

이동 호스트들간의 경제성있는 통신을 위한 새로운 루팅 프로토콜

차 영 환*

요 약

본 논문은 이동 호스트(mobile host)를 수용하는 컴퓨터 네트워크 상에 있어 이동 호스트간의 경제성 있는 통신을 지원하는 메시지 루팅 프로토콜에 관한 것이다. 제안된 루팅 프로토콜은 이동 호스트의 위치 이동에 따른 위치 정보의 등록을 담당하는 위치 등록 프로토콜과 이동 호스트로의 신뢰성있는 메시지 전달을 수행하는 메시지 전달 프로토콜로 구성된다. 제안 프로토콜의 주요 특성과 동작 절차를 제안하고, 기존의 대표적인 프로토콜들과의 비교를 통해 제안된 프로토콜이 기능적인 측면에서는 물론 메시지 루팅시 수반되는 통신 비용(메세지 수)에 있어서도 개선되었음을 보였다.

A New Routing Protocol for Cost-Effective Communication between Mobile Hosts

Yeong Hwan Tscha*

ABSTRACT

This paper is concerned with a routing protocol for cost-effective communications between mobile hosts on computer networks in which mobile hosts can move freely their physical positions. The proposed routing protocol consists of two protocols: one is called location registration protocol performing registration of the location information as the mobile host does move; the other one is called message transfer protocol which actually delivers a message to the destination mobile host. The detailed protocol's operational behavior and major characteristics are presented. And it is shown that our protocols are superior to previous ones, in terms of the communication cost(i.e., number of messages) required for routing a message, and are functionally improved ones.

1. 서 론

최근 휴대용 컴퓨터 기술과 무선 통신 기술의 발전에 따라 무선 통신 링크를 장착한 휴대용 컴퓨터를 호스트(host)로 수용하는 컴퓨터 네트워크에 관한 활발한 연구가 진행되고 있다[1, 3, 4, 11, 12]. 이러한 무선 통신 링크를 장착한 호스트는 "이동 호스트"(mobile host, 이하 MH)라고 불리워지며[1, 3, 12, 18], 개인 휴대 또는 차량 및 선박 등에 탑재되어 물리적인 위치 이동에 제약 없이 정보 교환이 자유로운 독특한 장점을 제공할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 MH들을 수용하는 컴퓨터 네트워크를 편의상 "CNSMH(Computer Network Supporting Mobile Hosts)"로

약칭하기로 한다.

본 논문에서는 CNSMH상의 MH들간의 경제성 있는 통신을 위해 WINLAB 프로토콜[4, 9, 10] 및 Internet 프로토콜[14]과 같이 어느 한 과정의 프로토콜 비용 즉, 위치 등록 또는 메시지 전달 과정의 비용만을 줄이기 보다는 두가지 과정을 보다 체계적으로 분석 설계하여 전체적인 통신 비용을 줄이도록 한다. 먼저, CNSMH의 특징[1, 3, 12, 18]인 네트워크 위상(topology)의 동적인 변화와 MH의 위치 이동의 비동기성(asynchronous)을 고려하여 MH의 위치 이동에 따른 위치 정보의 효과적인 갱신과 이후 위치가 이동된 MH로의 메시지 전달이 용이하도록 하는 새로운 "위치 등록(location registration) 프로토콜"을 제안한다. 이러한 위치 등록 프로토콜과 CNSMH내의 MH 간에 중복되지않고, 순서적으로, 손실없는 메시지

* 정 회 원 : 상지대학교 전산학과 전임강사
논문접수 : 1995년 3월 7일, 심사완료 : 1995년 4월 28일

의 송수신을 지원하는 “메세지 전달(message transfer) 프로토콜”을 제시한다. 본 논문에서는 이러한 두가지 프로토콜들을 “메세지 루팅(message routing) 프로토콜”이라고 칭한다.

제안된 루팅 프로토콜의 성능은 다른 연구[1, 2, 3, 4, 9]와 마찬가지로 이동중인 MH들로의 메세지 루팅시 수반되는 최악의 메세지 수를 비교 평가 항목으로 이용한다. 제안된 루팅 프로토콜은 기능상에 있어 internet 레벨 또는 transport 레벨의 프로토콜로 간주되며, CNSMH의 하부 구조를 구성하는 FWN내의 노드들간에는 별도의 루팅 프로토콜의 존재함을 전제로 한다[1, 3, 12, 13, 14].

제안된 프로토콜은 특히 다음과 같은 점에 있어 앞서의 WINLAB 프로토콜 및 Internet 프로토콜에 비해 개선되었다. 위치 등록 프로토콜에 있어서는 ① MH의 이동을 국지 이동(local move)과 광역 이동(global move)으로 구분하여, 광역 이동시의 위치 등록 시간을 줄이고 추후 광역 이동을 한 MH로의 메세지 전달을 빠르게 하기 위해 광역 이동을 한 MH들의 위치 정보를 별도로 기억 관리하도록 하였다. ② 모든 MH에는 해당 MH의 위치를 항상 파악 관리하는 특정 노드를 할당하여, MH의 이동에는 이러한 노드와 MH가 현존하는 지역을 관할하는 노드 사이에 위치 정보가 교환 및 갱신되도록하여 Internet 프로토콜에서와 같은 위치 정보의 broadcast에 의한 통신 부담 요소를 배제하였다.

메세지 전달 프로토콜에 있어서는, ① 송수신자 MH들 사이에 3-way handshake를 사용하여 기존의 프로토콜들과 달리 신뢰성있는 메세지 전달을 보장함과 동시에 명확한 메세지 전달 종료를 유지할 수 있도록 하였다. 즉, 송신자 MH에서 수신자 MH로 메세지를 전달하고, 수신자 MH에서 송신자 MH의 위치 정보를 관할하는 노드를 거쳐 송신자 MH로 수신확인 메세지를 전달하며, 이어서 송신자 MH로부터 자신의 위치 정보를 관할하는 노드로 수신확인 메세지의 수신을 의미하는 또다른 확인 메세지를 전달하도록 하였다. ② MH간의 통신에 있어서는 3-way handshake 과정 중에 얻어진 상대방의 위치 정보를 특정 노드에 캐싱(caching)하여(즉, 일반적인

