

가상 라우터 계층을 이용한 Hierarchical Mobile IP 구조

(A Hierarchical Mobile IP Architecture using a Virtual Router Layer)

신복덕[†] 하경재^{††}

(Bok-Deok Shin) (Kyung-Jae Ha)

요약 Mobile IP를 이용한 무선 네트워크 환경은 이더넷 기반의 유선 네트워크와의 연동을 전제로 하여 구축되고 운용된다. 그러나 그동안 Mobile IP와 연동되는 유선네트워크의 대부분은 무선 네트워크의 도입 시 성능에 영향을 주는 중요한 사항들을 고려하지 않고 구축함으로써 운용상 많은 문제점을 가지고 있었다. 본 논문에서는 실제 운용되고 있는 유선 네트워크에 Mobile IP 기반의 무선 네트워크를 구축할 경우 Access Router의 비대칭 연결구조에 의해 발생하는 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)의 적용상의 문제점과 이동노드들의 잦은 이동으로 인한 Binding Update 등에 의한 핸드오버 지연시간 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 방안을 제시한다. Access Router의 계층적 불일치에서 발생하는 네트워크 지연 시간을 가상 라우터 계층을 도입한 HMIPv6 구조를 사용하여 최소화하고, 이동노드의 잦은 이동에 따른 빈번한 CoA 등록으로 발생하는 통신오버헤드를 라우터 간 이동정보를 사전에 교환함으로써 줄인다. 본 논문에서 제안한 기법은 HMIPv6와 Fast Handover를 기반으로 하는 현실적이고 효과적인 무선랜 환경의 구축에 기여할 것으로 기대한다.

키워드 : 핸드오프, 지연, 네트워크, 무선 네트워크, 모바일

Abstract The wireless LAN environment using Mobile IP is constructed and managed to be connected with Ethernet based wired networks. However, there have been many problems with wireless networks using Mobile IP. Some important facts on network performance have not been considered when introducing wireless LAN by Mobile IP to wired networks. In this paper, we suggest schemes which can solve problems on Handover latency caused by the asymmetrical connectivity of the Access Router at applying the HMIPv6 and on binding updates due to the MN frequent movement. Our proposed schemes can reduce network latency by using the HMIPv6 architecture with a virtual router layer, and reduce communication overhead by interchanging information of the MN movement between routers. Our schemes are expected to assist in constructing a more real and effective wireless LAN environment based on the HMIPv6 and FMIP.

Key words : Wireless Network, HMIPv6, Handoff, Handover, Mobile IP

1. 서론

네트워크기술의 급속한 발전으로 탄생한 인터넷은 최근 불과 몇 년 사이에 일반 대중들의 일상생활에 없어서는 안 될 필수 요소로 자리 잡고 있다. 더구나 사용자에게 보다 안전하고 쾌적한 컴퓨팅 환경이 제공됨으로

써 네트워크를 기반으로 업무를 처리하거나 인터넷을 통해 각종 서비스를 이용하는 새로운 유형의 네트워크 사용자들이 계속 늘어나고 있다. 사용자층이 넓어지면서 네트워크 서비스의 다양화와 고품질화에 대한 요구가 갈수록 엄격해지고 있다. 또한 PDA, Cellular Phone, 노트북 등과 같은 모바일 장비의 하드웨어 기술이 발전하면서 데스크 탑 컴퓨터에서 이루어지던 작업이 모바일 장비에서도 가능하게 되었다. 그에 따라 기존의 유선 네트워크에서 사용할 수 있었던 각종 서비스와 작업들을 모바일 장비를 통해서도 수행할 수 있게 되기를 바라게 되었고 이는 곧바로 무선 네트워크의 서비스 품질

· 본 연구는 2005학년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌음

† 정희원 : 경남대학교 컴퓨터공학과
objector@kyungnam.ac.kr

†† 종신회원 : 경남대학교 컴퓨터공학부 교수
kjha@kyungnam.ac.kr

논문접수 : 2004년 3월 4일

심사완료 : 2005년 7월 28일

에 대한 기준을 높이는 계기가 되었다. 이와 같은 무선 네트워크에 대한 사용자들의 요구를 수용하기 위해 IETF 등의 표준화 커뮤니티를 중심으로 무선 네트워크 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

일반적으로 무선 네트워크 환경은 기존의 유선 네트워크와 무선 노드로 구성되며, 적용되는 대표적인 통신 기술로는 Mobile IP가 있다. Mobile IP는 유선 네트워크의 Host 식별체제인 IP를 바탕으로 하면서 노드의 이동에 따른 처리방법이 부가된 기술이다. Mobile IP의 특징은 네트워크의 물리적인 연결과는 관계없이 사용 중인 서비스를 계속 유지할 수 있으며 이를 통해 자연스럽게 글로벌 로밍 문제를 해결할 수 있다[2-4].

일반적으로 무선 네트워크에서의 컴퓨팅 환경은 유선 네트워크 환경에 비하여 네트워크 자원의 사용에 상당한 제약이 따른다. 무선 네트워크 환경의 통신에서 주요한 제약요소는 통신 유효거리의 한계 등이 있다[5,6]. 통신 유효거리의 한계는 이동성을 특징으로 하는 무선 네트워크의 통신유지에 상당히 불리한 여건으로 작용한다. 이러한 제약요소 때문에 이동노드(MN)가 이동 중에 지속적인 통신을 유지하기 위해서는 Access Point와의 통신 유효거리를 넘어서기 전후에 즉시 또 다른 Access Point와의 연결이 반드시 이루어 져야 한다. MN이 서로 다른 통신 영역을 가지는 Access Point를 지나쳐 갈 때 통신 중계, 즉 핸드오버(Handover)가 일어나게 된다. Mobile IP 기반의 무선 네트워크에서의 핸드오버 동작은 논리적인 통신 계층인 IP와 독립되어 있는 MAC 계층에서 수행되기 때문에[3,5,7] 무선 링크의 신뢰성을 보장해 줄 수 있을 뿐만 아니라 Mobile IP가 이동호스트의 위치 투명성을 제공할 수 있게 된다[2].

