

논문 2005-42TC-2-6

HMIPv6에서 핸드오버 지연 및 패킷 손실 감소를 위한 2차 MAP 이용 기법

(A Secondary MAP Scheme for Decreasing a Handover Delay and Packet Loss in an HMIPv6)

장 성 식*, 이 원 열**, 박 선 영***, 변 태 영****, 한 기 준*****

(Seong Sik Jang, Won Yeoul Lee, Sun Young Park, Tae Young Byun, and Ki Jun Han)

요 약

Mobile IP 망의 핸드오버 지연 및 부하 감소를 위해 HMIPv6에서는 MAP을 이용하여 지역 이동성 제어 기능을 제공한다. 이동단말이 방문 망에 진입 시 새로운 MAP을 결정하는데 기존의 HMIPv6에서는 가장 먼 거리의 MAP을 우선적으로 선택하는 거리 기반 알고리즘을 사용한다. 이 방식은 소극적인 이동을 하는 단말도 가장 먼 거리의 MAP을 선택하게 하여 핸드오버 지연과 패킷 손실이 증가한다는 문제를 가지고 있다. 본 논문에서는 기존의 거리 기반 알고리즘에 의해 선택되는 기본 MAP 외에 2차 MAP을 이용하여 이러한 문제를 해결하는 새로운 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 새로운 기법과 기존의 HMIPv6 기법에서의 핸드오버 시 지연시간과 패킷 손실률에 대하여 성능 비교를 하여 본 논문에서 제안한 2차 MAP 이용 기법의 우수함을 증명하였다.

Abstract

An HMIPv6 provides micro mobility management using MAP for decreasing handover delay and network load in a mobile IP networks. An HMIPv6 uses distance based algorithm for MAP selection when a mobile host enters a new network domain. However, since every mobile hosts select a farthest router as a MAP, a handover delay and packet loss will be increased. A new MAP selection scheme is herein proposed to solve the problems caused by the distance based MAP selection algorithm by using secondary MAP. We executed the performance evaluation by simulation about handover delay and packet loss of an HMIPv6 and our proposed scheme. The simulation results show that the performance of our proposed scheme is better than that of HMIPv6.

Keywords : HMIPv6, MAP, 2차 MAP, 마이크로이동성

I. 서 론

인터넷을 중심으로 빠른 속도로 발전하고 있는 통신 기술은 다양한 사용자들의 요구 사항을 충족시키기 위해 급속히 발전하고 있다. 특히 인터넷의 주요 접속 수단이 고정 접속 환경에서 이동 접속 환경으로 빠르게 변화함에 따라 단말의 이동성 지원 관련 기술의 효율성이 절실하게 되었다. 이를 위해 차세대 이동통신 표준화를 주도하는 ITU 및 3GPPs에서는 모든 데이터 트래픽과 시그널링의 전송에 IP 프로토콜을 이용하는 All IP 네트워크 표준화를 추진하고 있다. 즉 통신이 가능한 모든 단말에 IP 주소를 부여하고 단말의 이동성 지원도 IP 프로토콜이 하도록 한다는 개념이다^[1].

멀지 않은 미래에 구현 될 All IP 망에서 멀티미디어

* 정회원, 영남이공대학 컴퓨터정보기술계열
(Yeungnam College of Science & Technology,
Division of Computer Technology)

** 정회원, 영산대학교 네트워크정보공학부
(Yongsan University School of Network and
Information Engineering)

*** 정회원, 계명문화대학 컴퓨터정보계열
(Keimyung College, Department of Computer
Information)

**** 정회원, 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부
(Daegu Catholic University of Computer &
Information Communications Engineering)

***** 정회원, 경북대학교 컴퓨터공학과
(Kyungpook National University Department of
Computer Engineering)

접수일자: 2004년12월18일, 수정완료일: 2005년1월20일

트래픽의 실시간 전송을 위해서는 현재의 매크로 셀 형태의 이동 접속망의 형태가 셀의 크기가 아주 작은 마이크로 내지는 피코 셀 형태로 바뀌어야 한다^[2]. 셀의 크기가 작아질 때 발생하는 가장 큰 문제는 이동단말의 셀 간 이동인 핸드오버가 빈번히 발생한다는 것이다. 이러한 핸드오버 발생이 문제가 되는 것은, 핸드오버 처리 지연 시간으로 인해 서비스 중인 호의 연결이 잠시 중단 될 수 있다는 것과 전송 중인 패킷들의 손실 가능성이 높아진다는 것, 그리고 관련 제어 신호의 증가로 망에 부담이 된다는 것이다. 또한 핸드오버뿐만 아니라 이동단말의 통화대기 핸드오버(Idle Handover) 횟수도 증가하여 위치 갱신 및 위치 추적에 필요한 비용 및 지연 시간의 증가도 심각한 문제가 될 것이다. 이러한 문제들을 해결하고자 Mobile IPv4의 Low Latency Handoffs in Mobile IPv4, Fast Handovers for Mobile IPv6 기술을 IETF Mobile IP WG에서 표준화 중에 있으며^[3], 3GPPs와 IETF 등에서 이동성 관리로 인해 발생하는 문제를 인식하고 빠른 핸드오버 제공을 위한 마이크로 이동성 관리 기술에 대한 연구를 진행하고 있다^{[4][5][6]}. 본 논문은 이 기술들 중에서 마이크로 이동성 기술에 관련 된 연구 결과이다.

마이크로 이동성 관리란 기존의 이동성 관리 동작의 비효율성을 줄이기 위해 제안된 기술로서, 이동단말의 위치 관리를 항상 홈 망의 HA(Home Agent)를 통해 하던 것을, HA와 관계없이 이동단말이 진입 한 방문 망에서 독립적으로 할 수 있도록 하여 핸드오버 지연 시간, 패킷 손실 그리고 제어 신호로 인한 망의 부담 등을 감소시킬 수 있도록 하는 기술이다. 마이크로 이동성 관리 기술이 핸드오버 처리 속도에 영향을 미치는 이유는 핸드오버가 발생할 때마다 위치 갱신에 해당하는 동작이 수반되며 이 과정에서 소요되는 지연 시간이 핸드오버 처리 속도에 매우 많은 영향을 미치기 때문이다. 따라서 위치 갱신에 필요한 지연 시간을 줄이는 것이 마이크로 이동성 관리 기술의 목적이다. 현재 3GPP2와 IETF의 Mobile IP WG을 중심으로 마이크로 이동성 관리 기술이 연구되고 있으며 그 대표적인 방식이 계층적 이동성 관리 기술(HMIPv6: Hierarchical Mobile IPv6), CIP(Cellular IP) 그리고 HAWAII 등이다.

