상 존재하지 않으면, M은 Hg로부터 탈퇴함을 모든 MSS에게 알린다.
- h가 이동해 올 때까지 N이 아직 Hg에 속해 있지 않으면, N은 M에게 Hg에 가입하고자 함을 알리

고, M에서 대기중인 h의 멀티캐스트 패킷을 넘겨 받는다.

HVMP 프로토콜에서는 이러한 호스트 그룹의 변화를 중대 이동과 비중대 이동으로 나누어 멀티캐스트 그룹을 관리한다. 이동 호스트 h가 Hg에 속하지 않는 이동 지원국의 관할로 이동을 하면 Hg가 변경되어야 하므로 중대 이동이 되며, 그렇지 않는 경우는 비중대 이동이 된다. 중대 이동인 경우는 멀티캐스트 패킷을 수신하기 전에 다른 그룹 구성원으로부터 관련된 정보를 넘겨받아야 한다. 이처럼, 호스트의 이동으로 인하여 Eg는 변하지 않아도 Hg는 변하게 되며, 또한 이동 컴퓨터가 새로이 멀티캐스트 그룹에 가입을 하거나 탈퇴를 하게 되면 Hg는 변하게 된다.

HVMP는 멀티캐스트 그룹에 속한 이동 호스트들에게 정확하게 패킷 전달을 보장하지만 다음과 같은 문제점이 있다.

- 멀티캐스트 그룹이 한번 생성되면 그룹이 소멸될 때까지 그룹 구성원의 변화를 허용하지 않는다. 따라서 멀티캐스트 그룹에 동적인 참여와 탈퇴가 불가능하다.
- 멀티캐스트 송신자는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 이용하여 패킷을 전송하는 것이 아니라 멀티캐스트 그룹에 속한 수신자들과 일대일로 연결을 설정하여 동일한 패킷을 여러번 전송하기 때문에 전송 시간이 길어진다.
- 최근의 이동통신 시스템은 셀 반경이 수십미터 내외인 피고-셀(pico-cell)으로 변함에 따라 호스트가 이동함에 따라 핸드오프 빈도가 증가하게 되며, 따라서 이동 지원국에서 처리하는 핸드오프 비용이 증가하게 된다.
- 중개자 컴퓨터를 두어 호스트의 이동으로 인한 멀티캐스트 그룹의 변화를 추적하기 때문에 중개자 컴퓨터로 트래픽이 집중되며 중대 이동 시 서비스의 단절이 발생할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 최근의 이동통신 시스템 환경인 피코-셀 환경에서 멀티캐스트 패킷의 전달 비용과 호스트의 이동으로 인한 핸드오프 비용을 줄이는 동시에 신뢰성 있게 멀티캐스트 데이터를 전달할 수 있는 이동 멀티캐스팅 프로토콜을 제안한다.

### 3. 3-계층 이동 멀티캐스팅 프로토콜

#### 3.1 시스템 구조 및 데이터 구조

본 논문에서 제안한 이동 멀티캐스팅 프로토콜은 3-계층 이동 컴퓨팅 구조에서 동작하며, 그 구조는 그림 2와 같다.

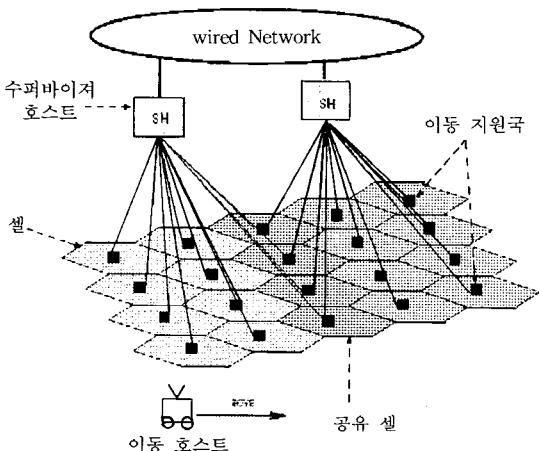


그림 2. 3-계층 이동 컴퓨팅 구조

3-계층 이동 컴퓨팅 구조의 최하위 계층은 셀과 셀 사이를 이동할 수 있는 이동 호스트(MH)가 위치한다. 중간 계층은 하나의 셀에 하나의 이동 지원국(MSS)이 위치하며, 이동 호스트와 유선 네트워크간의 연결 접속점 역할을 한다. 상위 계층은 복수의 이동 지원국을 관할하는 수퍼바이저 호스트(SH)가 위치하며, 유선 네트워크에서 이동 호스트로의 경로설정과 연결관리, 흐름제어, QOS 협상 등의 일을 수행한다. 3-계층 이동 컴퓨팅 구조의 장점은 MSS를 연결 접속점 역할만 하는 간단한 장치로 대체할 수 있으며, 하나의 SH가 여러개의 MSS를 관할하여 핸드오프를 처리하고 있기 때문에 MH가 이동을 하더라도 동일한 SH의 관할 지역에 오랫동안 남아 있게 되어 핸드오프시간을 줄일 수 있게 된다. 송신자는 멀티캐스트 패킷을 먼저 호스트 그룹에 속하는 SH들에게 전달이 되며, 각 SH들은 패킷을 MSS에게 전달하며, MSS는 무선링크를 통하여 MH에게 멀티캐스트 패킷을 전달한다.

