

이동 컴퓨팅 환경에서 수정된 지역 위치등록을 이용한 고속 핸드오프 프로토콜 개선

한 승 진[†] · 최 성 용^{††} · 이 정 현^{†††}

요 약

무선 단말기를 이용하여 단순한 문자 및 음성 전송 뿐만 아니라 멀티미디어 트래픽을 전송하고자 하는 사용자가 증가하고 있다. 본 논문에서는 이동 망에서 수정된 지역 위치등록을 이용하여 멀티미디어 트래픽의 실시간 전송에 적합한 고속 핸드오프 프로토콜을 제안한다. 제안한 프로토콜은 기존에 제시된 개방된 문제점 중 삼각 라우팅 문제를 CN의 프로토콜을 수정하지 않고 해결한다. 또한 MN이 핸드오프 중이라도 실시간으로 패킷을 수신할 수 있는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 고속 핸드오프 프로토콜을 기존의 방법과 위치등록 비용 및 패킷 전송 비용으로 나누어 성능 평가하여 본 논문에서 제안하는 방법이 우수하다는 것을 입증한다.

An Improvement of Fast Handoff Protocol using Modified Local Registration in Mobile Computing Environment

Seung-Jin Han[†] · Seong-Yong Choi^{††} · Jung-Hyun Lee^{†††}

ABSTRACT

By using wireless terminal, User that want to transmit multimedia traffic as well as simple text and voice have a tendency to increase. This paper proposes a fast handoff protocol that is suitable transmission for real-time of multimedia traffic by using modified local registration. The proposed protocol solves the Triangle Routing Protocol that is one of existing opened issues without modifying protocol of CN, and we propose the method that MN is able to received a packet by real-time, even if MN is being handoff. We compare fast handoff protocol proposed in this paper with existing method in the registration cost and data packet transmission cost. As a result, we showed that fast handoff protocol proposed in this paper outperforms existing method.

키워드: 고속 핸드오프(fast handoff), MN(Mobile Node), CN(Corresponding Node), HA(Home Agent), FA(Foreign Agent), MFA(Middle FA), GFA(Gateway FA), 삼각 라우팅 문제(Triangle Routing Problem), MA(Mobility Agent), CoA(Care-of Address)

1. 서 론

폭발적인 인터넷 인구의 증가는 기존의 유선 망에서 뿐만 아니라 무선 망에서 IP 관련 기술의 발전을 요구하고 있다. 음성 서비스에서는 기존 유선 망의 비싼 회선 교환 망 보다는 음질과 접속률이 유선 망에 근접한 VoIP 기술들이 속속 선보이고 있다. 이러한 IP 기술을 이동 컴퓨팅 망과 접목시키고자 하는 노력이 Mobile IP[7]이다. 이 방법은 MN에 IP 주소를 부여하고, 노드에 이동성을 제공한다. 그러나 Mobile IP는 현재까지 삼각 라우팅 문제(Triangle Routing Problem)와 같

은 몇 가지 개방된 문제점이 제시되고 있다[5].

[5]는 보고서에서 현재 Mobile IP 방법에서 해결하지 못하거나 해결중인 개방된 문제점을 도메인 간 이동성, 도메인 내 이동성, QoS, 동시 바인딩, 그리고 보안으로 나누어서 보고하였다. 그 중 MN의 이동성에 해당하는 개방된 문제점은 <표 1>과 같다.

본 논문에서는 CN에게 MN의 변경된 주소를 알리지 않고, 개방된 문제점 중 MN의 이동성에 대한 문제점을 해결한다. 또한 멀티미디어 트래픽의 실시간 전송에 적합한 고속 핸드오프 프로토콜을 제안하고, 성능 평가에서는 본 논문의 방법과 "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4"[6], "IP Mobility Support"[7], "셀룰라 무선 망에서 실시간 패킷 전송을 위한 핸드오프 프로토콜 개선"[15]을 위치등록 비용과 패킷 전송

† 정 회 원 : 인하대학교 컴퓨터공학부 강의전담 조교수
†† 정 회 원 : 김포대학교 컴퓨터계열 소프트웨어발전공 교수
††† 총신회원 : 인하대학교 컴퓨터공학부 교수
논문접수 : 2001년 8월 29일, 심사완료 : 2001년 12월 3일

비용으로 나누어 평가한다.

<표 1> 개방된 문제점

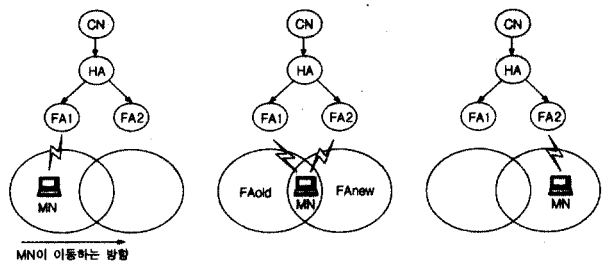
	도메인 간 이동성(Inter-domain mobility(macro-mobility))
Issue-1	삼각 라우팅 문제
Issue-2	비효율적인 방향 라우팅
Issue-3	비효율적인 HA 통보
Issue-4	비효율적인 바인딩 위치등록 삭제
	도메인 내 이동성(Intra-domain mobility(micro-mobility))
Issue-5	마이크로 이동성의 지역적인 관리
Issue-6	끊김이 없는(seamless) 도메인 내 핸드오프
Issue-7	인트라넷에서 이동성 라우팅

2. Mobile IPv4에서 핸드오프 프로토콜

2.1 고속 핸드오프 프로토콜

이동 컴퓨팅 망에서 핸드오프 시 발생하는 패킷의 손실 문제를 해결하고자 많은 연구가 진행되고 있다[1-3, 12]. 그러나 이러한 방법들은 단순히 패킷을 MA(혹은 기지국)의 버퍼에 저장할 한 후 MN이 핸드오프를 완료한 후에 해당 지역으로 전송하는 기법을 사용한다.

트래픽의 형태가 단순한 문자 형태를 탈피하여 멀티미디어 형태로 변경됨에 따라 기존의 방법으로는 멀티미디어 트래픽에 대한 실시간 서비스를 제공하기 어렵다. [4, 6, 15]에서는 MN이 핸드오프할 경우, (그림 1)과 같이 MN이 FAold 영역과 FAnew 영역이 중첩된 지역에 위치한 상태라면 FAold와 FAnew에게서 동시에 패킷을 수신하도록 하였다. 핸드오프를 완료한 후에는 FAold의 연결을 끊고 FAnew 연결로만 패킷을 수신하는 소프트 핸드오프 방식을 연구하였다.