MN의 이동에 따른 핸드오버는 서비스 중인 MN에 대해 데이터 패킷의 전송지연을 발생시키게 되며 이러한 전송지연을 줄이기 위한 방법들로서 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)와 Fast Handover(FMIPv6) 등이 제안되고 있다[5,8-11]. 그러나 이미 사용되고 있는 유선 네트워크에 이러한 방법을 기반으로 무선 네트워크를 구축할 경우, 실제 네트워크의 구조가 적용 방법의 전제가 되는 이론적 구조와 부합하지 못하는 등의 문제 때문에 효율적인 구축에 어려움이 따른다. HMIPv6의 경우는 네트워크의 라우터들이 대칭적으로 구성되고 MN의 이동이 물리적, 논리적으로 인접한 라우터 간에 발생한다는 것을 전제로 하고 있다. 그러나 실제 구축되어 있는 대부분의 네트워크는 비대칭적인 구조이기 때문에 라우터의 물리적 위치와 논리적 위치가 서로 일치하지 않는 경우가 많다. 이러한 네트워크에 HMIPv6를 도입하기 위해서는 라우터의 배치를 대칭적이며 계층적으로 재구성해야 할 필요가 있다. 그러나 이미 구축된

네트워크를 재구성하는 것은 경제적, 구조적인 면에서 어려움이 따른다. 따라서 기존의 네트워크를 재구성하지 않고 구조적인 문제를 해결할 수 있는 방법을 도입하는 것이 하나의 효과적인 대안이 될 수 있다.

본 논문에서는 기존의 네트워크에 HMIPv6를 도입할 경우 비대칭적인 구조로 인하여 MN의 이동과 관련된 관리 패킷이 MAP(Mobility Anchor Point)에 집중되는 문제를 해결하기 위해 가상 라우터 계층을 도입한 개선된 HMIPv6의 적용방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Mobile IP에 대한 관련연구를 고찰하고, 3장에서는 무선네트워크를 구축할 경우 기존의 유선네트워크에 가상라우터를 도입하여 HMIPv6를 적용하는 방안을 제시한다. 4장에서는 기존의 HMIPv6 적용방법과 본 논문에서 제안한 방안에 대하여 핸드오버 지연시간의 관점에서 비교 분석한다. 5장에서는 본 논문에서 제안한 방안의 타당성을 보이기 위해 실험을 하고 그 결과를 분석하며, 6장에서 결론과 문제점 및 향후 연구방향을 기술한다.

2. 관련 연구

Mobile IP 기반의 무선 네트워크에서 MN은 지속적인 네트워크 서비스를 받기 위해 위치이동이 발생할 때마다 자신의 위치를 알려야 한다. 이때 MN의 위치를 알고 있어야 하는 네트워크 노드들은 Home Agent(HA), 통신을 유지하고 있는 Correspond Node(CN) 그리고 현재 MN이 등록되어 있는 Foreign Agent(FA) 혹은 Access Router(AR) 등이 있다[2,3,9].

HA는 MN에게 고유 식별자를 부여하고 관리하는 역할을 담당하며, CN은 유선 네트워크에 존재하는 노드로서 MN과의 통신 대상이 되는 노드이다. HA는 CN에서 보내진 데이터 패킷이 목적지 MN을 찾지 못하거나 또는 그 위치를 인식하지 못할 때 데이터 패킷을 일정시간 보관하여 CN 대신에 목적지 MN으로 재전송한다. FA는 MN이 유선 네트워크와 통신할 수 있도록 Care of Address(CoA)를 부여하며, IP를 이용한 패킷 통신을 지원하는 통신 매개체로서의 역할을 한다.

Mobile IP 기반의 무선 네트워크의 표준으로는 IPv4에 기반을 둔 Mobile IPv4와 IPv6에 기반을 둔 Mobile IPv6 등이 있다[1,3]. Mobile IPv6는 MN이 고유 IP를 가질 수 없다는 Mobile IPv4에서의 문제점을 해결하여 MN이 CN과 직접 통신할 수 있는 방법을 제공한다. 따라서 Mobile IPv4의 삼각 Tunneling 방식의 통신구조에서 발생하는 문제점들이 해소된다.

그림 1은 Mobile IPv6의 패킷 전송구조를 설명하고 있다. MN이 통신 중에 이동하면 MN은 HA와 CN에 자신의 이동위치를 등록하게 된다. MN의 위치를 관리

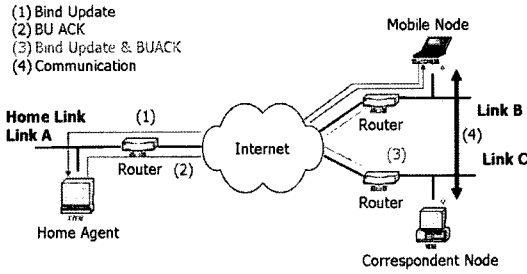


그림 1 Mobile IP의 패킷 전송구조

하기 위해 HA는 MN의 이동 IP를 관리하며 CN은 MN이 보내온 새로운 IP를 목적지로 설정하여 통신을 유지시킨다. Mobile IPv6 기반의 무선 네트워크에서 MN은 더 이상 HA를 경유하는 간접통신을 하지 않고 CN과 직접 통신을 한다. 이와 같이 MN의 이동에 의해 AR과 AR간, AR과 MN간에서 발생하는 일련의 과정을 핸드오버라 한다. 그러나 MN의 통신 유지를 위해 필수적인 핸드오버는 데이터 전송 지연과 손실 등 통신오버헤드의 주요한 원인이 된다. 더구나 MN이 자동차와 같이 고속으로 이동하는 환경 내에 있다면 핸드오버가 매우 빈번해지고 그에 따른 통신 오버헤드가 급격히 증가한다.

이러한 문제점들을 개선하기 위해 다양한 방법들이 제안되고 있는데 이 들 중 데이터 전송 손실을 줄이기 위한 Smooth Handover와 지연시간의 단축을 위한 Fast Handover, Hierarchical Mobile IPv6등이 있다.

2.1 Smooth Handover

MN이 어떤 AR을 통해 유선 네트워크의 서비스를 이용하던 중에 인접 AR로 이동을 할 경우, MN은 통신을 계속 유지하기 위해 자신의 이동을 감지해야 한다. 이동의 감지는 새로운 AR의 Advertisement 패킷(Beacon)을 수신함으로써 이루어진다[4,9,12]. MN은 새로이 발견된 AR에 자신의 존재를 알리고 등록절차를 거친 후 새로운 CoA를 획득한다. MN은 자신의 이동을 CN과 HA에 알리기 위해 새롭게 생성된 CoA를 Binding Update (BU) 메시지에 실어 전송한다. 이러한 절차가 완료되기 전까지는 CN과 HA가 MN의 이동을 인지할 수 없기 때문에 데이터 패킷은 이동 이전의 CoA로 전송된다. 그러나 정작 데이터 패킷을 수신해야 할 MN은 이미 다른 AR로 이동한 상태이므로 이 기간 동안 전송된 패킷은 손실될 수밖에 없다. 이러한 손실을 줄이기 위한 방법으로 제안된 것이 Smooth Handover이다. 이 방법은 패킷 전송 손실을 줄이기 위해 핸드오버 시 Previous AR(PAR)이 MN을 대신하여 이전 CoA로 전달되는 패킷을 Buffering 한다. 이 Buffering은 MN의 새로운 CoA가 HA와 CN에 등록되기 전까지 수행된다. 핸드오버가 완료되어 MN이 새로운 CoA를 가지고 통신을 시

작하면 PAR은 New AR(NAR)을 통해 Buffering 데이터를 MN으로 전송함으로써 손실되는 패킷을 최소화 할 수 있다[1-3].