HMIPv6 기법은 지역 도메인 내에서 단말의 이동성을 제어하는 노드인 MAP(Mobility Anchor Point)을 이용하는 기법이다. MAP은 이동단말이 방문 한 망의 라우터가 그 역할을 수행하며 MAP은 하나 이상 선택될 수도 있다. MAP은 방문 망에서 이동단말의 HA 역할

을 대신하며 MAP의 선택은 단말에 의해 이루어진다. 따라서 MAP은 이동단말이 외부 망에 진입할 때 단말이 선택하며 망은 단말에게 후보 MAP들의 정보를 전달할 수 있어야 한다. MAP이 선택되면 이동단말은 HA와 CN(Correspondent Node)에게 선택된 MAP의 정보를 전송한다.

HMIPv6에서는 MAP 선택 시 이동단말과 MAP 간의 거리에 기반 한 방식으로 MAP을 결정한다. 이러한 거리 기반 MAP 선택 방식은 MAP의 관리 영역을 최대한 크게 함으로써 MAP 영역간의 핸드오버 발생을 최소화하여 관련 제어 신호를 감소시킬 수 있는 이익을 얻을 수 있다. 그러나 이동이 거의 없거나 이동 반경이 좁은 단말의 경우에는 단말과 MAP간의 거리가 필요 이상으로 멀어 핸드오버 지연 시간이 증가하며 이로 인해 패킷 손실 확률이 높아진다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 기존의 거리 기반 알고리즘에 의해 선택되는 기본 MAP 외에 2차 MAP을 추가로 선택하여 사용함으로써 이러한 문제를 해결하고자 한다.

II. 마이크로 이동성 관리 기술

단말이 새로운 서브넷으로 진입하면 바인딩 갱신이 이루어져야 한다. 바인딩 갱신에 필요한 시간 요소로는 이동단말과 HA 및 CN에 바인딩 정보를 전송했을 때 CN에서 바인딩 갱신 메시지에 대해 인증하는데 필요한 시간이 RTT(Round Trip Time)의 1.5배 정도 소요 되고 HA의 바인딩 정보를 갱신하는데 필요한 시간이 RTT 정도의 시간이 필요하게 된다^[4]. 이 경우는 패킷 손실이 없는 경우의 지연 시간 요소가 된다. 만일 이동단말과 HA 및 CN의 거리가 상당히 큰 경우에 이러한 지연 시간은 수 초 이상이 필요하게 되어 심각한 문제가 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하고자 하는 기술이 마이크로 이동성 관리 기술이다.

제안되고 있는 마이크로 이동성 관리 기술들 중에서 기존의 MIPv6의 동작에 큰 영향을 주지 않고 구현 할 수 있는 기술로서 HMIPv6가 있다. 이 기법은 단말의 마이크로 이동성을 지원하는 MAP을 두어 지역 HA로 동작하도록 한다. 본 논문에서는 HMIPv6의 동작을 분석하여 문제점을 제기하고 그 문제점을 보완할 수 있는 기법을 제안한다.

1. HMIPv6의 이동성 관리 기술

FMIPv6는 핸드오버 지연 시간의 단축으로 서비스의

질을 높이는 것이 목적인 반면 HMIPv6는 단말의 이동이 발생할 때마다 수반되는 바인딩 갱신에 관련 된 시간 및 관련 제어 정보의 감축을 통해 서비스의 질을 높이는 것이 목적이다. 즉 호의 개시 여부와 관계없이 바인딩에 관련된 전체적인 효율을 높이는 것이 목적이다.

HMIPv6의 MAP은 단말이 자신의 홈 망이 아닌 망에 방문했을 때 방문 망 내에서의 이동성을 지원해 주는 역할로서 단말의 이동시 발생하는 BU 메시지가 먼 거리의 HA와 CN으로 전달되어 망 대역폭을 낭비하는 비효율성과 지연시간을 줄일 수 있도록 한다. MAP은 라우터 혹은 AR(Access Router)이 그 역할을 수행하게 되며 MAP 도메인 외부로의 제어 신호를 감소시키고 위치 제어에 필요한 지연 시간의 감소를 가능하게 한다. 특히 HMIPv6은 기존의 Mobile IPv6의 HA와 CN의 동작에 영향을 주지 않고 이동단말의 동작을 조금 수정하여 구현할 수 있다는 큰 장점이 있다.

그림 1에 이동단말이 동일한 MAP 영역 내에서 이동하는 경우를 나타내었다. AR1과 AR2는 동일 MAP이 관리하는 영역의 AR들이고 이동단말이 MAP 영역내의 AR 사이를 이동할 경우에는 위치 갱신을 HA로 하는 것이 아니라 MAP에게만 하게 된다. HA와 CN이 관리하는 바인딩 정보는 이동단말이 속해 있는 MAP의 정보인 RCoA(Regional CoA)와 이동단말의 홈 주소에 대한 임시 주소 즉 LCoA(on-Link Care of Address) 바인딩을 관리한다. 이동단말로 패킷을 전송할 때 HA와 CN은 MAP으로 패킷을 전송하고 MAP은 RCoA와 이동단말의 현재 주소인 LCoA의 바인딩 정보를 이용하여 패킷을 이동단말에게 전송하게 된다.

이동단말이 방문 망에 진입하면 이동단말은 AR을 통해 선택 가능한 MAP들의 글로벌 주소를 탐색한다.

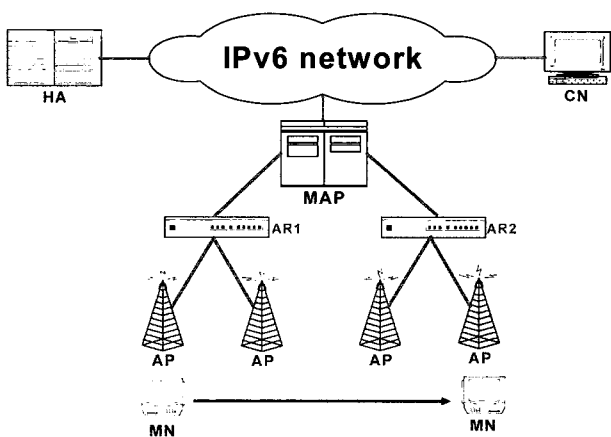


그림 1. HMIPv6 망에서 이동단말의 MAP 영역 내 이동
Fig. 1. Intra MAP Handover in HMIPv6.

이 주소 정보는 AR에서 전송하는 Router Advertisement 메시지를 통해 이동단말이 검색하게 된다. Router Advertisement 메시지에는 MAP과의 거리, MAP의 Preference 정보, MAP의 글로벌 IP 주소 등이 실려 있으며 이동단말은 이 정보들을 이용하여 MAP을 선택하게 된다. MAP의 Preference 정보는 현재 MAP의 상태에 대한 정보, 즉 MAP에 부과되고 있는 부하 등을 이용하여 MAP 역할을 수행하기에 어느 정도 적당한 상태인가에 대한 정보가 있다.

