

이동 호스트를 위한 선택적 Flooding 기법에 근거한 멀티캐스트 프로토콜

正會員 車 永 煥*

Selective Flooding-Based Multicast Protocol for Mobile Hosts

Yeong Hwan Tscha* *Regular Member*

※이논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제(신진교수) 연구비에 의하여 연구되었음.

요 약

브로드캐스팅(broadcasting)을 이용한 이동 호스트(MH:mobile host)들로의 멀티캐스팅에서는 통신 망내의 노드수에 비해 상대적으로 적은 수의 수신자 MH들에 대해 불필요한 메시지들을 과중하게 수반한다. 본 논문에서는 수신자 MH가 가장 최근에 머물던 특정 (무선) 셀로부터 일정 거리내의 셀들로 선택적인 flooding을 실시하여, 수반되는 불필요한 메시지들을 줄일 수 있는 개선된 멀티캐스트 프로토콜을 제안한다. 프로토콜의 상세 절차를 제시하고, 각종 특성들을 규명한다.

ABSTRACT

Multicasting to mobile hosts(MHs) based on broadcasting results in overloaded unnecessary messages in case of the number of recipient MHs is relatively small compared with that of nodes in a network. In this paper we propose an improved multicast protocol in which messages are selectively flooded only to the (radio) cells within some distance from the cells where destination MHs reside most recently, so that the number of unnecessary messages carried in broadcasting is reduced. Detailed procedures for the protocol are provided and protocol properties are proven.

I. 서 론

물리적 위치 이동이 가능한 이동 호스트(MH:mobile

host)를 수용하는 컴퓨터 망에서는 장소에 구속받지 않는 지속적인 통신 서비스가 제공될 수 있다¹⁾. 컴퓨터 망의 광역화, 고속화 및 멀티미디어 정보의 지원화 추세에 부응하여 통신 호스트에 이동성(mobility)을 부가하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다^{1-4, 6-16)}.

본 논문은 MH를 수용하는 컴퓨터 망에 있어 MH

*상지대학교 전산학과 조교수
論文番號:96408-1227
接受日字:1996年 12月 27日

들간의 효과적인 멀티캐스팅(multicasting)을 수행하는 프로토콜에 관한 것이다. 멀티캐스팅을 이용하면 동일 정보를 다수의 수신자들에게 효율적으로 전송할 수 있기 때문에 E-mail, 뉴스, 생활 정보, 교통 정보 등과 같은 공공성 정보의 전송에 유용하다. 한편, MH는 물리적 위치 이동이 가능하기 때문에 위치가 고정되어 있는 고정 호스트(fixed host)들 간의 멀티캐스팅을 위해 연구된 기존의 프로토콜(예를 들어, 참고 문헌¹¹⁾과 같은 프로토콜)을 그대로 이용할 수 없다.

MH를 위한 멀티캐스트 프로토콜은 통신 망내의 모든 노드들에게 메시지를 전달하는 브로드캐스팅(broadcasting) 기법을 이용하거나^{11, 2, 9}, 수신자 MH들로 멀티캐스팅을 실시한 후 다른 셀(radio cell)로 이동한 MH에 대해 일대일 루팅 및 핸드오버(handover) 프로토콜^{18, 13, 15)}을 추가로 적용하는 기법¹¹⁾을 이용하고 있다. 전자의 경우에는 보다 빠른 시간내에 수신자 MH들로의 메시지 전달이 가능하며, MH의 위치 정보가 중앙 관리되는 무선 LAN과 같은 소규모 통신 망에 대해 효과적이다. 그러나, 광역 망에서는 위치 등록 정보가 분산 관리되며, 통신 망내의 노드가 많기 때문에 적은 수의 수신자 MH들에 대해서도 브로드캐스팅을 시행 시 불필요한 메시지들이 과중하게 수반된다. 반대로, 후자의 프로토콜은 광역 망에서의 통신 비용은 줄일 수 있으나, MH의 이동에 따른 핸드오버 통신 비용이 추가적으로 요구된다. 아울러, 메시지 전달 경로의 looping 문제가 발생할 수 있으며, 프로토콜이 복잡해지는 단점이 있다.

본 논문에서는 전자의 기법에 있어 컴퓨터 망내의 모든 노드들로의 브로드캐스팅 대신 수신자 MH가 가장 최근에 머물렀던 특정 셀로부터 일정 거리내에 위치하는 셀들로 선택적 flooding을 실시하도록 하는 개선된 멀티캐스트 프로토콜을 제안한다. Dolev et al¹⁴⁾에 의하면 셀 X에 대한 i -distance 셀은 X로부터 최소한의 i 개의 서로 다른 셀들을 경유하는 경로상의 셀로 정의된다. 따라서, 멀티캐스트의 수신자에 해당하는 MH가 셀 X내에 최근에 존재하였다면, X로부터 i -distance 셀내에 포함되는 셀들로만 선택적인 flooding을 실시하면, 브로드캐스팅을 이용한 기법보다 수

반되는 메시지들을 줄일 수 있으며, 멀티캐스팅 완료 시간의 단축과 함께 수신자 MH가 이동하더라도 핸드오버 프로토콜을 추가적으로 적용할 필요가 없다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 본 논문의 진개를 위해 고려된 컴퓨터 망의 모델을 소개한다. 제 III장에서는 멀티캐스트 프로토콜에서 이용할 MH의 위치 정보의 갱신에 관련되는 위치 등록 프로토콜을 제시한다. 제 IV장에서는 선택적 flooding의 범위를 나타내는 CellSet_i(i)을 정의한다. 이어서, 선택적 flooding에 의한 MH들간의 멀티캐스팅을 지원하는 프로토콜의 상세 절차를 제시하고, 주요 특성들을 규명한다. 제 V장에서는 제안 프로토콜의 통신 비용을 평가하고, 제 VI장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. MH를 지원하는 컴퓨터 망^(1, 8, 9)

MH를 지원하는 컴퓨터 망을 나타내면 그림 1과 같다. LR(location register)⁷⁾(또는 location server, LS^{9, 14)}라 함)들과 MSS(mobile support station 또는 base station, BS^{7, 16)}라 칭함)들은 망의 근간(back-bone)인 고정 유선 망(fixed wired network)을 구성한다. 호스트들은 무선 링크를 이용하여 MSS와 통신할 수 있는 MH들과 유선을 이용하여 연결된 고정 호스트(FH: fixed host)들로 구분된다.

MH들이 머무는 물리적 공간은 무선 셀(radio cell)이라는 특정 공간들로 나뉘어지며, 각각의 셀내에는 고유의 MSS가 존재한다. MH들은 해당 셀을 관할하는 MSS와 무선을 이용하여 다른 MH 또는 FH로의 메시지를 전송한다. 모든 셀은 고유의 id를 갖으며, 해당 셀내의 MSS의 id(즉, 주소)를 셀 id로 간주할 수 있다. MH의 위치 정보란 해당 MH가 머물고 있는 셀의 id를 말한다. 일반적으로 모든 MSS는 VisitorList를 이용하여 현재 자신의 셀내에 거주하는 MH들의 id를 기록 관리한다. MH는 자신이 기억하고 있는 셀 id와 MSS로부터 주기적으로 브로드캐스트되는 셀 id와의 비교를 통해 다른 셀로 이동하였는지의 여부를 판단한다.

LR은 특정 셀들내에 설치·등록되는 MH들의 id를

1) 특별한 구분이 필요하지 않는 한, 본 논문에서 언급되는 “컴퓨터 망” 또는 “통신 망”은 “MH를 수용하는 컴퓨터 망”임을 가정한다.

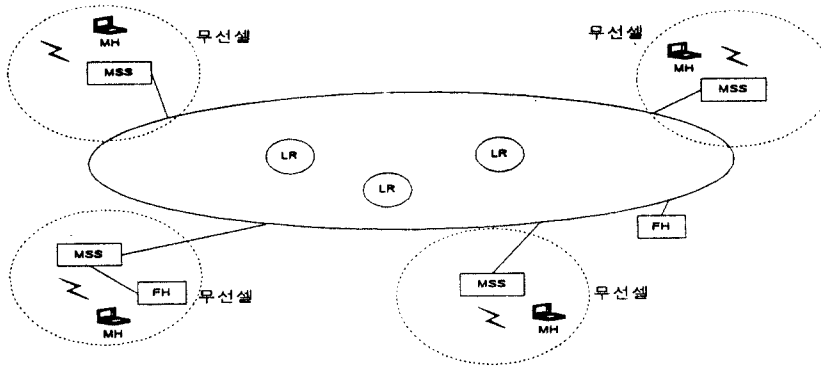


그림 1. 이동 호스트를 지원하는 컴퓨터망
 Fig. 1 Schematic representation of a computer network supporting mobile hosts

기록 관리하는 ResidentList를 운영하며, 해당 MH들의 위치 정보를 관리한다. 일반적으로 ResidentList에 존재하는 MH가 다른 셀로 이동하면 해당 MH의 위치 정보는 위치 등록 프로토콜에 의해 갱신된다. 모든 MH는 설치, 과금 등의 이유로 인해 반드시 임의의 한 LR의 ResidentList에 등록되는데, 대체로 MH 이용자의 거주지 또는 직장 등에 가까운 LR 중의 어느 하나가 된다. 특히, 이러한 LR를 관련 MH의 HLR (Home LR)이라 칭한다. LR와 MSS는 기능적 측면에서 구분되며 동일한 gateway나 router 등에 실현될 수 있다.

MH의 id가 HLR의 id와 해당 HLR의 ResidentList에 등록된 MH들의 일련 순번을 병합한 계층적 주소로 구성되면 MH의 id로부터 해당 HLR의 id를 쉽게 알아낼 수 있다.