3-계층 멀티캐스팅 프로토콜의 동작을 설명하기 위하여 필요한 기호는 다음과 같다.

- $R_i$  : 멀티캐스트 그룹  $g_i$ 에 속한 이동호스트의 집합으로  $R_i = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ 이다.
- $G_{R_i}$  :  $R_i$ 에 속한 MH를 관할하는 SH의 집합으로  $G_{R_i} = \{S | R_i \neq \emptyset\}$ , 여기서  $S$ 는 SH이다.
- $M^S_i$  :  $R_i$ 에 속한 MH를 관할하는 MSS 중에서  $S$ 의 관할에 있는 MSS의 집합이다.
- $h_R$  : MH  $h$ 가 가입하고 있는 멀티캐스트 그룹의 집합으로  $h_R = \{R_i | h \in R_i\}$ 이다.
- $P_{ij}$  :  $R_i$ 에 속한 MH  $h$ 로 전달될  $j$ 번째의 멀티캐스트 패킷으로  $i$ 는 멀티캐스트 그룹 번호( $R_i \in h_R$ )이며,  $j$ 는 멀티캐스트 패킷 순서번호이다.
- $R_i^s$  : 멀티캐스트 그룹  $R_i$ 에 속한 이동 호스트 중에서 SH  $S$ 의 관할에 있는 이동 호스트의 집합으로  $R_i^s = \{h \in R_i \cap h \in S\}$ 이다.

SH에서 관리하는 자료구조는 다음과 같다.

- SH\_local : SH가 관할하는 MSS의 목록.
- SH\_buffer : MH로 전달할 멀티캐스트 패킷을 저장하는 버퍼.
- $\Omega h$  : 송신자로부터 받은 패킷을 MH  $h$ 로 전달하기 위하여 패킷 번호를 관리하는 리스트로서,  $\Omega h = \{P_{11}, P_{12}, P_{21}, P_{13}, P_{31}, P_{22}, P_{14}, P_{23}, P_{32}, \dots\}$ 이다.
- ack\_list : 멀티캐스트 그룹의 패킷 수신상태를 MH 별로 관리하기 위한 리스트

MSS에서 관리하는 자료구조는 다음과 같다.

- MSS\_local : MSS와 관할하고 있는 MH의 목록.
- MSS\_buffer : MH로 전달할 멀티캐스트 패킷을 저장하는 버퍼.

MH에서 관리하는 자료구조는 다음과 같다.

- h\_groups : MH가 가입해 있는 멀티캐스트 그룹.
- last\_seq\_list : MH가 가입한 멀티캐스트 그룹으로부터 받은 마지막 패킷의 순서번호.

#### 3.2 메시지의 전달

이동 호스트가 이동하지 않는 상황에서 멀티캐스트 그룹의 구성원에 속한 이동 호스트들에게 멀티캐스트 패킷을 전달하는 과정은 그림 3과 같다.

그림 3에서 멀티캐스트 패킷을 이동 호스토로 전달하는 과정을 살펴보면 먼저 송신자는  $G_{R_i}$ 에 속한 모든 SH에게 멀티캐스트 패킷( $P_{ik}$ )을 전송한다(①). 여기서,  $P_{ik}$ 는 멀티캐스트 그룹  $R_i$ 에 속한 이동 호스