MAP 선택 과정이 완료되면 이동단말은 MAP에게 로컬 바인딩 갱신(LBU: Local BU) 메시지를 보낸다. 바인딩 갱신 메시지는 RCoA와 LCoA 정보가 보내지는데 RCoA는 이동단말이 수신한 MAP option 메시지의 MAP의 주소 prefix를 이용하여 생성한다. 그리고 로컬 바인딩 메시지의 A 플래그와 M 플래그를 세팅해서 보내는데 A 플래그는 Acknowledgement 메시지를 요구하는 플래그이고 M 플래그는 MAP으로의 바인딩 요구임을 나타낸다. 이 메시지를 받은 MAP은 이동단말에게 바인딩 확인 메시지를 전송하게 된다. MAP과의 바인딩에 성공한 이동단말은 HA와 CN에게 다시 바인딩 갱신 메시지로 RCoA 정보를 전송하여 HA에 이동단말의 홈 주소와 RCoA를 바인딩 시킨다.

CN이 이동단말과의 통신을 원하면 HA에게 호 연결 요청 메시지를 전송한다. HA에는 해당 단말의 RCoA 정보를 유지하고 있으므로 목적지 주소를 RCoA로 바꾸어 MAP까지의 터널을 통해 전송한다. 이를 수신한 MAP은 RCoA와 해당 LCoA 바인딩 정보를 이용하여 단말의 위치를 파악한 후 최종적으로 단말에게 패킷을 전달한다. 단말로부터 CN으로의 패킷전송은 단말과 CN 사이의 직접 경로를 통해 전송한다. 따라서 HMIPv6에서는 MIPv4의 삼각 라우팅과 유사한 문제가 발생하지만 단말과 MAP까지의 거리가 크지 않으며, MAP을 이용함으로써 얻을 수 있는 많은 이득으로 인해 심각한 문제로 삼지 않는다.

2. MAP 선택 방식

이동단말은 AR로부터 받은 정보를 이용하여 MAP을 선택하게 된다. 이동단말이 MAP을 선택하기 위해 MAP들에 대한 정보, 즉 MAP 주소와 서브넷 프리픽스 등의 정보를 망에서 이동단말로 전송하여야 하는데 이 동작을 MAP Discovery라고 한다. MAP Discovery는 Dynamic MAP Discovery 방식과 Router Renumbering Discovery 방식으로 나뉘어진다. 주로 작은 크기의 망

에 적합한 Dynamic MAP Discovery 방식은 망 관리자가 MAP 정보가 전달 될 라우터 인터페이스를 직접 설정하여 MAP에서 전송 된 정보가 정해진 경로를 통해 이동단말로 전달되는 방식이다. 이에 비해 Router Renumbering Discovery 방식은 큰 망에 적용하기 적절한 방식으로서 망 관리자의 설정 없이 동일한 MAP 영역 내의 모든 AR로 MAP 정보를 전송하는 방식이다.

MAP Discovery 과정을 통해 MAP 들의 정보를 수집한 이동단말은 가장 적절한 MAP을 선택해야 하는데 하나 이상의 MAP을 선택할 수 있다. 하나 이상의 MAP을 선택하는 경우는 CN이 하나 이상일 때 서로 다른 위치의 CN과의 경로 상의 적절한 MAP을 각각 선택해야 하기 때문이다. 이동단말의 MAP 선택은 RA(Router Advertisement) 메시지의 MAP option 값을 보고 결정하게 되는데 그 과정은 다음과 같다.

- ① MAP option을 수신하고 각 필드의 값을 해석한다.
- ② MAP option의 Dist 필드의 값에 따라 내림차순 정렬한다.
- ③ 첫 번째 MAP을 선택한다.
- ④ 만일 선택된 MAP option의 Preference 값이 0이면 선택한 MAP을 생략하고 다음 MAP을 선택한다.
- ⑤ 새로운 MAP이 선택될 때까지 4의 과정을 반복한다.

MAP 선택 과정을 보면 알 수 있듯이 단말은 후보 MAP들 중에서 가장 먼 거리에 있는 후보 MAP부터 선택하게 된다. 가장 먼 거리의 후보 MAP을 선택하는 이유는 MAP의 거리가 클수록 관리 할 수 있는 영역이 커져 MAP 영역을 벗어나는 핸드오버가 발생할 확률이 줄어들기 때문이다. 만일 MAP 영역을 벗어나면 새로운 MAP을 선택하고 그 결과를 HA와 CN에게 전송하는 바인딩 갱신을 수행해야 하기 때문이다. 이 경우는 기존의 MIPv6 동작보다 더 큰 오버헤드가 발생하므로 이를 최소화 하기위해 MAP 선택 방식을 거리에 기반한 방식으로 선택한다.

3. HMIPv6의 문제점 분석

앞서 본 HMIPv6의 MAP 선택 방식에서 알 수 있듯이 MAP 선택은 거리와 MAP의 상태정보, 즉 Preference 정보를 이용하여 선택한다. 이러한 기존의 방식은 MAP의 관리 영역이 넓어질 확률이 높아 HA 및 CN으로의 바인딩 갱신 횟수를 줄일 수 있다는 장점

은 있다. 그러나 핸드오버 시 발생하는 로컬 바인딩 갱신에 필요한 시간은 이동단말과 MAP과의 거리에 영향을 받으므로 핸드오버 지연 시간이 증가한다는 단점이 있다. 즉 호가 연결 된 상태에서 로컬 바인딩 갱신이 발생하면 단절 없는 서비스 제공이 어려워 질 수 있다는 것이다. 그리고 핸드오버 처리 지연 시간의 증가는 패킷 손실률을 증가 시켜 단말이 사용하는 응용의 종류에 따라 재전송 등의 동작을 수반하여 망에 부담을 주고 서비스의 질을 저하시키는 문제가 발생한다. 또한 단말의 현재 상태가 호가 개시된 상태인지 여부를 감안하지 않는데 이로 인해 호가 개시된 단말과 그렇지 않은 단말에 대해 동일한 서비스를 제공하는 비효율성을 가지고 있다.