Ⅲ. 위치 등록 프로토콜

3.1 개요

본 논문에서는 MH가 다른 셀로 이동시 새로이 이동한 셀을 관할하는 MSS를 경유하여 자신의 HLR에게 위치 이동 사실을 알리는 go-and-tell 방식^{8,9)}에 기반을 둔 위치 등록 프로토콜을 고려했다. 본 논문에서 사용하는 주요 기호는 표 1과 같으며, 제안된 위치 등록 프로토콜의 사용 메시지와 동작 절차는 표 2 및

그림 2와 같다.

표 1. 사용 기호
 Table 1. Typical symbols

기 호	의 미
h	이동 호스트(MH)
$Cell_{old}$	MH h 가 위치 이동 전에 머물던 셀
$Cell_{new}$	MH h 가 새로이 진입한 셀
MSS_{old}	$Cell_{old}$ 를 관할하는 MSS
MSS_{new}	$Cell_{new}$ 를 관할하는 MSS
HLR_h	MH h 의 HLR

3.2 프로토콜 절차²⁾

제시된 위치 등록 프로토콜의 특징은 MH h 가 다른 셀로 위치 이동을 할 때마다 반드시 HLR_h 로 이동 사실을 알린다는 것이다. 만일 MH h 가 $Cell_{old}$ 에서 $Cell_{new}$ 로 이동하였다면 HLR_h 내의 h 의 위치 정보는 새로이 이주한 셀 $Cell_{new}$ (또는 MSS_{new})로 갱신되며, HLR_h 는 앞서 머물던 셀 $Cell_{old}$ 를 관할하는 MSS_{old} 로 h 의 이동 사항을 통보한다. 기술되는 절차의 주요 부분에는 줄번호를 명기하여, 추후 해당 부분을 인용시 이용한다.

2) 논의의 편의성을 위해, 제안된 위치 등록 프로토콜은 신뢰성있는 하위 계층 프로토콜을 이용한다고 가정한다.

표 2. 위치 등록 프로토콜에서 사용되는 메시지
Table 2. Messages used in the location registration protocol

메시지명	송신자	수신자	메시지 내용 (송수신자외)	용도
CellId	MSS _{new}	h	-	셀 id 발송
LocRegReq	h	MSS _{new}	-	위치 등록 요청
LocReg	MSS _{new}	HLR _h	h	h의 위치 정보 갱신 요청
MovedOut	HLR _h	MSS _{old}	h	h가 다른 셀로 이동하였음을 통보
Registered	HLR _h	MSS _{new}	h	h의 위치 정보가 갱신됨
Granted	MSS _{new}	h	-	요청 수락 및 위치 정보가 갱신됨
Inhibited	MSS _{new}	h	-	위치 등록 거절

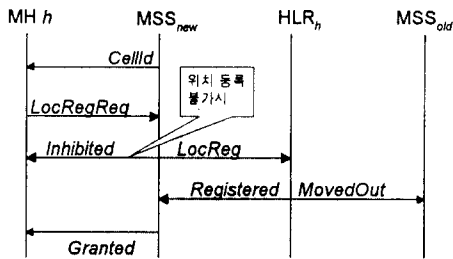


그림 2. 위치 등록 절차
Fig. 2 Location registration procedure

3.2.1 MH : h

1) 변수

- CurrentCell: h가 현재 머물고 있는 셀의 id
- RcvdMsg: 수신된 메시지

2) 절차

h는 MSS에 의해 주기적으로 브로드캐스트되는 셀의 id를 수신하여, 자신이 기억하고 있는 셀의 id와 일치하지 않는 경우 위치 등록을 시작한다.

case of RcvdMsg

- 1 : CellId { if (CurrentCell ≠ MSS_{new}) /* 위치 등록 시작 */
then { send LocRegReq to MSS_{new}; }
- 2 : Inhibited { ; } /* 다음 기회에 재시도 */
- 3 : Granted { CurrentCell ← MSS_{new}; } /* 새로운 셀로 이주 */

3.2.2 MSS : MSS_{old}, MSS_{new}

1) 변수

- VisitorList: 위치 등록을 통해 자신의 셀내에 머물고 있는 MH들의 집합
- RcvdMsg: 수신된 메시지

2) 절차

주기적으로 셀 id를 브로드캐스트하며, 위치 등록을 요청한 MH h와 HLR_h 사이의 메시지 중계(relay) 역할을 수행한다. 또한 자신의 셀을 떠난 MH는 VisitorList에서 삭제하고, 자신의 셀로 위치 등록을 성공한 MH는 VisitorList에 추가한다.

/* 주기적으로 CellId를 발송하는 한편, 다음을 수행 */
case of RcvdMsg
/* MSS_{old}로의 역할 */

- 4 : MovedOut /* 다른 셀로 이동한 MH는 삭제 */
{ VisitorList ← VisitorList - h; }
/* MSS_{new}로의 역할 */
: LocRegReq {
if (resources are available and h is authorized one)
5 then { /* 위치 정보 갱신 요청 */
send LocReg to HLR_h; }
6 else { send Inhibited to h; } /* 위치 등록 불가 */
7 : Registered { /* 위치 등록 성공 */
8 VisitorList ← VisitorList ∪ h; send Granted to h; }

3.2.3 HLR : HLR_h

1) 변수

- ResidentList: 자신을 HLR로 등록한 MH h의 집합
- CellId_h: h ∈ ResidentList인 h가 현재 머물고 있는 셀의 id 즉, 위치 정보
- RcvdMsg: 수신된 메시지

2) 절차

다른 셀로 이동한 MH h의 위치 정보를 갱신하고, 앞서 머물던 셀의 MSS_{old}로 이 사실을 통보한다.

case of RcvdMsg

: LocReg { if (h ∈ ResidentList) then {
/* 위치 정보 갱신 */
send MovedOut to CellId_h; CellId_h ← MSS_{new};
send Registered to CellId_h; }

3.3 프로토콜 성립

일반적으로 위치 등록이 성공된 MH만이 해당 셀의 MSS로부터 무선 채널과 같은 자원을 할당받게 되어 교신할 수 있다. 인접한 셀들간의 경계에서는 기존의 셀내의 MSS와의 교신은 또는 새로운 셀의 MSS로의 위치 등록 요청이 수행될 수 있다. 따라서, 새로운 셀의 MSS로부터의 수신 신호가 기존의 셀내의 MSS로부터의 수신 신호보다 더 강하여 위치 등록을 요청한다면, 비록 기존 셀로부터 할당받은 자원이 반환되지 않은 상태라도 기존 셀의 MSS와 통신이 불가능할 수 있다. 본 논문에서는, MH와 관련하여 다음과 같은 가정(편의상, MH의 통신가능 조건이라 한다)을 한다.

가정 : 모든 MH h 는 통신가능한 MSS가 언제나 존재하고, 위치 등록 후에는 최소한 하나의 메시지를 MSS로 전송하거나 또는 MSS로부터 수신하는데 소요되는 시간만큼 머문다.

T_f 를 고정망내의 임의의 두 노드(MSS 또는 LR)간의 최대 메시지 전달 시간, $T_r(T_r < T_f)$ 을 MSS와 MH간의 최대 메시지 전달 시간, 그리고 ϵ_p 를 고정 망내의 노드가 하나의 메시지를 수신하여 이를 처리하고 후속 대응 메시지를 전송하기까지 소요되는 시간이라 표기하자(단, MH가 하나의 메시지를 수신하고 대응 메시지를 전송하기까지의 지연 시간은 ϵ_p 에 비해 무시할 정도로 작다고 가정한다). 그러면, 다음 사실이 성립한다.

따름정리 1 : 모든 MH h 는 셀내에서 최소한 $2T_f + 3(T_r + \epsilon_p)$ 동안 머문다.

증명 : MH h 와 통신가능한 MSS가 존재한다는 것은 해당 MSS가 관리하는 셀에 MH h 가 이미 위치 등록되어 있으며, 통신에 필요한 주파수 자원 등을 할당받은 상태임을 의미한다. 따라서, 그림 2를 참조하면 MH h 가 메시지 $CellId$ 를 수신하여 $Cell_{old}$ 에서 $Cell_{new}$ 로 위치 등록을 시작하여, 메시지 $Granted$ 를 수신하고 위치 등록이 끝날 때까지 소요되는 시간은 $2(T_f + T_r) + 3\epsilon_p$ 이다. 그런데, MH의 통신가능 조건에 의

해 위치 등록이 끝난 후, MH h 는 최소한 하나의 메시지를 MSS_{new} 로 전송하거나 또는 MSS_{new} 로부터 수신하는데 소요되는 시간 T_r 동안 머문다. 따라서, 본 정리는 성립한다.

MH 프로토콜을 다룬 타 연구^{11, 10, 11, 13)}에서는 MH가 충분한(그러나, 그 값이 명시적으로 제시되지 않은) 시간 동안 모든 셀에서 머문다거나 또는 일련의 위치 이동을 하더라도 어느 시각에서는 충분한 시간 동안 셀에 머문다고 가정하고 있다. 즉, 해당 프로토콜이 정상적으로 동작하기 위해 MH가 셀내에서 머물러야할 최소 시간에 대해 구체적으로 언급하고 있지 않다. 본 논문에서는 따름정리 1에 주어진 시간 하에서, MH간의 멀티캐스팅을 성공적으로 종료할 수 있는 프로토콜을 제시한다. 물론, 제안 프로토콜은 다른 연구에서와 같은 묵시적인 가정하에서도 동작하나, 다른 연구에서 다루어진 프로토콜들은 따름정리 1에 주어진 시간에 대해 반드시 성공적으로 동작하지는 않는다.