2.2 Fast Handover

Fast Handover는 핸드오버 시 발생하는 지연시간을 최소화 하고자 하는 기술로서, MN의 위치이동에 따른 AR간의 등록 지연시간을 줄이는 방법이다. 이 기술의 대표적인 표준으로는 Fast Handover for Mobile IPv6 (FMIPv6)가 있다[11]. FMIPv6는 무선 네트워크의 통신 계층 2의 핸드오버가 완료되기 전에 핸드오버 예상 정보를 바탕으로 하여 계층 3의 핸드오버 일부를 수행한다[2,5,8,9,13].

Mobile IP 기반의 무선 네트워크에서 MN의 위치이동에 따른 핸드오버 지연시간은 Movement detection, IP Address Configuration, Location Update등에 의해 발생된다[4]. 이러한 지연요소들에 의한 핸드오버 지연시간은 통신의 품질을 현저히 떨어뜨릴 뿐만 아니라 데이터 손실 때문에 실시간 정보전송 등을 필요로 하는 고속의 정보 서비스를 불가능하게 하기도 한다.

FMIPv6는 이와 같은 지연요소들을 최소화 하는 방법 중 하나이며, 이 방법은 MN이 새로운 AR로 이동할 것을 미리 예측하고 전 처리함으로써 패킷 전달의 효율성을 높인다[8,14].

Fast Handover의 수행은 MN이 AR과 통신하고 있는 동안에 다른 AR로의 이동을 감지할 경우 PAR에 NAR의 정보를 요청하는 메시지(RtSolPR)를 보내면서 시작된다. 메시지를 받은 PAR은 미리 가지고 있던 NAR에 대한 정보를 이용하여 새로운 CoA(NCoA)를 생성하고 MN에 메시지(PrRtAdv)를 전송한다. 그런 다음 MN은 NAR에 대한 Fast Binding Update(FBU) 메시지를 PAR로 보낸다. MN의 FBU를 받은 PAR은 MN대신에 NAR로 HI 메시지를 보낸다. HI 메시지는 새로운 CoA에 대한 검증을 요구하는 메시지이다. NAR은 HI 메시지에 대한 확인 메시지를 PAR로 보내고 PAR은 MN과 NAR에 확인 메시지(FBACK)를 보낸다. MN은 라우트 요청 메시지에 Fast Neighbor Advertisement(FNA)를 전달하여 자신의 존재를 알리고 NAR의 새로운 CoA를 이용하여 Binding Update를 수행한다. 이와 같이 FMIPv6는 새로운 AR에 대한 이동과정의 수행과 CoA를 부여 받는데 걸리는 지연시간을 줄이기 위한 방법이다.

2.3 Hierarchical Mobile IPv6

MN이 위치를 이동하여 새로운 네트워크에 등록되면 CoA의 변동이 생기게 된다. MN은 지속적인 서비스 유지를 위해서 HA와 CN에 자신의 새로운 CoA를 등록시켜야 한다.

Mobile IP에서의 CoA 등록 작업은 MN의 이동 위치

나 네트워크의 트래픽 상태에 따라 때때로 등록이 불가능하거나 많은 시간이 소요 될 수가 있다. CoA 등록에 따른 지연시간은 데이터 패킷 손실의 원인이 되며, 네트워크에 불필요한 오버헤드를 발생시키게 된다. CoA의 등록 시 발생하는 지연시간을 최소화하기 위해 제안된 방법의 하나가 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)이다 [8-10,15].

HMIPv6는 그림 2와 같이 지역 이동성을 총괄하는 MAP을 네트워크의 지역 내부와 외부 사이의 경계에 둬으로써 이 경계지점에서 주소 매핑을 처리하고, MN에 대해서는 임시 HA 역할을, HA에 대해서는 MN 역할을 하도록 한 기술이다.

HMIPv6는 CoA의 등록 지연시간을 줄이기 위해 라우터들을 대칭적인 트리구조로 구성시킨다. 이 네트워크 구조에서는 MAP에 MN의 대표 CoA가 등록되고, MN의 지역 CoA는 지역을 담당하는 라우터에 등록된다. 이 경우에 MN은 대표 CoA를 HA와 CN에 등록하고 통신에 사용하게 된다. 따라서 MN의 이동이 MAP의 영역 내에 있다면 HA와 CN으로의 CoA등록 작업은 이루어지지 않게 되고 단지 해당 지역영역 내에서 이동에 직접 관여하는 라우터들 간의 CoA 등록만이 필요하게 된다. 이렇게 함으로써 지역 이동 발생시 CoA 등록을 위한 시그널링의 양을 크게 줄일 수 있다[16,17].

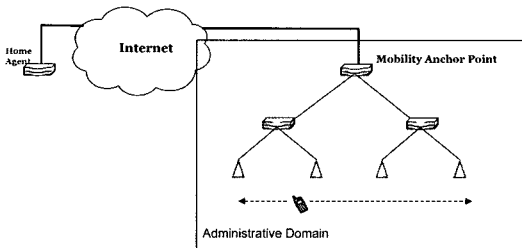


그림 2 HMIPv6의 네트워크 구성

HMIPv6는 상대적으로 원거리에 위치한 HA와 CN에 MN의 이동을 숨기고 위치 투명성을 제공함으로써 지연시간을 줄이는 방법이다. 그러나 이 방법은 국한된 영역에서만 적용가능하다는 한계를 가지고 있다. MN이 해당 적용영역을 벗어나거나 또 다른 영역으로 이동할 때에는 CN과 HA에 등록을 하기 위한 지연시간이 다시 발생하게 된다. 따라서 HMIPv6는 제한된 네트워크 구조와 적용범위가 국한된 경우에 지연시간을 최소화하는 방법으로 볼 수 있다.