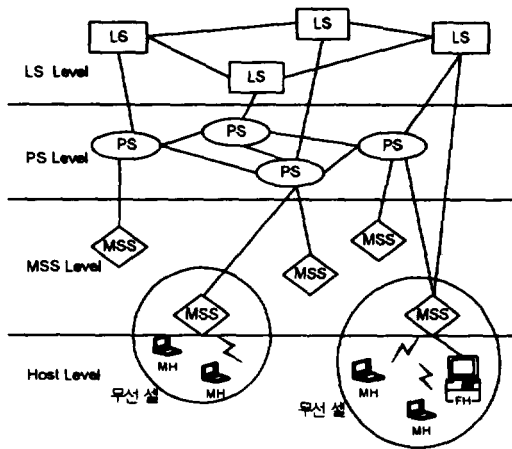
컴퓨터 시스템의 캐쉬 메모리의 용도와도 같이 MH에 의해 인지되지않도록 기억시켜놓음으로서) 후속 메세지의 전달시에 상대방의 위치를 반복 확인하는 과정을 생략하고 상대방으로의 메세지 전달이 가능하도록 하였다. ③ 캐쉬 정보를 이용할 수 없을 경우에는 송신자 MH가 현재 위치하고있는 지역으로부터 수신자 MH의 위치정보를 기억하고있는 특정 노드로의 점진적 위치 파악이 확산 진행되도록 하였다. ④ 이밖에도 메세지 전달 과정에서 WINLAB 프로토콜과 같은 paging 과정을 배제하여 broadcast에 의한 과도한 메세지 비용의 유발을 방지하였다.

다른 연구[1, 3, 4, 9, 10]와 마찬가지로 이동중인 MH로 메세지 루팅을 수행 시 수반되는 최악의 메세지 수를 비교하여 얻어진 루팅 비용을 평가해본 결과, 제안된 루팅 프로토콜의 통신 비용은 WINLAB 프로토콜 및 Internet 프로토콜 비용의 약 33% 내지 11% 정도에 지나지않음을 확인하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 본 논문의 전개를 위한 CNSMH의 일반적 구조를 소개하고, 제 3 장에서는 새로운 위치 등록 프로토콜을 제시한다. 제 4 장에서는 제안된 메세지 전달 프로토콜에 대해 논하며, 제 5 장에서는 제안된 MH 루팅 프로토콜의 통신 비용을 평가하고, 다른 프로토콜과의 비교를 실시한다. 본 논문의 결론은 제 6 장에서 다루었다.

2. CNSMH 모델[1, 6, 10, 14]

CNSMH는 (그림 1)과 같이 4개의 기능적 계층으로 구성된다. LS(Location Server), PS(Packet Switch), MSS(Mobile Support Station)들은 Internet과 같이 유선을 이용하여 연결된 FWN(fixed wired network)을 구성하며, CNSMH의 근간(back-bone)을 이룬다. 기능적 측면에서 구분된 이러한 노드들은 실제로 하나의 노드 또는 서로 다른 노드들에 분리 실현될 수 있다. 호스트 레벨에는 무선 링크를 이용하여 MSS에 연결된 MH들과 유선을 이용하여 연결된 FH들이 있다. PS는 MSS와 MSS간, MSS와 LS간, 그리고 LS와 LS간의 관련 메세지의 교환 및 전달을 담당한다.

MH들이 머무는 물리적 공간은 “셀(cell)”이라는 특정 영역들로 나뉘어지며, 셀내에는 MSS가 존재한다. 셀내의 MH들은 무선(radio)을 이용하여 해당 셀을 관할하는 MSS를 통하여 다른 MH (또는 FH)와 통신을 하게 된다. 모든 셀은 고유의 id를 갖는데, 해당 셀내의 MSS의 id를 이용한다. 따라서 임의의 한 MH의 “위치 정보”란 해당 MH가 머물고 있는 셀의 id 즉, MSS id를 의미한다. 일반적으로 모든 MSS는 “Visitor-List”를 이용하여 현재 자신의 셀내에 거주하는 MH들의 id를 기록 관리하게 된다[1, 6, 10, 15, 16, 17]. MH는 자신이 머물고 있는 셀의 id를 기억하여야 하며, MSS는 셀 id를 주기적으로 broadcast 한다. 따라서, MH는 자신이 기억하고 있는 셀 id와 수신된 셀 id와의 비교를 통해 다른 셀로 이동하였는지의 여부를 결정할 수 있다.



(그림 1) CNSMH의 기능적 구조
(Fig. 1) Functional architecture of a computer network supporting mobile hosts(CNSMH)

LS는 특정 영역내의 셀들에 초기에 설치, 등록되는 MH들의 id를 기록 관리하는 “Resident-List”를 갖는데[6, 15, 16, 17], 해당 MH들의 위치 정보 역시 함께 수록된다. 부분 정보 또는 완전 정보와같은 접근 방식을 이용하는 위치 등록 프로토콜의 경우에는 Resident-List에 존재하는 MH가 다른 셀로 이동하면 해당 MH의 위치 정보는 새로운 위치 정보로 갱신된다. 모든 MH는 반드시 임의의 한 LS의 Resident-List에 등록되는

데, MH 이용자의 거주지 또는 직장 등에서 가까운 LS 중의 어느 하나가 되는 것이 대부분이다. 특히, 이러한 LS를 “home LS(HLS)”라고 칭한다 [13, 14]. 일반적으로 LS와 MSS는 gateway 또는 router 등에 실현된다.

MH의 id는 HLS의 id와 해당 HLS의 Resident-List에 등록된 MH들의 일련 순번을 병합한 계층적 주소로 구성되어, MH의 id로부터 해당 HLS의 주소를 얻을 수 있다. 한편, LS는 자신의 Resident-List에 포함된 MH들에 대한 위치 정보를 갖고 있기때문에 LS를 중심으로 일정 수의 셀들을 포함하는 “영역(또는 지역)”을 관할하거나 또는 대표하는 것으로 간주할 수 있다.

3. 제안된 위치 등록 프로토콜

제안된 위치 등록 프로토콜은 다음과 같은 점들을 고려하므로써 앞서 살펴본 프로토콜에서 야기되는 문제점들을 개선하도록 한다. 아래의 ①과 ②는 Internet 프로토콜[13, 14]에서 제안된 것을 개선한 것이며, ③과 ④는 새로이 제안한 것이다.