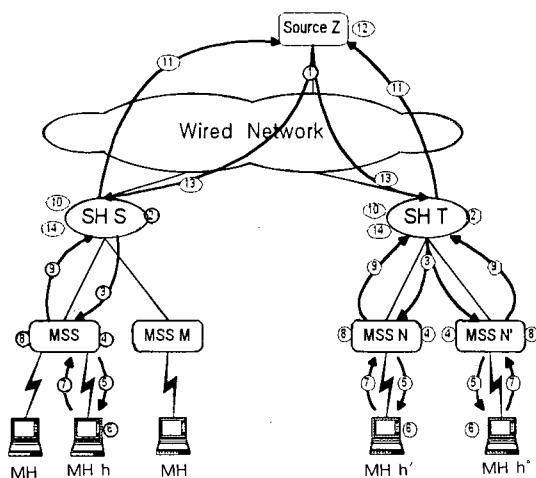


그림 3. 멀티캐스트 패킷의 전송과정

트를 관할하는 SH(즉,  $G_{R_i}$ )에게 보내지는 패킷이다. 멀티캐스트 패킷을 수신한 SH는 패킷을 SH\_buffer에 저장한 후 이 패킷에 대한 ack\_list를 False로 설정하며, 패킷의 번호를  $\Omega h$ 에 추가한다(②). SH는  $\Omega h$ 로부터 MH로 전송할  $P_{ij}$ 를 선택하여  $M^s_i$ 에 속한 MSS로 전송한다(③). MSS는  $P_{ij}$ 를 M\_buffer에 저장한 다음(④), 무선 전송 링크를 통하여  $R_i$ 에 속한 MH에게  $P_{ij}$ 를 전달한다(⑤). 멀티캐스트 그룹 번호가 i이고 순서번호가 j인 패킷을 받은 MH는 last\_seg를  $(i,j)$ 로 설정한 다음(⑥),  $ack_{ij}$ 를 자신의 MSS에게 전달한다(⑦). MSS는 M\_buffer로부터  $P_{ij}$ 를 삭제한 다음(⑧),  $ack_{ij}$ 를 다시 SH에게 전달한다(⑨). SH는  $\Omega h$ 로부터  $P_{ij}$ 를 삭제하고  $ack_{list_{ij}}$ 를 True로 설정한 다음(⑩), delivered(j) 신호를 송신자에게 보내어 j번 패킷의 전달이 완료되었음을 알린다(⑪). 송신자는 cs 리스트에 SH 별로 전송이 완료된 패킷 번호를 관리하며, 그룹에 속한 모든 SH 중에서 전송을 완료한 패킷의 최저 번호를  $v$ 로(즉,  $v = \min\{cs(S)\}$ ), 여기서  $S \in G_{R_i}$ )로 설정한 다음(⑫), discard( $v$ ) 신호를  $G_{R_i}$ 에 속한 모든 SH에게 보낸다(⑬). 패킷 번호가  $P_{i,v}$  보다 적은 모든 패킷은 이동 호스트로 정확하게 전달이 되었으므로 SH는 SH\_buffer로부터 패킷 번호가  $P_{i,v}$  보다 적은 모든 패킷을 삭제한다(⑭).

### 3.3 멀티캐스트 그룹의 참여와 이탈

MH  $h$ 가 멀티캐스트 그룹에 가입을 하고자 하면

국부 MSS M에게 Group\_Report 신호를 보낸다. 이 신호에는 송신자 헤드 필드에 MH  $h$ 의 IP 주소가 기록되며, 목적지 필드에는 멀티캐스트 그룹 IP 주소가 포함된다. MSS M은 자신의 SH S에게 join\_request() 신호를 보낸다. SH S가 이미 호스트 그룹  $g_i$ 의 구성원이면 단지 SH\_local에 MH  $h$ 를 추가하면 된다. 하지만 SH S가 호스트 그룹  $g_i$ 의 구성원이 아니면 먼저  $g_i$ 에 가입을 하여야 한다. SH S는 이미  $g_i$ 의 구성원인 SH T를 찾아  $g_i$ 에 가입 요청을 하게 되며, T는 S를 대신하여  $g_i$ 의 송신자에게 가입요청을 하게 된다. T는 현재의 모든 멀티캐스트 정보를 S에게 전달한다.

MH  $h$ 가 멀티캐스트 그룹  $g_i$ 로부터 탈퇴를 하고자 하면 로컬 MSS M에게 Group\_Leave 신호를 보낸다. 이 신호에는 송신자 헤드 필드에 MH  $h$ 의 IP 주소가 기록되며, 목적지 필드에는 멀티캐스트 그룹 IP 주소가 포함된다. MSS M은 자신의 SH S에게 delete\_request() 신호를 보낸다. SH S가 호스트 그룹  $g_i$ 에 속한 유일한 구성원이 아니면 단지 SH\_local에  $h$ 를 삭제하면 된다. 하지만 SH S가 호스트 그룹  $g_i$ 의 유일한 구성원이면  $g_i$ 로부터 탈퇴를 하여야 한다. SH S는  $g_i$ 의 송신자에게 delete() 제어 신호를 보내어 탈퇴요청을 하게 된다.

### 3.4 핸드오프

MH  $h$ 가 MSS M ( $M \in S$ )의 셀에서 MSS N ( $N \in T$ )의 셀로 이동하는 경우는  $h$ 를 서비스하는 MSS가 바뀌게 되어 핸드오프가 발생되게 된다. 이 경우, 다음과 같은 3가지 유형이 있다. 첫째는 ( $S=T$ ) 인 경우로 MH가 이동을 하였지만 같은 SH의 관할에 남아 있는 경우로 단순 이동이라고 한다. 둘째는 ( $S \neq T$  and  $T \notin G_{R_i}$ )인 경우로 MH가 다른 SH(T)의 관할로 이동을 하였고 T는 아직 멀티캐스트 그룹  $G_{R_i}$ 의 구성원이 아닌 경우로 중대 이동이라고 한다. 셋째는 ( $S \neq T$  and  $T \in G_{R_i}$ )인 경우로 MH가 다른 SH(T)의 관할로 이동을 하였지만 T가 이미 멀티캐스트 그룹  $G_{R_i}$ 의 구성원인 경우로 비중대 이동이라고 한다.