(그림 1) 고속 핸드오프의 동작

IETF의 핸드오프 지원 기술 표준화 동향[14]에서는, 이러한 고속 핸드오프와 직접 관련된 방법을 “Mobile IP Regional Registration”, “Mobile IP Based Micro Mobility Management Protocol in The Third Generation Wireless Network”, “Hierarchical MIPv6 Mobility Management”, “Fast Handover for Mobile IPv6”, “Low Latency Handoffs in Mobile IPv4” 등 5가지로 나누었다. 이 중에서 MIPv4와 관련된 방법은 마지막 문서이다.

2.2 Mobile IPv4에서 지연이 낮은 핸드오프

Low Latency Handoffs in Mobile IPv4[6]에서는 FA 서브넷 간의 이동에서 지연이 낮은 핸드오프를 수행하기 위해 두 가지 방법을 제안하였다. 이 방법은 Mobile IP 등록 과정의 지연으로 인한 서비스 지연 시간을 최소화 함으로써 Mobile IPv4 망에서 실시간 서비스를 지원한다.

다음은 지연이 낮은 IP 계층 핸드오프를 이루기 위하여 제공되는 두 가지 방법이다.

- 망 지원, 이동국과 망 제어 핸드오프(Network Assisted, Mobile and Network Controlled(NAMONC) Handoff)
- 망 초기화, 이동국 종료 핸드오프(Network Initiated, Mobile Terminated(NIMOT) Handoff)

NAMONC 핸드오프에서 MN은 IP 계층 핸드오프 절차에 포함되므로, MN은 L2(Layer 2) 핸드오프가 완료되기 전에 발생할 L3(Layer 3) 핸드오프 수행을 위해 망의 지원을 받는다. L2 정보는 MN과 FA에서 모두 사용된다. 이 방법에서는 MN의 이동이 있기 전에 잠재적인 MN의 이동 위치에 트래픽의 다중 복사본을 보내기 위한 동시적인 바인딩(binding)의 사용이 제안되었다. 따라서 L2 이동성에 관련된 이동국 지원 핸드오프는 FA간의 끊김없는 핸드오프를 수행하는데 도움을 주며 NAMONC 핸드오프는 Mobile IP의 보안에 의존한다. MN이 다중 인터페이스를 활성화 시킬 수 있고, 다중 액세스 점에 동시에 데이터 연결이 되는 경우에 MN은 예상되는 동시적인 바인딩을 지원할 필요가 없으며 현재의 인터페이스로부터 연결이 끊기기 이전에 새로운 FA로 등록을 통한 연결을 설정함으로써 간단히 끊김없는 핸드오프를 수행할 수 있다.

NIMOT 핸드오프에서는 MN으로부터 정식적인 등록 요청을 FAold와 FAnew가 수신하기 전에 일종의 사전등록을 설정하여야 한다. 이를 위해 L2의 정보를 사용하도록 Mobile IP 프로토콜 확장을 제안하였다. 이 확장을 통해 새로운 접속 지점에서 매우 빠른 핸드오프 설정을 가능하게 하며 이로 인해 실시간 응용에서 핸드오프 지연이 최소화 된다. 그러나 이 방법은 L2까지의 정보만을 이용하여 핸드오프를 하는 방법이다. 따라서, MN은 최종적으로 공식적인 Mobile IP 등록을 수행해야 한다. 제안된 확장은 링크 계층에서 가능한 지원에 대한 최소한 몇 가지 가정이 존재한다. 이 가정은 기존 무선 링크 계층에서 가능한 임의의 링크 계층 지원을 다루고 있으나 특정 무선 링크 프로토콜에 기반하지 않는다. 보안은 표준 Mobile IP 메커니즘에 의하여 이루어지며 도메인 내, 도메인 간 핸드오프가 모두 지원된다. 이 기술은 서로 다른 기술간의 핸드오프에 사용될 수 있으나 하나의 망 인터페이스에서 다른 인터페이스로 변경하기 위하여 MN의 많은 기능이 요구된다.

2.3 계층적인 FA를 갖는 Mobile IP의 지역적 위치등록

MN이 CoA를 발견하는 절차 동안 여러 개의 FA들은 에이전트 광고 메시지를 이용하여 자신의 존재를 광고한다. MN의 CoA 등록은 MN의 현재 위치에서 가장 가까운 두 FA의 가장 근접한 조상 FA에게 한다[8]. (그림 2)와 같이 MN이 FA4에서 FA6로 이동하였다면, 두 지역의 FA와 가장 근접한 조상은 FA1이다. 이 등록 절차 중 한 가지 과정은 MN이 트리에서 위치를 등록할 조상을 찾는 것이다. MN은 자신과 FAold와 FAnew 사이의 가장 근접한 노드 사이에서 계층적인 각 레벨에 위치등록 메시지를 전송한다. (그림 2)에서 MN은 FA1에게 위치등록 메시지를 전송하고, 이 방법에 의해 서로 다른 홉 터널은 FA6로부터 HA로 생성된다. 즉, HA → FA1, FA1 → FA3, FA3 → FA6로 된다.

위의 방법들은 <표 1>의 삼각 라우팅 방법을 근본적으로 해결하지 못한다. 본 논문에서는 지역 위치등록[8]을 수정한 방법과 실시간 패킷 전송을 위한 핸드오프 프로토콜 개선[15]을 이용하여 MN이 타 지역(도메인 내와 도메인 간)으로 이동을 하여도, 멀티미디어 트래픽을 끊임없이 실시간 전송하면서 지연이 상대적으로 낮은 고속 핸드오프 프로토콜을 제안한다.

(그림 2) 계층적인 FA를 갖는 Mobile IP의 지역 위치등록

3. 멀티미디어 트래픽을 위한 고속 핸드오프

3.1 수정된 지역적 위치등록을 이용한 MN의 위치 관리

수정된 지역 위치등록을 이용한 MN의 위치 관리는 MN이 HA 이외의 다른 지역으로 이동 시 위치등록 통보를 HA에게 하는 것이 아니라 MN이 이동하기 전에 위치했던 지역과 현재 위치한 지역의 MA들과 조상이 같은 MA까지 위치등록을 한다.

3.1.1 최초 위치등록

(그림 3)에서 MN이 HA에 위치등록을 하고 홈 IP 주소를 할당 받는다. MN의 위치 정보는 HA, MFA1, 그리고 GFA1에 보고된다. MN의 위치 정보는 MFA1과 GFA1의 라우팅 테이블에 저장되고, 이 정보는 MN에 전송되는 패킷의 라우팅을 위해 사용된다.