단말이 이동할 영역을 모두 관리 할 수 있는 후보 MAP 중에서 단말과 가장 가까운 위치에 있어 핸드오버 처리 지연 시간을 최소화 할 수 있는 MAP이 가장 효율적인 MAP이라 할 수 있을 것이다. 이러한 가장 효율적인 MAP을 선택하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러나 단말의 특성을 좀 더 활용하면 기존의 HMIPv6 보다는 더 효율적으로 MAP을 이용할 수 있다. 새로운 효율적인 MAP 이용 기법을 위해 지금까지 살펴 본 HMIPv6의 MAP 선택 기법의 문제점을 분석하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 이동단말의 이동 범위를 고려하지 않는다. (단말의 이동 속도와 호 지속 시간에 대한 정보를 이용하지 않는다.)
- 단말의 현재 상태를 고려하지 않는다. (호가 연결 중인지 여부에 대한 고려가 없다.)
- 로컬 바인딩에 필요한 지연 시간의 증가는 무시한다. (MAP 선택 시 가장 먼 거리의 라우터를 MAP으로 우선 선정하는 방식이다.)
- 핸드오버 지연 시간이 증가하면 패킷 손실 발생 확률도 증가한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 단말의 이동 속도를 감안한 이동 범위를 예측할 수 있어야 하고 호 연결 중인 단말과 그렇지 않은 단말의 차이를 감안할 수 있는 새로운 MAP 선택 및 이용 기법이 필요하다. 그러나 이동단말의 이동 속도를 알 수 있어도 호 지속 시간을 예측하기란 쉽지 않으며, 호 연결 동안의 이동 범위를 예측하여 적절한 MAP을 선택하기란 매우 어려운 일이다. 그리고 후보 MAP들이 관리하는 AR의 범위를 알기

위해서는 망의 위상 정보가 필요한데 현재 HMIPv6에 이러한 정보는 단말에게 전달되지 않는다는 문제가 있다. 따라서 이용 가능한 정보만을 활용하면서 기존의 HMIPv6 방식에 크게 영향을 주지 않는 새로운 기법이 필요하다.

III. 2차 MAP 이용 기법

1. 2차 MAP 선택 알고리즘

본 논문에서 제안하는 2차 MAP 이용 기법은 기존 HMIPv6에서 선택하는 MAP이 가질 수 있는 문제를 해결하고자 하는 것이 목적이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 단말과 MAP 간의 효율적인 거리에 대한 정의를 필요로 한다. 효율적인 단말과 MAP과의 거리는 망 부하 최소화와 최상의 서비스 품질을 유지 할 수 있는 거리로 정의할 수 있다. 그러나 망 부하의 최소화와 최상의 서비스 품질 유지는 항상 trade-off 관계가 있어 기존의 정적인 방식으로는 해결하기가 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 단말의 상태에 따라 동적으로 MAP을 선택하는 2차 MAP 이용 기법을 제안한다.

2차 MAP 이용 기법의 기본 개념은, 호가 개시 된 단말에 대해서 기존의 MAP 외에 단말과 가장 가까운 위치의 라우터 중에서 추가로 2차 MAP을 선택하여 사용하는 것이다. 이 때 AR은 선택 대상에서 제외된다. 이 방식은 2차 MAP으로 사용자에게 향상 된 서비스 품질을 보장 해 주고, 기존의 MAP으로 망 부하를 줄일 수 있도록 한다.

2차 MAP 사용 시 발생 가능한 문제는 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생 확률이 기존의 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생 확률보다 높아진다는 것이다. 기존의 거리 기반 알고리즘에 의해 선택 되는 MAP의 영역에 비해 가까운 위치의 2차 MAP 영역의 반경은 작기 때문에 단말의 이동 시 영역 간 핸드오버 발생 확률은 높아질 수밖에 없다. 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버는 새로운 2차 MAP을 선택해야 하는 부담이 발생한다. 그리고 이동 중인 단말은 지속적으로 이동 할 가능성이 높음으로 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버가 계속 발생할 가능성이 높다. 이러한 문제는 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버가 발생하면 이전 2차 MAP보다 한 홉 이상의 거리에 있는 후보 MAP 중에서 2차 MAP을 선택 하도록 하여 2차 MAP의 영역을 증가시키도록 한다. 이 때 2차 MAP과 기본 MAP과의 거리가 일정 크기보다 작을 경우 2차 MAP 사용 효과는 감소할 것이다. 본 논

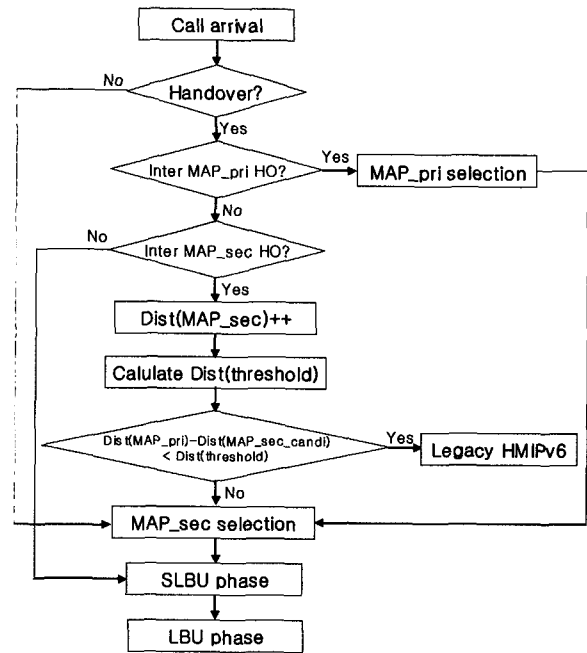


그림 2. 2차 MAP 선택 알고리즘
Fig. 2. Secondary MAP Selection Algorithm.

문에서 제안하는 2차 MAP 이용 기법에서는 2차 MAP을 선택할 때마다 기본 MAP과의 거리가 일정 크기 이하일 경우에는 2차 MAP 선택을 포기하도록 하여 2차 MAP 사용으로 인한 비효율성을 최소화 시키도록 한다. 그림 2에 본 논문의 2차 MAP 선택 알고리즘을 흐름도로 나타내었다.

그림 2의 알고리즘에서 $Dist(MAP_sec)$ 은 단말에서 2차 MAP까지의 거리를 나타내며 $Dist(MAP_pri)$ 은 단말과 기본 MAP까지의 거리를 나타낸다. 그리고 $Dist(MAP_sec_candi)$ 는 후보 2차 MAP의 거리를 의미하며 $Dist(threshold)$ 는 임계 거리를 의미한다. 임계 거리란 2차 MAP과 기본 MAP의 유효한 최소 거리를 뜻한다.

단말이 인접 AR 영역으로 이동하면 핸드오버 동작이 수행된다. 그림 2의 Inter MAP_pri HO 조건문은 핸드오버의 종류에 따라 새로운 MAP 선택 여부를 결정한다. Inter MAP_sec HO 조건문은 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 여부에 따라 2차 MAP으로의 바인딩 갱신을 할 것인지 아니면 새로운 2차 MAP을 선택 할 것인지를 결정한다. 만일 새로운 2차 MAP을 결정할 경우에는 알고리즘에서 나타낸 바와 같은 조건을 만족하는 라우터를 2차 MAP으로 선택한다. 알고리즘에서 $Dist(MAP_sec)++$ 를 수행하는 이유는 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 시 단말이 현재 이동 중에 있으므로 기존의 2차 MAP 보다 관리 영역이 더 큰 MAP을 2차

MAP으로 선택하기 위함이다. 그러나 기본 MAP과 2차 MAP의 거리가 가까워지면 2차 MAP의 효율은 감소하게 된다. 따라서 2차 MAP과 기본 MAP 사이의 거리가 임계 거리 이상이 되면 2차 MAP을 사용하고 그 반대의 경우에는 2차 MAP을 사용하지 않고 기본 MAP만을 사용하는 기존의 HMIPv6 방식으로 마이크로 이동성 관리를 한다.