지금까지 Mobile IP기반의 무선 네트워크에서 MN의 이동에 의한 핸드오버 시의 지연시간 문제를 해결하는 방법으로서 Fast Handover, Smooth Handover, Hierar-

chical Mobile IP 등을 고찰하였다. 그러나 무선 네트워크의 도입이 고려되지 않은 기존의 네트워크 구조 하에서 이러한 방법들을 적용하면 네트워크의 구조가 적용 방법에서 전제가 되는 이론적 구조와 부합하지 않은 경우가 많기 때문에 핸드오버 지연시간 단축의 실질적인 효과를 기대하기가 어렵다.

3. 가상 라우터 계층을 도입한 HMIPv6

이 장에서는 기존의 유선 네트워크에 AR 등을 배치하여 Mobile IP 기반의 무선 네트워크를 구축할 경우에 발생하는 문제점들을 분석한다. 또한 이를 바탕으로 현실적이고 효율적인 네트워크를 구성할 수 있도록 HMIPv6의 개선된 적용방법을 제안한다.

3.1 HMIPv6를 이용한 무선 네트워크 구축

그림 3은 기존의 이더넷 기반 유선 네트워크에 AR을 도입하여 무선 네트워크를 구현한 예이다. 그림 4는 그림 3의 네트워크 연결 구조를 계층트리로 표현한 것이다.

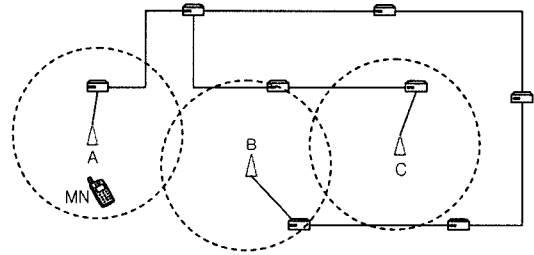


그림 3 MIP 무선 통신망 구축 예

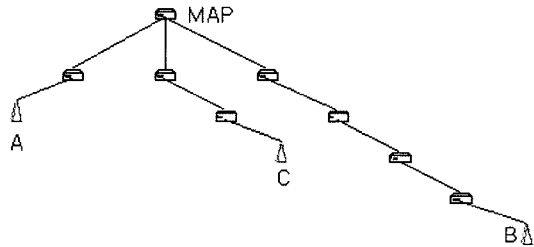


그림 4 계층 트리 구조의 네트워크

그림 3의 네트워크는 구축 당시에 Mobile IP를 이용한 무선 네트워크의 도입을 고려하지 않았기 때문에 AR이 추가 설치된 네트워크 구조는 비대칭적이다. 그림 3에서 AR A와 AR B는 지리적으로 인접한 위치에 있지만 그림 4의 네트워크 위상으로 볼 때 물리적으로 상당히 먼 위치에 연결되어 있다는 것을 알 수 있다.

그림 3과 같은 비대칭구조의 네트워크에서 HMIPv6를 그대로 적용하면 MAP에 부하가 집중되는 등의 문

제정이 발생한다. 만약 AR A에 접속되어 있는 MN이 인접 AR B로 이동할 경우 서비스가 지속적으로 유지되기 위해서 AR A와 AR B간에 핸드오버가 발생한다. 또한 MN이 이동을 계속하면 다시 AR B에서 인접 AR C로의 핸드오버가 발생할 수도 있다. 그런데 그림 3에서 AR A의 위치와 AR B의 지리적 위치는 그림 4의 물리적인 연결 위치와는 매우 다르기 때문에 이와 같은 경우에는 MAP이 모든 지역 AR의 관리 라우터가 되며 CoA 등록 작업 등이 여기에서 이루어진다. 따라서 MN의 이동에 따른 모든 작업이 한곳으로 집중되어 병목현상을 일으킬 가능성이 높다. 그리고 그림 2와 같은 전형적인 HMIPv6 네트워크와 비교하여 그림 4의 AR간 핸드오버는 AR들과 MAP간의 연결구조와 거리가 상이하기 때문에 전형적인 HMIPv6의 핸드오버 보다 더 많은 오버헤드가 발생하게 된다. FMIPv6를 적용할 경우에도 역시 AR간의 핸드오버를 위한 Hop수가 상당히 크기 때문에 그 효과를 기대하기 어렵다.

따라서 보다 효율적인 무선 네트워크의 구축을 위해서는 기존 네트워크의 구조를 개선하거나 재설계를 통해 HMIPv6의 적용에 적합한 네트워크 구조로 전환해야 한다. 그러나 이를 위해서는 상당한 기간과 비용이 들기 때문에 이미 사용 중인 대부분의 대단위 네트워크에는 적용하기가 현실적으로 어렵다. 따라서 본 논문에서는 기존의 유선 네트워크에 효율적으로 적용할 수 있고, MN의 이동에 따른 등록시간과 시그널링을 줄여 핸드오버 지연시간을 최소화할 수 있는 HMIPv6의 적용 방법을 제안한다.

3.2 가상 라우터 계층의 적용

본 논문에서 제안하고자 하는 HMIPv6기반의 무선 네트워크에 가상라우터 계층의 적용방법을 다음과 같은 네트워크의 예를 통해 설명하고자 한다. 그림 5은 그림 4의 네트워크 구조에 새로운 가상 라우터 계층을 도입하여 단순화 시킨 네트워크 구조이다.

그림 5의 (AB), (BC)는 AR A와 B, AR B와 C의 핸드오버 프로세스를 수행하고 그에 필요한 정보를 가지는 가상의 라우터들이다. 네트워크의 물리적 연결 구