3.1.2 동일한 MFA내에서 MN이 이동한 경우

MN이 HA에서 위치등록을 마친 후 FA1 지역으로 이동을 한다. MN의 이동 사실을 보고받은 FA1은 MN의 이동 정보를 HA와 부모가 같은 MFA1까지만 보고한다. 이 때 MFA1은 MN이 이전에 위치했던 지역 정보를 통해 GFA1에게 MN의 이동 사실을 보고할 것인지 결정한다. MFA1은 MN의 위치 정보를 라우팅 테이블에 저장한다. CN에서 전송하는 패킷은 GFA1을 거쳐 MFA1에 도착하고, MFA1은 라우팅 테이블을 이용하여 MN의 위치가 HA에서 FA1로 변경된 사실을 알고 패킷을 HA로 전송하지 않고 FA1로 전송한다.

3.1.3 동일한 GFA내에서 서로 다른 MFA 간 MN이 이동한 경우

(그림 3)에서 MN이 FA1에서 FA2로 이동을 하였다면 GFA는 동일하지만 MFA는 서로 다르다. 즉 FA1과 FA2의 동일한 부모는 GFA1이 된다. (3)의 경우는 MN의 위치 정보를 MFA1을 거쳐 GFA1까지 보고된다. CN에서 전송하는 패킷은 GFA1에 도착하고, GFA1은 라우팅 테이블을 이용하여 MFA1로 전송하지 않고 MFA2로 패킷을 전달한다. MFA2는 FA2에 위치한 MN으로 이 패킷을 전송한다.

(그림 3) 핸드오프에 따른 MN의 위치 정보 통보 범위

를 수신한 MFA1은 HA로 전달하는 패킷을 복사하여 HA와 FA1로 전달한다. 따라서 MN은 HA와 FA1의 중첩된 지역에 위치하여도 HA와 FA1으로부터 동시에 패킷을 전달받으므로 패킷의 손실을 막을 수 있다. MN이 FA1 지역으로 완전히 이동하여 HA로부터 광고 메시지를 수신하지 못하고, MFA1이 FA1로부터 MN의 핸드오프 완료 메시지를 수신하면, MFA1은 HA로의 패킷 전달을 중지한다. 일정 시간동안 MFA1로부터 패킷을 수신하지 못한 HA는 버퍼에 남은 MN의 패킷을 폐기한다. 이 후 MN으로 전송되는 패킷은 MFA1을 거쳐 FA1로 전달된다.

3.2.2 동일한 GFA내에서 서로 다른 MFA 간 MN이 이동한 경우

(그림 4)에서 MN이 FA1에서 FA2로 이동을 하였다면 GFA는 동일하지만 MFA는 서로 다르다. 즉 FA1과 FA2의 동일한 부모는 GFA1이 된다. MFA2로부터 MN의 위치 정보를 보고 받은 GFA1은 MFA2로부터 MN의 핸드오프 완료 메시지를 수신받기 전까지 MFA1로 전송하고자 하는 패킷을 복사하여 MFA2로 전송을 한다. MN은 (그림 4)와 같이 FA2 지역으로 완전히 이동을 하기 전까지는 CN에서 전송되는 패킷을 FA1과 FA2로부터 동시에 전달 받는다. MN이 FA2 지역으로 완전히 이동하여 HA로부터 광고 메시지를 수신하지 못하고, MFA2가 FA2로부터 MN의 핸드오프 완료 메시지를 수신하면 이 정보를 GFA1에게 보고한다. 보고를 받은 GFA1은 MFA1로 패킷의 전달을 중지한다. 일정 시간동안 GFA1로부터 패킷을 수신하지 못한 MFA1과 FA1은 버퍼에 남은 MN의 패킷을 폐기한다. FA2 지역으로 완전히 이동한 MN은 GFA1을 거쳐 MFA2를 통해 FA2로부터 패킷을 전달받는다.

(그림 4) 멀티미디어 트래픽을 위한 고속 핸드오프(이동 중)

3.1.4 서로 다른 GFA내에서 MN이 이동한 경우

MN이 FA3에서 FA4로 이동을 하였다면 MN이 이전에 위치하였던 FA와 현재 위치하고 있는 FA의 동일한 부모가 존재하지 않는다. 그러나 GFA2는 MN이 이전 FA에서 사용하던 IP 주소를 이용하여 MN이 GFA1에 위치하였던 사실을 알 수 있다. 따라서 GFA2는 GFA1에게 MN이 GFA2 지역으로 이동한 사실을 통보한다. 이 사실을 통보받은 GFA1은 MN의 위치 정보를 GFA2로 갱신한다. CN으로부터 전송된 패킷은 GFA1에 도착하고, 이 패킷은 GFA2로 전달된다. GFA2에 도착한 패킷은 MFA3을 거쳐 FA4로 전송된다.

3.2 멀티미디어 트래픽을 위한 고속 핸드오프

트래픽의 형태가 단순한 문자 형태를 탈피하여 멀티미디어 형태로 변경됨에 따라 기존의 방법으로는 멀티미디어 트래픽에 대한 실시간 서비스를 제공하기 어렵다. (그림 1)과 같이 MN이 FAold 영역과 FAnew 영역이 중첩된 지역에 위치한 상태라면, FAold와 FAnew에게서 동시에 패킷을 수신하도록 한다. 핸드오프를 완료한 후에는 FAold의 연결을 끊고 FAnew의 연결로만 패킷을 수신하는 고속 핸드오프 방식을 제안한다.

3.2.1 동일한 MFA내에서 MN이 이동한 경우

MN이 HA에서 위치등록을 마친 후 FA1 지역으로 이동한다. (그림 4)에서 MN이 HA와 FA1의 중첩된 지역으로 이동한다면 MN은 HA와 FA1의 광고 메시지를 모두 수신할 것이다. 이때 FA1은 MN이 자신의 지역으로 이동하고 있는 사실을 HA와 동일한 부모인 MFA1로 보고를 한다. 이 메시지

3.2.3 서로 다른 GFA내에서 MN이 이동한 경우

3.1의 (4)처럼 MN이 FA3에서 FA4로 이동을 하였다면 MN이 이전에 위치하였던 FA와 현재 FA의 동일한 부모가 존재하지 않는다. 그러나 MN이 이전 FA에서 사용하던 IP 주소를 이용하여 GFA2는 MN이 GFA1에 위치하였던 사실을 알 수 있다. 따라서 GFA2는 GFA1에게 MN이 GFA2 지역으로 이동한 사실을 통보한다. 이 사실을 통보받은 GFA1은 MN의 위치 정보를 갱신한다. GFA1은 GFA2로부터 MN의 핸드오프 완료 메시지를 통보받기 전까지 CN으로부터 전송된 패킷을 MFA2와 GFA2로 함께 보낸다. MN은 FA4 지역으로 완전히 이동하여 GFA1이 GFA2로부터 핸드오프 완료 메시지를 수신하기 전까지는 FA3과 FA4로부터 동시에 패킷을 전달받는다. GFA2로부터 핸드오프 완료 메시지를 수신한 GFA1은 MFA2로 패킷 전달을 중지하고 GFA2로만 패킷을 전달한다. GFA1로부터 일정 시간동안 패킷을 전달받지 못한 MFA2와 FA3은 버퍼에 있는 MN의 패킷을 폐기하고, MN은 FA4

로부터만 패킷을 전달받는다. MN이 수신하는 패킷의 경로는 GFA1 → GFA2 → MFA3 → FA4가 된다.



