

이동 호스트를 위한 개선된 이동성 관리 및 멀티캐스트 프로토콜

차 영 환* 성 현 경**

요 약

휴대용 컴퓨터기술과 무선 통신기술 및 컴퓨터망이 통합된 육상이동컴퓨터망(LMCN: Land Mobile Computer Network)의 출현은 시간과 장소에 구속받지않는 궁극적인 컴퓨터통신을 제공할 수 있다. 그러나, LMCN에서는 이동호스트(MH: Mobile Host)의 물리적인 위치이동에 따라 통신망의 연결성(connectivity)이 바뀌게되어 통신망의 연결성 정보를 유지하기위한 통신비용이 요구됨은 물론 메시지의 중복, 손실 및 비순서적 수신이 발생할 수 있다. 이러한 문제들을 해결하기위해 MH에대한 위치정보의 갱신과 메시지의 멀티캐스트를 위해 flooding 기법을 이용하는 기존의 연구에서는 과중한 통신비용의 부담이 불가피하다. 본 논문에서는 이와같은 문제점들을 야기시키는 flooding 기법을 이용하지않는 새로운 이동성관리 프로토콜과 메시지가 손실없이, 중복되지않고, 순서적으로 수신될 수 있는 멀티캐스트 프로토콜을 제시하였다. 이를 위해 MH의 위치정보를 관리하는 망기능들과 멀티캐스트 관련 기능들을 제충화하였으며, 제충화된 기능들간의 위치등록, 핸드오버 그리고 멀티캐스트 절차를 각기 설계하였다. 기존의 프로토콜과의 통신비용의 비교 분석을 통해 제안된 프로토콜이 보다 경제적인임을 보였다.

Improved Mobility Management and Multicast Protocols for Mobile Hosts

Yeong-Hwan Tscha* and Hyeon-Kyeong Sung**

ABSTRACT

By intergrating technologies for portable computers, radio communications, and computer networking, the Land Mobile Computer Network(LMCN) is supposed to overcome the time and space limitation of present computer communication networks. However, because the MHs(mobile hosts) do move any time, the network connectivity is often changed causing temporarily duplicated, lost, or out-of-sequenced message delivery as well as frequent communications for maintaining the network connectivity. Previous works solved the problems through message flooding, used also in multicasting, resulting in high communication cost(i.e., number of communication messages). In this paper, new protocols for efficient mobility management and multicasting are proposed. The protocols define location update, handover, and multicasting procedure of a MH over a hierarchical LMCN architecture. The protocol specification is presented, and it is shown that the communication cost of the new protocols is superior to the existing ones in terms of the communication cost.

1. 서 론

휴대용 컴퓨터기술과 무선 통신기술을 기존의 컴퓨터망에 융합하여 이동호스트(MH: mobile host)를 수용할 수 있는 "육상이동컴퓨터망

(LMCN: Land Mobile Computer Network)"에서는 컴퓨터통신이 시간과 장소에 구속받지않고 제공될 수 있는 독특한 장점이 있다. 최근 컴퓨터망이 광역화, 고속화 및 멀티미디어 정보의 지원화되어가는 경향에 비추어볼 때 그 이용의 폭을 확대하기 위해서는 무선 통신기술을 이용하여 소형 컴퓨터를 휴대하거나 또는 차량 등에 탑재하여 이동 상태에서도 정보가 교환될 수 있도록

* 정 회 원 : 상지대학교 전산학과 전임강사

** 정 회 원 : 상지대학교 전산학과 조교수

논문접수 : 1994년 11월 4일, 심사완료 : 1994년 12월 12일

한다는 것은 필수적이라할 수 있다.

그러나 이동전화망[13]과 달리 패킷형 정보를 지원하는 컴퓨터 통신망에 있어 이러한 MH를 수용하는 LMCN에 관한 연구는 최근에 들어서야 본격적으로 시작되었으며, 현재 Internet을 중심으로 기존의 TCP/IP 프로토콜을 수용하는 망에 MH를 수용하기 위한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다[3, 4, 6, 7, 8]. 물리적인 통신선로를 통해 통신망에 고정되어있는 고정호스트(FH: fixed host)들만을 수용하는 기존의 고정유선망(FWN: fixed wired network)과는 달리 물리적 위치이동이 허용되는 MH를 수용하는 LMCN은 다음과 같은 특징들을 갖는다[1, 2, 12].

- ① MH의 위치이동에 따라 통신망의 연결성(connectivity) 즉, 위상(topology)이 동적으로 변하기때문에 MH의 위치이동에 따른 위치정보 교환, 갱신 및 관리가 필요하다.
- ② 메시지 송신시마다 수신자 MH의 위치정보를 확인하는 절차가 메시지 전달에 앞서 수행되어야 한다.
- ③ MH의 이동이 임의적이고(random), 비동기적(asynchronous)이기때문에 비록 통신망의 하부(infrastructure) 기능들이 신뢰성있는 메시지전달을 보장하더라도 MH로의 메시지 전달시 메시지의 손실, 중복된 수신 및 비순서적 수신 등이 발생할 수 있다.
- ④ MH는 구동 전력으로 배터리를 이용하므로 동작시간에 제한을 받게되어 "doze-mode" 형태의 통신이 유리하다.
- ⑤ MH는 FH에비해 CPU의 처리능력 및 기억장치의 용량에있어 열세이다.
- ⑥ MH는 주로 데이터그램(datagram) 형태의 비교적 작은량의 정보 교환을위해 사용된다.

특성 ①과 ②는 "경제성있는 이동성관리 프로토콜"을 요구하며, 특성 ③은 신뢰성있는 메시지 전달 프로토콜을, 그리고 특성 ④, ⑤, ⑥은 "가

능한 MH와의 통신 횟수가 최소화될 수 있는 경제성있는 프로토콜"의 설계가 요구됨을 의미한다. 지금까지의 LMCN에 관한 연구중 본 논문과 직접적인 관련성이 있는 대표적인 연구들의 내용을 간추리면 다음과 같다.

- ① LAN(Local Area Network) 환경에 있어 TCP/IP 프로토콜이 MH를 지원하도록 확장한 연구[3, 4],
- ② WAN(Wide Area Network) 환경하의 MH를 위한 IP 프로토콜의 확장 및 이동성관리 프로토콜의 연구[6, 7, 8],
- ③ MH의 위치이동에 따른 위치갱신을 효과적으로 처리할 수 있는 directory의 위치 설정에 관한 연구[5, 9],
- ④ 신뢰성있는 멀티캐스팅(multicasting) 프로토콜의 설계 및 분석에 관한 연구[1],
- ⑤ MH를 수용하는 분산시스템을 위한 각종 알고리즘의 설계 및 분석에 관한 연구[2] 등을 들 수 있다(참고로 문헌 [16]은 LMCN에 관한 현재까지의 주요 연구목록을 신고있다).

연구 ①과 ②의 경우는 기존의 TCP/IP 프로토콜과의 호환성을 목적으로 주소지정방식, 루팅 및 일대일 통신에 대해 다루고 있으며, 연구 ③의 부류에서는 위치이동 정보의 갱신시 요구되는 정보량의 최소화를 위한 LMCN 망의 위상 해석을 다루고 있다. 본 논문과 가장 밀접한 연구 ④ 및 ⑤에서는 인터넷(internet) 또는 트랜스포트(transport) 계층에서의 새로운 프로토콜의 설계 및 구현에관해 다루고 있는데, 신뢰성있는 메시지전달과 위치정보의 갱신을 위해 flooding을 이용하고 있다. 이러한 일련의 연구들에 있어 주요 단점은 다음과 같다.