IV. 멀티캐스트 프로토콜

본 장에서는 선택적 flooding을 이용한 멀티캐스트 프로토콜에 대해 다룬다. 먼저, 선택적 flooding에 있어 flooding 범위를 규정하는 $CellSet_i()$ 를 소개하고, 제안 프로토콜의 기본 동작, 수반되는 메시지의 종류 및 역할 등을 다룬다. 그리고, 제안 프로토콜의 절차와 특성을 차례로 기술한다.

4.1 i -distance 셀의 집합, $CellSet_i()$

Dolev et al^{[14] 3)}의 정의에 의해 셀 X의 i -distance 셀은 X로부터 (X를 제외한) 최소한의 i 개의 서로 다른 셀을 가로 지르는 경로상의 셀을 말한다(그림 3 참조). 이를 이용한 셀 X에 대한 i -distance 셀의 집합(set of i -distance cell, $CellSet_i(X)$ 로 표기)을 다음과 같이 정의한다.

$$CellSet_i(X) = \bigcup_{j=0}^i CellSet_j(X) \quad \text{단, } CellSet_0(X) = \{X\}.$$

3) Dolev et al^[14]은 MH의 위치 이동에 따른 등록 시간과 MH의 위치 정보 검색 시간 등을 단축하고자 i -distance 셀 개념을 사용한 tree 형태의 이동 통신망의 분산 데이터베이스 구조와 성능에 대해 연구하였다.

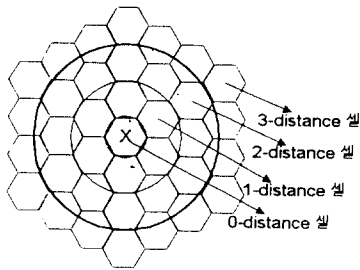


그림 3. i -distance 셀
Fig. 3 i -distance cell

통신 망내의 모든 셀이 δ 개의 이웃한 셀과 인접하여 있다면, $|\text{CellSet}_i(X)| = \sum_{j=1}^i j \cdot \delta + 1 = \frac{1}{2} (i(i+1)\delta + 2)$ 로 주어진다(여기서, $|\text{CellSet}_i(X)|$ 는 집합 $\text{CellSet}_i(X)$ 내의 원소의 갯수이다). 그림 3에서 $\delta = 6$ 이므로, $|\text{CellSet}_0(X)| = 1$, $|\text{CellSet}_1(X)| = 7$, $|\text{CellSet}_2(X)| = 19$ 이다.

따름정리 2. MH h 의 HLR $_h$ 내의 h 의 위치 정보를 나타내는 $\text{CellId}_h = X$ 이면, h 는 $\text{CellSet}_i(X)$ 내의 어느 한 셀내에 존재한다.

증명 : MH h 는 새로운 셀에 진입시 3.2의 위치 등록 프로토콜에 의해 반드시 HLR $_h$ 에게 이동 사실을 알

리게 된다(3.2의 줄번호 1, 5, 8, 7 및 3을 순서대로 수행하여). 따라서, h 가 셀 X 를 떠나 다른 셀로의 위치 이동하였다면 $\text{CellId}_h \neq X$ 이다. 그런데, $\text{CellId}_h = X$ 이므로 h 는 X 내에 있거나 또는 X 로부터 1-distance 셀 중의 어느 하나에 진입하여 위치 등록 중에 있음이 분명하다. 왜냐하면, MH의 통신가능 조건에 의해 X 의 1-distance 셀 중 어느 한 셀에서의 성공적인 위치 등록없이 X 로부터 2-distance 셀내에서의 위치 등록을 수행할 수 없기 때문이다.

4.2 멀티캐스트 프로토콜

4.2.1 개요

제안 프로토콜의 기본 idea는 멀티캐스팅시 메시지의 수신자 MH h 가 셀 X 내에 존재하고 있다면(즉, HLR $_h$ 내의 h 의 위치 정보가 X 이면) 수신자 MH에 대한 멀티캐스트 메시지를 특정 i 에 대한 $\text{CellSet}_i(X)$ 내의 MSS들에 국한하여 flooding하는 것이다. 제안된 멀티캐스트 프로토콜에서 사용하는 메시지 종류와 일반적인 동작 절차는 표 3 및 그림 4와 같다.

기본적으로 MH들로의 멀티캐스팅은 관련 HLR들에 의해 주도되고, MSS들은 발생 메시지에 대한 중계 역할을 수행한다. 이는 MH의 위치 이동에 따라 관련 MSS가 바뀌더라도, 자신의 HLR은 고정되어 있기

표 3. 멀티캐스트 프로토콜에서 사용되는 메시지 및 내용

Table 3. Messages and their contents used in the multicast protocol

메시지 명	송신	수신	메시지 내용 (송수신자외)	용도
<i>McastReq</i>	s	MSS $_s$	Inf, g, sndseq1	멀티캐스트 요청
<i>DoMcast</i>	MSS $_s$	HLR $_s$	s, Inf, g, sndseq1	멀티캐스트 요청
<i>McastStrtd</i>	HLR $_s$	CellSet $_i(Y)$ 내의 모든 MSS들	s, revd_sndseq1	멀티캐스트가 진행됨을 통보 단, HLR $_s$ 의 CellId $_s = Y$
<i>McastAcptd</i>	MSS $_s$	s	revd_sndseq1	멀티캐스트 요청이 수락되어 진행됨을 통보
<i>McastInit</i>	HLR $_s$	HLR $_d$	Inf, s, g, sendseq2	멀티캐스트 요청
<i>Mcast$_f$</i>	HLR $_d$	CellSet $_i(X)$ 내의 모든 MSS $_d$	Inf, g, sndseq3	CellSet $_i(X)$ 내의 모든 MSS들로 멀티캐스트 단, HLR $_d$ 의 CellId $_d = X$
<i>Mcast$_r$</i>	MSS $_d$	MH d	Inf, g, sndseq3	셀내의 모든 이동 호스트로 부선을 통해 브로드캐스트
<i>Ack1</i>	d	MSS $_d$	g, revd_sndseq3	$d \in g$ 인 MH d 로 부터의 <i>Mcast$_r$</i> 수신에 대한 응답
<i>Ack2</i>	MSS $_d$	HLR $_d$	g, revd_sndseq3	<i>Mcast$_f$</i> 수신에 대한 응답
<i>Ack3</i>	HLR $_d$	HLR $_s$	g, revd_sndseq2	<i>InitMcast</i> 수신에 대한 응답

메시지 필드 명	의미
s	멀티캐스트를 요청한 근원지(source) MH
d	멀티캐스트 메시지의 도착지(destination) MH
Inf	멀티캐스트시 전송될 사용자 정보
g	도착지 MH들을 지칭하는 멀티캐스트 그룹 id
sndseq1, sndseq2, sndseq3	전송 메시지의 순번(초기값은 0이며, 단조증가를 가정)
rcvd_sndseq1, rcvd_sndseq2, rcvd_sndseq3	수신 메시지의 순번(초기값은 0이며, 단조증가를 가정)

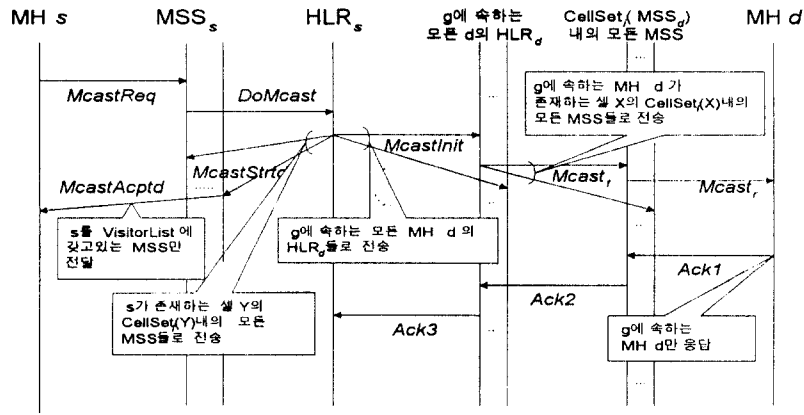


그림 4. 멀티캐스팅 절차
Fig. 4 Multicasting Procedure

때문에 HLR을 경유하는 메시지 전달 과정을 통해 MH의 현재의 위치 및 전달 메시지의 순서 유지 또는 중복 메시지 제거 등의 문제를 용이하게 해결할 수 있기 때문이다. 송수신 MH와 관련된 HLR들의 역할에 초점을 두어 그림 4를 보기로 한다. 그림에서 강조되는 것은 HLR들이 MH가 존재하는 MSS로 메시지를 전송할 때는 반드시, 해당 MH가 머물고 있는 셀을 X라 하면 CellSet_i(X)내의 MSS들로 선택적 flooding을 수행한다는 점이다. 이는 HLR에서 전송한 메시지가 X내의 MSS로 도착할 때 해당 MH가 다른 셀로 이동하더라도, MH가 이주한 CellSet_i(X)내의 다른 셀의 MSS에 의해 전달하도록 하기 위함이다(4.3절의 정리 1 참조).