(그림 5) FIFO 큐

4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 방법의 성능 평가는 본 논문의 방법과 [6, 7, 15]방법과 비교하고, 평가는 네 가지 방법에 대해 각각 MN의 위치등록 비용과 패킷 전송 비용을 계산한다.

본 논문에서 제안하는 모델의 성능 평가를 위해 [9, 10, 16]에서 사용한 평가 요소를 이용한다. 본 논문과 [6, 7, 15]에서는 각 MA(GFA 포함)에서의 특별한 버퍼 관리가 없으므로 [9]의 TAIL 방법을 이용한다. 성능 평가의 용이함을 위해 MA는 하나의 영역을 이루고, 각 영역의 반경은 동일하다고 가정한다. 또한 망의 계층적 구조는 (그림 3)과 같다.

수식 표기의 편의상 [7] 방법을 M1, [6, 15] 방법을 M2, 본 논문의 방법을 M3로 표기한다.

여기서, 성능 평가를 위해 사용하는 기호의 정의 및 가정은 다음과 같다.

- λ : 큐에 도착하는 패킷의 속도(포아송 분포를 따른다.)
- μ : 임의의 서비스를 받고 출력되는 패킷의 속도(지수 분포를 따른다.)
- B : 각 홉에서의 버퍼 크기
- 시스템에 제공되는 트래픽 밀도(ρ)는 다음과 같다.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

버퍼에 패킷이 도착하는 시간 간격과 패킷이 서비스를 받는 시간은 모든 패킷이 동일하다고 가정한다. 또한 버퍼에 있는 패킷은 마코프 체인 중 발생 및 소멸 과정을 따른다. 즉, 패킷은 상태 n 에서 $\lambda\alpha(n)$ 의 속도로 발생되고, $\mu(n \neq 0)$ 의 속도로 소멸된다[9]. 따라서 버퍼 내용의 정상 분포는 다음처럼 계산된다[11].

$$\pi(n) = \pi(0) \rho^n \prod_{i=0}^{n-1} \alpha(i) \tag{1}$$

여기서,

$$\pi(0) = \left[\sum_{n=0}^B \rho^n \prod_{i=0}^{n-1} \alpha(i) \right]^{-1} \tag{2}$$

따라서, 각 홉의 큐에 n 개의 패킷이 있다면, 각 홉의 큐에 서 기대되는 지연 시간은 다음과 같이 계산된다.

$$D = \frac{1}{\mu} \sum_{n=0}^{B-1} (1+n) \pi(n) \alpha(n) \tag{3}$$

<표 2> 성능 평가 요소

기호	정 의	값
BW_{wl}	무선 링크의 대역폭	1Mbps
BW_w	유선 망의 대역폭	1Gbps
L_{wl}	무선 링크의 지연	7ms
L_w	유선 링크의 지연	0.5ms
S_{reg}	등록 요청 패킷의 크기	50byte
S_{data}	패킷의 최대 크기	1024byte
T_{acq}	MN이 무선 채널을 획득하는 시간	20ms
T_{turn}	프로토콜이 패킷을 터널링하기 위해 소요하는 시간	7ms
T_{reg}	현재 에이전트로부터 등록 패킷을 생성하는 시간	5ms
T_{prot}	등록 패킷을 프로토콜이 처리하는 시간	3ms
T_{int}	인터넷에서 홉간 패킷 전달 시간	3ms
T_{wait}	MN이 핸드오프 중 발생하는 평균 패킷 전달 지연 시간	400ms

여기서 인터넷에서 홉간 패킷 전달 시간(T_{int})은 GFA가 서로 이웃하고 있을 경우 일정하게 3ms라 가정하고, 또 다른 GFA가 2홉 건너 위치한다면 2배의 시간이 소요된다고 가정한다.

4.1 전송 지연

본 논문에서 제안하는 방법의 성능 평가를 위해 본 논문의 방법과 [6, 7, 15]방법의 버퍼 관리 기법은 [9]에서 사용한 기법 중 TAIL 기법을 이용할 경우 버퍼에 패킷을 수용할 확률을 정의하는 함수 $\alpha(n)$ 은 1이다. 여기서 n 은 $0 \leq n \leq B-1$ 이다. 전송 지연을 구하기 위해 버퍼 관리 기법은 FIFO(First-In-First-Out)로 가정한다. FIFO에 대한 큐잉 모델은 다음과 같이 표현할 수 있다.

(그림 6) ρ 값에 따른 각 홉에서의 패킷 지연 시간($B=10$)

본 논문에서 버퍼 관리 기법은 TAIL 기법을 이용하기 때문에, 식 (1)~식 (3)에서 $\alpha(n)$ 은 1이다. 여기서, n 은 $0 \leq n \leq B-1$ 이다.

버퍼의 크기가 10일 때 ρ (트래픽 밀도) 값에 따른 각 홉에서의 패킷 지연은 (그림 6)과 같다.

4.2 위치등록 비용

등록에 소요되는 총 시간은 MN 내부의 처리 시간을 포함한 무선 구간과 이동 에이전트를 포함한 상위 계층의 유선 구간에서 소요되는 시간을 더한 것이다. 무선 구간은 MN이 무선 채널 획득 시간(T_{acq}), MN의 등록 패킷 생성 시간(T_{reg}), 등록 패킷의 전송 시간(S_{reg}/BW_{wl}), 그리고 무선 링크의 지연(L_{wl})과 같은 요소로 이루어진다. 이 요소들을 이용하여 무선 채널을 이용한 이동 에이전트에 위치등록을 하기 위한 비용을 T1이라고 하면 다음과 같다.

$$T1 = T_{acq} + (S_{reg}/BW_{wl}) + L_{wl} + T_{reg} \quad (4)$$

무선 구간에서 패킷 전송에 소요되는 비용은

$$T2 = (S_{data}/BW_{wl}) + L_{wl} \quad (5)$$

유선으로 연결된 에이전트 사이의 위치등록 패킷 처리 비용

$$T3 = ((S_{reg}/BW_w) + L_w) \times \text{홉의 수} + T_{prot} \quad (6)$$

유선으로 연결된 에이전트 사이의 패킷 전송 비용(터널링 하기 위해 소요되는 시간)

$$T4 = ((S_{data}/BW_w) + L_w) \times \text{홉의 수} + T_{tun} \quad (7)$$

여기서, 위치등록 패킷의 ACK 패킷에 대한 비용은 고려하지 않는다. 또한 (그림 3)과 같이 하나의 GFA내에서 홉의 수는 네 가지 형태가 존재하는데, 홉의 수를 l은 4, m은 2, 그리고 s는 1로 한다. MN이 위치등록을 m번 하였을 경우, 본 논문과 [6, 7, 15]의 위치등록 비용은 다음과 같다.