- ① MAN(Metropolitan Area Network) 및 WAN(Wide Area Network)과 같은 보다 일반적인 LMCN에 적용하기에는 프로토콜의 일반성이 결여되어있고[3, 4],
- ② 기존의 TCP/IP 프로토콜에 종속되어 있으며[3, 4, 5, 6, 7, 8],

- ③ 메시지 루팅 프로토콜에 있어 MH의 이동성 관리 기능이 충분히 고려되어 있지않아 통신 비용이 증대되며[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9],
- ④ MH의 이동에 따른 관련 정보의 갱신과 이의 통보 및 해당 MH의 현재위치를 파악하는 절차 등이 대부분 flooding에 의존하여 과중한 통신비용이 수반된다[1, 2, 3, 4, 6, 7].

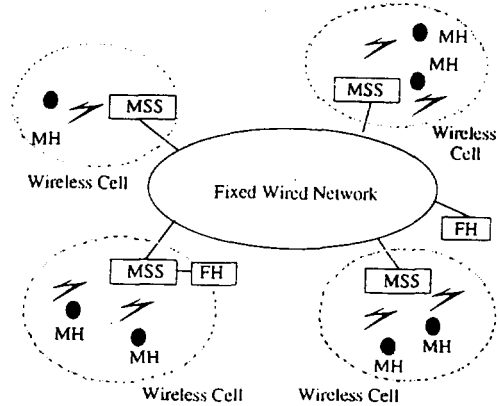
본 논문에서는 MAN 또는 WAN과 같은 보다 일반적인 망에 있어 효과적인 위치이동 정보의 처리를 위한 이동성관리 기능을 위치등록과 핸드오버로 정립하고, 신뢰성있는 메시지의 송수신과 경제성있는 위치정보의 갱신이 가능한 새로운 멀티캐스트 프로토콜을 제시한다. 이를 위해 MH의 위치 이동 정보의 검색과 갱신을 담당하고, 멀티캐스트를 시행하는 망 기능들을 세가지 계층으로 구조화한다. 그리고, 계층화된 기능들간의 이동성 관리 프로토콜을 제시하며, 신뢰성있는 메시지 전달이 가능한 멀티캐스트 프로토콜을 소개한다. 또한 기존의 멀티캐스트 프로토콜과의 비용분석을 통해 제안된 프로토콜이 기존의 프로토콜에 비해 통신비용에 있어 매우 경제적임을 보인다.

제 2 장에서는 본 논문에서 고려되는 LMCN의 일반적인 추상화된 모델과 관련 용어들을 소개한다. 제 3 장에서는 본 논문의 접근방식과 제안된 이동성 관리 프로토콜을 다루며, 제안된 멀티캐스트 프로토콜을 제시한다. 제안된 프로토콜과 기존 프로토콜과의 통신비용의 평가에 대해서는 제 4 장에서 언급한다. 끝으로 제 5 장에서는 본 논문의 결론과 추후 연구를 언급한다.

2. LMCN 일반

본 논문에서 고려되는 LMCN의 모델은 (그림 1)과 같이 FH들과 망내의 노드들로 구성된 고정유선망 FWN에 무선셀(wireless cell, 간단히 셀이라 칭함)이라는 일정지역을 관장하는 특정

노드인 MSS(mobile supporting station)들과 육상에서의 이동(roaming)이 가능한 MH들로 구성된다.



(그림 1) LMCN(Land Mobile Computer Network)모델
(Fig. 1) A LMCN(Land Mobile Computer Network) Model

MSS는 특정한 무선 주파수대를 이용하여 해당 셀내의 MH들과의 통신을 담당하며, 모든 MH는 다른 셀내의 MH 또는 FH와의 통신을 위해 해당 셀내의 MSS를 반드시 경유하게된다. MSS는 셀의 id로서 자신에 할당된 고유의 주소를 주기적으로 broadcast하는데, 이를 "beaconning"이라한다[3, 4]. 따라서 다른 셀로부터 진입한 MH들은 이러한 신호를 통해 감지된 셀의 id와 자신이 기억하고있는 셀의 id와의 비교하여 다를 경우에 새로운 셀로 이동하였음을 인지하게 된다. 이어 "위치등록(location registration)" 또는 "위치 갱신(location update)"이라 불리우는 절차를 통해 새로이 진입한 셀을 관장하는 MSS에게 진입 수락을 요청하게 된다.

한편, 이러한 위치등록 과정이 수행됨과 동시에 새로이 진입한 MH에게 이용가능한 주파수를 할당하고, 앞서 머물던 셀내의 MSS로하여금 할당되었던 주파수를 해제 및 회수하는 일련의 절차가 수반되게되는데 이를 "핸드오프(handoff)"라한다. 이러한 과정에서는 또한, 앞서의 셀내의 MSS는 다른 셀로 이동한 MH에게 전달되지않은 메시지를 갖고있는 경우 이를 새로이 이동한 셀

내의 MSS로 전달하여 이동된 MH가 수신토록하는 부가적인 과정인 “핸드오버(handover)”가 있게된다(문헌에 따라서는 핸드오프와 핸드오버를 구분하지않고 동의의 뜻으로 사용하기도한다[1, 3, 4, 13]). 이러한 일련의 과정들은 회선교환(circuit switching) 방식의 FWN을 기저(backbone)로하는 이동 전화망[13]으로부터 정의된 용어들로서 패킷교환(packet switching)을 이용하는 LMCN에 그대로 적용하기에는 다소 그 의미에 차이가 있을 수 있다[1, 2, 12, 13]. 일반적으로, 모든 MSS는 자신의 셀내에 존재하는 MH들은 물론 자신의 셀을 떠난 MH들에 대해서도 관련 정보를 유지하여야 메시지의 중복된 수신 또는 메시지 손실 및 비순서적 수신 등에 대처하기가 용이하다.

FH는 특정한 셀에 관계없이 물리적인 통신링크로 고정된 호스트이기 때문에 마치 특정한 MSS가 관할하는 셀내에만 머무는 하나의 MH로 간주될 수 있다. 모든 MH는 자신의 기억장치내에 자신의 고유주소 즉, id와 자신이 머물고있는 셀의 id를 기억할 수 있어야한다. 일반적으로 LMCN을 위한 MH 프로토콜을 설계함에 있어 논의의 편의성을 위해 가정되는 사항들은 다음과 같다[1, 2].

- ① 하나의 셀내에는 이용가능한 무선 주파수 자원의 한계로 인해 유한한 수의 MH들에 대해서만 성공적인 위치등록과 핸드오버가 보장된다.
- ② 이웃한 셀들간의 경계에는 무선 주파수가 전달되지않는 사각지대 즉, blak spot이 존재하지 않는다.
- ③ 어떠한 이웃한 셀들간의 경계에서도 무선 신호의 강도가 가장센 특정 신호가 반드시 존재한다. 즉, 셀들간의 경계에는 fuzzy spot이 존재하지 않는다.

실제로 이러한 가정은 반드시 필요한 것은 아니며, 앞서의 다른 연구들[1-8]과 마찬가지로 LMCN을 위한 효과적인 위치등록, 핸드오버 및 멀티캐스팅과 같은 일련의 통신 프로토콜들을 설

계 및 해석하는 것에 초점을 두기위해 가정된다. 한편, 핸드오프 절차는 무선 주파수의 관리 및 회선 교환에 관련된 사항으로 특히 셀내의 MSS와 MH 간의 물리적 계층(physical layer) 및 데이터 링크 계층(data link layer)에 보다 밀접한 프로토콜로서 본 논문에서 다루는 인터넷 계층 또는 전달 계층의 MH 프로토콜인 멀티캐스팅 프로토콜에 transparent하므로 본 논문에서는 고려하지않기로 한다. 대신, 본 논문에서는 위치이동에 따른 앞서 머물던 셀의 MSS로부터 새로이 진입한 셀내의 MSS로의 메시지를 전달하는 “핸드오버”에 국한한다. 아울러 논의의 편의성을 위해 MH의 위치등록은 언제나 성공한다고 가정한다.