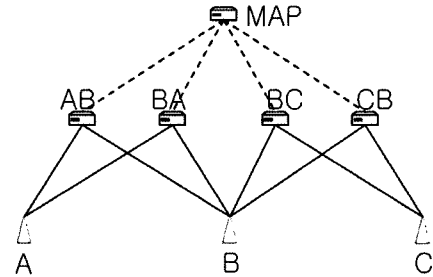


그림 6 가상 계층이 적용된 라우터의 연결구조

조로 볼 때 핸드오버를 전담하는 라우터가 두 AR 사이에서 대칭적인 위치에 있을 경우에는 문제가 없지만, 그림 4와 같은 구조를 가진 네트워크에서는 대부분의 시그널링 작업이 MAP에서 처리되어야 하기 때문에 병목현상을 일으킬 가능성이 있다. 이를 개선하기 위해 가상적인 지역 전담 라우터계층 (AB)와 (BC)를 설정하여 이 계층의 라우터들이 MAP과 MN 대신에 핸드오버 절차를 수행할 수 있도록 한다. 예를 들어, 그림 5의 가상 라우터 계층 (AB)에서는 그림 6과 같이 AR A에 가까운 라우터 AB가 AR A에서 AR B로의 핸드오버 절차를 수행하도록 하고, AR B에 가까운 라우터 BA는 AR B에서 AR A로의 핸드오버 절차를 수행하도록 한다. 네트워크상의 모든 라우터들은 MN의 지역 관리성을 확보하기 위하여 자신이 관리하는 하위 계층 AR 주소의 Prefix를 관리하며 이때 각 AR의 주소는 Site-Local Address에 의해 설정된다[5,19]. 가상 라우터로 선정된 라우터들은 해당지역 MN의 이동 시에 발생하는 BU 등의 핸드오버 시그널링 메시지를 대신 전송한다. 따라서 가상라우터 계층의 도입으로 핸드오버 수행에 필요한 시그널링 절차를 개선할 수 있기 때문에 HMIPv6의 핸드오버 지연시간이 줄어들게 된다.

그림 3의 네트워크의 구조를 그림 6과 같은 형태로 구성하여 운용하더라도 실제의 네트워크 구조가 비대칭적이기 때문에 이론적인 HMIPv6에서 보다 많은 핸드오버 지연시간이 발생하게 된다. Mobile IP를 기반으로 하는 무선 네트워크에서 핸드오버 지연시간을 발생시키는 중요한 요인들로는 Movement Detection, AutoConfiguration, Binding Update등이 있다[19]. 이들 중에서 Binding Update 시그널링 절차의 수행으로 발생하는 지연시간은 가상라우터를 도입하여 줄일 수 있다. 제안한 가상라우터를 도입하여 핸드오버에 따른 전체 지연시간을 효과적으로 줄이기 위해서는 Binding Update 절차의 최적화와 더불어 이동 탐지(Movement Detection)와 AutoConfiguration에 따른 지연시간의 개선 방법이 요구된다.

MN의 이동탐지는 일반적으로 AR의 Advertisement

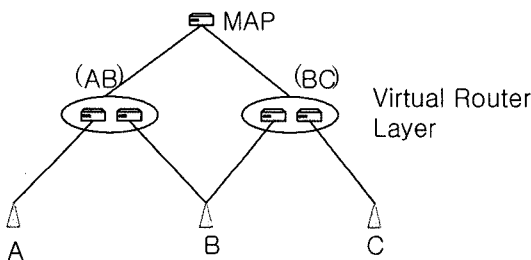


그림 5 가상 라우터 계층을 이용한 HMIPv6 구성

패킷(Beacon)의 주소를 비교하여 인식하는 방법이 사용된다. 때로 통신 중인 패킷 전송 절차의 이상을 이용하는 방법을 사용하기도 한다. 패킷 전송 메시지의 이상을 이동 탐지에 사용하는 방법은 다음과 같다. 일반적으로 무선 네트워크에서 패킷을 보내고자 하는 호스트는 수신 호스트에 RTS를 보낸 후 CTS 메시지를 받아야 패킷을 전송할 수 있다. 그러나 일정 시간 안에 CTS를 받지 못하면 RTS를 재전송하되 이후에도 응답이 없으면 수신 호스트에 문제가 생겼다고 간주한다. 또한 데이터를 송신한 후 ACK를 받지 못했을 경우도 마찬가지다. 이러한 경우에 핸드오프 프로토콜에서는 AR이 핸드오버 발생이 예측된 이동호스트가 RTS 혹은 데이터에 대한 응답을 하지 않으면 다른 AR로 이동했다고 판단한다[5,12].

Mobile IP를 기반으로 하는 무선 네트워크에서 일반적인 이동탐지는 MN에 의해 주도적으로 이루어지는 것을 기반으로 하고 있다. Mobile IPv6는 IPv6의 주소규칙을 따르고 있기 때문에 MN이 이동하여 접속한 AR이 바뀌게 되면 주소체계 중 Prefix부분의 변화가 발생한다. MN은 AR의 IPv6 Beacon 패킷의 주소부분에 있는 Prefix의 변화를 확인하여 이동을 감지한다. 이동이 감지된 후에 MN은 새로운 주소를 생성하여 새롭게 링크된 AR에 등록하여야 한다. 이러한 일련의 작업에는 상당한 시간이 걸리게 되는데 이를 개선하기 위해 FMIPv6를 사용한다. 그러나 FMIP는 AR간 핸드오버를 빠른 속도로 수행 할 수 있도록 하지만 새로운 AR을 인식하여 주소를 생성하고 등록하는 데는 여전히 많은 지연시간이 발생된다.

따라서 그림 3과 같은 구조의 무선 네트워크에서 MN의 등록(Movement detection & AutoConfiguration)에 따른 지연시간을 감소시키기 위하여 다음과 같은 방법을 제안한다.

- ① AR은 그림 7과 같이 통신영역이 중첩되는 다른 모든 AR의 Prefix를 저장한다. 저장된 Prefix 정보는 주변 AR에 MN을 등록하기 위한 CoA 생성 정보로 사용된다.
- ② AR은 MN이 등록될 때 MN을 대신하여 중첩영역의 다른 AR에 MN의 CoA를 가등록 한다. 이를 통해 MN이 MAP내부의 AR간을 이동할 때 AR에 CoA를 등록하는 시간을 줄인다.
- ③ MN이 통신영역이 중첩된 AR들 중 한 AR로 이동하여 Handover Acknowledgement(HACK)를 수신하면 가상라우터는 MN의 정보가 더 이상 사용되지 않는 나머지 AR들에게 MN의 가등록 정보를 삭제하도록 메시지를 전달한다. 예를 들면 그림 8에서 MN이 AR B에서 C로 이동하면 AR A로의 핸드오

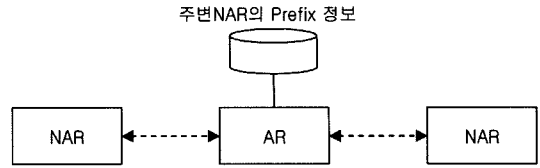


그림 7 Access Router의 Prefix 정보공유

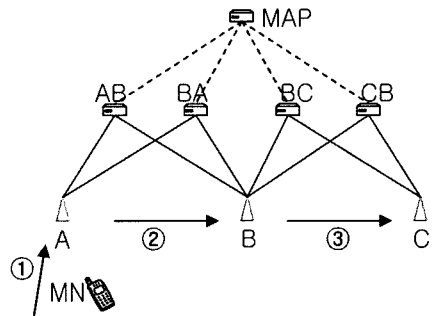


그림 8 MN의 AR간 이동

프 가능성이 없어지기 때문에 AR C에 접속된 MN 정보는 AR A에서 불필요한 정보가 된다.