MH s의 메시지 McastReq는 MSS_s를 경유하여 HLR_s에 의해 해당 메시지의 수신자 그룹 id g에 속하는 MH d의 HLR_d들로 McastInit가 전송된다. 여기서, HLR_s 및 HLR_d는 관련 MH s와 d에 대한 일종의 멀티캐스트 서버로 동작한다. McastReq가 HLR_d로 전달되는

가장 주된 이유는 MH d의 위치 정보가 HLR_d에 의해 항상 유지 관리되기 때문에, 현재 고려되는 d의 거주 셀과 이로부터의 i-distance 셀의 파악이 HLR_d에 손쉽게 이루어질 수 있기 때문이다. HLR_s는 s에게 요청된 McastReq가 수락되었음을 통보하기 위해, HLR_s는 McastStrfd를 전송할 때, MH s가 현재 머물고 있는 셀 Y에 대한 CellSet_i(Y)내의 모든 MSS들로 McastStrfd를 flooding한다. 왜냐하면, McastReq를 전송 후 MH s는 위치 이동을 하여, McastAcptd를 수신하는 시점에서 다른 셀내에 존재할 수 있기 때문이다. 이러한 두가지 과정 즉, HLR_s로부터의 McastStrfd와 McastInit의 선택적 flooding은 시간적으로 중첩 수행되므로 전체적인 메시지 전달 시간의 단축을 기대할 수 있다. 한편, McastInit을 수신한 각각의 HLR_d는 MH가 머물고 있는 셀 X를 기준으로 CellSet_i(X)내의 모든 MSS_d들로 메시지 Mcast_f를 flooding 한다. 이어서, 각각의 MSS_d도 자신의 VisitorList내에 해당 MH d가 존재하는 경우에 한해 Mcast_f를 전송한다. 이때,

g 에 속하는 MH d 만이 멀티캐스트 메시지 수신에 대한 응답으로 $Ack1$ 를 주며, 이는 관련 MSS에 의해 $Ack2$ 로 변환되어 HLR $_d$ 에 도착된다. 각각의 HLR $_d$ 는 자신의 ResidentList에 속하며 해당 멀티캐스트의 그룹 id g 에 해당하는 모든 MH d 로부터 $Ack2$ 를 수신한 후에야 $Ack3$ 을 HLR $_s$ 로 전달하여 관련 MH들이 모두 메시지를 수신하였음을 알려준다. 이와 같은 $Ack3$ 이 모든 HLR $_d$ 로부터 HLR $_s$ 에 도달시 멀티캐스팅은 종료된다.

제안 프로토콜에서는 메시지의 순서적 전달을 위해 MH와 관련 HLR 사이에 메시지 순번(message sequence number)을 이용한 순서화 여부를 조사하며, MHs와 HLR $_s$ 에서는 모두 타이머(timer)와 재전송 버퍼를 사용하여 메시지 손실에 따른 복구를 수행한다. 멀티캐스팅 응용이 비규칙적으로 발생하는 데이터그램(datagram) 형태의 짧은 정보를 다수의 이용자에게 전송하는 것임을 고려하여, 제안 프로토콜은 송신 윈도우(send window)가 1인 GBN(Go Back-N) 방식^[15]의 흐름 제어(flow control)를 채택한다.

4.2.2 프로토콜 절차

본 절에서는 제안 프로토콜의 상세 절차를 기술한다. 프로토콜이 사용하는 변수는 앞장의 위치 등록 프로토콜에서 정의한 것 이외의 추가 변수만을 고려하며, 프로토콜의 절차는 메시지의 수신 또는 사용 타이머(timer)의 종료시의 대응 동작 형태로 기술한다.

4.2.2.1 MH, s, d

1) 추가 사용 변수

MH s로서,

- UsrMsg: 멀티캐스트할 사용자 정보
- G_Id: UsrMsg의 수신자 MH들의 그룹 id
- SndSeq1: HLR $_s$ 로의 메시지 송신 번호
- T: McastReq 메시지 전송시 동작되는 타이머, $2(T_r + T_f) + 3\epsilon_p$ 보다 큰 값
- ReTxBuf: T의 동작과 함께 전송 메시지의 복사본을 저장하는 재전송 버퍼

MH d로서,

- Rcvd_SndSeq $_g$: 그룹 id가 g 인 멀티캐스트 메시지의 수신 번호

2) 절차

McastReq 전송시 이를 ReTxBuf에 복사하고, 타이머 T를 구동하여 타이머가 종료되면 재전송이 이루어지도록 한다. 여기서, SndSeq1은 전송 메시지마다 유일하게 부여되는 정수값이며, McastAcptd를 수신하기 전에는 새로운 값으로 증가되지 않는다.

```

/* MH s로의 역할 */
9 if (UsrMsg, G_Id) exists then {
    /* 사용자로부터의 멀티캐스트 요청 */
    Inf ← UsrMsg; g ← G_Id; sndseq1 ← SndSeq1;
    send McastReq to CurrentCell and copy into ReTxBuf;
    start timer T; } /* 메시지 손실에 대비한 재전송 준비 */
10 if T is expired then { /* 재전송 */
    send McastReq in ReTxBuf to CurrentCell; }
case of RcvdMsg
11 : McastAcptd: { clear timer T and ReTxBuf;
    clear (UsrMsg, G_Id);
    SndSeq1 ← SndSeq1 + 1; } /* 다음 전송 준비 */
/* MH d로의 역할 */
12 : Mcast, { if ((d ∈ g) and (Rcvd_SndSeq $_g$  = sndseq3))
    then { /* 순서적인 수신 */
        get Inf, rcvd_sndseq3 ← sndseq3, send Ack1 to CurrentCell;
        Rcvd_SndSeq $_g$  ← Rcvd_SndSeq $_g$  + 1; }
13 else { /* 앞서의 Ack1인 손실된 것이므로 재전송 */
        rcvd_sndseq3 ← sndseq3, send Ack1 to CurrentCell; }

```

4.2.2.2 MSS: MSS $_s$, CellSet $_i$ (MSS $_d$) 내의 MSS

1) 추가 사용 변수

없음

2) 절차

MH와 HLR 사이의 관련 메시지들의 중계 역할을 한다. MSS는 셀내에 수신자 MH가 다수일때를 고려하여, Mcast $_r$ 를 전달시 무선을 통한 브로드캐스트를 실시한다.

```

case of RcvdMsg
/* MSSs로 역할 */
14 : McastReq { if (s ∈ VisitorList) then
    { send DoMcast to HLR $_s$ ; }

```



```

/* CellSets(MSSd) 내의 MSS로 */
15 :Mcastf { if (there exists any MH d such that
    d ∈ VisitorList and d ∈ g) then {
    /* MH d가 존재시 멀티캐스트 메시지 전송 */
    broadcast Mcastr to all MH's;}}
16 :Ack1 { send Ack2 to HLRd;}

```

4.2.2.3 HLR : HLR_s, HLR_d

1) 추가 사용 변수

HLR_s로서,

- Rcvd_SndSeq1_s: s ∈ ResidentList인 MH s로부터 수신된 McastReq의 sndseq1
- Ack3List_g: d ∈ g인 모든 MH d의 HLR_d들의 집합
- SndSeq2_g: Ack3List_g내의 HLR_d들 전송되는 Mcast-Init에 부여되는 순번
- T(SndSeq2_g): McastInit 전송 시 셋팅되는 타이머, 2(T_r + 2T_f + 2ε_p)보다 큰 값
- ReTxBuf(SndSeq2_g): McastInit을 재전송하기 위해 보관하는 버퍼

HLR_d로서,

- Rcvd_SndSeq2_j: j = HLR_s인 j로부터 수신한 Mcast-Init내의 sndseq2
- Ack2List_g: d ∈ g이며 d ∈ ResidentList인 MH들의 집합
- DestMSS_g: Ack2List_g내의 각각의 MH d에 대한 $\bigcup_{j=0}^i \text{CellSet}_j(\text{CellId}_d)$ 를 만족하는 MSS들의 집합, |DestMSS_g| ≤ |Ack2List_g|
- SndSeq3_g: DestMSS_g내의 MSS들로 전송되는 Mcast_f의 메시지 순번

2) 절차

HLR_s은 MH s로부터의 요청에 따라 멀티캐스팅을 실질적으로 수행하는 서버로 동작한다. MH s와 HLR_s 사이에는 McastReq내의 SndSeq1_s와 McastAcptd내의 Rcvd_SndSeq1_s를 사용하여 상호 손실 또는 중복없이 메시지가 순서적으로 교환되는지를 조사한다. 아울러, 멀티캐스트시의 수신자 MH들의 그룹 id(즉, g) 별로 멀티캐스트 시행에 따른 별도의 메시지 순번인 SndSeq2_g를 사용하여, s ∈ ResidentList인 모든 MH s로부터 수신된 McastReq내의 g에 대해서는 순서화

(serialization) 통하여 순서적인 메시지 전달이 가능하도록 한다. 일단 McastInit을 수행 후에는 Ack3List_g에 해당되는 HLR_d들로부터 Ack3를 모두 수신해야 멀티캐스팅이 종료된다. 그렇지 않다면, T(SndSeq2_g)가 expire할 때마다 ReTxBuf(SndSeq2_g)를 이용한 재전송을 수행한다.