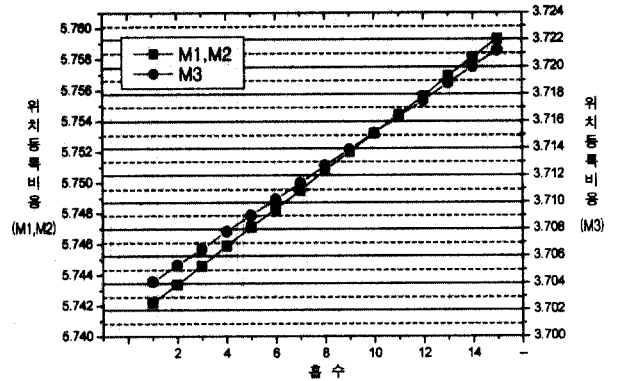
$$Cost_{M1, M2}^{Reg} = (P_m(X_0) \times (T1 + T3m + 2D)) + (P_m(X_1) \times (T1 + T3m + 2D)) + (P_m(X_2) \times (T1 + T3l + 4D)) + (P_m(X_3) \times (T1 + 2 \times T3m + 4D + k \times D \times T_{int})) \quad (8-1)$$

$$Cost_{M3}^{Reg} = (P_m(X_0) \times (T1 + T3s + D)) + (P_m(X_1) \times (T1 + T3s + D)) + (P_m(X_2) \times (T1 + T3m + 2D)) + (P_m(X_3) \times (T1 + T3m + 2D + k \times D \times T_{int})) \quad (8-2)$$

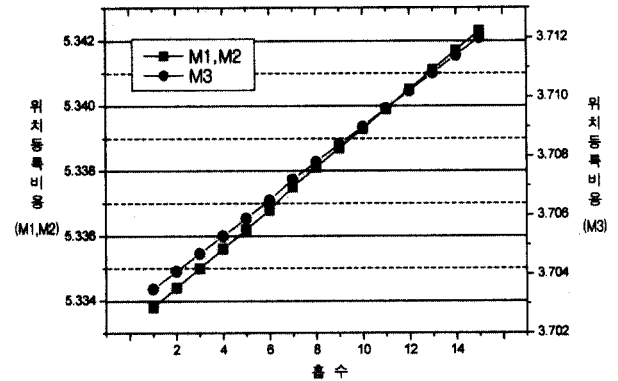
여기서, $0 < P_m(X_i) \leq 1, i = 0, 1, 2, 3$ 이고, $\sum_{i=0}^3 P_m(X_i) = 1$ 이다.

여기서, $P_m(X_0) \geq P_m(X_1) \geq P_m(X_2) \geq P_m(X_3)$ 이고, $0.3 \leq P_m(X_0) \leq 1.0$ 이다.

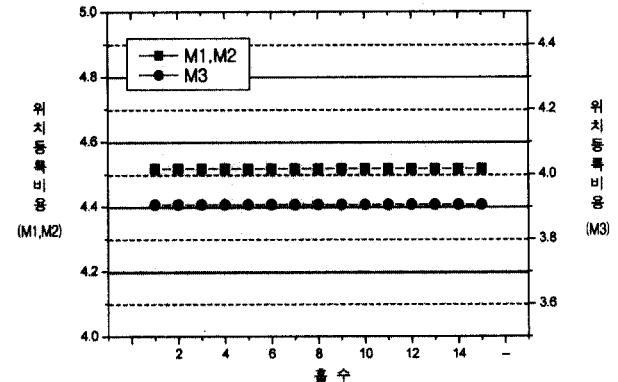
$P_m(X_0), P_m(X_1), P_m(X_2)$ 그리고, $P_m(X_3)$ 은 각각 MN



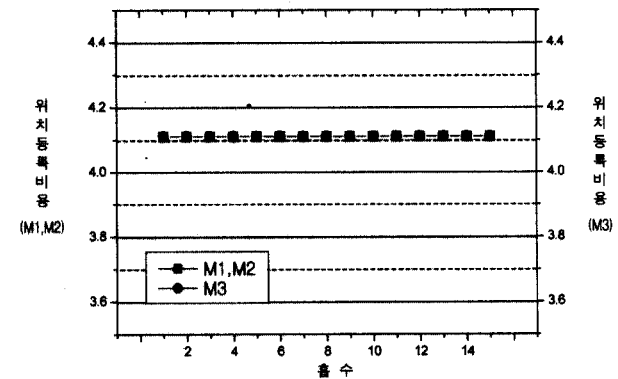
(a) $P_m(X_0) = 0.4, P_m(X_1) = 0.2, P_m(X_2) = 0.2, P_m(X_3) = 0.2$



(b) $P_m(X_0) = 0.5, P_m(X_1) = 0.2, P_m(X_2) = 0.2, P_m(X_3) = 0.1$



(c) $P_m(X_0) = 0.8, P_m(X_1) = 0.1, P_m(X_2) = 0.1, P_m(X_3) = 0.0$



(d) $P_m(X_0) = 1.0, P_m(X_1) = 0.0, P_m(X_2) = 0.0, P_m(X_3) = 0.0$

(그림 7) MN의 위치등록 비용

이 HA에 위치할 확률, MN이 동일한 MFA내에서 이동할 확률, MN이 동일한 GFA내에서 서로 다른 MFA로 이동할 확률, 그리고 MN이 서로 다른 GFA로 이동할 확률을 나타낸다. $D(=2.037)$ 는 각 홉에서 발생하는 평균 전송 지연을 의미한다. k 는 GFA간 홉의 수이고, 본 논문에서 k 의 크기는 $1 \leq k \leq 15$ 이다.

본 논문의 방법에서 (d)에서의 위치등록 비용이 (c)보다 높은 이유는 (d)는 최초의 위치등록이기 때문에 (그림 3)에서 GFA1까지 등록을 하여야 하지만 (c)에서는 그러한 과정이 필요 없으므로 상대적으로 비용이 적다. (d)는 MN이 HA에서 최초의 위치등록이므로 세 방법 모두 등록 비용이 동일하다.