본 논문에서 제안하는 2차 MAP 선택의 예를 그림 3의 네트워크에서 보인다. 그림 3의 경우에 AR1의 영역으로 진입 한 이동단말은 AR1이 전송하는 Router Advertisement 메시지의 후보 MAP 정보를 이용하여 MAP을 선택한다. 만일 그림 3의 모든 라우터(R1 ~ R7)들이 후보 MAP이라면 R1이 기본 MAP으로 선택될 것이다. 본 논문에서 제안하는 2차 MAP 이용 기법은 기본 MAP을 선택 한 후에(R1을 선택했다고 가정) 이동단말이 호 설정 상태로 천이할 때 가장 가까운 R4를 2차 MAP으로 선택한다. 이 때 이동단말은 R4로 SLBU(Secondary Local BU) 메시지를 전송하고 R4는 R1로 LBU(Local BU) 메시지를 보낸다. 이렇게 함으로써 R1, R4 그리고 이동단말 사이의 연결이 설정된다. 이 연결은 호가 개설 된 상태에만 사용하는 연결로써 호가 종료 된 후에는 다시 기본 MAP만을 사용하는 기존 HMIPv6 방식으로 동작한다. 호가 설립되지 않은 상태에서 단말이 이동하면 통화대기 핸드오버가 발생하는데 이 동작으로 인해 발생하는 지연시간은 다소 길어도 사용자들이 불편을 느낄 이유가 없으므로 2차 MAP을 사용하는 오버헤드를 감수하지 않아도 된다.

기존의 HMIPv6의 거리 기반 알고리즘에 의해 선택한 MAP을 기본 MAP이라 하면, 기본 MAP과 2차 MAP이 연결을 유지하고 2차 MAP과 이동단말이 연결

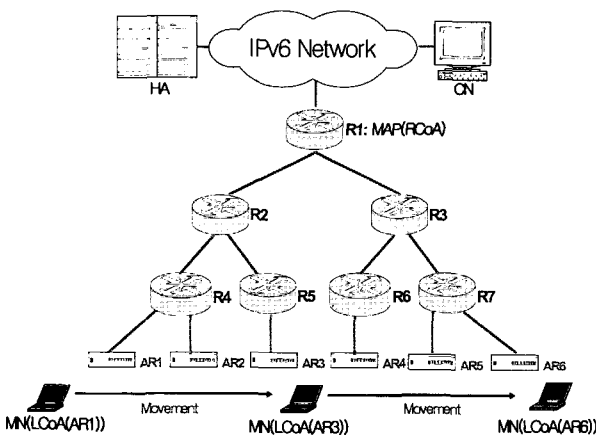


그림 3. HMIPv6 망의 구조
Fig. 3. Architecture of HMIPv6 Network.

을 유지하여 송수신이 가능하도록 한다. 2차 MAP 선택은, 호가 개시 된 상태에서 이전의 2차 MAP 영역을 벗어나거나, 방문 망에서 새로운 호 개시를 요구할 때 이루어진다. 단말은 2차 MAP 선택을 위해 MAP 후보 라우터들에 대한 정보를 유지해야 한다. 2차 MAP을 선택하면 이 사실을 2차 MAP에게 알려야 하는데 이 때 사용하는 메시지를 SLBU 메시지라 한다. SLBU 메시지가 HMIPv6의 LBU와 다른 점은 SLBU를 받은 2차 MAP은 다시 기본 MAP에게 LBU 메시지를 전달해야 한다는 것이다. 기본 MAP은 RCoA 할당 성공 여부를 확인하고 결과를 LBack 메시지로 2차 MAP에게 전송한다. 2차 MAP은 이동단말에게 SLBBack 메시지를 전송하여 2차 MAP 선택 동작을 마친다. 2차 MAP 선택 시 메시지 흐름을 그림 4에 나타내었다.

그림 4에서 보듯이 SLBU 메시지에는 SRCoA, RCoA 그리고 LCoA 정보가 전달되는데 SRCoA 주소는 2차 MAP의 RCoA 주소에 해당한다. 이들 주소 정보를 Binding Cache에 저장한 2차 MAP은 기본 MAP과 동일한 동작을 수행한다. 즉 기본 MAP으로 하여금 2차 MAP 내부에서의 단말의 이동에 대하여 투명성을 제공하게 된다.

SLBU를 수신한 라우터는 자신이 2차 MAP으로 선택되었음을 인식 할 수 있어야 하는데 이를 위해 LBU 메시지 구조를 조금 바꾸어야 한다. 그림 5가 바인딩 갱신 시 사용되는 Mobility Header의 Message Data 필드에서 새로운 플래그 하나를 추가한 BU 패킷 헤더 구조이다. S 플래그가 추가되는 부분이며 S 플래그가 1로 설정 되면 수신 노드는 자신이 2차 MAP으로 선정되었

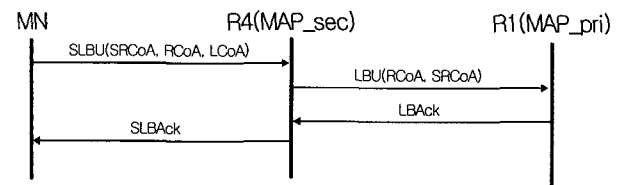


그림 4. 2차 MAP 선택 및 Binding Update 메시지 흐름
Fig. 4. Message Flow of Secondary MAP Selection and Binding Update.

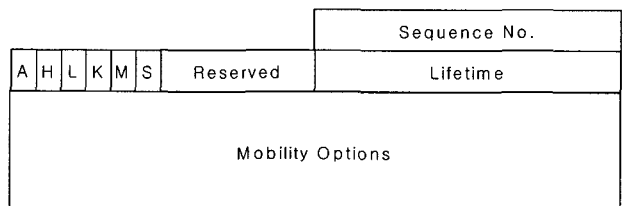


그림 5. 새로운 BU 패킷 헤더 구조
Fig. 5. A New Packet Header Format of BU.

음을 알 수 있다.