HLR_d로의 역할은 HLR_s부터 McastInit 수신시, Ack2List_g를 생성하고, d ∈ g이며 d ∈ ResidentList인 각각의 MH d의 CellSet_(d)내의 MSS들의 집합으로 Mcast_f를 전송하고, 이에 대한 응답으로서 Ack2를 수신하면 Ack2List_g로부터 해당 MH d를 삭제한다. 따라서, 모든 MH d에 대해 Ack2가 수신되면 Ack2List_g는 ∅가 되고, 비로서 Ack3를 HLR_s로 전달한다.

case of RcvdMsg

/* HLR_s로의 역할 */

```

:DoMcast { if (s ∈ ResidentList) then {

```

```

    /* 자신을 HLR로 등록한 MH인지 조사 */

```

- ```

17 if (Rcvd_SndSeq1s = sndseq1) then { /* 메시지 순번 만족 */
 rcvd_sndseq1 ← Rcvd_SndSeq1s;
 multicast McastStrtd to CellSets(CellIds); /* 수락 통보 */
 Rcvd_SndSeq1s ← Rcvd_SndSeq1s + 1; /* 다음 사용 순번 */
 /* 수신자 MH의 HLR들로 전송 및 재전송 준비 */
 make Ack3Listg; sndseq2 ← SndSeq2g;
 copy McastInit into ReTxBuf(SndSeq2g) and
 multicast McastInit to all member in Ack3Listg;
 start T(SndSeq2g);}
18 else { /* s로 McastAcptd가 도착전에 손실된 경우로, 재전송 */
 rcvd_sndseq1 ← sndseq1;
 multicast McastStrtd to CellSets(CellIds);}
 :Ack3 { /* 멀티캐스팅 종료 여부 결정 */
19 Ack3Listg ← Ack3Lists - HLRd;
20 if (Ack3Listg = ∅) then { /* 종료 */
 clear T(SndSeq2g) and ReTxBuf(SndSeq2g);
 SndSeq2g ← SndSeq2g + 1;}}
 /* HLRd로의 역할 */
21 :McastInit {for j = HLRs, if (Rcvd_SndSeq2j = sndseq2) then {
 /* CellSet(j)내의 모든 MSS들로 flooding */
 make Ack2Lists, DestMSSg and multicast Mcastf to
 all MSS in DestMSSg with sndseq3 ← SndSeq3g;}
22 :Ack2 { if (SndSeq3g = rcvd_sndseq3) then {

```

```

Ack2Listg ← Ack2Listg - d; /* 수신 MH는 리스트서 삭제 */
23 if (Ack2Listg = ∅) then { /* 모두 수신한 경우 */
 send Ack3 to HLRs; SndSeq3g ← SndSeq3g + 1; }
/* HLRs로서의 추가적인 역할 */
24 if T(SndSeq2g) is expired then {
 /* 송신 또는 수신 과정의 메시지 손실시 재전송 */
 multicast McastInit in ReTxBuf(SndSeq2g) to
 all member in Ack3Listg; start T(SndSeq2g); }

```

### 4.3 프로토콜 특성

4.2의 멀티캐스트 프로토콜과 3.2의 위치 등록 프로토콜은 비록 일부 변수를 공유하나 따름정리 1에 언급된 최소한의 시간인  $2T_f + 3(T_r + \epsilon_p)$  동안만 셀내에 존재하고, 계속해서 위치 등록만을 반복한다면 멀티캐스팅이 성공적으로 끝날 수 없다. 왜냐하면, 위치 등록에  $2(T_f + T_r) + 3\epsilon_p$  시간을 소비하고, 남은 시간은  $T_r$  뿐이기 때문에 이시간에 메시지, 예를 들어,  $Mcast_r$ 를 수신하더라도 수신 확인 메시지  $Ack1$ 을 전달하지 못하고 또 다른 위치 등록 과정이 시작될 수 있기 때문이다. 그러나, 이러한 문제에 대한 해결책은 존재한다. 즉, 제안된 멀티캐스트 프로토콜은 수신자 MH  $d$ 가 머무는 셀  $X$ 의  $CellSet_i(X)$ 로  $Mcast_r$ 를 flooding하므로, MH  $d$ 가 위치 이동을 하여 셀  $X$ 내에서 해당 메시지를 수신하지 못하더라도  $CellSet_i(X)$ 내의 모든 MSS들은 수신된  $Mcast_r$ 를 일시적으로 보관하였다가, 이후 MH가 위치 등록 절차를 통해 이주해오면 등록의 종료를 알리는 메시지  $Granted$ 내에 해당 메시지를 encapsulation하여 전송하면 해당 MH는 위치 등록과 함께 멀티캐스트 메시지를 수신할 수 있다. 따라서, 위치 등록 후 남은 나머지 시간  $T_r$  동안에  $Ack1$ 을 전송할 수 있다. 이와 같은 기능은 위치 등록 과정과 밀접한 내용이므로 3.2절에 기술한 위치 등록 프로토콜에 다음과 같이 추가한다<sup>4)</sup>.

#### 1) MH: $h$

〈추가 변수〉

- Rcvd\_SndSeq<sub>g</sub>: 그룹 id가  $g$ 인 수신된 멀티캐스트 메시지의 번호(4.2.1.1 참조)

〈메시지 형식〉

-  $Granted$  메시지에  $Mcast_r$ 과  $McastAcptd$  등이 encapsulate되도록 확장된다.

〈추가 절차〉

- 3.2.1의 줄번호 3 끝에 다음 절차를 추가한다. 이는 위치 등록의 종료를 알리는 메시지  $Granted$ 를 수신시  $Mcast_r$  또는  $McastAcptd$ 가 encapsulate되어 있는지를 조사하고, 이어 해당 메시지가 자신이 수신하여야 할 대상인지를 결정한다.

/\* 수신자 MH  $h$ 로서의 역할 \*/

for any encapsulated message in  $Granted$

3.1 :  $Mcast_r$  { /\* Mcast인 경우 \*/

if ( $h \in g$ ) then { if (Rcvd\_SndSeq<sub>g</sub> = sndseq3) then {

/\* 멀티캐스트 메시지 수신 \*/

get Inf, rcvd\_sndseq3 ← sndseq3, send Ack1 to CurrentCell;

Rcvd\_SndSeq<sub>g</sub> ← Rcvd\_SndSeq<sub>g</sub> + 1; }

3.2 else { /\* Ack1이 손실된 경우로 재전송 \*/

rcvd\_sndseq3 ← sndseq3, send Ack1 to CurrentCell; }

/\* 송신자 MH  $h$ 로서의 역할 \*/

3.3 :  $McastAcptd$  { /\* 앞서 요청한  $McastReq$ 가 수락된 경우 \*/

if ( $h=s$ ) then { /\* 자신이 보낸  $McastReq$ 에 대한 응답 메시지 \*/

clear T and ReTxBuf; /\* 재전송 불필요, 다음 전송 준비 \*/

clear (UsrMsg, G\_Id); SndSeq1 ← SndSeq1 + 1; }

2) MSS :  $MSS_{new}$

〈추가 변수〉

-  $MBuf_g$ : 수신된  $Mcast_r$ 의  $g$ 에 속하는 MH가 VisitorList에 없는 경우 추후, 위치 등록시 encapsulation을 위해  $Mcast_r$ 를 저장하는 버퍼

-  $SBuf_h$ : 수신된  $McastStrd$ 의 MH  $s$ 가 VisitorList에 없는 경우 추후, 위치 등록시 encapsulation을 위해  $McastAcptd$ 를 저장하는 버퍼

-  $T1_g$ :  $MBuf_g$ 내의 메시지 보관 시간을 나타내는 타임이며,  $2(T_f + \epsilon_p)$ 보다 큰 값임

-  $T2_h$ :  $SBuf_h$ 내의 메시지 보관 시간을 나타내는 타임이며,  $2(T_f + \epsilon_p)$ 보다 큰 값임

4) 본 절차를 3.2의 위치 등록 프로토콜에 직접 추가하여 논문 구성을 바꾸는 것보다, 현재의 구성 형태로 본 절에 추가하는 것이 위치 등록 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜의 전체적인 내용을 이해한 상황에서 고려되므로, 논문의 전개 및 이해가 보다 용이하다고 판단된다.

(추가 절차)

- VisitorList에 속하는 MH로의 메시지를 수신시 대응 메시지를 생성하여 전송하고, 그렇지 않은 MH들에 대한 메시지를 수신시 대응되는 메시지로 변환하여 임시 버퍼에 저장한다. 3.3.2의 절차 중 줄번호 8 뒤에 추가한다.

/\* CellSet<sub>i</sub>(MSS<sub>h</sub>)내의 MSS로의 역할 \*/

```

8.1 :Mcastf {
 if (there exists any MH h such that h ∈ VisitorList and h ∈ g)
 then { broadcast Mcastr to all MH's; } /* 셀내의 MH들로 */
8.2 else { /* 위치 등록이 예상되는 MH를 위해 저장 */
 convert it into Mcastr and save in MBufg; /* 메시지 저장 */
 start timer T1g; }
8.3 :McastStrtd { /* 등록이 예상되는 MH를 위해 저장 */
 convert it into McastAcptd and save in SBufs; /* 메시지 저장 */
 start timer T2h; }
8.4 if timer T1g(or T2h) expires then { clear MBufg(or SBufs); }
 /* 메시지 소거 */

```

- 위치 등록의 성공적 종료를 나타내는 Registered가 HLR<sub>h</sub>로부터 수신되면, 대응되는 Granted를 준비하고, 그안에 해당 MH의 위치 등록 중 수신된 메시지를 encapsulation하는 절차를 3.2.2의 줄번호 7과 8 사이에 추가한다.

```

7.1 if any MBufg or SBufh exists for h then encapsulate it within
 Granted;

```

그러면, 위와 같이 위치 등록 프로토콜에 기능이 추가된 상태에서의 MH간의 멀티캐스팅을 고려한다. 그림 5와 같이 멀티캐스트 메시지의 수신자에 해당하는 MH *d*가 MSS<sub>old</sub>가 관할하는 셀 Cell<sub>old</sub>에서 MSS<sub>new</sub>가 관할하는 셀 Cell<sub>new</sub>로 위치 이동을 하는 경우이다. 시각  $t_0$ 에 McastInit이 HLR<sub>d</sub>에 도착하고, 시각  $t_1$ 에 *d*가 Cell<sub>new</sub>에 진입하여 위치 등록을 시작한다고 가정하자. 물론, 시각  $t_1$  이전까지는 MSS<sub>old</sub>가 *d*와 통신가능한 MSS이다. Cell<sub>old</sub>와 Cell<sub>new</sub>는 서로 1-distance 셀인 관계에 있으며, 시각  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ )에 Cell<sub>new</sub>로 이동한 *d*에 대한 위치 정보가 갱신되었음을 알리는 Registered가 HLR<sub>d</sub>에서 MSS<sub>new</sub>로 전송되게 된다.