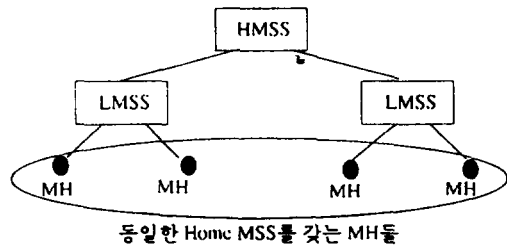
3. 제안된 이동성관리 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 계층적 LMCN의 기능적 망 구조를 다루고, 이어 새로운 이동성 관리 프로토콜인 위치등록 프로토콜과 핸드오버 프로토콜을 제안한다. 제안된 망구조 및 이동성 관리 프로토콜을 이용한 새로운 멀티캐스트 프로토콜을 아울러 제시한다.

3.1 접근 방식

3.1.1 3-레벨 망 구조

본 논문에서 고려되는 효과적인 이동성 관리(위치 등록 및 핸드오버)와 멀티캐스트를 위해(그림 2)와 같이 기능적으로 계층화된 망구조에



(그림 2) 논리적 계층 구조
(Fig. 2) Logically hierarchical architecture

따라 접근한다. 이는 Penners와 Rekhter[15]에 의한 제안 모델과 유사하나 본 논문에서는 이를 보다 구체화하고, 이에 따른 새로운 위치등록, 핸드오버 및 멀티캐스트 프로토콜들을 상세 설계하였다.

먼저, 각각의 MH에 대해 현재 머물고 있는 셀을 담당하는 "LMSS(local MSS)"와 초기에 자신이 망에 설치 운용될 때 등록한 "HMSS(home MSS)"가 대응되어 존재한다. 여기서, 하나의 HMSS는 일정한 수의 LMSS들이 관할하는 셀내의 MH들에 대한 "home"으로 고려되며, 개념적으로 FH 역시 하나의 셀내에만 머물고 있는 MH로 간주된다. 특정한 MH의 입장에서 볼 때 LMSS와 HMSS는 물리적으로 동일한 MSS이거나 또는 별개의 MSS일 수 있다. (그림 2)는 LMCN내의 망기능들의 논리적인 관련성을 나타낸 것으로서 실제로 하나의 MH에 대한 LMSS와 그의 HMSS 사이에는 경우에 따라서 홉(hop) 수가 하나 이상인 경로가 존재할 수 있다.

HMSS는 MH의 사용료 징수 및 유지보수에 관여하며, MH의 이동에 따른 "위치추적(tracking)" 즉, 새로이 진입한 셀의 id를 기록하게 된다. 이를 위해 자신을 HMSS로하는 MH들의 id를 보관하는 "Resident-List"를 갖는다. HMSS는 반드시 MSS일 필요는 없으며, 망내의 특수설비인 DB 머신 또는 directory 머신 등도 될 수 있다. 한편, LMCN이 물리적으로 광범위한 망일 경우에는 HMSS는 여러개의 계층화된 HMSS들로 구성될 수도 있다(본 논문에서는 편의상 1-계층일 때의 LMCN만을 고려한다). 일반적으로 LMCN에 있어 하나의 HMSS는 복수개의 LMSS들을 관리하므로 LMSS들의 수는 HMSS의 수보다 크며, HMSS가 관리하는 MH들의 수는 LMSS하의 MH의 수보다 크다[5, 9].

HMSS는 해당 MH들의 위치이동에 따른 현재 위치의 파악은 물론 본 논문에서 고려하는 멀티캐스트의 서버(server)로 이용된다. 즉, MH가 멀티캐스트를 시행하고자할 경우 현재 머물고있는

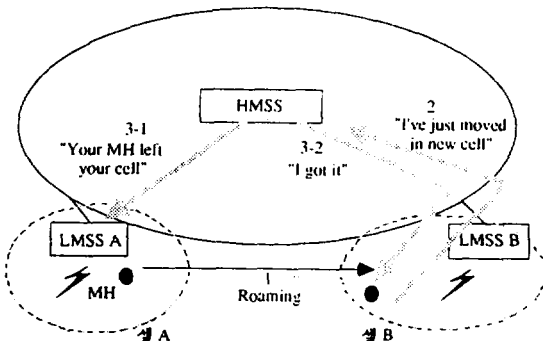
셀내의 LMSS를 거쳐 HMSS로 멀티캐스트가 요청되고, HMSS에 의해 멀티캐스트가 대행된다. 이때 수신자 MH로의 메시지 전달을 위해서는 일단 수신자 MH의 HMSS들로 메시지가 분배된 후에 각각의 HMSS에 의해 수신자 MH들로 전달되게된다. 이러한 접근방식의 장점은 MH의 위치이동 정보가 항상 관련 HMSS에 의해 유지되기 때문에 수신자 MH로의 메시지 전달시 그 위치 파악 과정에서 소요되는 시간이 절약된다는 것이다(3.1.3절 참조).

일반적으로 모든 MSS는 자신의 셀내에 머물고 있는 MH들의 id들을 기억하는 "Visitor-List"란 특정 자료구조를 운용하며, MH가 다른 셀로부터 진입할 때마다 그 MH의 id가 Visitor-List에 등록되고, 다른 셀로 이동시마다 그 MH의 id가 이로부터 제거된다(여기서 Visitor-List란 하나의 추상적인 자료구조로서 셀내에 거주하는 MH들에 대한 id들을 갖는 단순 리스트이다). 그리고, MSS는 자신의 id를 주기적으로 broadcast하는 beconning을 실시하며, 현재 자신의 셀내에 머무는 MH로부터의 멀티캐스트 요청메시지를 해당 HMSS로 전달하거나 이의 역과정을 수행하는 메시지 전달기능을 수행한다.

모든 MH는 망에 설치 운용될 때 해당 HMSS를 할당받으며, MH의 id는 자신의 HMSS의 주소와 특정한 일련번호가 concatenated된 계층적 주소를 갖는다. 따라서, MH의 id로부터 해당 MH의 HMSS의 주소를 바로 알아낼 수 있다.

3.1.2 제안된 위치등록 및 핸드오버 프로토콜의 개요

3-레벨로 계층화된 LMCN을 위한 이동성 관리 프로토콜로 먼저 위치등록 프로토콜을 고려하면 (그림 3)과같이 도식화하여 나타낼 수 있다. 그림에서는 셀 A에 머물던 하나의 MH가 셀 B로 이전한 경우를 나타낸다. 주의할 점은 그림에서는 MH의 위치이동에 따른 관련 기능들 사이의 관계에 초점을 둔 것으로 LMSS와 HMSS 사이에는 홉수가 하나 이상인 물리적인 통신 경로



(그림 3) 위치등록의 개념적 예
(Fig. 3) An example of conceptual location registration

가 존재 할 수도 있다는 점이다.

먼저 MH는 셀 A에서 셀 B로 이동함에 따라 (과정 1) LMSS B는 이동한 MH를 자신의 Visitor-List에 새로이 추가하고, 이 사실을 MH의 HMSS로 전달한다(과정 2). MH A의 HMSS는 이러한 사실을 보고받은 후 Resident-List내의 MH의 현재 위치를 셀 A에서 셀 B로 갱신한다. 그리고, MH가 앞서 머물던 셀 A를 관할하는 LMSS A로 MH가 셀 B로 이동하였음을 알려게 되어(과정 3-1), LMSS A는 자신의 Visitor-List로부터 MH의 id를 제거하게 된다. 그리고 HMSS는 자신이 관리하는 Resident-List내에 MH의 현재 위치가 성공적으로 갱신되었음을 알리는 메시지를 셀 B를 관장하는 LMSS B로 알려준다(과정 3-2). 이와같은 위치이동 방식은 MH가 새로운 셀로 이동할 때마다 자신의 HMSS로 그 사실을 알려주는 일종의 "go-and-tell" 방식이라 칭할 수 있다.