2. 기본 MAP과 2차 MAP의 임계 거리

앞에서 보았듯이, 2차 MAP을 사용하여 서비스 품질을 높이면서 전체적인 망의 부담도 줄이기 위해서는 2차 MAP과 기본 MAP 사이의 거리가 일정 크기 이상이 되어야 한다는 것을 알 수 있었다. 2차 MAP이 효율적으로 사용되기 위한 기본 MAP과 2차 MAP 사이의 최소 거리를 임계 거리라 한다. 임계 거리 계산을 위해 필요한 요소들로는 핸드오버 발생 확률(P_{HO}), 2차 MAP 영역 간 핸드오버 발생 확률($P_{inter_sec_HO}$), 기본 MAP 영역 간 핸드오버 발생 확률($P_{inter_pri_HO}$), 2차 MAP 영역 내 핸드오버 비용($C_{intra_sec_HO}$), 2차 MAP 영역 간 핸드오버 비용($C_{inter_sec_HO}$) 그리고 기본 MAP 영역 간 핸드오버 비용($C_{intra_pri_HO}$) 등이 있다. 이들 요소들의 상관관계를 이용하여 2차 MAP 사용 여부를 결정할 수 있다. 즉 2차 MAP을 사용 시 예상 비용이 기존 방식의 예상 비용에 비해 작을 경우에는 2차 MAP을 사용하는 것이 유리 할 것이다. 다음 <조건 1>에 2차 MAP 사용 조건을 나타내었다.

```

<조건 1>
if (( $P_{HO}$ ) · ( $P_{inter\_sec\_HO}$ ) · (1- $P_{inter\_pri\_HO}$ ) · ( $C_{inter\_sec\_HO}$ ) +
( $P_{HO}$ ) · ( $P_{intra\_sec\_HO}$ ) · ( $C_{intra\_sec\_HO}$ ))
    < ( $P_{HO}$ ) · (1- $P_{inter\_pri\_HO}$ ) · ( $C_{intra\_pri\_HO}$ )
then select secondary_MAP ;
else legacy HMIPv6 ;
    
```

조건 1의 비용 계산을 위해 $C_{inter_sec_HO}$, $C_{intra_sec_HO}$ 그리고 $C_{intra_pri_HO}$ 의 계산이 필요하다. 이들 비용은 단말과 기본 MAP 혹은 2차 MAP과의 거리, 필요한 제어 메시지 등의 동작을 기반으로 계산되어 질 수 있다. 각각의 비용은 다음과 같은 동작으로 나누어 계산할 수 있다.

- 2차 MAP 영역 내 핸드오버 -
- 1) 새로운 LCoA 할당
- 2) SLBU 메시지 전송
- 3) SLBAck 메시지 전송

- 2차 MAP 영역 간의 핸드오버 -
- 1) 새로운 LCoA 할당
- 2) 2차 MAP 선택
- 3) SLBU 메시지 전송

- 4) LBU 메시지 전송
- 5) LBAck 메시지 전송
- 6) SLBAck 메시지 전송

- 기본 MAP 영역 내 핸드오버 -
- 1) 새로운 LCoA 할당
- 2) LBU 메시지 전송
- 3) LBAck 메시지 전송

각각의 메시지 전송에 필요한 시간 비용으로는 전파 지연시간과 홉에서의 처리지연시간이 있다. 전파지연시간은 단말과 MAP 사이에 거치는 라우터 수와 비례하며, 홉에서의 처리지연시간은 로컬 바인딩 갱신 등의 관련 메시지가 처리 되는 홉의 개수와 비례한다. [4]에 의하면 HA에서 바인딩 갱신에 필요한 시간이 대략 RTT 정도라고 하였으나 이 경우는 HA가 먼 거리에 있다는 가정에서 계산 된 것이고, 마이크로 이동성이 지원되는 경우에는 MAP이 단말과 가까운 거리에 있으므로 처리지연시간은 RTT 보다 훨씬 더 클 것이라는 것을 쉽게 예상할 수 있다. 본 논문에서는 MAP에서의 처리지연시간을 기본 MAP까지 RTT의 α 배라고 가정한다.

AR로부터 LCoA를 할당 받는 동작에 대한 비용은 모든 핸드오버에서 공통으로 발생하는 부분이다. 본 논문에서는 성능을 비교 분석할 것이므로 LCoA 할당에 필요한 비용은 표 1에서는 제외시켰다. 표 1에서 보듯이 각 핸드오버의 종류에 따라 소요 되는 시간 비용은 단말과 MAP 간의 거리, 메시지에 대한 처리가 발생하는 홉의 개수에 의해 결정 된다. 조건 1과 표 1의 비용을 이용하여 간단한 예를 보면 2차 MAP이 사용 되는 경우를 쉽게 알 수 있다.

조건 1에서 핸드오버 발생 확률을 30%로 가정하고 핸드오버가 발생 했을 때 2차 MAP 영역 내 핸드오버 확률을 70%, 2차 MAP 영역 간의 핸드오버 발생 확률

표 1. 핸드오버 종류 별 비용
Table 1. Costs of Handovers.

핸드오버 종류	비 용
$C_{inter_sec_HO}$	$2 \cdot T_{prop_pri} + 3 \cdot T_{proc}$
$C_{intra_sec_HO}$	$2 \cdot T_{prop_sec} + T_{proc}$
$C_{intra_pri_HO}$	$2 \cdot T_{prop_pri} + T_{proc}$

- T_{prop_pri} : 기본 MAP까지 전파지연시간
- T_{prop_sec} : 2차 MAP까지 전파지연시간
- T_{proc} : 홉에서의 처리지연시간

을 30%로 가정한다. 그리고 기본 MAP 간의 핸드오버 발생 확률을 10%로 가정한다. 그리고 전과지연시간은 거쳐 가는 라우터의 개수로 하였다. 이 경우에 T_{prop_sec} 와 T_{prop_pri} 사이의 관계는 식 1과 같다.

$$T_{prop_sec} < 0.9 \cdot T_{prop_pri} - 0.436T_{proc} \quad (식 1)$$

식 1을 이용하면 기본 MAP과 2차 MAP의 임계 거리를 구할 수 있다. 그러나 이 경우는 핸드오버 발생 확률 등이 본 논문에서 가정한 경우의 조건이다. 따라서 모든 단말에 대하여 공통적으로 적용할 수는 없다. 그러나 단말은 자신의 이동 상황을 알 수 있으므로 일정 기간동안의 이동 상황에 대한 통계를 바탕으로 위와 같은 조건식을 만들 수 있다. 즉 기존의 HMIPv6에서 감안 하지 못 했던 단말의 이동 성향을 이용하여 좀 더 효율적인 HMIPv6 프로토콜을 구현할 수 있다.