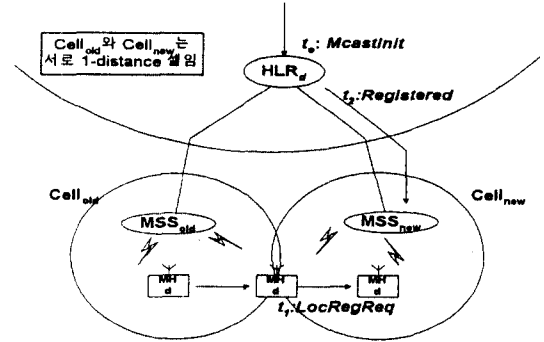


그림 5. 위치 등록 과정 중의 멀티캐스트 메시지 수신  
Fig. 5 Reception of a multicast message in location registration

정리 1 : MH *d*는 반드시 Mcast<sub>r</sub>를 수신하고, Ack1을 전송한다.

증명 : 따름정리 1에 의해 MH는 모든 셀에서 최소한  $2T_f + 3(T_r + 3\epsilon_p)$  동안 머무므로, 위치 등록에 필요한  $2(T_f + T_r) + 3\epsilon_p$  시간 동안에 Mcast<sub>r</sub>를 반드시 수신함을 보이면 나머지  $T_r$  시간 동안 4.3의 추가절차 줄번호 3.1을 수행하여 Ack1을 보낼 수 있어 본 정리가 성립한다. 먼저,  $t_2 > t_0$ 일 때를, 이어서  $t_2 \leq t_0$ 일 때 본 정리가 성립함을 보인다. 1)  $t_2 > t_0$ 일 때 : McastInit이 HLR<sub>d</sub>에 도착한 시각  $t_0$ 에 MH *d*의 위치 정보를 나타내는 변수 CellId<sub>d</sub> = Cell<sub>old</sub>이다. 따라서, 4.2.2.3의 줄번호 21에 의해 Cell<sub>old</sub>를 중심으로하는 CellSet<sub>i</sub>(Cell<sub>old</sub>)내의 모든 MSS들로 Mcast<sub>f</sub>가 flooding된다. 이어서, MSS<sub>old</sub>와 MSS<sub>new</sub>는 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f$ 에 Mcast<sub>f</sub>를 수신하고, 4.2.1.2의 줄번호 15에 의해 Mcast<sub>r</sub>을 전송하게 된다. 따라서, Cell<sub>old</sub> 및 Cell<sub>new</sub>내의 모든 MH들은 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f + \epsilon_p + T_r$ 에 Mcast<sub>r</sub>을 수신할 수 있다. 그런데,  $t_2 = t_1 + T_r + \epsilon_p + T_f + \epsilon_p = t_1 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 이므로 만일  $t_1 > t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 이면 MH *d*는 MSS<sub>old</sub>로부터 Mcast<sub>r</sub>을 수신할 수 있다.  $t_1 \leq t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 이라면 MH *d*는 Mcast<sub>r</sub>을 MSS<sub>old</sub>로부터 받을 수 없다. 따라서,  $t_1 \leq t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 인 경우를 고려하면 된다. 그런데  $t_2 > t_0$ 이므로, MSS<sub>new</sub>에 Mcast<sub>f</sub>가 도착하는 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f$ 와 Registered가 도착하는 시각  $t_2 + T_f$  사이에는  $t_2 + T_f \geq t_0 + \epsilon_p + T_f$ 인 관계가 성립한다. 즉, 시각  $t_1 + T_r$ 에 LocRegReq를 수신한 MSS<sub>new</sub>는 3.2.2의 줄번호 5를 수행하

고, 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f$ 에 4.3절의 추가 절차의 줄번호 8.2를 수행하여  $Mcast_r$ 을  $Mbuf_g$ 에 저장한다. 왜냐하면, 아직 MH  $d$ 는  $Cell_{new}$ 로의 위치 등록이 끝나지 않아  $MSS_{new}$ 의 VisitorList에 포함되어 있지 않기 때문이다. 이후 시각  $t_2 + T_f$ 에 HLR $_d$ 로부터 Registered가 도착함에 따라 추가 절차의 줄번호 7.1을 수행하게 되어, MH는  $MSS_{new}$ 로부터  $Mcast_r$ 을 수신한다. 고로,  $t_1 > t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 이면 MH  $d$ 는  $MSS_{old}$ 로부터  $Mcast_r$ 을 수신하고,  $t_1 \leq t_0 + \epsilon_p + T_f + T_r$ 인 경우에는  $MSS_{new}$ 로부터  $Mcast_r$ 을 수신함이 명백하다. 2)  $t_2 \leq t_0$  일 때: 이때는  $Mcast_{init}$ 이 HLR $_d$ 에 도착한 시각  $t_0$ 에 MH  $d$ 의 위치 정보를 나타내는 변수 CellId $_d$ 는 Cell $_{old}$ 에서 Cell $_{new}$ 로 이미 갱신되어 있는 경우이다. 따라서,  $Mcast_f$ 가  $MSS_{new}$ 에 도착한 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f$ 와 Registered가  $MSS_{new}$ 에 도착한 시각  $t_2 + T_f$  사이에는  $t_2 + T_f < t_0 + \epsilon_p + T_f$ 인 관계가 성립된다. 즉, 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f + \epsilon_p + T_r = t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 에는 Cell $_{new}$ 내의 모든 MH  $d$ 는  $Mcast_r$ 을 수신할 수 있다. 만일, Cell $_{new}$ 내의 MH가 시각  $t_4$ 에 Cell $_{new}$ 를 떠나 다른 셀 Cell $_c$ 에 진입하여 위치 등록을 시작한다면, 이는 따름정리 2에 의해 Cell $_{new}$ 에서의 위치 등록이 종료된 후에야 가능하므로  $t_4 > t_2 + T_f + T_r + \epsilon_p$ 이다. 여기서, Cell $_{new}$ 내의 모든 MH가  $Mcast_r$ 을 수신하는 시각  $t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 와  $t_4$ 사이에  $t_4 > t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 이면  $MSS_{new}$ 로부터 MH  $d$ 는  $Mcast_r$ 을 수신할 수 있다. 고로,  $t_4 \leq t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 인 경우를 고려하면,  $t_4 > t_2 + T_f + \epsilon_p + T_r$ 이므로,  $t_2 + T_f + \epsilon_p + T_r < t_4 \leq t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 인 관계가 성립한다. 따라서, Cell $_c$ 로 이동한 MH  $d$ 는 늦어도 시각  $t_0 + T_f + T_r + 2\epsilon_p$ 에 위치 등록을 시작할 수 있으며  $MSS_c$ 는 MH  $d$ 로부터 늦어도 시각  $t_0 + T_f + 2T_r + 2\epsilon_p$ 에 LocRegReq를 수신한다. 그런데, Cell $_c$ 는 CellSet $_i$ (Cell $_{new}$ )내에 속하는 셀이므로,  $MSS_{new}$ 와 마찬가지로  $MSS_c$ 도 HLR $_d$ 로부터 시각  $t_0 + \epsilon_p + T_f$ 에  $Mcast_f$ 를 수신하므로, 이는 MH  $d$ 로부터 LocRegReq를 수신하는 시각  $t_0 + T_f + 2T_r + 2\epsilon_p$ 보다 이른 시간이다. 따라서, 4.3의 추가 절차 8.2에 의해  $Mcast_f$ 는 저장되고, 이후  $MSS_c$ 가 HLR $_d$ 로부터 Registered를 수신시 추가 절차 7.1에 의해  $MSS_c$ 에서 MH  $d$ 로 Granted를 전송시 encapsulate되어 전송된다. 즉, MH  $d$ 는  $Mcast_r$ 을 수신한다. 따라서, 위의 두가지 모든 경우에 대해서  $Mcast_r$ 을 수신한 후, 남은 시간

$T_r$  동안에 AckI을 해당 셀의 MSS로 전달할 수 있다. 고로, 본 정리는 성립한다.

**따름정리 3:** MH  $s$ 가  $McastReq$ 를 전송 후 다른 셀로 이동하더라도  $McastAcptd$ 를 항상 수신한다.

**증명:** 정리 1에서 MH  $d$ 대신에 MH  $s$ 를,  $Mcast_r$  대신  $McastAcptd$ 의 수신을, 그리고 4.3의 추가절차의 줄번호 8.2 대신 3.2절의 7과 4.3절의 추가절차 7.1을 고려하면 본 정리는 성립한다.

정리 1과 따름정리 3은 3.3절의 통신가능 조건하에서 제안 프로토콜이 성공적인 메시지 전달을 보장함을 나타낸다. 다음의 정리는 선택적 flooding을 수행시 이용하는 CellSet $_i$ ( $X$ )의 최적의  $i$  값을 결정해준다.

**따름정리 4:** 제안 프로토콜에서  $d \in g$ 인 MH  $d$ 에 대한 HLR $_d$ 내의 위치 정보를 나타내는 변수 CellId $_d$ 가  $X$ 라 가정하자. 그러면, HLR $_d$ 에서 선택적 flooding의 범위는  $i=1$ 인 CellSet $_i$ ( $X$ )이면 충분하다.