위와같은 접근 방식의 커다란 장점은 하나의 MH가 새로운 셀로 이동하더라도 오직 두개의 LMSS와 하나의 HMSS 만이 관여 된다는 점이다. 따라서, 하나의 MH가 이동할 때마다 이러한 사실을 모든 MSS들 또는 MH의 루팅을 담당하는 특정한 gateway MSS들에게 flooding하는 프로토콜들[1, 2, 3, 4, 6, 7, 8]에 비해 통신비용 즉, 메시지 수를 대폭적으로 줄일 수 있다.

한편, 이러한 위치등록 프로토콜을 이용할 경

우 핸드오버 역시 효과적으로 수행될 수 있다. 왜냐하면 MH들이 존재하는 위치 정보가 항상 관련 HMSS들에 의해 관리되므로 메시지 전달시 해당 HMSS들을 반드시 경유하도록 제한한다면 어떤 MH가 어떤 메시지를 성공적으로 수신하였는가를 확인하는 절차가 매우 간단해질 수 있다. 이를 위해 (그림 3)에서 다음 사항들을 고려해 보자.

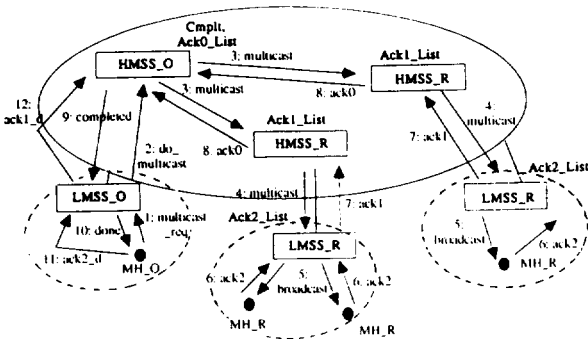
(그림 3)의 과정에서 MH가 셀 B에 접근하는 순간 LMSS A에게 해당 MH로의 메시지가 도착한다고 가정하자. 그러면 LMSS A는 MH가 셀 B로 이동했다는 사실을 통보받기까지(과정 3-1) 자신의 셀내에 MH가 머물고있는 것으로 알고 무선링크를 통해 해당 메시지의 수신에 대한 응답 Ack를 받을 때 까지 반복해서 broadcast되게 된다. 따라서, HM의 HMSS가 과정 3-1의 수행에 덧붙여서 MH가 수신하지 못한 메시지를 과정 3-2를 수행하는 메시지에 "encapsulation"하여 전달한다면 위치등록과 핸드오버를 동시에 시간적으로 중첩(overlay) 수행할 수 있다. 즉, 위치이동과 동시에 앞서 머물던 셀로부터 수신하지 못한 메시지들을 수신되도록하는 "forced 핸드오버"가 가능하다. 물론, 여기서 이동한 MH가 수신하지 못한 메시지가 많을 경우에는 HMSS로부터 셀 B내의 MH A로의 메시지 전달과정이 여러번 반복될 수도 있다. 이러한 방식의 또다른 장점은 수신자 MH에 의한 메시지의 분배가 이루어지므로 메시지의 중복된 수신, 손실 및 비순서적 수신 점검이 용이하다는 점이다.

3.1.3 제안된 멀티캐스트 프로토콜의 개요

본 논문에서 다루는 MH 프로토콜은 크게 MH의 이동성관리 프로토콜 부분과 MH의 멀티캐스트 프로토콜로 나뉘어지며, 이동성관리 프로토콜은 다시 위치등록 프로토콜과 핸드오버 프로토콜로 구성된다. 위치등록은 go-and-tell 방식임을, 핸드오버는 위치등록과 함께 수행되는 forced 핸드오버 방식임을 이미 살펴보았다. 그러면, 멀티

캐스트프로토콜에 대해 살펴본다.

제안된 멀티캐스팅의 개괄적 과정은 (그림 4)와 같이 나타낼 수 있다. 멀티캐스트를 요청하는 (originating) 과정에서의 MH인 MH-O와 이를 해당 HMSS인 HMSS-O로 전달하는 LMSS를 LMSS-O로 표기하고, 멀티캐스트를 주도하는 HMSS인 HMSS-O로 각기 *multicast_req* 및 *do_multicast* 메시지를 전달한다((그림 4)의 좌측 하단의 과정 1과 2). 여기서, HMSS-O는 멀티캐스트를 요청한 MH-O의 id와 해당 멀티캐스트 그룹의 *group-id* 및 메시지 순서 번호(sequence number)를 기억하는 *flag*인 *Complt*를 생성하는데, 이는 요청된 멀티캐스트가 완전히 끝날 때까지 유지된다.



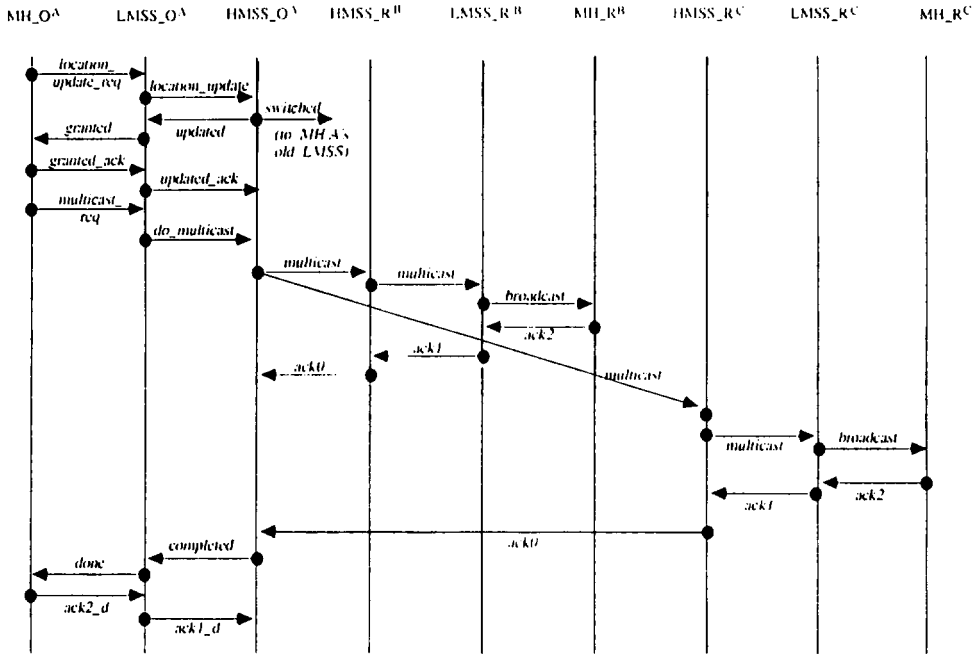
(그림 4) 멀티캐스트의 개괄적 과정
(Fig. 4) Overall procedure of multicastin

HMSS-O는 수신된 멀티캐스트 요청 메시지 *do_multicast*내의 *group-id*로부터 수신자 MH들(이들을 MH-R로 표기한다)의 HMSS들(이들 역시 HMSS-R로 표기한다)로 *multicast*란 메시지를 전달한다(과정 3). 즉, 수신자 MH들인 MH-R들의 HMSS-R들로 하여금 메시지 분배 및 이에대한 MH-R로부터의 수신확인 Ack를 처리하도록 한다. 이는 MH들이 이동 시마다 그 위치정보를 해당 HMSS에 보고하도록 위치등록 프로토콜이 고안되어있어, HMSS는 언제나 MH의 최신의 위치를 파악할 수 있기 때문에 해당 MH로의 메시지 전달시 지연시간이 최소화될 수 있다는 점을 반영하도록 하는 것이다. 더우기 3.