4.3 패킷 전송 비용

송신 노드와 수신 노드가 동일한 GFA내에 존재할 수도 있고, 서로 다른 GFA에 존재할 수도 있다. 본 논문의 성능 평가는 송신 노드와 수신 노드가 서로 다른 GFA에서 위치등록을 하고, 패킷을 송수신한다고 가정을 한다. 또한 MN이 수신 노드일 경우에 대해서만 고려한다.

패킷 전송 비용에서도 ACK 패킷에 대한 비용은 고려하지 않는다. (그림 4)와 같이 하나의 GFA내에서 홉의 수는 세 가지 형태가 존재하는데, 홉의 수를 f 는 6, l 은 4, m 은 2 그리고 s 는 1로 한다. 또한 [7]에서 MN이 다른 지역으로 핸드오프 중일 때 발생하는 패킷 전달 지연의 평균 시간(T_{wait})은 [13]의 결과를 인용한다. 패킷의 전송 비용은 다음과 같다.

• Mobile IP[7]의 경우

(1) MN이 이동 중인 경우

$$C_{mg}(X_1)_{M1}^{TRANS} = P_m(X_1) \times (T_2 + T_{4l} + 4D + T_{tun} + T_{wait}) \quad (9-1)$$

$$C_{mg}(X_2)_{M1}^{TRANS} = P_m(X_2) \times (T_2 + T_{4f} + 6D + T_{tun} + T_{wait}) \quad (9-2)$$

$$C_{mg}(X_3)_{M1}^{TRANS} = P_m(X_3) \times (T_2 + T_{4f} + 7D + T_{tun} + T_{wait} + (k \times D \times T_{int})) \quad (9-3)$$

(2) MN이 이동 후의 경우

$$C_{md}(X_1)_{M1}^{TRANS} = P_m(X_1) \times (T_2 + T_{4l} + 4D + T_{tun}) \quad (9-4)$$

$$C_{md}(X_2)_{M1}^{TRANS} = P_m(X_2) \times (T_2 + T_{4f} + 6D + T_{tun}) \quad (9-5)$$

$$C_{md}(X_3)_{M1}^{TRANS} = P_m(X_3) \times (T_2 + T_{4f} + 7D + T_{tun} + (k \times D \times T_{int})) \quad (9-6)$$

• [6, 15]의 경우

(1) MN이 이동 중인 경우

$$C_{mg}(X_1)_{M2}^{TRANS} = P_m(X_1) \times (2 \times T_2 + T_{4m} + T_{4s} + 4D + T_{tun}) \quad (9-7)$$

$$C_{mg}(X_2)_{M2}^{TRANS} = P_m(X_2) \times (2 \times T_2 + T_{4f} + T_{4s} + 6D + T_{tun}) \quad (9-8)$$

$$C_{mg}(X_3)_{M2}^{TRANS} = P_m(X_3) \times (2 \times T_2 + T_{4f} + T_{4m} + 8D + T_{tun} + (k \times D \times T_{int})) \quad (9-9)$$

(2) MN이 이동 후의 경우

$$C_{md}(X_1)_{M2}^{TRANS} = P_m(X_1) \times (T_2 + T_{4l} + 4D + T_{tun}) \quad (9-10)$$

$$C_{md}(X_2)_{M2}^{TRANS} = P_m(X_2) \times (T_2 + T_{4f} + 6D + T_{tun}) \quad (9-11)$$

$$C_{md}(X_3)_{M2}^{TRANS} = P_m(X_3) \times (T_2 + T_{4f} + 6D + T_{tun} + (k \times D \times T_{int})) \quad (9-12)$$

• 수정된 지역 위치 등록을 이용한 고속 핸드오프 프로토콜 개선의 경우

(1) MN이 이동 중인 경우

$$C_{mg}(X_1)_{M3}^{TRANS} = P_m(X_1) \times (2 \times T_2 + T_{4m} + T_{4s} + 2D + T_{tun}) \quad (9-13)$$

$$C_{mg}(X_2)_{M3}^{TRANS} = P_m(X_2) \times (2 \times T_2 + T_{4l} + 3D + T_{tun}) \quad (9-14)$$

$$C_{mg}(X_3)_{M3}^{TRANS} = P_m(X_3) \times (2 \times T_2 + T_{4l} + 4D + T_{tun} + (k \times D \times T_{int})) \quad (9-15)$$

(2) MN이 이동 후의 경우

$$C_{md}(X_1)_{M3}^{TRANS} = P_m(X_1) \times (T_2 + T_{4m} + 2D + T_{tun}) \quad (9-16)$$

$$C_{md}(X_2)_{M3}^{TRANS} = P_m(X_2) \times (T_2 + T_{4m} + 2D + T_{tun}) \quad (9-17)$$

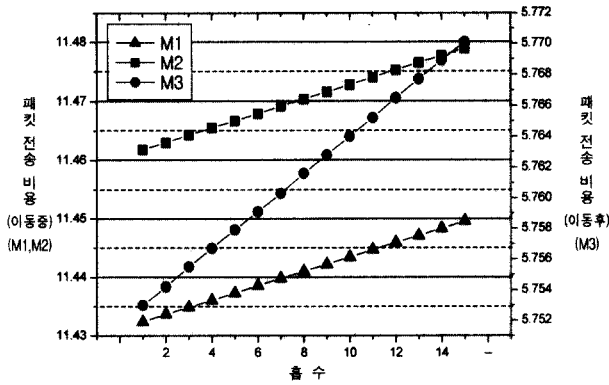
$$C_{md}(X_3)_{M3}^{TRANS} = P_m(X_3) \times (T_2 + T_{4m} + 2D + T_{tun} + (k \times D \times T_{int})) \quad (9-18)$$

여기서, $0 < P_m(X_i) \leq 1$, $i = 1, 2, 3$ 이고, $\sum_{i=1}^3 P_m(X_i) = 1$ 이다.

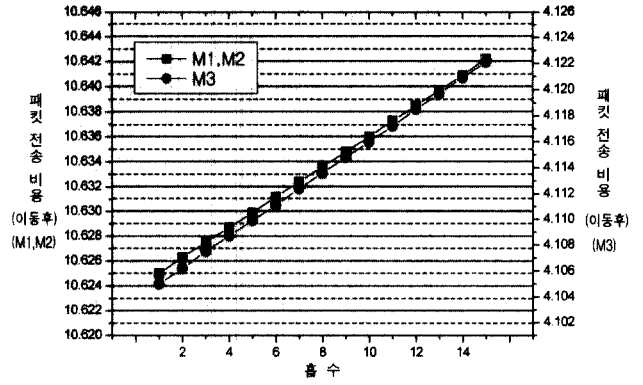
여기서, $P_m(X_1) \geq P_m(X_2) \geq P_m(X_3)$ 이고, $0.4 \leq P_m(X_1) \leq 1.0$ 이다.