IPv6의 주소체계를 사용하여 IP주소를 Stateless 방법으로 설정하면 아주 드물기는 하지만 중복된 주소가 생성될 수도 있다[20]. 이를 방지하기 위한 방법으로서 IPv6에서 규정하고 있는 Duplicated Address Detection (DAD)이 있으나, 중복된 주소를 확인하는 동안에도 지연시간이 발생하므로 미리 중복되지 않을 주소를 생성하는 방법이 보다 효과적이다[9].

본 논문에서는 MN이 등록되는 AR의 가상라우터가 다른 AR에 정보를 요청할 때 각각의 AR 고유의 Prefix를 받도록 하여 주소 생성 시 중복방지를 보장하는 방법을 사용한다. IPv6의 자동 주소설정 방법 중에서 Site-local Addresses를 사용하여 각 AR에 Subnet ID를 별도로 부여하여 지역별로 CoA가 생성될 수 있도록 한다. 따라서 주소 중복을 방지하기 위해서 각 AR마다 핸드오버가 일어날 인접 AR의 stateful CoA를 관리할 필요가 없다. 이 방법은 IPv4의 Private address를 사용하는 방법과 유사한 것으로서 Site를 하나의 도메인으로 설정하고 그 도메인을 각 지역으로 분할한다. 분할된 지역에 고유의 ID를 할당하고 이를 식별자로 하여 통신에 이용한다. 각 지역 ID는 상위 라우터에서 관리하여 도메인을 벗어나는 패킷에 대해서는 이 상위 라우터가 지역주소 Prefix를 Global Prefix로 대체한다[5,18].

그림 9는 그림 8과 같은 환경에서 MN이 AR의 통신 가능영역에 진입해서 Beacon을 받고 새로운 CoA를 생성하여 AR에 등록하는 과정과, MN이 다시 인접 AR로 이동하였을 때의 MN과 AR, AR과 인접 AR 간 시그널

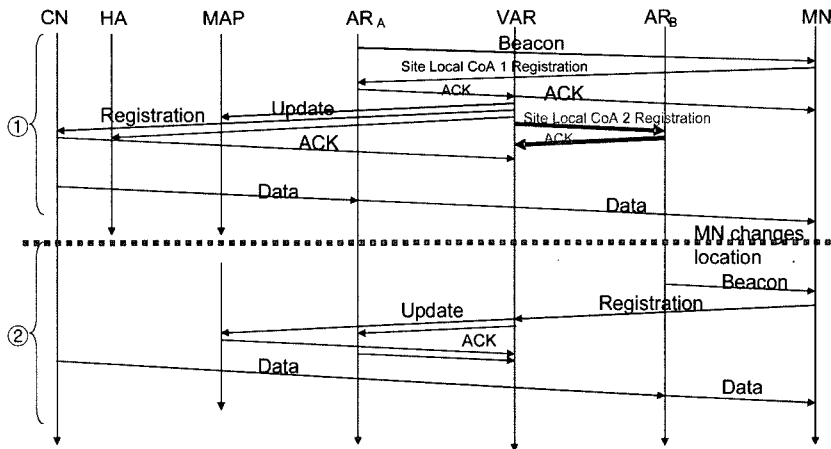


그림 9 MN의 이동으로 발생하는 시그널링 절차

패킷의 교환절차이다.

그림 9의 ①에서 MN이 AR A의 Beacon을 수신하고 자신을 등록하면 AR A는 가상라우터(VAR)에 MN의 존재를 알린다. MN을 인식한 VAR은 CN, HA 및 MAP를 대상으로 MN이 수행해야 하는 일련의 등록작업(Binding Update 등)을 대행한다. MN은 VAR에 의해 AR B에 사전 등록된 후 CN과 직접 통신을 하게 된다. 그림 9의 ②는 AR A에 접속되어 있던 MN이 AR B로 이동하였을 때 수행되는 처리절차를 나타낸 것이다. MN이 이동하여 AR B의 Beacon을 수신하면 MN은 VAR에 자신의 이동을 알린다. VAR은 AR B에서 사용할 CoA를 MAP에 알리고 AR A에 MN의 이동을 통보한다. VAR에 의해 시그널 메시지의 처리가 완료된 후 MN은 CN과의 통신이 유지된다. 그림 8의 ③과 같이 AR B에서 AR C로 MN이 이동하면 그림 9의 절차 ②가 수행되며, 그 후에 VAR은 AR A에 MN 정보의 제거를 통보하는 추가적인 절차가 수행된다.

4. 해석

기존의 HMIPv6와 본 논문에서 제안한 가상 라우터 계층을 적용한 HMIPv6에서의 핸드오버 시그널링에 따른 핸드오버 지연시간을 비교 분석한다. 본 논문에서 제안한 가상 라우터 계층은 MAP와 AR 사이에 있는 어떠한 라우터로도 설정 가능하며 핸드오버 시의 지연시간 요소들 중에서 MN의 CoA Autoconfiguration과 Binding Update를 최소화하도록 설정된다. 따라서 이 절에서 제시하는 지연시간모델의 해석을 통해 핸드오버 지연시간을 최소화할 수 있는 가상라우터의 최적 위치를 결정할 수 있다.

일반적으로 HMIP 기반 네트워크에서의 핸드오버를 위한 수행동작들은 다음과 같다.

- i) MN이 기존 AR에서 새 AR로 이동(AR 발견)
- ii) MN은 새 AR의 Beacon으로부터 IP Prefix를 획득하고 새로운 CoA를 생성한다.
- iii) MN의 새로운 CoA를 MAP에 등록한다.
 - iii-1) 새 AR(NAR)에 CoA 등록 메시지 전달
 - iii-2) 새 AR(NAR)에서 MAP로 CoA 등록 요청
- iv) 새 AR(NAR)이 전 AR(PAR)에 Binding Update 메시지 전송
- v) MAP의 CoA등록 확인 메시지를 새 AR(NAR)를 통해 MN으로 전송

위의 수행동작들은 핸드오버 시에 발생하는 시그널링에 해당된다[17]. 그림 10은 FMIPv6와 HMIPv6의 제어절차[5,11]에 따라 핸드오버 시그널링을 표현한 타이밍도[8,21]이다. 핸드오버 지연시간의 해석을 위해서 그림 10의 시그널링 순서에 따른 핸드오버 수행 과정을 분석한다.