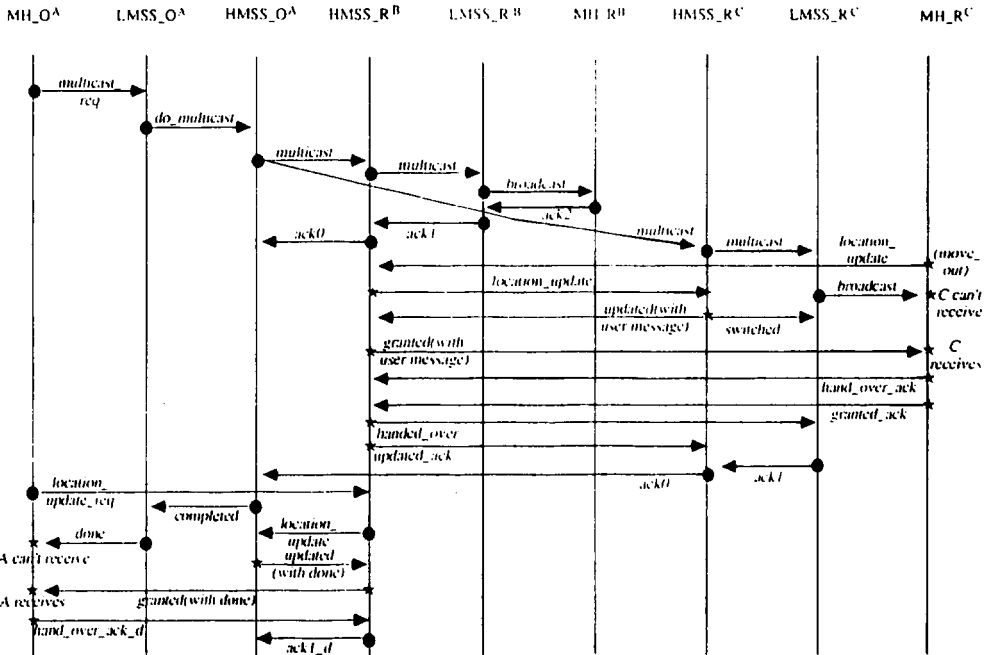
1.2에서 살펴 본 것처럼 MH의 위치이동에 따른 핸드오버 역시 손쉽게 수행될 수 있기 때문이다.

한편, 과정 3을 수행함에있어 HMSS-O는 관련 HMSS-R들로부터의 성공적인 멀티캐스트가 수행되었는지의 여부를 판별하기 위해 관련 HMSS-R들의 id들로 구성된 "Ack0-List"를 운용하여, 후에 해당 HMSS-R들로부터의 수신자 MH인 MHR들로 메시지 전달이 성공적이었음을 확인하는데 이용된다. 과정 4는 각각의 HMSS-R들이 자신을 HMSS로하는 MH-R들이 존재하는 셀들을 담당하는 LMSS들(이를 수신자 측의 LMSS란 의미로서 LMSS-R로 표기한다)로 *multicast*란 메시지를 전달하는 과정을 나타낸다. 여기서 각각의 HMSS-R들은 관련 LMSS-R들로 구성되는 "Ack1-List"를 생성하여 멀티캐스트 메시지에대한 Ack 여부를 확인하는데 이용한다. 뒤이어 *multicast* 메시지를 수신한 각각의 LMSS-R들은 자신의 셀내에 거주하는 MH-R들로 무선링크를 통해 broadcast한다(과정 5). 여기서 LMSS-R들은 "Ack2-List"를 생성하여 자신의 *Visitor-List*에 속하며 해당 멀티캐스트의 *group-id*에 속하는 MH-R들을 포함하도록 한다. 만일, 해당 MH-R이 다른 셀로 이동한 경우에는 3.1에서와 같은 위치등록 절차와 핸드오버 절차가 수행된다. 그러면 지금까지 살펴본 멀티캐스트 메시지 전달과정의 역과정에 해당되는 멀티캐스트 메시지의 수신확인에 대한 과정을 살펴보자.

각각의 LMSS-R들은 해당 멀티캐스트 메시지를 수신후 *ack2* 메시지를 이용하여 Ack를 한 MH-R들의 id들을 자신이 관리하는 *Ack2-List*로부터 모두 제거한다(과정 6). 이때 *Ack2-List*가 비로서 즉, 공집합이 되면 관련 HMSS-R로 *ack1* 메시지를 이용하여 Ack를 한다(과정 7). 따라서, 각각의 HMSS-R은 관련 LMSS-R들로부터 *Ack1* 메시지를 모두 수신하여 *Ack1-List*가 역시 가되면 관련 HMSS-O로 *Ack0* 메시지를 이용하여 멀티캐스트가 성공적임을 알린다(과정 8). 따라서, HMSS-O는 모든 HMSS-R로



(그림 5) 위치등록과 멀티캐스팅 메시지 흐름도(MH들이 이동하지 않는 경우)
 (Fig. 5) Message flow location registration and multicating(when MHs do not move)



(그림 6) 위치등록과 멀티캐스팅 메시지 흐름도(MH들이 이동하는 경우)
 (Fig. 6) Message flow location registration and multicating(when MHs do move)

부터 수신되는 *AckO* 메시지를 수신하여 *AckO-List*가 가되면 일단 *MH-O*가 요청한 멀티캐스트가 성공적으로 끝났음을 알 수 있다. 따라서 이를 알리는 메시지 *completed*를 *MH-O*로 전달하게 된다(과정 9). 이때 만일 *MH-O*가 현재의 셀 내에 머물고 있다면 *completed* 메시지가 *LMSS-O*에 도착하고, 이어서 *LMSS-O*로부터 *done*이란 메시지를 받게 된다(과정 9와 10). 이어서 *HM-O*는 이에 대한 *Ack*로서 *Ack2-d* 메시지를 *LMSS-O*로, *LMSS-O*는 *ack1-d*란 메시지를 *HMSS-O*로 전달하게 되고(과정 11과 12), *HMSS-O*는 *Cmpl*란 flag를 제거함으로써 멀티캐스트는 끝나게 된다. 이와같이 설명된 위치등록과 멀티캐스트 과정을(그림 5)에 예시하였다. 여기서 주목할 점으로는 과정 11과 12이 수반된다는 것이다. 이는(그림 6)에서 자세히 언급하겠지만 멀티캐스트를 요청하는 *MH-O* 역시 다른 셀로 이동이 가능하기 때문에(그림 4)의 과정 11과 12의 수행없이 완전한 멀티캐스트의 종료를 결정할 수가 없기 때문이다.