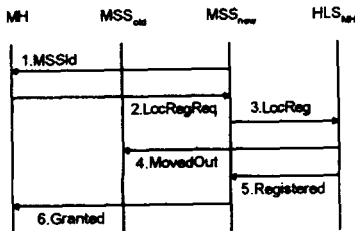
- ① Home LS로의 위치 이동 보고: 모든 MH는 새로운 셀로 이동시 자신의 HLS로 이동 사실을 보고하며, 해당 HLS는 이동한 MH의 위치 정보 내용을 새로운 셀의 id로 갱신한다. 따라서, HLS는 자신의 Resident-List내에 등록되어있는 MH들에 대한 최신의 위치 정보를 간직하게 되며, 앞서 머물던 셀을 관리하는 MSS로 해당 MH가 다른 곳으로 이동하였음을 알려준다.
- ② MSS의 Visitor-List 관리: 모든 MSS는 Visitor-List에 자신이 관리하는 셀내에 거주하는 MH들의 id들을 기억 관리한다. Visitor-List에는 해당 셀로 새로운 MH가 이주하여 위치 등록을 요청할 때마다 새로운 MH의 id가 추가되며, 관련 MH의 HLS로부터 해당 MH가 다른 셀로 이동하였음을 통지받는 즉시 해당 MH id를 Visitor-List로부터 삭제한다.
- ③ 국지 이동(local move)과 광역 이동(global move)의 구분: MH가 동일한 LS가 관리하

는 영역내의 셀들간을 이동하는 국지 이동과 이를 벗어나 다른 LS가 관리하는 영역내의 셀로 이동하는 광역 이동으로 구분한다. 광역 이동의 경우에는 MH가 진입한 셀을 포함하는 일정 영역을 관할하는 LS를 마치 자신의 HLS로 간주하여(이러한 HLS를 멀리 떨어져있는 HLS란 의미에서 "satellite" HLS(SHLS)라고 칭한다) 위치 등록을 수행하므로써, 신속한 위치 등록과 추후 관련 MH로의 메시지 전달시 "통신 국부성(locality)"을 살려 전달 비용의 감소를 도모한다. 여기서, 통신 국부성이란 메시지 수신자 MH는 송신자 MH와 물리적으로 가까운 지역내에(예를들어 동일한 LS가 관리하는 영역내에) 분포할 확률이 다른 지역내에 존재할 확률보다 높다는 성질로 정의할 수 있다.

- ④ Visitor-List를 갖는 SHLS: 모든 LS는 자신을 SHLS로하는 모든 MH에 대해 셀 레벨이 아닌 LS 단위의 영역 레벨의 Visitor-List를 갖는다. 이러한 Visitor-List에는 자신을 SHLS로 하고 있는 MH id와 현재 해당 MH가 머무는 셀의 id가 기록되며, 다른 LS가 관할하는 영역으로 이동시 관련 정보는 삭제된다.

3.1 국지 이동

(그림 2)는 MH가 자신의 HLS가 관할하는 영역내의 셀에서 동일 영역내의 다른 셀로 이동하는 국지 이동 과정이다. 단, MSS_{old} 는 MH가 위치 이동전에 머물던 셀을 관할하는 MSS를 의미하



(그림 2) 위치 등록(국지 이동)
(Fig. 2) Location registration(local move)

며, MSS_{new} 는 MH가 새로이 진입한 셀을 관할하는 MSS를 나타낸다. 또한, MH의 HLS는 HLS_{MH} 로 표기한다.

MH는 새로이 진입한 셀내의 MSS인 MSS_{new} 로부터 해당 셀의 id를 갖는 $MSSID$ 란 메시지를 수신하므로써 위치 등록을 시작한다(과정 1). 그런데, 수신된 id가 MSS_{new} 이므로 MH는 자신이 기억하고 있는 셀 id 즉, MSS_{old} 와 다름을 인지하게 된다. 따라서, *LocRegReq*란 메시지를 통해 위치 등록을 MSS_{new} 에 요청하며(과정 2), MSS_{new} 에 의해 *LocReq*란 메시지를 이용하여 HLS_{MH} 로 해당 MH가 위치 이동했음을 알린다(과정 3). HLS_{MH} 는 MSS_{old} 에게 MH가 다른 곳으로 이동하였음을 알리는 메시지 *MovedOut*를 전달하고(과정 4), 자신의 Resident-List내에 속하는 해당 MH의 위치를 MSS_{new} 로 갱신한다. 이후 HLS_{MH} 로부터 위치 등록에 대한 처리가 끝났음을 알리는 메시지 *Registered*가 MSS_{new} 로 도착된다(과정 5). 그리고, MH로 *Granted*란 메시지가 전달되면서(과정 6), 해당 MH는 비로서 사용자 메시지의 송수신이 가능하게 된다. 한편, *MovedOut* 메시지를 수신한 MSS_{old} 는 자신의 Visitor-List로부터 자신의 셀을 떠난 MH의 id와 관련된 캐쉬 정보 등을 삭제한다.

3.2 광역 이동

(그림 3)의 a)는 하나의 MH가 자신의 HLS (HLS_{MH})가 관할하는 영역내의 셀(MSS_{old})로부터 또 다른 LS($SHLS_{MH}$)가 관리하는 영역내의 셀(MSS_{new})로 이동하는 경우의 위치 등록 과정이다. 과정 2를 통해 MSS_{new} 는 위치 등록을 요청한 MH의 id로부터 다른 영역내의 MH임을 판단하게 된다. 그러면, HLS_{MH} 가 아닌 현재 자신의 셀을 포함한 영역을 관할하는 LS에게 위치 등록을 요청하고, 이때의 LS는 자신이 해당 MH의 HLS가 아니더라도 일종의 HLS와같이 위치 등록을 수락하는 절차를 수행하므로써, 해당 MH의 SHLS인 $SHLS_{MH}$ 가 된다.

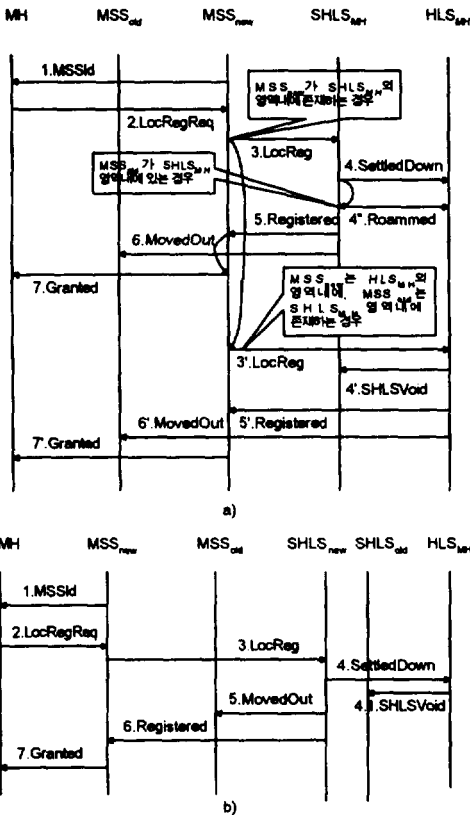
$SHLS_{MH}$ 는 일단 과정 3의 메시지를 수신시 MH의 HLS_{MH} 에게 자신이 해당 MH의 SHLS임을 의미하는 *SettledDown* 메시지를 전달한다(과정