(그림 8)과 (그림 9)는 MN이 HA에 위치할 확률이 다른 경우보다 낮다. 따라서 MN이 HA에서 멀어질수록 M1, M2, 그리고 M3 모두 선형적으로 전송 비용이 증가한다.

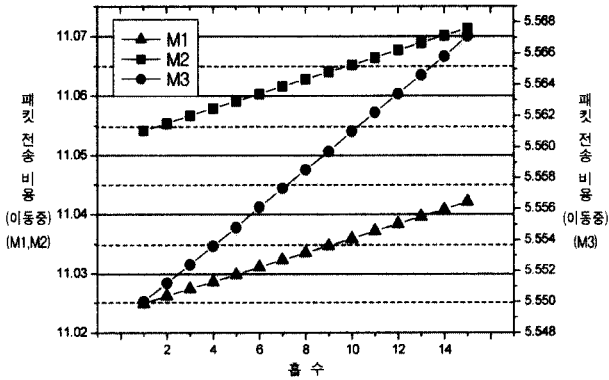
(그림 8)에서 M1은 MN이 새로운 지역으로 핸드오프 완료까지 T_{wait} 만큼의 시간이 지연된 후 새로운 에이전트로부터 패킷을 전송받고, M2와 M3는 MN이 두 MA의 중첩된 지역에서 두 개의 MA로부터 동시에 패킷을 전송 받는다. M1이 T_{wait} 만큼의 시간이 경과된 후에 HA로부터 패킷을 전달 받지만, M2와 M3는 두 개의 MA로부터 패킷을 전송받기 때문에 전체적인 비용의 차이는 크지 않다.



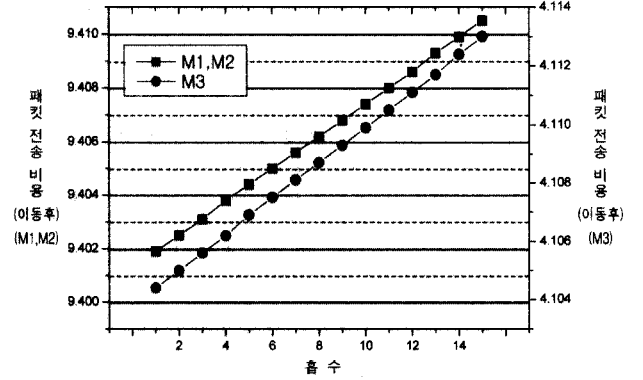
(a) $P_m(X_1) = 0.4, P_m(X_2) = 0.4, P_m(X_3) = 0.2$



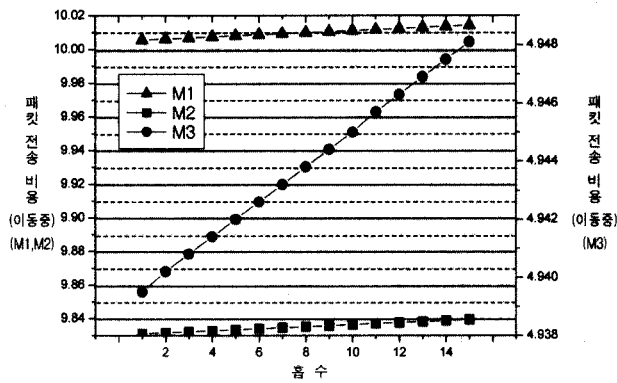
(a) $P_m(X_1) = 0.4, P_m(X_2) = 0.4, P_m(X_3) = 0.2$



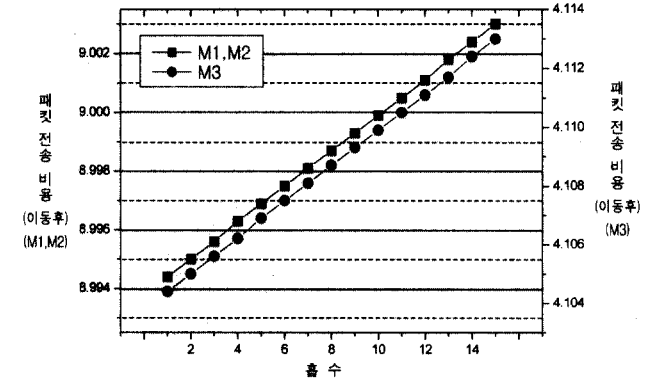
(b) $P_m(X_1) = 0.5, P_m(X_2) = 0.3, P_m(X_3) = 0.2$



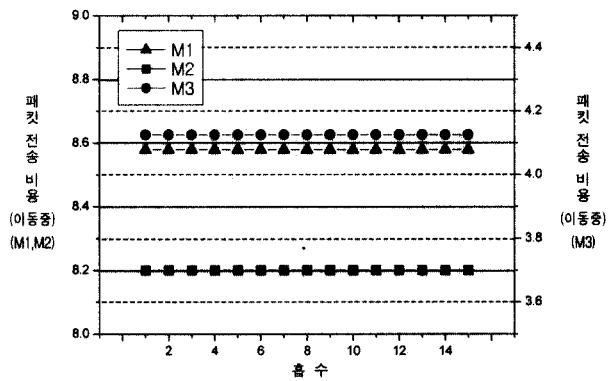
(b) $P_m(X_1) = 0.7, P_m(X_2) = 0.2, P_m(X_3) = 0.1$



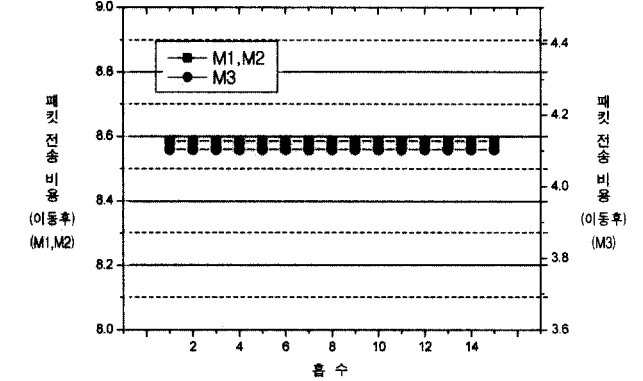
(c) $P_m(X_1) = 0.7, P_m(X_2) = 0.2, P_m(X_3) = 0.1$



(c) $P_m(X_1) = 0.8, P_m(X_2) = 0.1, P_m(X_3) = 0.1$



(d) $P_m(X_1) = 1.0, P_m(X_2) = 0.0, P_m(X_3) = 0.0$



(d) $P_m(X_1) = 0.9, P_m(X_2) = 0.1, P_m(X_3) = 0.0$

(그림 8) MN의 위치 확률에 따른 패킷 전송 비용(이동 중)

(그림 9) MN의 위치 확률에 따른 패킷 전송 비용(이동 후)

(그림 8)의 (d)는 M1과 M2의 전송 비용에 차이가 있지만 이동 후에는 (그림 9)의 (d)처럼 HA를 경유하여 패킷을 전송하기 때문에 전송 비용이 동일하다. 그러나 M3는 HA를 경유하지 않기 때문에 MN이 이동 중인 경우와 이동 후의 경우 모두 M1과 M2에 비해 전송 비용이 낮다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 MN이 HA에서 멀어질수록 M1과 M2에 비해 전송 비용이 더욱 낮아진다. 이는 CN으로부터 전송되는 패킷이 M1과 M2와 달리 HA를 경유하지 않기 때문이다.