여기서, *MH-O*는 멀티캐스트를 요청한 *MH A*를 나타내고, 관련 *LMSS*와 *HMSS*를 각기 *LMSS-OA*와 *HMSS-OA*로 표기한다. 그리고 멀티캐스트 메시지의 수신자측에서 고려되는 *MH B*와 *MH C*를 *MH-R^B*와 *MH-R^C*로 나타내고, 관련 *LMSS*와 *HMSS* 역시 *LMSS-R^B*와 *LMSS-R^C* 및 *HMSS-R^B*와 *HMSS-R^C*로 표기한다. 그러면, (그림 5)에서 볼 수 있듯이 *MH-O*가 다른 셀로부터 *LMSS-R^O*의 beacon 신호를 수신하여 *LMSS-O*가 담당하는 셀로 진입함에 따라 *location-update-req* 메시지가 *LMSS-O*로 요청되고, *location-update* 메시지가 *HMSS-O*로 전달된다. 그러면, *HMSS-O*는 *MH-O*의 현 위치를 *LMSS-O*로 갱신한 후, *LMSS-O*로 갱신절차가 끝났음을 알리는 *updated*란 메시지를 전달하고, 이어서 *LMSS-O*는 *granted*란 메시지를 이용하여 위치등록이 성공적임을 *MH-O*로 알리게 된다. 단, 여기서, *HMSS-O*는 *updated* 메시지를 *LMSS-O*로 전달함과 동시에 *MH-O*가

바로 이전에 머물던 *LMSS* 즉, *LMSS-O^A*로 *MH-O^A*가 자신이 관리하는 셀로 이전하였음을 알리는 *switched*란 메시지를 아울러 통보해준다. 그리고 *MH-O^A*가 *granted* 메시지를 수신한 후에 *granted-ack*란 메시지를 응답하도록 하는데, 이는 다음의(그림 6)에서 설명될 *MH-O^A*의 셀 이동에 따른 위치등록 시 핸드오버 절차를 이용하여 멀티캐스트를 종료하기 위한(그림 4)의 과정 9에서 12까지를 수행하기 위해서이다.

(그림 6)은(그림 5)에서와는 달리 수신자 *MH*가 *broadcast* 메시지를 이용하여 멀티캐스트 메시지를 수신하기 전에 다른 셀로 이동하는 경우와 멀티캐스트를 시작한 *MH* 즉, *MH-O^A*가 멀티캐스트 종료메시지인 *done*을 각각 수신하기 전에 다른 셀로 이동한 경우를 고려한 것이다. 따라서, (그림 6)은(그림 5)에서 *MH-R^C*가 *broadcast* 메시지를 수신하기 바로 직전에 *HMSS-R^B*가 담당하는 셀로 이동하는 경우 해당 메시지를 수신하지 못하고 위치등록 과정을 수행하면서 핸드오버 과정을 통해서 해당 멀티캐스트 메시지를 수신하는 경우를 나타낸다((그림 6)의 우측에 표시된 ★부분 참조). 그리고 *MH-O^A*가 *done* 메시지를 수신하기 직전에 *HMSS-R^B*로 역시 이동하여 핸드오버 절차를 이용하여 이를 수신하고, 관련 *Ack* 메시지인 *Ack2-d*을 전달하는 경우를 보여준다(그림 6의 좌측하단에 표시된 ★부분 참조).

먼저 전자의 경우 *LMSS-R^C*가 *broadcast* 메시지를 전송하는 시각에 *MH-R^C*는 *HMSS-R^B*가 담당하는 셀로 진입하여 위치등록을 *HMSS-R^B*로 요구하게 되고, 뒤이어 이러한 사실이 *HMSS-R^C*에 의해 *LMSS-R^C*로 *switched*란 메시지를 통해 알려지게 된다. 이때 *LMSS-R^C*는 *Visitor-List*로부터 *MH-R^C*를 삭제하게 된다. 한편, *HMSS-R^C*는 *LMSS-R^C*로부터 *ack1* 메시지를 수신하지 않은 상태에서 *MH-R^C*가 *HMSS-R^B*로 진입하였음을 알게되었으므로 *granted* 메시지내에 해당 멀티캐스트 메시지를 encapsulation하여 전달한다. 이러한 메시지를 수신한 *MH-R^C*는 위

치등록에 대한 Ack인 *granted-ack*와 핸드오버에 대한 Ack인 *hand-over-ack* 메시지를 HMSS-RB 로 보낸다.

(그림 6)의 좌측 하단은 MH-O^a가 done메세지를 수신하기 직전에 HMSS-R^b가 관찰하는 셀로 이동하여 이를 수신하지 못한 경우의 핸드오버를 통한 수신 과정을 나타낸다. 이때에도 MH-O^a로부터 *ack2_d* 메세지를 수신하지 못한 상태에서 위치등록이 새로이 발생하였기때문에 HMSS-O^a에 의해 위치등록에 대한 Ack 메세지인 *updated*와 *granted*내에 모두 *done*메세지가 encapsulation되어 핸드오버 된다. 이와같은 경우에는 전자의 경우와 달리 *hand-over-ack-d* 메세지가 MHO^a에 의해 발생되고, HMSS-R^b에 의해 *ack1-d* 메세지가 HMSS-O^a로 직접 전달된다.

3.2 제안 프로토콜의 수행 절차

제안된 이동성관리 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜의 동작 절차를 각기 MH, LMSS 및 HMSS의 LMCN 망 기능별로 세분화하여 나타내면 (그림 7), (그림 8) 및 (그림 9)와 같다. 단, 관련 절차를 나타냄에 있어 각각의 메시지를 전달한 후 timer를 이용한 재전송 과정과 메시지 순번을 이용한 오류 정정 과정은 생략하고 정상적인 경우의 동작과정만을 나타내었다. 보다 상세한 정형화된(formal) 사양과 메시지 순번을 이용한 멀티캐스트 메시지의 순서적 송수신, 비중복 송수신 및 비손실 송수신에 대해서는 참고 문헌[14]에서 다루고있다.

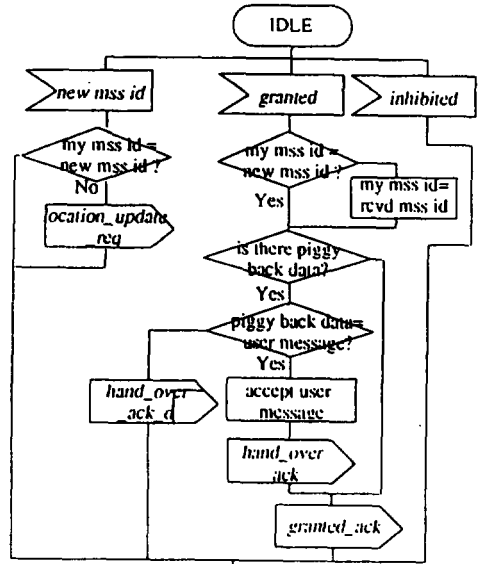
4. 프로토콜 분석

본 장에서는 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 프로토콜과 가장 최근에 다른 연구[1, 2]에서 제안된 멀티캐스트 프로토콜과의 통신비용을 비교 분석한다. 이미 제안된 프로토콜이 다른 프로토콜에 비해 가지는 기능적 특성 및 개선된 점은 앞에서 다루었으므로, 본 장에서는 이동성관리

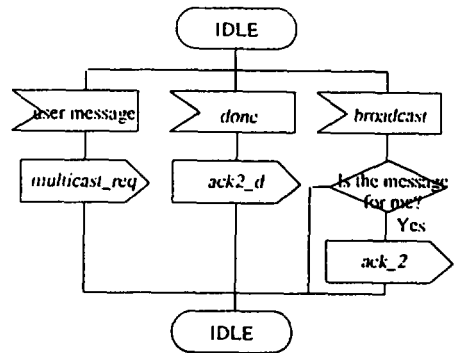
및 멀티캐스트를 수행함에있어 수반되는 통신 메시지의 갯수를 산출하여 제안된 프로토콜이 보다 경제성있는 프로토콜임을 보인다.

먼저 다음과같은 기호를 정의한다.