SH S와 SH T가 같은(즉,  $S=T$ ) 단순 이동인 경우의 핸드오프 과정은 다음과 같다. MH  $h$ 는 greeting( $h, M, S, h\_Groups, last\_seq\_list$ ) 신호를 N으로 보내고 N은 다시 T로 전달한다. T는 deregister( $h$ ) 신호를 M에게 보내고 register( $h$ ) 신호를 N에게

보낸다. N은 이동 호스트 리스트에 h를 추가한다.

그러나 중대 이동과 비중대 이동인 경우는 S와 T가 서로 다른(즉,  $S \neq T$ ) 경우로서, S에서 아직 처리되지 않은 패킷을 T에게 보내야 하는데 이때의 핸드오프 과정은 그림 4와 같다. MH h가 MSS N으로 이동하여 N이 주기적으로 보내는 beacon 신호를 받

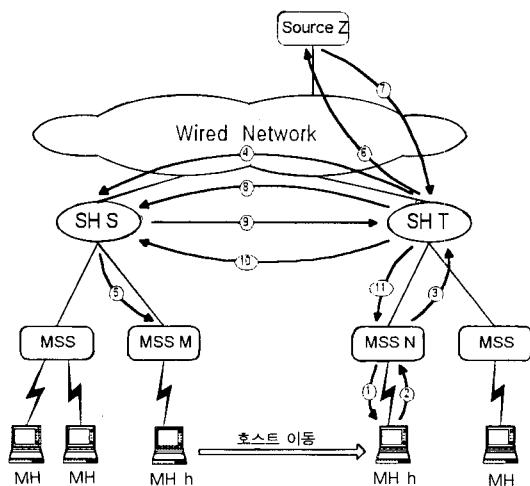


그림 4. 핸드오프 처리과정

게되면 ①) h는 greeting(h, M, S, h\_Groups, last\_seq\_list) 신호를 N으로 보내고 ②), N은 다시 T로 전달한다 ③). T는 move(h, M, T, h\_Groups, last\_seq\_list) 신호를 S에게 보내어 h가 T로 이동하였음을 알린다 ④). S는 M에게 h가 T로 이동하였음을 알리고 M은 h와 관련된 자료를 삭제한다 ⑤). T가 아직 멀티캐스트 그룹의 구성원이 아닌(즉,  $T \notin G_R$ ) 경우는 중대한 이동으로서 유선 네트워크의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 따라 T는 멀티캐스트 송신자에게 join\_request(T, gi, last\_seq\_list) 신호를 보내어 ⑥) 멀티캐스트 그룹에 가입을 알리고 join\_confirm(T, gi) 신호를 받는다 ⑦). T는 h가 가입하고 있는 모든 멀티캐스트 그룹( $h_R$ )에 대하여 이러한 과정을 수행하여 h의 모든 멀티캐스트 그룹에 가입을 한다. T는 ack\_list에 h를 추가하고, S에게 아직 h로 전달하지 못한 패킷을 전달해 줄 것을 요청한다 ⑧). S는 h로 아직 전달시키지 못한 패킷들을 T로 넘겨주어 ⑨) T가 h로 전달하도록 한다. T는 S에게는 remove(h) 신호를 보내고 ⑩), MSS N에게 register(h) 신호를 보낸다 ⑪).

MH h가 SH S의 관할에 있는 MSS M의 셀에서

```

Handoff_New()
begin
    receive greeting(h, M, S, h_Groups, last_seq_list) from MSS N
    if T=S
        then /* 비중대 이동 */
            {
                send deregister(h) to MSS M
                send register(h) to MSS N
            }
        else /* 중대 이동 */
            {
                send move(h, M, T, h_Groups, last_seq_list) to S
                for all gi ∈ h_Groups
                    if ( $T \in G_R$ )
                        then /* T는 이미 그룹 구성원임 */
                            send rescind(last_seq_list) to Z
                        else /* T는 새로 그룹에 가입함 */
                            send join_request(T, gi, last_seq_list) to Z
                            wait join_confirm(T, gi) from Z
                    end_if
                end_for
                create new Q for h
                add h to ack_list
                for (all  $P_{ij}$  not in T_Buffer) /* 아직 h로 전달되지 않은 패킷을 요청함 */
                    request message  $P_{ij}$  to S
                    receive  $P_{ij}$  from S
                    save it in T_Buffer
                end_for
                send remove(h) to S
            }
        end_if
    end

```

그림 5. 신 SH에서 수행하는 핸드오프 알고리즘

SH T의 관할에 있는 MSS N의 셀로 이동하는 경우, T에서 수행되는 핸드오프 알고리즘은 그림 5와 같다.