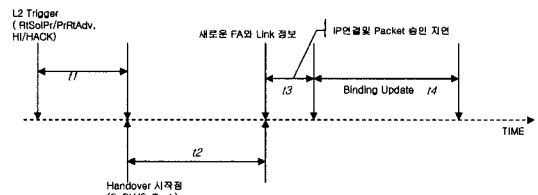


그림 10 핸드오버 타이밍도

그림 10의 시그널링 순서에 따른 핸드오버 수행동작 및 수행시간을 다음과 같이 해석할 수 있다. 핸드오버 수행동작 i), ii)의 수행시간을 $t1$, iii-1)의 수행시간을 $t2$, iii-2), iv) 및 v)의 수행시간을 $t4$ 로 나타낼 수 있다. 단, $t3$ 은 장치에 의존하는 신호처리 시간으로 간주한다. 여기서 MN의 이동에 따른 패킷 손실구간은 핸드오버가

시작되는 시점에서 Binding Update가 끝나는 시점까지로 볼 수 있다. 따라서 실제적인 핸드오버 지연시간은 $t2 + t3 + t4$ 이지만 $t3$ 은 장치에 의존하는 신호처리 시간이므로 핸드오버 지연시간의 해석대상에는 제외한다. 즉, 본 논문에서의 핸드오버 지연시간의 해석은 $t2$ 와 $t4$ 만을 대상으로 중점적으로 다루어지며 또한 이 시간들은 핸드오버 지연시간에 영향을 많이 미치는 요소이기도 하다. 간단히 그림 11의 네트워크 구조를 가지고 설명하면 다음과 같다. 그림에서 a1은 AR A와 MAP 사이의 라우터이고 b1~b4는 AR B와 MAP 사이의 상호 연결된 라우터들이다. wd(Wireless Latency)는 무선 네트워크에서 MN과 AR사이의 통신 지연시간을 뜻하고 ld(Link Latency)는 유선 네트워크에서 라우터 간의 연결 지연시간을 의미한다[9,17].

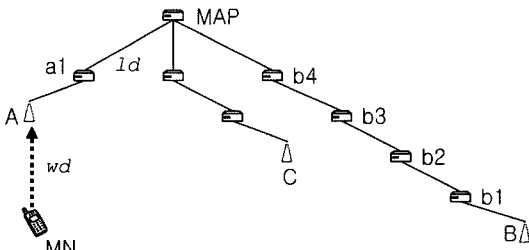


그림 11 네트워크 구성과 노드 간 지연요소

먼저, 기존의 HMIPv6를 적용한 경우의 핸드오버 지연시간을 계산하기 위해 $t2$ 와 $t4$ 시간 동안의 발생하는 수행동작들을 분석한다.

$t2$ 시간 동안에는 수행동작 iii-1) 즉, 새 AR(NAR)에 CoA 등록 메시지 전달이 수행되며 이를 수행하기 위한 세부 처리동작과 처리시간들은 다음과 같다.

- ① PAR에서 새로운 CoA 검증 : P_{PAR} (Processing Delay)
- ② PAR에서 NAR로 CoA 전송 : $wd + 7 \cdot ld$
- ③ NAR에서 COA확인 : P_{NAR}
- ④ HACK 전송 : $wd + 7 \cdot ld$

따라서

$$t2 = P_{PAR} + 2wd + 14 \cdot ld + P_{NAR} \quad (1)$$

이 된다.

$t4$ 는 새로운 AR(NAR)에서 MAP로 CoA의 등록을 요청하는 처리시간, 새 AR에서 전 AR에 Binding Update 메시지 전송, 그리고 MAP의 CoA 등록 확인 메시지 전달 시간 등으로 구성된다. 즉, 이 시간 동안의 세부적

인 처리동작과 처리시간들을 나타내면 다음과 같다.

- ① NAR에서 MAP로 CoA 등록 요청
Message 전달 : $5 \cdot ld$
MAP에서 CoA 등록 처리 : P_{MAP}
- ② NAR에서 PAR로 Binding Update 메시지 전송
Message 전달 : $7 \cdot ld$
PAR의 Binding Update 처리 : $P_{PAR'}$
- ③ MAP의 CoA 등록 확인 메시지 전달
Message 전달 : $5 \cdot ld + wd$

따라서

$$t4 = 17 \cdot ld + P_{MAP} + P_{PAR'} + wd \quad (2)$$

이 된다.

결국 고려하고자 하는 핸드오버 지연시간 T_{delay} 는,

$$T_{delay} = t2 + t4 = (P_{PAR} + 2wd + 14 \cdot ld + P_{NAR}) + (17 \cdot ld + P_{MAP} + P_{PAR'} + wd) \quad (3)$$

$$= P_{PAR} + P_{PAR'} + P_{MAP} + P_{NAR} + 3wd + 31 \cdot ld$$

와 같다.

이제 본 논문에서 제안한 방법을 적용할 경우의 핸드오버 지연시간을 계산하기 위해 $t2$ 와 $t4$ 시간 동안에 수행되는 처리시간들을 분석한다. 제안한 방법에서 핸드오버 동안 처리되는 절차에는 지연시간에 직접 포함되는 요소와 직접 포함되지 않는 요소가 있다. 직접 포함되지 않는 지연시간 요소들로서는 라우터 간 혹은 라우터와 MN사이에서의 사전 정보교환 등에 소요되는 시간이다. 따라서 기존의 HMIPv6를 적용할 경우와 본 논문에서 제안된 방법을 같은 조건하에서 비교분석하기 위해서는 핸드오버 지연시간에 직접 영향을 미치는 요소들에 의한 지연시간을 대상으로 하는 것이 타당하다.

제안된 방법에서 $t2$ 와 $t4$ 시간 동안에 수행되는 처리동작과 처리시간은 다음과 같다.

먼저 $t2$ 시간 동안에는,

- ① PAR에서 새로운 CoA 검증 : 라우터간 정보교환을 통해 MN이 접속된 AR에서 인접 AR로 미리 보낸 CoA를 이용하여 새로운 CoA를 검증(핸드오버 발생 전 처리)
- ② PAR에서 NAR로 CoA 전송 : 미리 NAR에 CoA가 전송되어 있으므로 MN의 활성화상태만을 통보 : $7 \cdot ld + wd$
- ③ NAR에서 CoA 확인 : 대기상태의 CoA를 활성화상태로 전환 : $P_{NAR'}$
- ④ HACK 전송 : 상태통보이므로 PAR에서 ACK를 보낼 필요 없음이다.