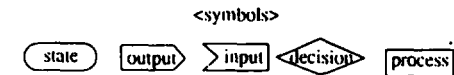
- ① C_i: LMCN의 고정유선망 즉, FWN내의 임의의 두 MSS(즉, LMSS 또는 HMSS)들



1) 이동성관리



2) 멀티캐스팅



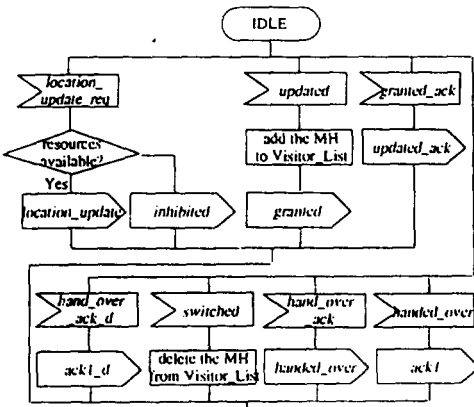
(그림 7) 이동성관리 및 멀티캐스팅 절차(MH)
(Fig. 7) Procedure of mobility management and multicasting(MH)

간의 하나의 메시지를 전송하는데 소요되는 비용.

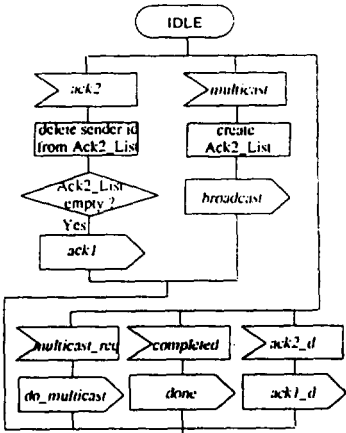
- ② C_w : 임의의 한 셀을 담당하는 LMSS와 그 셀내의 임의의 한 MH가 무선을 통해 하나의 메시지를 전송하는데 소요되는 비용.
- 아울러 프로토콜의 비용 분석 항목으로 다음의 세가지 항목들[1, 2]을 고려한다.
- ① C_s : 송신자 MH가 위치하고있는 셀의 LMSS-O로부터 하나의 HM-R가 존재하는

셀의 LMSS-R을 알아내고 그곳으로 하나의 메시지를 전달하는데 소요되는 비용.

- ② C_{lo} : 하나의 MH가 셀을 이동하는데 소요되는 위치등록 비용.
 - ③ C_{mc} : 수신자 MH-R이 한번씩 모두 이동하는 경우에 소요되는 멀티캐스트 비용.
- 이와같은 항목에 대해 본 논문에서 제안한 프로토콜에 대한 각각의 비용 항목을 구하기로 하자. 먼저 C_s 는 (그림 4)로부터 $5C_r$ 이며, C_{lo} 는 3

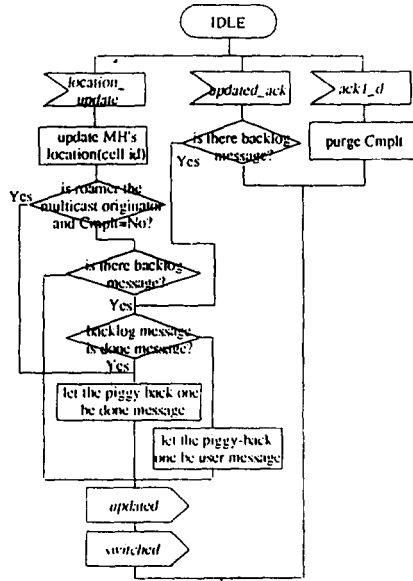


1) 이동성관리

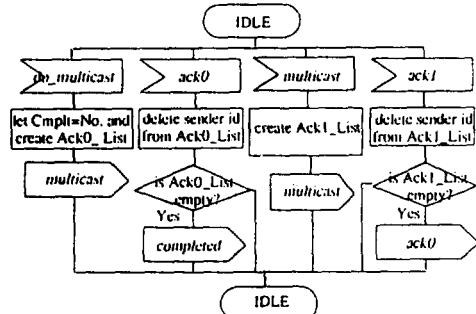


2) 멀티캐스팅

(그림 8) 이동성관리 및 멀티캐스팅 절차(LMSS)
(Fig. 8) Procedure of mobility management and multicating(LMSS)



1) 이동성관리



2) 멀티캐스팅

(그림 9) 이동성관리 및 멀티캐스팅 절차(HMSS)
(Fig. 9) Procedure of mobility management and multicating(HMSS)

$(C_r + C_w)$ 가 됨을 (그림 5)로부터 알 수 있다. C_{mc} 의 경우에는 임의의 멀티캐스트 group내의 메세지 수신자 MH-R들의 총수가 $g(g > 1)$ 라하면, (그림 4)에서 유추할 수 있드시 해당 멀티캐스트에 참여하는 HMSS-R와 LMSS-R들의 총수 g' 에 대해 $1 \leq g' \leq g$ 인 관계가 성립한다. 여기서, $g, g' \leq M$ 으로서 M 은 LMCN내의 MSS들의 수이다.

그런데, g 개의 MH-R들이 모두 멀티캐스트 메세지를 수신하기 바로 직전에 이동하는 경우에 모든 MH-R에 대한 위치등록 절차가 수반되므로 최대의 메세지들이 발생되어, 모두 $3(C_r + C_w)$ 의 부가적인 통신 비용이 멀티캐스트 메세지를 송수신하는 비용 이외에 소요된다. 따라서, MH-O에서 g 개의 MH-R들로 멀티캐스트 메세지를 송수신하는데 소요되는 비용인 $(C_w + C_r + g' C_r + g' C_r + g' C_w)$ 외에 $3g(C_r + C_w)$ 와 $3(C_r + C_w)$ 을 합하면 최대 비용은 다음과 같다.

$$C_{mc} = C_w(3g + g' + 4) + C_r(3g + 2g' + 4)$$

이러한 결과를 가장 최근의 다른 연구[1, 2]에서 제안한 프로토콜과 비교하면 <표 1>과 같다(이들 중 C_{mc} 에 해당하는 통신 비용은 멀티캐스팅 시의 수신자 MH들이 한번씩 움직일 경우를 가정하였으므로 x 번($x > 1$) 움직일 경우에는 <표 1>의 결과에 x 배가 된다).

표에서 보드시 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 프로토콜은 [1, 2]에서 제안된 프로토콜과 달리 flooding을 이용하지 않으므로 통신 비용에 있어 LMCN내의 MSS들의 총수인 M 에 독립적이되어 그 비용이 대폭 절약된다. 이러한 특성을 보다 자세히 분석하기 위해 $C_r = 1, C_w = 1$ 이라하자. 그러면 <표 1>로부터 기존의 연구[1, 2]에서 제시

<표 1> 통신 비용 비교

(Table 1) Communication Cost Comparison

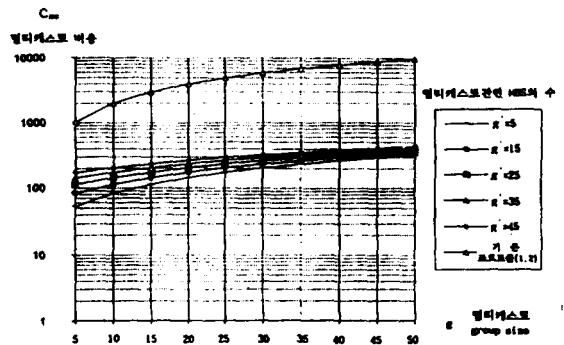
프로토콜 비용항목	Actarya, Badrinath의 프로토콜[1,2]	제안된 프로토콜
C_r	$2(M-1)C_r$	$5C_r$
C_w	$2C_w + 2(M-1)C_r$	$3(C_w + C_r)$
C_{mc}	$(M-1)(2g + 2C_w + 2(M-1)gC_r)$	$(3g + g' + 4)C_w + (3g + 2g' + 4)C_r$

된 멀티캐스트 프로토콜의 비용은 $(M-1)(4g + 2)$ 가 된다. 또한 본 논문에서 제시한 프로토콜의 비용은 $6g + 3g' + 8$ 이 된다. 그런데, $1 \leq g' \leq g$ 이므로 $g' = g$ 일 때 g' 는 최대가 된다. 따라서 제안된 프로토콜의 최대 비용은 $9g + 8$ 이 된다. 만일 M 과 g 가 충분히 큰 수라면 $(M-1) \cong M$ 이며, $8/g \cong 0$ 및 $2/g \cong 0$ 이므로 본 논문에서 제시한 멀티캐스트 프로토콜의 통신 비용과 기존의 연구[1, 2]에서 제시된 멀티캐스트 프로토콜의 통신 비용과의 비율 구하면 다음과 같다.

$$\frac{(9g+8)}{(M-1)(4g+2)} \cong \frac{2.25}{M}$$

이러한 관계로부터 M 이 크면 클 수록 제안된 프로토콜의 통신 비용이 더욱더 경제적인을 알 수 있다. 따라서, 제안된 이동성 관리 및 멀티캐스트 프로토콜은 MAN 또는 WAN과 같은 보다 일반화된 대형 LMCN에 매우 적합한 통신 프로토콜임이 명백하다.