MH h가 SH S의 관할에 있는 MSS M의 셀에서 SH T의 관할에 있는 MSS N의 셀로 이동하는 경우, S에서 수행되는 핸드오프 알고리즘은 그림 6과 같다.

```

old_handoff()
begin
    receive move(h,M,T,h_Groups,last_seq_list) from T
    send deregister(h) to M
    for (all Pij requested by T)
        /* 아직 h로 전달하지 못한 패킷을 S로 전달 */
        send Pij to S
    end_for
    if (remove(h) from T)
        remove all data structures for h
    end_if
end

```

그림 6. 구 SH에서 수행하는 핸드오프 알고리즘

#### 4. 성능평가

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 이동 호스트가 연결을 설정한 상태에서 하나의 멀티캐스트 패킷을 멀티캐스트 그룹 수신자에게 전달하는데 드는 비용과 이동 호스트가 이동함에 따라 발생하는 핸드오프 비용을 계산하여 HVMP와 비교하였다.

멀티캐스트 패킷 전달 비용을 구하기 위하여 필요한 인수는 다음과 같다.

- $S_{ctrl}$  : 제어 패킷의 크기 (32Bytes로 가정).
- $S_{data}$  : 멀티캐스트 데이터 패킷의 크기.
- $H_{avg}$  : 송신자에서 MSS까지 평균 흡(Hop) 수.
- $R_{avg}$  : 유니캐스팅에 대한 멀티캐스팅의 평균 비용 비율 (0.25로 가정)
- $N_{SH}$  :  $R_i$ 에 속한 MH를 관할하는 MSS 중에서 SH의 관할에 있는 평균 MSS의 수
- $N_{MSS}$  : MSS의 관할에 있는 MH 중에서  $R_i$ 에 속한 평균 MH의 수

본 논문에서 제안한 기법에서 멀티캐스트 패킷을 전달하는데 드는 비용은 다음과 같다. 먼저, 송신자가 SH로 멀티캐스트 패킷을 전달하는데 드는 비용

은 식 (1-1)과 같으며, SH에서 MSS로 멀티캐스트 패킷을 전달하는데 드는 비용은 식 (1-2)와 같다. 또한 송신자에게 ack 패킷을 전달하는데 드는 비용은 식 (1-3)과 같으며, discard() 패킷을 보내는데 드는 비용은 식 (1-4) 같다. 따라서 전체 비용은 식 (1-5)와 같다.

$$\cdot C_{SRC\_SH} = (S_{ctrl} + S_{data}) * N_{SH} * (H_{avg} - 1) * R_{avg} \quad (1-1)$$

$$\cdot C_{SH\_MSS} = (S_{ctrl} + S_{data}) * N_{MSS} \quad (1-2)$$

$$\cdot C_{ack1} = (S_{ctrl} * N_{MSS}) + (S_{ctrl} * N_{SH} * (H_{avg} - 1)) \quad (1-3)$$

$$\cdot C_{discard} = S_{ctrl} * N_{SH} * (H_{avg} - 1) * R_{avg} \quad (1-4)$$

$$\cdot C_{total1} = C_{SRC\_SH} + C_{SH\_MSS} + C_{ack1} + C_{discard} \quad (1-5)$$

HVMP에서 멀티캐스트 패킷을 전달하는데 드는 비용을 구하기 위하여 그룹 관리를 위한 중개자에서 MSS까지의 평균 흡 수를  $H_{avg}$ 로 가정하고 비용을 구하기로 한다. 먼저, 송신자가 BS로 멀티캐스트 패킷을 전달하는데 드는 비용은 식 (2-1)과 같으며, 송신자에게 ack 패킷을 전달하는데 드는 비용은 식 (2-2)과 같으며, 전송이 완료된 패킷에 대한 삭제 신호를 보내는데 드는 비용은 식 (2-3) 같다. 따라서 전체 비용은 식 (2-4)와 같다.