5. 결 론

개방된 문제 중에서 삼각 라우팅 문제는 MN의 핸드오프 지연을 유발함으로써 이에 대한 패킷의 손실 및 지연이 크다. 이는 곧 서비스의 질이 낮아지고 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 서비스의 문제점으로 나타난다.

인터넷을 거대한 집합체로 볼 때 인터넷 반대편에 있는 CN의 특성을 정확히 알 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 CN의 프로토콜을 수정하지 않고, 수정된 지역적 위치등록 방법을 이용하여 삼각 라우팅 문제를 제거함으로써 이동 컴퓨팅 환경에서 MN의 고속 핸드오프가 가능하도록 하였다. 제안된 방법은 MN이 이동하면서 위치등록하는 경우의 비용과 MN이 핸드오프 시 이동 중인 경우와 이동한 후의 패킷 전송 비용을 비교한 결과 본 논문의 방법이 우수하다는 것을 보였다.

본 논문은 에이전트를 HA, FA, MFA, 그리고 GFA로 계층화하여 삼각 라우팅 문제점을 해결하고자 하였다. 따라서 각 에이전트들을 어떻게 적절히 배치해야 하는가에 따라 성능의 중요한 인자가 된다. 성능 향상을 위해 에이전트의 계층화 방안에 대한 추후 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] R. Caceres, V. N. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs for Wireless Internetworks," Proc., of the ACM MobiCom'96, Nov., 1996.
- [2] A. Badre, B. R. Badrinath, "Handoff and system support for Indirect TCP/IP," in Proc., Second Usenix Symposium, On Mobile and Location-Independent Computing, May, 1995.
- [3] R. Caceres, L. Iftode, "Improving the Performance of Reliable Transport Protocols in Mobile Computing Environments," IEEE JSAC, 13(5), pp.850-857, June, 1994.
- [4] F. C. Choong, *Mobile IP and RSVP*, A Thesis for the Degree of Master of Engineering, Electrical Engineering

Department, National University of Singapore, 1999.

- [5] G. Karagiannis, "Mobile IP State of the Art Report," Open Report, 3/0362-FCP NB 102 88 Uen, Ericsson, July, 1999.
- [6] IETF MIPv4 Handoffs Design Team, "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4," draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-00.txt, Feb., 2001.
- [7] C. E. Perkins, "IP Mobility Support," RFC2002, Oct., 1996.
- [8] C. E. Perkins and K. Y. Wang, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP," Proceedings of the 4th IEEE Symposium on Computers Communications, pp.340-346, July, 1999.
- [9] M. May, J-C Bolot, A. Jean-Marie and C. Diot, "Simple Performance Models of Differentiated Services Schemes for the Internet," Proceedings of the IEEE INFOCOM'99, Vol.3, pp.1385-1394, March, 1999.
- [10] G. H. Cho and L.F. Marshall, "An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environments," IEEE JSAC, Vol.13, No.5, June, 1995.
- [11] L. Kleinrock, *Queueing Systems vol I*, John Wiley & Sons, 1975.
- [12] 김효선, 유혁, "무선 망에서의 TCP 패킷 손실 최소화를 위한 핸드오프 프로토콜", Telecommunications Review, 제9권 제3호, pp.314-324, 1999.
- [13] 박성수, 송영재, 조동호, "이동 컴퓨팅을 위한 Mobile-IP 프로토콜에서의 핸드오버 성능 개선", 한국통신학회논문지, Vol. 24, No.6A, June, 1999.
- [14] 정희영, 김성한, 김영태, "IETF mobileip WG의 핸드오프 지원 기술 표준화 동향", 기술동향 997호, 전자통신연구원, May, 2001.
- [15] 한승진, 이정현, "셀룰라 무선 망에서 실시간 패킷 전송을 위한 핸드오프 프로토콜 개선", 한국정보처리학회논문지, 제7권 제11S호, pp.3675-3683, Nov., 2000.
- [16] 한승진, 이정현, "이동 노드의 계층적인 자원 예약 프로토콜", 한국통신학회논문지, 제26권 제10호, Oct., 2001.

한 승 진

e-mail : softman@nlsun.inha.ac.kr

.1990년 인하대학교 전자계산학과(이학사)

1992년 인하대학교 일반대학원 전자계산공학과(공학석사)

2002년 인하대학교 일반대학원 전자계산공학과(공학박사)

1992년~1996년 대우통신 종합연구소 교환연구원

1996년~1998년 SK텔레콤 디지털 사업본부

2000년~2002년 인하공업대학 컴퓨터정보과 겸임교수

2002년~현재 인하대학교 컴퓨터공학부 강의전담 조교수

관심분야 : Mobile IP, MANET, 멀티미디어통신, IMT-2000, 음성신호처리, 홈네트워킹

최성용

e-mail : sychoi@nlsun.inha.ac.kr
1993년 인하대학교 통계학과(이학사)
2001년 인하대학교 일반대학원 통계학과
(이학석사)
2001년~현재 인하대학교 일반대학원 전자
계산공학과 박사과정

1993년~1998년 경기은행 전산부

2001년~현재 김포대학 컴퓨터계열 소프트웨어개발전공 겸임교수
관심분야 : 신경망, 웹 마이닝, 패턴인식, 홈네트워킹

이정현

e-mail : jhlee@inha.ac.kr
1977년 인하대학교 전자공학과(공학사)
1980년 인하대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)
1988년 인하대학교 대학원 전자공학과
(공학박사)

1979년~1981년 한국전자기술연구소 시스템연구원

1984년~1989년 경기대학교 교수

1989년~현재 인하대학교 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 자연어처리, HCI, 정보검색, 음성인식, 음성합성, 컴퓨
터구조, 홈네트워킹