4). 그리고, 해당 MH가 현재 머무는 셀의 id를 기록한다. 한편, *SettledDown* 메시지를 수신한 HLS_{MH} 는 MH가 머무는 현재 셀의 id를 수신된 메시지내의 셀 id로 갱신한다. 한편, MH가 새로이 진입한 셀을 관할하는 MSS_{new} 는 그림 a)에서 보드시 $SHLS_{MH}$ 로부터 *Registered*란 메시지를 받는 즉시 자신의 Visitor-List에 MH의 id를 추가하고(물론 위치 정보도 기록됨), MH에게 *Granted*란 메시지를 보내 위치 등록이 성공적임을 알려준다. 이러한 과정에서 MSS_{old} 로는 $SHLS_{MH}$ 에 의해 MH가 다른 셀로 떠났음을 *MovedOut* 메시지를 통해 전달되며(과정 6), 이를 수신시 MSS_{old} 는 자신의 Visitor-List로부터 해당 MH id와 캐쉬 정보 등을 제거하게 된다.

그림 a)의 과정 3'~7'까지는 MSS_{new} 가 HLS_{MH} 의 영역내에 있고, MSS_{old} 가 $SHLS_{MH}$ 내에 있는 경우로서 다른 LS 관리하의 영역으로 떠났던

MH가 다시 원래의 HLS가 관리하는 영역내로 돌아오는 경우의 위치 등록 과정이다. 앞서 과정과의 차이점은 MH가 머물던 셀을 포함하는 영역의 LS인 $SHLS_{MH}$ 에게 $SHLS$ 로서의 역할이 끝났음을 알리는 과정 4'가 추가된다는 점이다. 과정 4"의 *Roamed* 메시지는 $SHLS_{MH}$ 의 영역내의 MSS_{old} 가 관리하는 셀에서 역시 $SHLS_{MH}$ 영역내의 MSS_{new} 가 관리하는 셀로 이동한 경우의 국지 이동 과정에서 위치 이동한 MH의 HLS_{MH} 에게 동일한 $SHLS$ 하에서 단지 다른 셀로 이동하였음을 위치 정보와함께 전달하는 메시지이다.

(그림 3)의 b)는 MH가 $SHLS$ 인 $SHLS_{old}$ 가 관할하는 셀에서 또 다른 $SHLS$ 인 $SHLS_{new}$ 가 관할하는 셀로 이동한 경우를 보여준다. 이때에는 HLS_{MH} 로부터 $SHLS_{old}$ 에게 $SHLS$ 로서의 역할이 끝났음을 알리는 메시지 *SHLSVoid*가 부가적으로 있게 된다(과정 4.1 참조).



(그림 3) 위치 등록(광역 이동)
(Fig. 3) Location registration(global move)

4. 제안된 메시지 전달 프로토콜

앞 장에서 제안된 위치 등록 프로토콜의 특성을 활용하는 제안된 프로토콜의 주요 특징을 보면 다음과 같다.

- ① 상향식 위치 파악: 메시지 전달 과정에 앞서, 메시지 송신자 MH가 머물고있는 셀을 관리하는 MSS에 의해 수신자 MH의 위치 파악이 시도되고, 동일 셀내에 없거나 캐싱된 정보가 없다면 송신자 MH가 머무는 셀을 포함한 영역의 관리자인 LS에 의해 위치 파악이 있게 된다. 이 역시 실패한다면 최종적으로 수신자 MH의 HLS에 의해 수신자 MH가 머물고 있는 셀이 파악된다.
- ② 수신자 MH의 셀 id 캐싱: Internet 메시지 전달 프로토콜[14]과 유사하게 서로 다른 셀내에 존재하는 두 MH간의 루팅에 있어, 일단 한번의 메시지 전달이 있는 후에는 송(수)신자 MH가 속한 셀을 담당하는 MSS내에 반드시 상대방 수(송)신자 MH가 속한 셀의 MSS의 id를 강제적으로 캐싱하여 후속 메시지의 전달에서 위치 확인 절차가 반복되지않도록 한다.
- ③ 송신자 MH가 존재하는 영역의 LS를 경유

하는 루팅: 수신자 MH가 동일 셀내에 있지 않거나 수신자 MH의 MSS id가 캐칭되어 있지않은 경우의 메세지 전달은 송신자 MH가 머무는 셀을 포함하는 일정 영역을 관할하는 LS를 통해 메세지 전달이 이루어 지도록 한다. 이는 기존[13,14]의 "triangle (또는 dog-leg)" 루팅이라 칭해지던 방식과 달리 일단 "송신자 MH가 속한 셀이 속한 영역을 관할하는 LS로" 전달하여, 도착지 MH가 해당 LS를 SHLS로 간주하고 있는 지를 확인하도록 한다.

- ④ MSS로부터 HLS로의 메세지 재루팅(re-routing): 수신자 MH가 자신의 셀내에 더 이상 존재하지않음에도 불구하고 메세지가 도착하면, 송신자 MSS의 캐쉬 내용이 갱신되지 않았음을 의미하므로, 메세지를 수신자 MH의 HLS로 재전달한다. 이러한 메세지를 수신한 HLS는 캐쉬 내용의 갱신을 지시하게 되고, 자신의 위치 정보가 가리키는 수신자 MH가 머물고있는 셀의 MSS로 메세지를 전달한다.
- ⑤ 3-way에 의한 종료: 제안 프로토콜에서는 일단 특정 기간 동안 셀내에 머문다면 반드시 메세지를 수신할 수 있도록 송신자 MH의 HLS가 참여하는 3-way handshake 방식을 사용한다.