구체적인 예로 그림 10은 $M=50, C_r=1, C_w=1$ 일 경우의 기존 프로토콜[1, 2]과 본 논문에서 제안된 프로토콜과의 통신 비용을 비교하여 나타낸 것이다. x-축으로는 멀티캐스트 시의 group 크기 g 가 5, 10, ..., 50일 경우를 나타내고, y-축은 이때의 통신 비용을 나타낸다. 또한, 제안된 프로토콜의 경우 멀티캐스트에 참여하는 MSS의 수 g' 를 각기 5, 15, 25, 35, 45,



(그림 10) $M=50, C_r=1, C_w=1$ 일 경우의 통신비용 (Fig. 10) Communication cost for $M=50, C_r=1, C_w=1$

50으로 구분하여 나타내(1)었다. 그림에 나타나듯이 모든 경우에 대해 제안된 프로토콜의 통신 비용이 매우 적게 소요되며, g' 가 증가함에 따라 그 비용이 증가됨을 알 수 있다. 아울러, $g=g'$ 일 경우 제안 프로토콜의 통신 비용은 최대가 되어 458인 반면, 기존의 프로토콜의 비용은 9898로서 제안 프로토콜이 통신 비용에 있어 매우 개선된 것임을 잘 보여주고 있다.

5. 결 론

통신망내의 위치이동이 가능한 MH를 지원하는 LMCN에 있어 통신망의 연결성이 동적으로 바뀌게되므로 통신망의 연결성 정보의 갱신과 유지를 위해 부가적인 통신비용이 초래된다. 또한 MH의 이동에 따라 LMCN망의 하부구조가 신뢰성있는 메시지의 전달을 보장하더라도 MH 레벨에서의 메시지의 중복 또는 비순서적 수신 및 손실이 발생될 수 있다.

본 논문에서는 기존의 연구와 달리 flooding을 사용하지않는 이동성 관리 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜에 대해 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- ① LMCN망의 기능 구조를 MH, LMSS, HMSS의 세가지 계층으로 구조화하였다.
- ② 각 계층간의 이동성 관리(위치등록 및 핸드오버) 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜을 새로이 제시하였다.
- ③ 제시된 이동성관리 프로토콜에서는 flooding을 이용하지않으며, encapsulation에 의한 forced 핸드오버를 수행하도록 하였다.
- ④ 멀티캐스트 프로토콜은 HMSS를 멀티캐스트 서버로 이용하도록 하였으며, 역시 flooding 을 이용하지 않도록 하였다.
- ⑤ 아울러 제안된 프로토콜이 기존의 프로토콜에 비해 보다 경제적인임을 보였다. 추후 연구로서는
- ⑥ MH가 HMSS로부터 멀리 떨어져있는 경우의 이동성 관리와 멀티캐스트 요청자 MH

가 HMSS로부터 역시 멀리 떨어져 있는 경우의 효과적인 멀티캐스트 프로토콜 연구,

- ⑦ 신뢰성있는 MH들간의 broadcasting 프로토콜 연구[10],
- ⑧ MH를 수용하는 분산 시스템의 각종 MH 프로토콜들의 설계 분석에 관한 연구[2] 및
- ⑨ 멀티미디어 정보를 지원하는 MH들을 고려한 LMCN을 위한 미디어 동기화 프로토콜과 같은 다양한 통신 프로토콜의 연구 등을 들 수 있다.

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," Proc. 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] B. Awerbuch and D. Peleg, "Concurrent On-line Tracking of Mobile Users," ACM Proc. SIGCOMM'91, pp. 221-233, Sep. 1991.
- [6] F. Teraoka, Y. Yokote, and M. Tokoro, "A Network Architecture Providing

Host Migration Transparency," ACM Proc. SIGCOMM'91, pp. 209-220, Sep. 1991.

[7] H. Wada, et al, "Mobile Computing Environment Based on Internet Packet Forwarding," Proc. Winter Usenix, pp. 503-517, Jan. 1993.

[8] F. Teraoka and M. Tokoro, "Host Migration Transparency in IP Networks: The VIP Approach," ACM Computer Communication Review, Vol. 23, No. 1, pp. 45-65, Jan. 1993.

[9] A. Bar-Noy and I. Kessler, "Tracking Mobile Users in Wireless Communications Networks," IEEE Proc. INFOCOM'93, pp. 1232-1239, May. 1993.

[10] A. Segall, "Distributed Network Protocols," IEEE Trans. Information Theory, Vol. 29, No. 1, pp.23-35, Jan. 1983.

[11] I. Cidon and R. Rom, "Failsafe End-to-End Protocols in Computer Networks with Changing Topology," IEEE Trans. Communications, Vol. 35, No. 4, pp. 410-413, April 1987.

[12] A. Myles and D. Skellern, "Comparison of Mobile Host Protocols for IP," Tech. Report, Macquire University, 1993.

[13] Publick Land Mobile Network(PLMN), CCITT, Q.1000-1005, 1988.

[14] Y. Tscha, "New Multicast Protocols for Computer Networks with Mobile Hosts," Tech. Memo, Computer Network Research Center, Seoul National University, Aug. 1993.

[15] J. Penners and Y. Rekhter, "Simple Mobile Host IP(SMIP)," Draft, IETF, Aug. 1993.

[16] N. Davies, Mobile Computing Bibliography, Lancaster University, Feb. 1994.

차 영 환



1979년 ~ 83년 인하대학교 이
학사(전산학)
1983년 ~ 85년 한국과학기술
원 공학석사(전산학)
1989년 ~ 93년 인하대학교 대
학원 이학박사(전산학)
1985년 ~ 90년 한국전자통신
연구소 선임연구원

1986년 ~ 87년 미국 NIST(NBS) 초청과학자
1989년 ~ 93년 인하대학교 전임대우 및 강사
1993년 ~ 94년 서울대학교 컴퓨터신기술연구소 연구
원
1994년 ~ 현재 상지대학교 이공대학 전산학과 전임
강사
관심 분야 : 컴퓨터 네트워크, 통신 프로토콜, 시스템
소프트웨어, 응용 그래프론.

성 현 경



1982년 인하대학교 전자공학
과 졸업(공학사)
1984년 인하대학교 대학원 전
자공학과 졸업(공학석사)
1991년 인하대학교 대학원 전
자공학과 졸업(공학박사)
1989년 ~ 91년 부천전문대학
전자계산과 조교수

1991년 ~ 현재 상지대학교 이공대학 전산학과 조교
수
관심 분야 : Multi-Valued Logic, Computer Archi-
tecture, VLSI Design, Digital Communication,
DSP.