**증명:** HLR $_d$ 내의  $X$ 이므로 따름정리 2에 의해 MH  $d$ 는 셀  $X$ 에 머물고 있거나 또는  $X$ 로부터 1-distance 셀인 셀에 진입하여 위치 등록을 진행 중이다. 그런데, 정리 1의 증명에서  $X = Cell_{old}$ 로 놓으면, 셀 Cell $_{old}$ 내의  $MSS_{old}$  또는 Cell $_{old}$ 와 바로 인접한 1-distance 셀내의  $MSS_{new}$ 로부터  $Mcast_r$ 을 수신함을 이미 보였다. 마찬가지로,  $X = Cell_{new}$ 인 경우에는  $MSS_{new}$ 로부터 또는 Cell $_{new}$ 와 바로 인접한 1-distance 셀인 Cell $_c$ 내의  $MSS_c$ 로부터  $Mcast_r$ 을 수신함을 보였다. 따라서, 본 정리는 참이다.

다음 정리들은 제안 프로토콜에서의 순서적인 메시지 전달, 중복 및 손실없는 전달 특성 그리고 프로토콜의 성공적인 종료에 관한 것이다.

**정리 2:** 그룹 id  $g$ 에 속하는 임의의 두 MH  $d$ ,  $e$ 로 MH  $s$ 가 멀티캐스트 메시지  $Mcast_r$ 과  $Mcast_r'$ 를  $Mcast_r$ ,  $Mcast_r'$ 의 순서로 전달하였다고 가정하자. 그러면,  $d$ 와  $e$  모두 중복없이  $Mcast_r$ 을 수신후  $Mcast_r'$ 을 수신한다.

**증명:** 제안 프로토콜에서 메시지 전송시 사용되는 메시지 순번 필드와 이와 관련된 변수를 나타낸 그림 6

을 이용하여 증명하기로 한다(그림에서, MSS는 송수신 메시지의 순번에 관여하지 않으므로 나타내지 않았다). 그림내의 보기 및 4.2.2에 기술된 변수와 표 3에 의해 관련 변수와 메시지 필드내의 관계를 쉽게 파악할 수 있다. 다만, 본 정리의 증명을 위해 다음과 같은 점에 유의한다. HLR<sub>s</sub>는 s와의 통신시에 개별적인 즉, s마다 서로 다른 Rcvd\_SndSeq<sub>s</sub>란 변수를 사용하여 메시지 순번을 제어하며, McastInit 전송시에는 그룹 id g별로 별도의 변수 SndSeq2<sub>g</sub>를 이용하기 때문에 MH s로부터 동일한 g에 대해 전송 요청되는 메시지들은 항상 globally 유일한 순번을 부여하는 순서화(serialization)가 이행된다(4.2.2의 줄번호 17 참조). 마찬가지로, HLR<sub>d</sub>도 각기 McastInit을 전송한 HLR<sub>s</sub>에 대한 SndSeq3<sub>s</sub>란 변수를 이용하여 HLR<sub>s</sub>로부터 수신한 McastInit들이 동일 그룹 id g에 관한 것이라면 이러한 메시지들은 순서화를 유지한다(4.2.2의 줄번호 21 참조). 또한, 모든 메시지의 순번은 단조 증가(monotonic increasing)하는 정수를 값으로 취하므로(표 3 참조), HLR<sub>s</sub>에 의해 동일한 SndSeq2<sub>g</sub> 값이 Mcast<sub>s</sub>과 Mcast<sub>s'</sub>내에 할당될 수 없다. 즉, 메시지는 중복될 수 없다. 제안 프로토콜에서 MH s는 송신 윈도우는 1이며, 또한 HLR<sub>s</sub>과 HLR<sub>d</sub> 역시 그룹 id g에 관한 송신 윈도우도 1이므로, Mcast<sub>s</sub>의 전달이 확인되지 않고는 Mcast<sub>s'</sub>를 전송하지 않는다(4.2.2의 줄번호 20 참조). 따라서, 그룹 id g에 속하는 임의의 두 MH d, e로 MH s가 멀티캐스트 메시지 Mcast<sub>s</sub>과 Mcast<sub>s'</sub>를 Mcast<sub>s</sub>,

Mcast<sub>s'</sub>의 순서로 전달하였다면, d와 e 모두 중복없이 Mcast<sub>s</sub>를 수신후 Mcast<sub>s'</sub>를 수신한다.

정리 3: 제안 프로토콜은 손실없이 메시지를 전달한다.  
 증명: MH s는 일단 전송된 McastReq에 대한 McastStrtd를 수신하지 않고는 어떤 새로운 McastReq도 실행하지 않는다. 마찬가지로, HLR<sub>s</sub>도 McastInit을 전송 후, 이에 대한 모든 Ack3를 수신하지 않는 한 어떠한 후속 McastInit도 시행하지 않는다. 그런데 s와 HLR<sub>s</sub>는 전송 메시지에 대한 재전송 타이머 및 재전송 버퍼를 갖고 있으므로(4.2.2.1의 변수 및 4.2.2.3의 변수 참조), 각기 McastStrtd 및 모든 Ack3를 수신하기 전까지는 전송 과정 중 메시지 손실이 발생하더라도 해당 타이머가 expire될 때마다 재전송을 실시하게 된다(4.2.2.1의 줄번호 10과 4.2.2.3의 줄번호 24 참조). 따라서, 통신 망 내에서의 성공적인 메시지 전달 확률이 0이 아닌 이상 메시지 손실이 발생하더라도 재전송의 반복에 의해 결국 해당 메시지는 손실없이 전달된다.

정리 4: 제안 프로토콜은 성공적으로 종료한다.  
 증명: 정리 1에 의해 위치 이동에 관계없이 모든 MH d는 관련 MSS에 Ack1을 전달한다. 이어서, MSS들은 이를 HLR<sub>d</sub>로 Ack2로 변환하여 전송한다. 따라서, 모든 HLR<sub>d</sub>내의 Ack2List는 반드시  $\emptyset$ 이 되며, 4.2.2의 줄번호 23의 수행된다. 이어서 Ack3가 HLR<sub>d</sub>에서

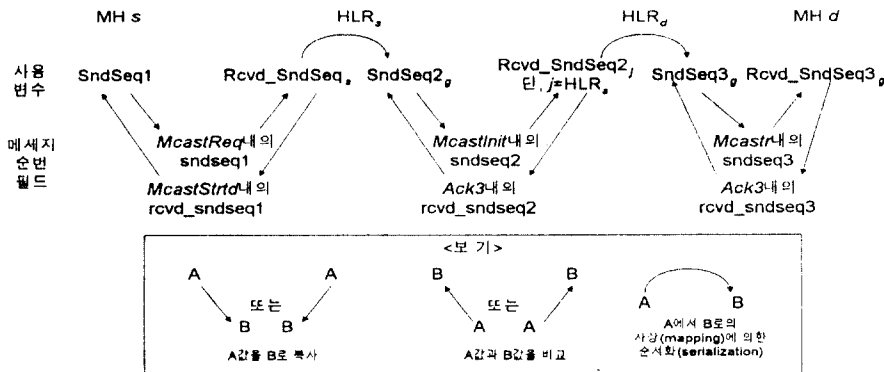


그림 6. 메시지 순번 변수 및 관련 메시지 필드  
 Fig. 6 Message sequence variables and their associated message fields

HLR<sub>s</sub>로 전달되게 되고, 4.2.2의 줄번호 20이 수행된다. 따라서, Ack3List=∅인 조건이 결국 만족된다. 따름정리 3이 성립하므로 멀티캐스팅은 종결된다.

### V. 프로토콜의 통신 비용

제안 프로토콜의 통신 비용을 분석하기 위해 참고 문헌<sup>11, 2, 10, 11</sup>의 평가 방법에 따라 고정망을 구성하는 노드들 즉, MSS들간의 멀티캐스팅시에 수반되는 메시지 갯수를 산출한다(LR은 기능적으로 MSS 역할을 수행한다고 가정). 산출시 고려되는 메시지는 망내의 노드들을 근원지(source) 또는 도착지(destination)하는 경우에 국한되기 때문에, 이들 사이에 중계되는 메시지는 포함되지 않는다. 예를 들어, 그림 2의 성공적인 위치 등록에 있어 산출되는 메시지 수는 6이 아닌 4이다. 아울러, MH의 위치 등록은 위치 정보를 관리하는 LR의 유무에 관계없이 셀내의 MSS와의 사이에 반드시 수행되어야 하므로 멀티캐스팅 비용의 산출에서 제외한다.

$N$ 을 고정망내의 MSS들의 수,  $k$ 를 멀티캐스트 그룹  $g$ 에 속하는 수신자 MH들의 수,  $n_0(n_0 \leq k)$ 를  $g$ 에 해당하는 수신자 MH를 적어도 하나 VisitorList내에 수용하고 있는 MSS들의 수, 그리고  $\delta$ 를 하나의 셀에 인접한 셀들의 수라 하자. 그러면, 순수한 브로드캐스팅을 이용한 멀티캐스팅<sup>11</sup>의 비용( $Cost_{BC}$ )은 멀티캐스트 메시지 전송에  $(N-1)$ 개가, 이에 대한 수신 응답으로  $n_0$ 개, 그리고 멀티캐스트 종료를 알리기 위해  $(N-1)$ 개가 소요되어,  $Cost_{BC} = 2(N-1) + n_0$ 이다.