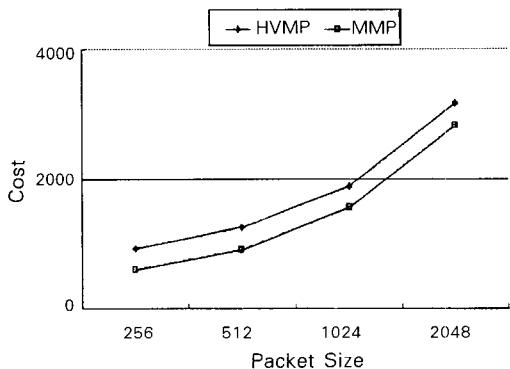
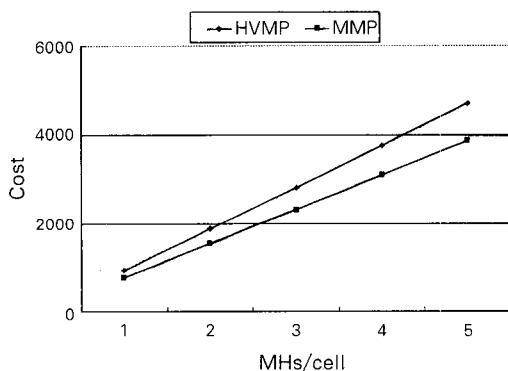
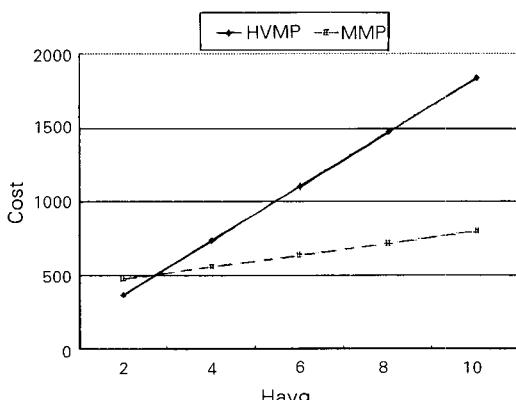
$$\cdot C_{SC\_MSS} = (S_{ctrl} + S_{data}) * N_{MSS} * H_{avg} * R_{avg} \quad (2-1)$$

$$\cdot C_{ack2} = S_{ctrl} * N_{MSS} * H_{avg} \quad (2-2)$$

$$\cdot C_{delete} = S_{ctrl} * N_{MSS} * H_{avg} * R_{avg} \quad (2-3)$$

$$\cdot C_{total2} = C_{SC\_MSS} + C_{ack2} + C_{delete} \quad (2-4)$$

그림 7(a)는  $H_{avg}$ 가 5, 수신자의 수가 10인 경우에 패킷의 크기에 따른 패킷 전달비용을 나타낸 것이다. 그림 7(b)는  $H_{avg}$ 가 5, 패킷 크기를 512B인 경우에 그룹 구성원의 수에 따른 패킷 전달비용을 나타낸 것이다. 그림 7(c)는 패킷 크기가 128B, 수신자의 수가 10인 경우에  $H_{avg}$ 의 변화에 따른 패킷 전달비용을 나타낸 것이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 패킷 크기가 128B이고  $H_{avg}$ 가 2인 경우를 제외하고는 본 논문에서 제안 기법이 HVMP보다 전체적인 성능이 우수함을 알 수 있다. HVMP에서는 송신자가 MSS 까지 멀티캐스트 패킷을 각각 전송하는데 비하여 본 논문에서 제안한 기법은 송신자가 SH까지 멀티캐스트 패킷을 전달하기 때문에 흡 수가 감소되어 그 결과 멀티캐스트 패킷의 전달 비용이 적어지게 된다. 하지만  $H_{avg}$ 가 2인 경우에 패킷의 크기가 적으면 HVMP가 성능이 우수하게 나타났다. 이것은 패킷의

(a)  $H_{avg} : 5$ , 수신자수 : 10인 경우(b)  $H_{avg} : 5$ , 패킷크기 : 512B인 경우

(c) 패킷크기 : 128B, 수신자수 : 10인 경우

크기가 적고 평균 흡수가 아주 적은 경우는 흡수의 감소에 따른 이득보다는 3-계층 구조로 인한 오버헤드가 더 크기 때문이다.

- 핸드오프 비용은 MSS M의 관할에 있던 이동 호스트가 MSS N의 관할로 이동함에 따라 발생하는 비용으로 정의한다. 핸드오프 비용을 계산하기 위하여 하며  $H_{handoff}$  와  $N_{pending}$ 을 다음과 같이 정의한다.
- $H_{handoff}$  : 핸드오프가 이루어지는 두 MSS간의 평균 Hop 수
  - $N_{pending}$  : 핸드오프 시에 아직 전달되지 않은 패킷의 수

본 논문에서 제안한 기법에서 호스트의 이동으로 인하여 핸드오프에 드는 비용은 다음과 같다. MH의 이동이 단순 이동인 경우는 신 MSS가 SH에게 신고하고 등록하는 비용과 구 MSS에게 MH의 등록 삭제를 요구하는 비용의 합으로 식 (3-1)과 같으며, MH의 이동이 비중대 이동인 경우의 핸드오프 비용은  $C_{simple}$  비용과 MH의 등록을 위하여 신 SH와 구 SH 사이에 교환되는 제어신호 비용의 합으로 식 (3-2)과 같이 표시된다. 신 SH가 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 드는 비용을 식 (3-3)과 같으며, 구 SH가 아직 MH로 전달하지 못한 패킷을 신 SH간에게 전달하는 비용은 식 (3-4)와 같다. 따라서 중대 이동인 경우의 핸드오프 전체 비용은 식 (3-5)과 같다.