그림 6에 단말과 기본 MAP 간의 거리에 따른 임계 거리의 변화를 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생 확률 별로 나타내었다. 그림에서 나타나듯이 임계 거리는 기본 MAP까지의 거리와 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생 확률이 증가함에 따라 커지는 것을 알 수 있다. 임계 거리의 최대치가 3인 것은 2차 MAP 이용 기법이 효율적으로 동작함을 알 수 있다. 즉 기본 MAP의 거리나 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생확률이 증가하여도 일정 크기 이상의 임계 거리를 유지하면 2차 MAP 이용 기법이 효율적임을 알 수 있다. 그리고 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생 확률이 30%일 경우의 예를 보면 기본 MAP의 거리가 최소일 경우에도 임계 거리가 3인 것을 볼 수 있다. 그 이유는 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생이 빈번하므로 2차 MAP을 사용하지 않는 것이 효율적이므로 이를 반영한 결과라 할 수 있다.

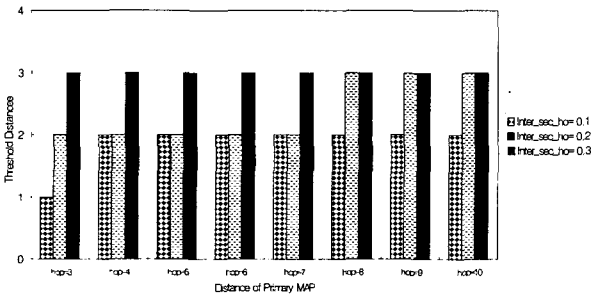


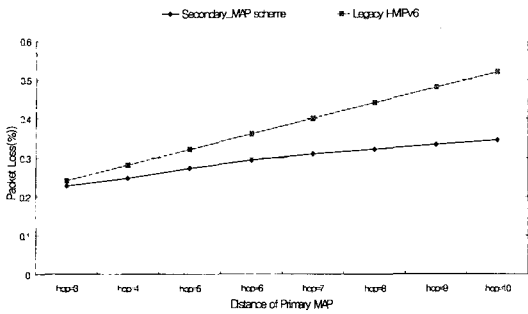
그림 6. 기본 MAP 거리 및 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버 발생률에 따른 임계 거리
Fig. 6. Threshold Distance according to Primary Distance and Inter-Secondary MAP Handover.

IV. 성능 평가

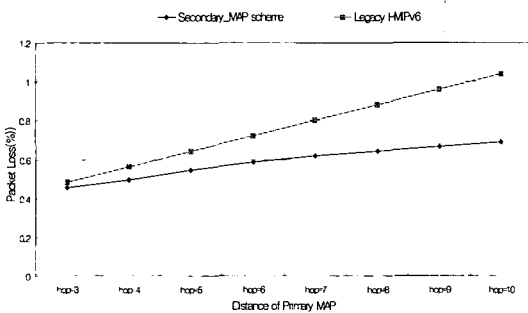
본 논문에서는 기존의 HMIPv6의 MAP 이용 기법인 거리기반 알고리즘의 문제점을 제시하였고 이를 해결하기 위해 2차 MAP을 이용한 새로운 2차 MAP 이용 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 2차 MAP 선택 기법의 성능과 효율성의 검증을 위해 시뮬레이션을 통한 성능 평가를 하였다. 시뮬레이션은 호가 개시된 단말이 이동하면서 핸드오버가 발생 할 때마다 핸드오버 처리 지연시간과 패킷 손실률을 제안한 기법과 기존의 기법에 대하여 측정하였다.

시뮬레이션 환경은 그림 3과 같은 구조의 망을 가정하였다. 호가 개시된 단말이 호 종료까지 랜덤한 이동 확률을 가지고 이동하도록 하였고 단말과 기본 MAP까지의 거리 변화에 따른 성능 변화를 측정 하였다. 각각의 단말은 서로 다른 이동 성향을 가지고 있으며 이로 인해 기본 MAP 거리에 따른 임계 거리에 차이가 있도록 하였다. 총 시뮬레이션 시간은 10000초로 하였고 핸드오버가 발생하는 단말에 대해서만 시뮬레이션 하였다. 패킷 전송은 단말이 수신하는 패킷에 대해서만 성능 평가를 하였고 패킷 크기는 고려하지 않았다. 초당 수신되는 패킷의 수가 200개 이상인 경우에 대하여 시뮬레이션을 하였는데 그 이유는 음성 전송이 평균 초당 50개의 패킷이 전송 되므로 그 이상의 패킷 수신에 대하여 성능 평가를 하였다. 그리고 단말의 이동 범위는 기본 MAP 영역 내에서만 이동하는 것으로 가정하였으며 기본 MAP 영역 사이의 핸드오버에 대한 성능 평가는 본 성능 평가에서는 제외시켰다. 기본 MAP 영역 사이의 핸드오버에 대한 성능 평가를 하지 않은 이유는 마이크로 이동성 관리가 이루어지는 기본 MAP 영역 내에서의 성능 평가를 위해서이다.

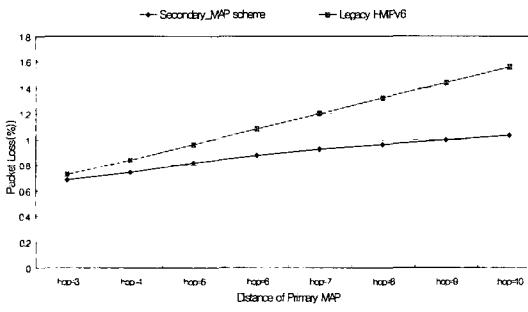
패킷 손실률과 핸드오버 처리 지연 시간의 측정을 위해 단말이 전송한 패킷의 전과 지연 시간과 홉에서의 처리 지연 시간이 필요한데 본 시뮬레이션의 목적은 기존 방식과의 성능 비교이므로 동일한 조건으로 주었다. 즉 한 홉 단위의 전과 지연 시간을 0.1msec, 홉에서의 처리 지연 시간을 홉 거리 3일 경우의 전과 지연 시간의 1.5배로 하였다. 이렇게 홉 처리 지연 시간을 정한 이유는 [4]에서 언급한 바와 같이 바인딩 갱신 및 인증에 필요한 시간이 RTT의 1.5배이기 때문이다. [4]의 경우에는 HA에서의 처리 지연 시간이므로 단말에서 HA까지의 홉 수가 3을 훨씬 초과할 것이다. 이러한 근거로 홉에서의 처리 지연 시간을 정의하였다.



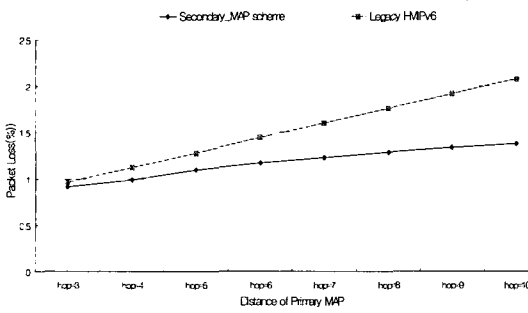
(a) 패킷 도착률이 200일 경우
(a) when packet arrival rate is 200



(b) 패킷 도착률이 400일 경우
(b) when packet arrival rate is 400



(c) 패킷 도착률이 600일 경우
(c) when packet arrival rate is 600



(d) 패킷 도착률이 800일 경우
(d) when packet arrival rate is 800

그림 7. 2차 MAP 기법과 HMIPv6의 패킷 손실률
Fig. 7. Packet Loss Probability of Secondary_MAP and Legacy HMIPv6 Scheme.