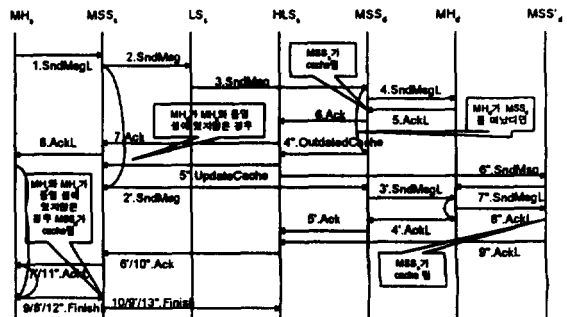
4.1 동일 영역내에서의 메세지 전달

(그림 4)는 메세지의 송신자 MH(MH_s)와 도착지 MH(MH_d)이 모두 동일한 LS인 LS_s가 관장하는 영역내에 존재할 때의 메세지 전달 과정이다. 여기서, LS_s는 MH_s의 HLS일 경우와 SHLS일 경우가 있는데, MH_d에 관해서도 마찬가지로 있을 수 있다. 그림에서는 메세지 전달의 종료를 고려하기 위해 LS_s와 HLS_s가 서로 다르며, LS_s가 SHLS인 경우만을 나타내었다. 또한, 논의의 편의를 위해 MH_s와 MH_d가 거주하고 있는 셀을 담당하는 MSS를 MSS_s와 MSS_d로 표기하였다. 먼저, MH_s와 MH_d가 이동하지 않을 경우의 메세지 전달 과정을 살펴본 후, 이후 이동한 경우의 메세지 전달 과정을 살펴본다.

과정 1을 통해 메세지 SndMsgL이 MSS_s에 도착 후, MSS_s=MSS_d이면 MH_s가 MH_d와 동일한 셀에 존재하는 것이므로 과정 2'와 3'를 거쳐 MH_d에 해당 메세지가 전달된다. 그러나, MSS_s≠MSS_d인 경우에는 MSS_s와 LS_s를 경유하는 과정 2-4를 거치는데, MH_d 역시 LS_s가 관리하는 영역내의 셀에 머물고 있으므로 MS_d로의 메세지 전달이 가능하다.

그러면, 일단 전달된 메세지에 대한 수신 확인(ack) 메세지를 수신하는 경우(과정 5-10)를 보자. 주의할 점은 MH_d가 MH_s로 "수신 확인 메세지를 전달시 HLS_s를 경유한다"는 것이다. 즉, 메세지 전달 과정에서 MH_s가 이동하는 경우라도, MH_s의 새로운 위치 정보는 반드시 HLS_s에게 알려지므로, HLS_s를 거치도록 한다면 수신 확인 메세지는 위치 이동에 관계없이 언제나 MH_s로 전달될 수 있다. 따라서, 수신 확인 메세지인 AckL을 수신한 MH_s는 메세지 전달의 종결을 의미하는 FinishL을, MSS_s는 다시 HLS_s로 FinishL을 보냄으로서 3-way handshake에 의한 메세지 전달이 종료 된다.

한편, 그림에서 과정 3과 과정 8''를 수행 후, MSS_s내에 MSS_s's의 id가 자동적으로 캐칭됨을 알 수 있다. 또한, 과정 9/8'(또는 12'')를 수행시에도 MSS_s내에 MH_d가 머물고 있는 셀의 id인 MSS_d(또는 MSS_s'd) id가 캐칭됨을 알 수 있다. 이러한 캐칭 기능은 이후 연속되는 상대방 MH로의 메세지(수신 확인 메세지가 아닌 사용자 메세지)를 전달시 위치 정보 파악 과정을 생략하



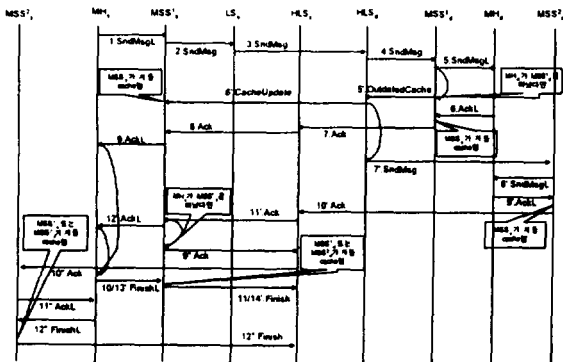
(그림 4) 동일한 Ls 영역내에서의 메세지 전달 (Fig. 4) Message transfer within the same area under a LS

고, 직접적인 메세지 전달이 수행될 수 있는 장점을 제공한다.

그러면, 그림에서 과정 4 또는 과정 3' 중에 MH_i 가 다른 셀로 이동하는 경우를 살펴보자. 이러한 경우에는 먼저 앞 장에서 언급한 위치 등록 과정이 선행되고, MH_i 가 새로이 이주한 곳으로 메세지가 재전달되게 된다. 먼저 과정 3을 수행 후, MH_i 가 MSS_i 를 떠난 경우에는 MSS_i 내의 Visitor-List엔 더 이상 MH_i 의 id가 존재하지 않는다. 따라서, 과정 4"를 통해 MH_i 가 이동한 새로운 셀의 id를 얻을 수 있고, 과정 5"를 통해 MSS_i 로 이러한 사실이 통보되며(캐싱을 하도록 하기 위해), 과정 6"를 거쳐 MH_i 가 새로이 이동한 셀을 관할하는 MSS'_i 로 메세지가 전달된다. 즉, 모든 MSS 는 자신이 관리하는 Visitor-List에 존재하지않는 MH 로 어떤 메세지가 도착하면 이를 해당 MH 의 HLS 로 재전달하여, 해당 HLS 로 하여금 메세지 전달을 다시 한번 하도록 하며, 관련 캐쉬 내용을 갱신하는 절차가 수행되도록 한다.

4.2 서로 다른 영역간의 메세지 전달

메세지의 송신자 측의 MH , MSS , LS 를 각기 MH_i , MSS_i , LS_i 라 하고, 수신자 측의 MH , MSS , LS 를 각기 MH_j , MSS'_j , LS'_j 로 표기하자. 그리고, MH_i 와 MH_j 는 후에 각기 MSS^2_i 를, MSS_i 에서 MSS^2_j 로 이동함을 가정한다. 그러면 MSS



(그림 5) 서로 다른 LS하의 영역간의 메세지 전달 (캐쉬되어 있지않은 경우)

(Fig. 5) Message transfer between two areas under different LSs(no-cache case)

LS'_j 내에 MH_i 가 머물고 있는 셀의 id가 캐싱되어 있는지에 따라 다음과 같은 두가지의 전달 과정이 가능하다.

① MSS_i id가 캐쉬되지않은 경우

(그림 5)는 MSS'_i 내에 MH_i 가 머물고 있는 셀의 id가 캐싱되어 있지 않은 경우의 메세지 전달 과정이다. 과정 1에서 8까지는 MH_i 및 MH_j 모두가 $MSS1s$ 와 MSS'_i 가 관리하고 있는 셀을 떠나지 않을 때의 메세지 전달 과정이다.