- $C_{simple} = S_{ctrl} * H_{handoff} * 2$  식 (3-1)
- $C_{non\_significant} = C_{simple} + (S_{ctrl} * H_{handoff} * 2)$  식 (3-2)
- $C_{join} = (S_{ctrl} * H_{handoff}) + (S_{ctrl} * H_{avg} * 2)$  식 (3-3)
- $C_{over1} = (S_{ctrl} * H_{handoff} * 2) + ((S_{ctrl} + S_{data}) * H_{handoff} * N_{pending})$  식 (3-4)
- $C_{significant} = C_{non\_significant} + C_{join} + C_{over}$  식 (3-5)

HVMP에서 핸드오프에 드는 비용은 다음과 같다. HVMP에서는 MH의 이동이 비중대 이동과 중대 이동으로 구분되며, 비중대 이동인 경우는 MH를 신 MSS에 등록하고 구 MSS로부터 삭제하는 비용의 합으로 식 (4-1)과 같다. MH의 이동이 중대 이동인 경우는 신 MSS의 멀티캐스트 그룹 정보를 중개자 컴퓨터로부터 구하여야 하며 이 비용은 (4-2)와 같으며, 신 MSS가 멀티캐스트 그룹 가입에 드는 비용을 식 (4-3)과 같으며, 구 SH가 아직 MH로 전달하지 못한 패킷을 신 SH간에게 전달하는 비용은 식 (4-4)와 같다. 따라서 HVMP에서 중대 이동인 경우의 핸드오프 전체 비용은 식 (4-5)과 같다.

$$\bullet C_{non\_sig} = S_{ctrl} * H_{handoff} * 2 \quad \text{식 (4-1)}$$

- $C_{co\_ord} = S_{ctrl} * H_{handoff} * 2 * S_{ctrl} * H_{avg}$  식 (4-2)
- $C_{view\_change} = (H_{avg} * (S_{ctrl} + 2 * N_{MSS})) + (S_{ctrl} * H_{avg} * N_{MSS} * R_{avg})$  식 (4-3)
- $C_{over2} = (S_{ctrl} * H_{avg} * N_{MSS}) + ((S_{ctrl} + S_{data}) * H_{handoff} * N_{pending})$  식 (4-4)
- $C_{sig} = C_{non\_sig} + C_{co\_ord} + C_{view\_change} + C_{over2}$  식 (4-5)

그림 8은 패킷의 길이를 512Byte로 가정하고, MH가 이동함에 이전 MSS에서 MH로 아직 전달하지 못한 패킷의 개수를 5, 핸드오프에 관련된 평균 Hop 수를 1.5로 가정하였을 때, 호스트가 임의의 방향으로 이동함에 따른 핸드오프 비용을 나타낸 것이다. 그림 8에서 셀당 멀티캐스트 그룹에 포함된 이동호스트의 수가 3이하인 경우는 본 논문에서 제안한 기법이 매우 우수한 성능을 보였다. 이는 호스트가 이웃한 MSS의 셀로 이동하더라도 동일한 SH의 관할을 받을 가능성이 많아 단순이동 또는 비중대 이동일 경우가 많다는 사실에 근거를 하고 있다.

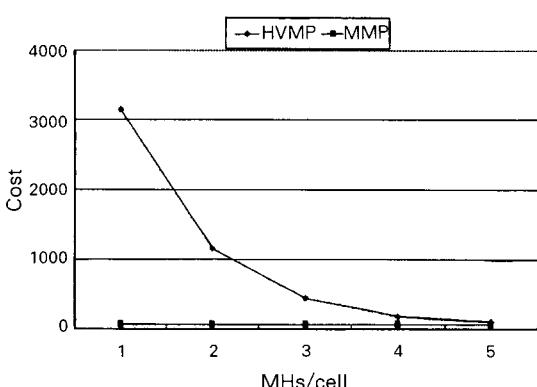


그림 8. 호스트의 이동에 따른 핸드오프 비용

그림 7과 그림 8에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제시한 3-계층 이동 멀티캐스트 프로토콜은 기존의 HVMP보다 패킷의 전달 비용을 줄일 수 있으며, 멀티캐스트 그룹에 속한 호스트가 이동함으로 발생하는 핸드오프 수를 크게 줄일 수 있어 전체적인 처리율이 향상됨을 알 수 있다.