제안 프로토콜의 통신 비용( $Cost_{SF}$ ) 중 멀티캐스트 메시지가 수신자들로 전달될 때 수신자 MH들이 존재하는 셀들의  $n_0$ 개의 MSS들에 대한 CsellSet<sub>1</sub>( $\cdot$ )들로의 flooding시  $n_0(\delta + 1)$ 개의 메시지가 소요된다. 그리고, 수신자 MH들로부터  $k$ 개의 Ack2가 파생되고, 멀티캐스트 요청자에 대한 응답 메시지인 McastAcptd를 전송시 flooding 비용을 고려해야 한다. 따라서,  $Cost_{SF} = n_0(\delta + 1) + k + (\delta + 1)$ 이며, 이는 따름정리 1을 만족하는 한 MH의 이동에 관계없이 일정한 비용이다. 이동 통신 망에 있어 고려되는 가장 일반적인  $\delta$ 는  $\delta = 6$ 이므로<sup>10</sup>,  $Cost_{SF} = 7n_0 + k + 7$ 인 식이 얻어진다. 여기서, 평균  $n_0(1 \leq n_0 \leq k)$  값을 구하기보다는 수신자 MH들이 서로 다른 HLR들을 갖으며 통신 망내의 각

셀에 균등하게 존재하는  $n_0 = k$ 일 때를 고려한다. 즉, 제안 프로토콜의 통신 비용이 최대가 되는 경우이다. 최대 통신 비용( $Cost_{SF}^{max}$ )이  $Cost_{SF}^{max} < Cost_{BC}$ 인 경우를 고려하면  $n_0 < \frac{1}{7} \cdot (2N-9)$ 를 얻는다.  $n_0 = k$ 이므로  $k < \frac{1}{7} \cdot (2N-9)$ 가 되어, 멀티캐스팅 시의 그룹 크기  $k$ 가  $N$ 의 약 28.6% 이내 이면 제안 프로토콜이 최대 비용을 갖음에도 불구하고 브로드캐스팅을 사용하는 것보다 경제적이다.

이와 비교하기 위해  $N=200$ 이며,  $k=10, 20, 30, \dots, 90$ 으로 비교적  $N$ 에 비해  $k$ 가 적을 경우에 대해 시뮬레이션한 결과를 나타내면 그림 7과 같다(단, 시뮬레이션의 편의성을 위해 수신자 MH들이 서로 다른 HLR을 갖는 경우를 가정하였기 때문에  $Cost_{SF}^{max}$ 가 평균적인  $Cost_{SF}$ 보다 높게 나타난 것으로 추정된다). 그림으로부터  $k$ 가 증가할수록  $Cost_{SF}^{max}$ 는  $Cost_{BC}$ 보다 급격히 증가됨을 알 수 있는데, 이는  $k$ 가 증가되어  $N$ 에 대한 비율이 높아짐에 따라, 비록  $n_0$ 는  $k$ 에 비해 작은 값을 갖더라도 결국  $N$ 에 대한  $k$ 의 비율에 직접 비례하기 때문인 것으로 분석된다. 그림으로부터 두 개의 곡선이 만나는 부분의  $k$ 값이 약 74이므로,  $N$ 의 37%(74/200)까지는  $Cost_{SF}^{max} < Cost_{BC}$ 임을 알 수 있다. 이는  $n_0 = k$ 일 때의 28.6%와 차이가 나는데, 시뮬레이션에서는  $k$ 가 증가할수록  $n_0$ 와  $k$ 사이의 차가 증가되어  $n_0 = k$ 인 관계식이 성립하지 않기 때문이다. 따라서, 제안된 멀티캐스트 프로토콜을 이용하면, 수신자 MH의 수가 통신망내의 노드수  $N$ 에 비해 상대적으로 작은 경우 브로드캐스팅을 이용한 멀티캐스팅을 수행함으로써 발생하는 불필요한 메시지들을 줄일 수 있다.

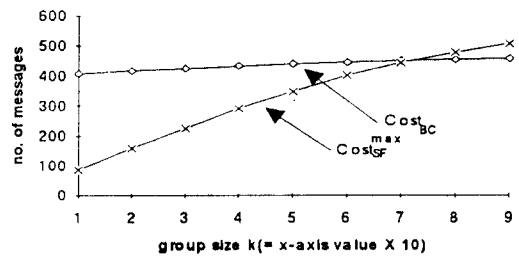


그림 7. 시뮬레이션에 의한 통신 비용 비교  
Fig. 7 Cost comparison via simulation

일반적으로 셀룰라(cellular) 통신 망에서는  $4\text{km}^2$  당, 개인 휴대 통신 망(PCS)의 경우에는  $0.0225\text{km}^2$  당 하나의 MSS(또는 Base Station, BS)를 고려하므로<sup>6)</sup>, 광역 망에서의  $N$ 은  $k$ 에 비해 상대적으로 매우 큰 값이다.  $k$ 와  $n_0$  및  $N$  사이에  $n_0 \leq k \leq N$ 인 관계가 성립하나, 충분히 큰  $N$ 에 대해  $g$ 에 속하는 MH들이 문화적 또는 지역적으로 일부 셀들에 국한될 확률과 수신자 MH들이 동일한 HLR을 갖는 확률을 고려한  $1 \ll k \ll N$ 인 관계식하에서 제안 프로토콜의 평균 통신 비용은 브로드캐스팅을 이용할 때의 비용에 비해 훨씬 더 작을 것으로 기대된다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 브로드캐스팅을 이용한 MH들간의 멀티캐스팅에 있어 과중하게 발생하는 불필요한 메시지 수를 줄이기 위해 선택적 flooding에 기반을 둔 개선된 멀티캐스트 프로토콜을 제시하였다. 이를 위해 먼저, Go-and-Tell 방식에 기반을 둔 위치 등록 프로토콜을 제시하고, 수신자 MH들에 대한  $i$ -distance 셀들의 집합 CellSet <sub>$i$</sub> ()에 flooding을 한정하도록 하는 멀티캐스트 프로토콜을 제시하였다. 제안 프로토콜의 정확성 및 신뢰성에 대한 증명과 함께 CellSet <sub>$i$</sub> ()에 대해서는  $i=1$ 이면 충분함을 보였다. 제안 프로토콜의 통신 비용은 멀티캐스트시 수반되는 메시지들의 수를 고려하여 평가하였다. 제안 프로토콜의 최악의 통신 비용을 고려하더라도 멀티캐스트 그룹의 수가 전체 MSS 수의 28.6% 이내로 수신자 MH들의 수가 통신 망내의 노드수에 비해 상대적으로 적을 경우에 제안 프로토콜은 브로드캐스팅을 이용하는 것보다 많은 수의 불필요한 메시지들을 줄일 수 있음을 확인하였다. 이는 제안 프로토콜이 넓은 지역에 걸쳐있는 대규모 통신망에 있어 국부적으로 군집되어있는 MH들로의 멀티캐스팅에 보다 유용하다는 사실을 의미한다. 이와 같은 직접적인 연구 결과외에 MH와 관련된 통신 프로토콜을 설계시 설계된 프로토콜이 정상적으로 동작하기 위해 셀내에 머물러야할 최소 필요 시간을 고찰할 수 있었다.

추후 연구로는, 제안된 프로토콜의 평균 비용에 대한 확률론적 평가 모델의 확립 및 이를 이용한 평균 통신 비용의 평가를 들 수 있다. 즉, 통신 비용의 산출

에 있어  $n_0$ 의 평균 값을 구하는 것과, 따름정리 1을 배제한 상황에서 MH의 이동 속도, 셀의 크기, 멀티캐스팅 트래픽의 skewdness 등을 고려하여, 성공적인 멀티캐스팅을 위해 요구되는 CellSet <sub>$i$</sub> ()의  $i$ 값 등에 관한 지속적인 연구가 요구된다.

## 참 고 문 헌

1. A. Acharya and B.R. Badrinath, "Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Hosts," *Proc. 14th Int'l Conf. Distributed Computing Systems*, pp. 292-299, May. 1993.
2. B.R. Badrinath, A. Acharya, and T. Imielinski, "Structuring Distributed Algorithms for Mobile Hosts," Tech. Report, Rutgers Univ., DCS-TR-298 (WINLAB TR-55), 1993.
3. D. Cohen, J.B. Postel, and R. Rom, "IP Addressing and Routing in a Local Area Wireless Network," *IEEE INFOCOM'92*, pp. 626-632, Mar. 1992.
4. J. Ioannidis, D. Duchamp, and G.Q. Maguire Jr, "IP-based Protocols for Mobile Internetworking," *ACM Proc. SIGCOMM'91*, pp. 235-245, Sep. 1991.
5. P. Bell and K. Jabbar, "Review of Point-to-Point Network Routing Algorithms," *IEEE Comm. Maga.*, Vol. 24, No. 1, pp. 34-37, 1986.
6. G. Pollini and S. Tabbane, "The Intelligent Network Signalling and Switching Costs of an Alternate Location Strategy using Memory," 43th VTC, pp. 931-934, 1993.
7. Public Land Mobile Network(PLMN), CCITT, Q. 1000-1005, 1988.
8. J. Penners and Y. Rekhter, "Simple Mobile Host IP(SMIP)," Draft, IETF, Aug. 1993.
9. T. Imielinski and B. Badrinath, "Mobile Wireless Computing: Solutions and Challenges in Data Management," *to appear in CACM*.
10. 차영환, 성현경, "이동 호스트를 위한 개선된 이동성 관리 및 멀티캐스트 프로토콜," 한국정보처리학회 논문지, 제2권, 제1호, pp.-81-94, 3월, 1995.
11. 차영환, "이동 컴퓨터망을 위한 개선된 이동 호