특징으로는 LS_i 와 LS'_j 를 경유하는 경로를 따라 메세지가 전달되며, 과정 8과 같이 전달 메세지에 대한 수신 확인 메세지인 $AckL$ 이 MSS'_i 로 도착 시, 송신자 MH_i 가 머물고 있는 셀의 id인 MSS'_i 가 MSS'_i 내에 자동적으로 캐싱된다는 점이다. 그리고 과정 9에서 11까지를 거치는 동안 MSS'_i 는 MH_i 로부터 $FinishL$ 메세지(과정 10)를 수신 후(즉, 성공적인 메세지 전달 후)에야 비로소 MH_i 가 거주하는 셀의 MSS'_i 가 캐싱된다. 수신 확인 과정에서는 Ack 메세지가 MSS'_i 에서 HLS_i 로(과정 7), 그리고 HLS_i 에서 MSS'_i 로 전달되어(과정 8) 초기에 LS_i 와 LS'_j 를 경유하는 경로를 따라 메세지를 전달하는 과정과 달리 MH_i 의 위치 이동 여부를 일단 확인하고 수신 확인 메세지가 전달된다.

과정 3'와 과정 4'는 이미 다른 셀로 이동한 MH_i 로 메세지가 MSS'_i 에 도착 시 이를 HLS'_i 로 통보하고, MSS'_i 내의 캐쉬 내용이 존재하면 이를 갱신하고 없다면 새로이 생성하도록 하는 절차이다. 과정 5'-7'는 MH_i 가 이미 MSS'_i 가 관리하는 셀을 떠나 MSS'_j 가 관리하는 셀로 이주한 경우의 메세지 전달 과정이다. 아울러 과정 9"-10"는 MH_i 가 $SendMsgL$ 을 전송 후 MSS'_i 가 관리하는 셀을 떠나 MSS'_j 가 관리하는 셀로 이동한 경우의 동작 과정이다. MSS'_i 는 자신의 셀에 머물지않는 MH 에 대한 Ack 메세지를 수신 후, 이를 해당 MH_i 의 HLS_i 로 전달하여, HLS_i 에 의해 MH_i 가 현존하는 셀을 담당하는 MSS^2_j 로 전달되도록 한다. 이는 MH_i 가 위치를 이동한다면 반드시 이동한 새 위치가 HLS_i 에 통보된다는 사실을 이용하는 것이다. 또한, Internet 프로토콜과 달리 캐쉬 내용의 갱신 시 broadcast를 이용하지않고, 단지 관련 MH 와의 메세지 전달이 있을 경우에

한하여 갱신 절차가 메시지 전달 과정 중에 부가적으로 수행되는 장점이 있다.

위의 3-way handshake에 의한 메시지 전달 과정에서는 메시지 재전송을 위해 두 가지의 timer가 사용된다. 먼저, MH_i는 매 메시지를 전송 후 수신확인 메시지를인 AckL 을 수신하기 전까지 timer를 작동하여 timer가 expire할 때마다 재전송을 하게 된다. CNSMH의 하부를 구성하고 있는 FWN이 메시지를 전달할 확률이 0이 아니며, MH_i가 위치 이동을 반복하더라도 셀에 머무는 시간이 SndMsgL 을 수신할 수 있을만큼 충분하다면 MH_i는 궁극적으로 SndMsgL 을 수신할 수 있다. 두 번째로는 MSS₁ 또는 MSS₂로부터 수신확인 메시지를인 Ack 를 수신하여, MSS₁ 또는 MSS₂로 Ack를 전달한 후에 작동을 시작하여 Finish 메시지를 수신하기까지 timer가 expire될 때마다 Ack 메시지를 재전송하기 위해 이용한다. 따라서, 앞의 경우와 마찬가지로 CNSMH의 FWN에서 메시지가 오류없이 전달될 확률이 0이 아니라면 비록 MH_i 역시 위치 이동을 반복하더라도 궁극적으로는 AckL 메시지를 수신할 수 있고, HLS, 역시 Finish 메시지를 수신하게 되어 메시지 전달이 종료되게 된다.

② MSSd id가 캐쉬된 경우

MH_i가 머물고 있는 셀의 id가 MSS₁내에 캐쉬되어 있는 경우에는 MSS₁와 MSS₂ 사이에 최단 경로를 이용한 메시지 전달이 가능하다. 그러나, MH_i가 위치 이동을 하여 MSS₂내에 캐쉬

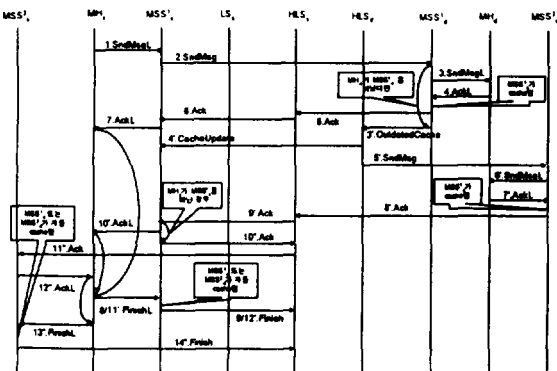
되어있는 내용과 실제 거주하는 MSS₂의 id가 서로 다른 경우에는 메시지의 재전달이 불가피하며, 캐쉬 내용 역시 갱신되어야 한다. (그림 6)에 이러한 과정을 나타내었다.

먼저 과정 1에서 6까지는 송수신자 MH들이 현재의 셀을 벗어나지않은 경우의 메시지 전달과정을 나타낸다. 그러면, MSS₁내의 MH_i에 대한 캐쉬 내용이 MSS₂인 경우 과정 2에 의해 SndMsg 메시지가 MSS₂에 도착하고, 그 동안 MH_i가 MSS₂가 관리하는 셀로 이동한 경우에, MSS₁는 SndMsg가 도착함에 따라 수신자 MH인 MH_i가 더 이상 자신의 셀에 머물지 않음을 알게 되어(왜냐하면 MH_i가 위치 이동을 하면 위치 등록 과정을 통해 MSS₁내의 Visitor-List로부터 삭제되므로), 캐쉬되어 있는 정보가 out-dated 되었음을 판단할 수 있다. 따라서, 수신자 MH가 받아야할 메시지와 함께 OutdatedCache란 메시지를 LSd로 전달한다(과정 3'). 그러면, HLSd는 자신이 갖고 있는 MH_i의 위치 정보 내용을 MSS₂으로 전달하여(과정 4'), MH_i로 메시지가 전달될 수 있다(과정 5'). 따라서 MSS₁는 MH_i가 존재하는 셀의 id를 MSS₂로 갱신하게 되고, 이후 MH_i로의 메시지 전달시에는 MSS₂로의 직접적인 경로를 사용할 수 있게 된다. 한편, MH_i가 위치를 이동하는 경우의 과정 8"-10"는 (그림 5)에서 설명한 바와 동일하고, 이후 과정 역시 (그림 5)와 유사하다.