## 5. 결 론

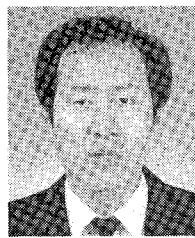
멀티캐스팅 통신은 하나의 송신자가 멀티캐스트

그룹에 속한 여러 수신자에게 패킷을 효율적으로 동시에 전달하는 일대다 통신 서비스로 그 필요성이 보편화되면서 이동 컴퓨팅 환경에서도 이러한 서비스를 제공하여야 한다. 이동 컴퓨팅 환경은 휴대용 컴퓨터가 이동중이라도 무선 전송 링크를 통하여 네트워크 접속을 계속 유지할 수 있도록 하는 새로운 네트워크 환경으로서 컴퓨터의 이동으로 인하여 네트워크 연결을 재설정하여야 한다. 본 논문에서는 호스트가 이동하는 이동 컴퓨팅 환경에서 효율적으로 멀티캐스트 패킷을 전송할 수 있는 새로운 이동 멀티캐스팅 프로토콜을 제안하고 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제시한 3-계층 환경의 이동 멀티캐스팅 프로토콜은 기존의 HVMP보다 패킷의 전달 비용을 줄일 수 있으며, 멀티캐스트 그룹에 속한 호스트가 이동함으로 발생하는 핸드오프 수를 크게 줄일 수 있어 전체적인 처리율을 향상시킬 수 있었다. 앞으로 수신자뿐만 아니라 송신자 모두가 이동하는 경우에 대하여 3-계층 환경의 이동 멀티캐스팅 프로토콜을 확장하고 성능 평가를 진행할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] G. Forman and J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing.", IEEE Computer, Vol. 27, No. 4, pp. 38-47, April, 1994.
- [2] D. B Johnson and D. A. Maltz, "Protocols for adaptive wireless Mobile Networking", IEEE Personal Communication, pp. 34-42, Feb. 1996.
- [3] Ramon Caceres. and Liviu Iftode, "Improving the Performance Reliable Transport Protocols in Mobile Computing Environment", IEEE JSAC Vol. 13, No. 5, pp. 850-857, June, 1995.
- [4] D.B Johnson A.Myles, and C. Perkins, "Route Optimization mobile IP", IETF Mobile Working draft. 1995.
- [5] Gihwan Cho and Lindsay Marshall, "An Efficient Location Routing Scheme for Mobile Computing Environment", IEEE JSAC, Vol 13. No. 5, pp. 865-879, June, 1995.
- [6] S. E. Deering and D. R. Cheriton, "Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LANs", ACM Transactions on Com-

- puter Systems, Vol. 8, No.2, pp.85-110, May 1990.
- [7] A. Acharya, and B. Badrinath, "A framework for delivering multicast messages in networks with mobile hosts" ACM/ Baltzer Journal of Mobile Networks and Applications Volume 1, No. II, pp. 199-219, 1996.
- [8] A. Acharya, and B. Badrinath, "Delivering multicast messages in networks with mobile hosts" 13th Intl' Conf. on Distributed Computing Systems, Pittsburgh, PA, pp. 292-299, May 1993.
- [9] A. Acharya, A. Bakre, and B. Badrinath, "IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking" IEEE INFOCOM '96, San Francisco, CA, pp. 67-74, March 1996.
- [10] R. Bagrodia and W. Liao, "Maisie: a language for the design of efficient discrete-event simulations", IEEE Trans. On Software Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 225-38, 1994.
- [11] R. Bagrodia, M.Gerla, L. Kleinrock, J. Short, and T.C. Tsai, "A hierarchical Simulation Environment for Mobile Wireless Networks", Winter Simulation Conference, 1995.



### 김재수

1985년에 경북대학교 전자공학과를 졸업하고 1987년에 중앙대학교 대학원 전자계산학과에서 이학석사를 취득하였으며, 1998년에 경남대학교 대학원에서 박사과정 수료하였다. 1987년부터 1996년까지 한국전기연구소에서 선임연구원으로 근무하였으며 1996년부터 현재까지 상주대학교 교양과정부 조교수로 재직중이다. 주요 관심분야로는 이동 컴퓨팅 분야와 멀티미디어 시스템, 정보통신 시스템 분야이다.



### 박규석

중앙대학교 대학원 전자계산학과에서 이학석사와 이학박사를 취득하였으며, 1982년부터 현재까지 경남대학교 컴퓨터공학과 교수로 재직중이다. 1990년부터 1991년 사이에는 미국의 UCLA 대학의 객원교수를 역임하였으며, 1992년부터 1997년까지 경남대학교 전산정보원장을 역임하였다. 또한 1995년과 1996년사이에는 한국정보과학회의 이사와 영남지부장을 역임하였고, 현재 행정자치부의 전자정부분과 정책자문위원을 맡고 있다. 주요 관심분야로는 운영체제와 분산처리 시스템, 멀티미디어 시스템, 정보통신 시스템 분야이다.