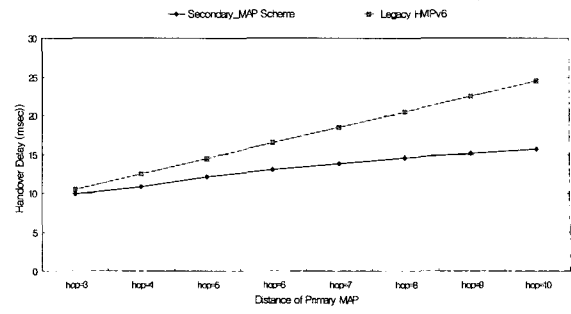


그림 8. 2차 MAP 기법과 HMIPv6의 핸드오버 처리 지연 시간
Fig. 8. Handover Processing Delay of Secondary_MAP and Legacy HMIPv6 Scheme.

그림 7에 패킷 손실률에 관한 시뮬레이션 결과를 그래프로 나타내었다. 그림 7의 (a)부터 (d)까지 그래프는 각각 초당 패킷 도착율이 각각 200, 400, 600, 800 일 때의 패킷 손실률을 나타내며 단말에서 기본 MAP까지의 거리가 증가할수록 패킷 손실이 증가함을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 기존의 HMIPv6의 성능에 비해 본 논문에서 제안한 2차 MAP 이용 기법의 성능이 개선되었음을 알 수 있다. 그리고 단말에서 기본 MAP까지의 거리가 가까운 경우, 예를 들어 홉 수가 3인 경우 기존의 HMIPv6의 패킷 손실률과 2차 MAP 기법의 패킷 손실률에 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이 결과는 2차 MAP 영역 사이의 핸드오버가 발생하면 새로운 2차 MAP 선택 시 기존의 2차 MAP의 거리보다 큰 라우터를 2차 MAP으로 선택하게 되는데 대부분의 이러한 경우 2차 MAP과 기본 MAP 사이의 거리가 임계 거리 미만인 되어 기본 MAP만을 사용하는 기존의 HMIPv6 방식으로 동작하게 되는 경우가 빈번해 지기 때문이다.

그림 8에는 핸드오버 처리 지연 시간에 관한 성능 평가 결과를 그래프로 나타내었다. 패킷 손실률과 핸드오버 처리 지연 시간은 비례 관계에 있으므로 시뮬레이션 결과는 당연히 본 논문에서 제안한 2차 MAP 이용 기법의 성능이 우수함을 보이고 있다. 이 또한 패킷 손실률 성능 평가 결과와 같이 단말에서 기본 MAP까지의 거리가 가까울수록 HMIPv6의 성능과 비슷함을 보이다가 거리가 커질수록 핸드오버 처리 지연 시간에 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 마이크로 이동성 관리 기술인

HMIPv6의 MAP 선택 기법의 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 2차 MAP 이용 기법을 제안하고 성능 평가를 통해 효율성을 검증하였다. 기존의 HMIPv6 기법이 가지고 있던 문제를 해결하기 위해 단말의 이동 성향을 감안하여 임계 거리를 계산 하였고 필요 이상의 거리를 유지하던 MAP의 문제를 2차 MAP을 도입하여 해결 하였다. 그 결과 기존의 HMIPv6 기법의 핸드오버 발생 시 문제점이던 핸드오버 처리 지연 시간과 패킷 손실률에 대한 성능 개선을 이룰 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility

Support in IPv6", Internet Draft, June 2003.
 [2] W. C. Y. Lee, "Smaller cells for greater performance," IEEE Commun. Mag., vol. 29, pp. 19-23, Nov. 1991.
 [3] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", Internet Draft, Jan. 2004.
 [4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility management", Internet Draft, Feb. 2004.
 [5] Eva Gustafsson et al., "Mobile IPv4 Regional Registration", IETF draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-07.txt, Oct. 2002.
 [6] Karim El Marki et al., "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4", IETF draft-ietf-mobileip-low-latency-handoffs-v4.txt, Jan. 2004.

— 저 자 소 개 —



장 성 식(정회원)
 1987년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업
 1989년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업
 1998년~현재 경북대학교 컴퓨터 공학과 박사수료
 1994년~2001년 김천대학 컴퓨터정보계열 조교수
 2002년~현재 영남이공대학 컴퓨터정보기술계열 조교수
 <주관심분야 : Mobile IPv6, 마이크로이동성, 핸드오프제어기술 >



이 원 열(정회원)
 1987년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업
 1993년 경북대학교 컴퓨터 공학과 석사 졸업
 2002년 경북대학교 컴퓨터 공학과 박사졸업
 1997년~2002년 성심외국어대학 조교수
 2002년~현재 영산대학교 네트워크정보공학부 조교수
 <주관심분야 : 이동통신기술, 위치제어기술, 핸드오프 제어기술, Mobile IPv6, 마이크로 이동성 제어 기술 >



박 선 영(정회원)
 1990년 경북대학교 컴퓨터 공학과 학사졸업
 1993년 경북대학교 컴퓨터 공학과 석사졸업
 1998년 경북대학교 컴퓨터 공학과 박사졸업
 1998년~현재 계명문화대학 컴퓨터정보계열 조교수
 <주관심분야 : Wireless Network, Mobile IP, IPv6 >



변 태 영(정회원)
 1994년 경북대학교 컴퓨터 공학과 학사졸업
 1997년 경북대학교 컴퓨터 공학과 석사졸업
 2000년 경북대학교 컴퓨터 공학과 박사졸업
 1998년~2000년 (주)새빛정보 대표이사
 2000년~2003년 08월 경주대학교 컴퓨터전자 공학부 조교수
 2003년 9월~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보 통신공학부 조교수
 <주관심분야 : 이동인터넷, 무선인터넷, 유비쿼터스 네트워킹, 유무선 통신망 및 통신 프로토콜 >



한 기 준(정회원)
 1979년 서울대학교 전기공학과 학사 졸업
 1981년 한국과학기술원 전기 공학과 석사 졸업
 1985년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 석사졸업
 1987년 University of Arizona 전기 및 전산 공학과 박사졸업.
 1981년~1984년 국방과학연구소 연구원
 1988년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 정교수
 <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 인터넷프로토콜, 유무선 통합망, 무선 LAN >