5. 통신 비용 평가

본 장에서는 제안된 MH 루팅 프로토콜과 기존의 대표적인 WINLAB 프로토콜[1, 4, 9, 10] 및 Internet 프로토콜[14]과의 통신 비용을 비교 평가한다. 평가 요소는 기존의 다른 연구[1, 3, 4, 9, 10]와 마찬가지로 이동 중인 MH로 메시지 루팅을 수행 시 수반되는 (최악의) 메시지 수를 비교하므로써 이루어진다.

먼저 C_i를 CNSMH의 고정 유선망 즉, FWN내의 임의의 두 노드(MSS 또는 LS) 간의 하나의 메시지를 전송하는데 소요되는 비용을 나타내고, C_w를 임의의 하나의 MSS와 그 셀내의 임의의 한 MH 사이에 무선을 이용하여 하나의 메시지



(그림 6) 서로 다른 LS하의 영역간의 메시지 전달 (캐쉬되어 있는 경우)

(Fig. 6) Message transfer between areas under different LSs(cache case)

를 전송하는데 소요되는 비용을 나타낸다고 하자. 그리고 m개의 MH가(그림 2)와 같은 국지이동을 하고, n개의 MH는(그림 3)의 a)와 같은 과정 1-7의 광역 이동을 하는 경우, 임의의 한 MH로부터 m+n개의 이동 중인 MH들로의 연속적인 메시지를 루팅시 수반되는 비용을 구한다.

(그림 2)로부터 하나의 MH의 이동에 따른 국지 이동 비용 C'_{lu} 는 $C'_{lu}=3C_w+3C_l$ 을, 그림 3의 a)로부터 광역 이동 비용 C'_{lu} 는 $C'_{lu}=3C_w+3C_l$ 을 얻는다(최악의 경우를 위해 캐쉬를 사용하지 않는 경우를 고려한다). 따라서, m개의 MH의 국지 이동과 n개의 MH의 광역 이동에 따른 총 위치 이동 비용 $Cost_{lu}$ 는 $Cost_{lu}=C_w(3m+3n)+C_l(3m+3n)$ 이다. 또한, 국지 이동에 따른 메시지 전달 비용 C'_{mi} 는(그림 4)의 과정 1-3, 4"-6" 및 7"-13"에 해당되므로 $C'_{mi}=5C_w+8C_l$ 이 된다. 또한, 광역 이동 비용 C'_{mi} 는(그림 5)의 과정 1-4 및 5'-14'에 해당되므로 $C'_{mi}=5C_w+9C_l$ 이다. 따라서, m개의 MH의 국지 이동과 n개의 MH의 광역 이동에 따른 메시지 전달 비용 $Cost_{mi}$ 는 $Cost_{mi}=C_w(5m+5n)+C_l(8m+9n)$ 가 되고, 제안된 루팅 프로토콜의 비용 $Cost_{rt}^{proposed}$ 는 $Cost_{rt}^{proposed}=Cost_{lu}+Cost_{mi}=C_w(8m+8n)+C_l(11m+13n)$ 을 얻는다.

한편, WINLAB 프로토콜의 경우는 메시지 전달시 paging을 이용하므로 메시지 전달 비용 C_{mi}^{WINLAB} 는 $(m+n)(N^{LS}_{MSS} \cdot C_l \cdot N^{LS}) \geq Cost_{mi}^{WINLAB} \geq (m+n)(N^{LS}_{MSS} \cdot C_l)$ 가 된다. 여기서, N^{LS}_{MSS} 는 하나의 LS가 관리하는 영역내의 MSS들의 수로 60-200이며[10], N^{LS} 는 CNSMH내의 LS의 총수이다. Internet 프로토콜의 경우에는 위치 이동 때마다 이동한 MH의 HLS에 의해 해당 영역내의 모든 MSS들에게 broadcast되므로 위치 이동 비용 $Cost_{lu}^{Internet}$ 는 $Cost_{lu}^{Internet} \geq (m+n)(N^{LS}_{MSS} \cdot C_l)$ 가 된다. 편의상 $C_w=C_l=1$ 임을 가정하면 세가지 프로토콜의 루팅 비용은 다음과 같다.

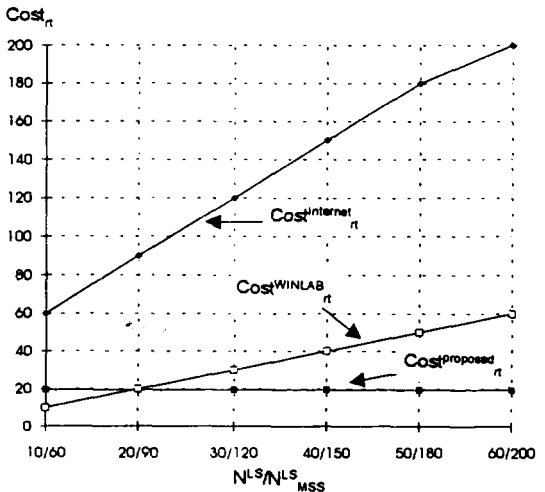
$$Cost_{rt}^{proposed} = 19m + 21n$$

$$Cost_{rt}^{WINLAB} > Cost_{rt}^{WINLAB_{mi}}$$

$$\text{단, } (m+n)(N^{LS}_{MSS} \cdot C_l \cdot N^{LS}) \geq Cost_{mi}^{WINLAB} \geq (m+n)N^{LS}$$

$$Cost_{rt}^{Internet} > Cost_{lu}^{Internet} \geq (m+n)N^{LS}_{MSS}$$

따라서 제안 프로토콜은 위치 등록 및 메시지 전달시에도 broadcast를 이용하지 않으므로 루팅 비용은 N^{LS}_{MSS} 및 N^{LS} 에 관계없이 일정한 값을 갖으며, 비용 측면에서 크게 개선되게 된다. 예를 들어, 위식으로부터 제안 프로토콜의 비용은 다른 프로토콜 비용의 약 33%($N^l=60$ 일때)와 11%($N^l=200$ 일때)에 지나지 않는다. 그런데 이러한 결과는 위 식에서 보드시 WINLAB 프로토콜과 Internet 프로토콜의 루팅 비용인 $Cost^{WINLAB}_{rt}$ 와 $Cost^{Internet}_{rt}$ 가 각기 $Cost^{WINLAB}_{mi}$ 와 $Cost^{Internet}_{lu}$ 만을 고려할 때의 비용이므로 제안 프로토콜의 루팅 비용은 더욱 낮아지게 된다. 또한, m+n개의 MH들이 국지 이동을 하는 경우에는 통신 국부성에 의해 국지 이동만을 고려하면되므로 $Cost_{mi}^{proposed}=19(m+n)$ 이 되어, 좀 더 개선된다. (그림 7)은 구체적인 경우로서 m=0.8, n=0.2의 비율로 위치 이동을 하는 경우에 대해 N^{LS}/N^{LS}_{MSS} 가 10/60에서 60/200까지 변화될 때의 세가지 프로토콜의 루팅 비용의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 앞서의 관계식에서 보드시 제안된 프로토콜의 통신 비용은 N^{LS}_{MSS} 및 NL에 무관하여 일정한 통신 비용을 갖는다. 따라서, N^{LS}_{MSS} 및 NL이 증가함에 따라 통신 비용이 증가되는 기존의 프로토콜들에 비해 개선된 것임을 알 수 있다.



(그림 7) 루팅 비용 비교(m=0.8,n=0.2)
(Fig. 7) Comparison of routing costs
(m=0.8,n=0.2)

6. 결 론

본 논문에서는 이동 호스트(MH, mobile host)를 수용하는 컴퓨터 네트워크(CNSMH, computer network supporting mobile hosts)에 있어 MH간의 경제성있는 통신을 지원하는 메시지 루팅 프로토콜을 제시하였다. 제안된 루팅 프로토콜은 MH의 위치 이동에 따른 위치 정보의 등록을 담당하는 위치 등록 프로토콜과 수신자 MH로의 신뢰성있는 메시지 전달을 수행하는 메시지 전달 프로토콜로 구성하였다. 제안 프로토콜은 WAN과 같은 일반적인 CNSMH에 대해 적용할 수 있다. 기능적인 측면에서 위치 등록 프로토콜은 MH의 위치 이동을 국지 이동과 광역 이동으로 구분하고, 특히 광역 이동의 경우 위치 등록 시간이 단축되며 추후 MH의 위치 파악이 용이한 Satellite HLS 개념을 제시하였다. 메시지 전달 프로토콜은 통신 상대방이 거주하는 셀을 관할하는 MSS의 id를 캐칭하도록 하여 이후 연속적인 메시지 전달시 위치 파악에 따른 통신 비용과 시간을 감축할 수 있도록 하였다. 또한 MH의 이동에 따른 메시지 재전송은 해당 MH의 HLS를 경유하는 3-way handshake에 의한 신뢰성있는 메시지 전달이 가능하도록 하였다. 프로토콜의 평가는 다른 연구들과 마찬가지로 위치 이동하는 MH에 대한 메시지 루팅시에 수반되는 최악의 메시지 수를 고려하였다. 제안된 프로토콜은 WINLAB 프로토콜 및 Internet 프로토콜 비용의 약 33% 내지 11% 정도에 지나지않음을 알 수 있었다. 제안된 프로토콜의 경우 캐쉬를 이용하여 가능한 최단 경로의 메시지 전달을 유도하였으나, MH의 위치 이동에 따라 HLS를 경유하는 메시지 재전송 과정에서는 최단 경로의 이용이 불가능하게 되며, MH 이동과 통신 국부성이 각기 확률적으로 주어질 경우 캐쉬 내용의 hit-ratio와 루팅 비용에 관한 향후 연구가 필요하다.

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. Awerbuch and D. Peleg, "Cocurrent On-line Tracking of Mobile Users," ACM Proc. SIGCOMM'91, pp. 221-233, Sep. 1991.

[3] 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.

[4] B. Badrinath, T. Imielinski, and A. Virmani, "Locating Strategies for Personal Communication Networks," Proc. of Workshop on Networking of Personal Communications Applications, Dec. 1992.

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

[6] R. Ca'ceres and L. Iftode, The Effects of Mobility on Reliable Transport Protocols, Tech. Report MITL-TR-73-93, Matsushita Info. Tech. Lab., Nov. 1993.

[7] 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, March 1992.

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

[9] T. Imielinski and B. Badrinath, "Querying Locations in Wireless Environments," Wireless Communications Future Directions, edited by J. Holtzman and D. Goodman, Kluwer Academic Publishers, 1993.

[10] T. Imielinski and B. Badrinath, "Mobile Wireless Computing: Solutions and Challenges in Data Management," to appear in CACM.

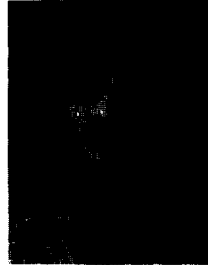
[11] J. Ioannidis, D. Duchamp, and G.Q. Maguire Jr, "IP-based Protocols for Mobile Internetworking," ACM Proc. SIGCOMM'91, pp. 235-245, Sep. 1991.

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

Macquire University, 1993.

- [13] J. Penners and Y. Rekhter, Simple Mobile Host IP(SMIP), Internet Draft, IETF, Aug. 1993.
- [14] Routing for IP Mobile Hosts, Internet Draft, IETF, July 1993.
- [15] 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.
- [16] F. Teraoka, Y. Yokote, and M. Tokoro, "A Network Architecture Providing Host Migration Transparency," ACM Proc. SIGCOMM' 91, pp. 209-220, Sep. 1991.
- [17] H. Wada, et al, "Mobile Computing Environment Based on Internet Packet Forwarding," Proc. Winter Usenix, pp. 503-517, Jan. 1993.

- [18] 차 영환, 성 현경, "이동 호스트를 위한 개선된 이동성 관리 및 멀티캐스트 프로토콜," 정보처리논문지, 제2권, 제1호, pp. 81-94, 1995.



차 영 환

1979년~83년 인하대학교 이
학사(전산학)
1983년~85년 KAIST공학석
사(전산학)
1989년~93년 인하대학교 대
학원 이학박사(전산학)
1985년~90년 한국전자통신
연구소 선임연구원
1986년~87년 미국 NIST(NBS) 초청과학자
1993년 서울대학교 컴퓨터기술연구소 연구원
1994년~현재 상지대학교 이공대학 전산학과 전임
강사
관심분야 : 네트워크 구조 및 설계, 통신 프로토콜, 응용그래프론, 시스템 소프트웨어.