따라서 지연시간 $t2$ 는

$$t2 = 7 \cdot ld + wd + P_{NAR} \quad (4)$$

와 같다.

그 다음 $t4$ 시간 동안에는 AR A에서 B로의 이동에 관련된 처리동작들이 수행된다. 따라서 AR A와 MAP 사이 혹은 AR B와 MAP 사이의 라우터들 중의 하나를 가상 라우터로 선택하여 다음과 같이 핸드오버를 수행하도록 설정한다.

- ① VAR(가상 라우터)에서 MAP로 CoA 등록 요청
 - i. VAR가 a1일 때: $1 \cdot ld + P_{MAP}$
 - ii. VAR가 b1일 때: $4 \cdot ld + P_{MAP}$
 - iii. VAR가 b2일 때: $3 \cdot ld + P_{MAP}$
 - iv. VAR가 b3일 때: $2 \cdot ld + P_{MAP}$
 - v. VAR가 b4일 때: $1 \cdot ld + P_{MAP}$
- ② VAR에서 PAR로 Binding Update 메시지 전송
 - i. VAR가 a1일 때: $1 \cdot ld + P_{VAR}$
 - ii. VAR가 b1일 때: $6 \cdot ld + P_{VAR}$
 - iii. VAR가 b2일 때: $5 \cdot ld + P_{VAR}$
 - iv. VAR가 b3일 때: $4 \cdot ld + P_{VAR}$
 - v. VAR가 b4일 때: $3 \cdot ld + P_{VAR}$
- ③ MAP의 CoA 등록 확인 Message를 VAR와 MN에 전달
 - i. VAR가 a1일 때: $7 \cdot ld + wd$
 - ii. VAR가 b1일 때: $5 \cdot ld + wd$
 - iii. VAR가 b2일 때: $5 \cdot ld + wd$
 - iv. VAR가 b3일 때: $5 \cdot ld + wd$
 - v. VAR가 b4일 때: $5 \cdot ld + wd$

따라서 $t4$ 는 가상 라우터의 선택에 따라 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_{4a1} = 1 \cdot ld + P_{MAP} + 1 \cdot ld + P_{VAR} + 7 \cdot ld + wd \quad (5)$$

$$t_{4b1} = 4 \cdot ld + P_{MAP} + 6 \cdot ld + P_{VAR} + 5 \cdot ld + wd \quad (6)$$

$$t_{4b2} = 3 \cdot ld + P_{MAP} + 5 \cdot ld + P_{VAR} + 5 \cdot ld + wd \quad (7)$$

$$t_{4b3} = 2 \cdot ld + P_{MAP} + 4 \cdot ld + P_{VAR} + 5 \cdot ld + wd \quad (8)$$

$$t_{4b4} = 1 \cdot ld + P_{MAP} + 3 \cdot ld + P_{VAR} + 5 \cdot ld + wd \quad (9)$$

식(5), (6), (7), (8), (9)에서 보는 바와 같이 지연시간 $t4$ 는 가상 라우터가 a1과 b4일 때인 t_{4a1} , t_{4b4} 의 경우에 가장 작다는 것을 알 수 있다. 따라서 MN이 AR A와 B 사이를 이동할 경우에 핸드오버 절차 수행을 담당할 가상라우터는 a1과 b4일 때가 가장 효과적이다.

제안된 방법을 적용하는 경우의 핸드오버 지연시간 T'_{delay} 는 다음과 같다.

$$T'_{delay} = t2 + t4 = (7 \cdot ld + wd + P_{NAR}) + (9 \cdot ld + P_{MAP} + P_{VAR} + wd) = 16 \cdot ld + 2 \cdot wd + P_{NAR} + P_{MAP} + P_{VAR} \quad (10)$$

식 (3)의 T_{delay} 와 식 (10)의 T'_{delay} 를 비교할 때 두 요소 wd 와 ld 로 인하여 발생하는 지연시간은 제안된 방법의 식 (10)인 경우가 더 작다는 것을 알 수 있다. 여

기서 wd 와 ld 를 제외한 나머지 지연시간 요소들은 라우터 내에서의 처리동작에 의한 것들이며, 이들이 전체 핸드오버 지연시간에 차지하는 영향은 아주 미미하기 때문에 wd 와 ld 가 핸드오버 지연시간의 대부분을 차지한다고 볼 수 있다. 따라서 제안된 방법을 적용할 경우 wd 와 ld 에 의한 핸드오버 지연시간은 기존의 HMIPv6를 적용한 경우에 비해, wd 에 대해서 약 33%, ld 에 대해서는 약 48% 개선된다는 것을 알 수 있다. 그러나 제안된 방법을 사용하는 경우 핸드오버의 지연시간에 직접 영향을 미치지 않지만 다음과 같은 핸드오버 전·후에 발생하는 처리비용들도 고려해야 할 것이다.

- i) 인접 AR 간 정보 교환(IPv6 site-local address에 필요한 정보)
- ii) 인접 Prefix 저장 공간
- iii) MN의 인접 AR을 위한 CoA 저장 공간
- iv) MN의 인접 AR을 위한 CoA 등록 대행
- v) 만료된 CoA 삭제(life time처리 및 타 라우터의 요청 메시지 처리)

그러나 이 요소들은 전체 핸드오버 지연시간과는 상관 없이 없는 자원비용이거나, 상관이 있더라도 지연시간에 미치는 영향이 아주 미미하므로 핸드오버 지연시간의 해석에는 이들 요소들을 고려하지 않았다.

5. 실험 및 분석

가상 라우터 계층을 도입한 HMIPv6의 적용 타당성을 실험을 통해 입증하였다. 실험을 위해 네트워크 시뮬레이터인 NS-2를 사용하여 시뮬레이션을 실시하고 그 결과를 분석하였다. 제안 방법과 HMIPv6의 핸드오버 지연시간을 비교하기 위해 실험 네트워크의 전송 패킷량을 측정하여 결과를 분석하였다. NS-2 기반의 HMIPv6 관련 기능을 구현하기 위해 모토롤라 연구팀과 INRIA PLANETE 연구팀 등에서 개발한 MOBIWAN 모듈을 수정 추가하였다. 여기서, MOBIWAN은 IPv6에 이동성을 제공하기 위한 필요한 여러 가지 프로토콜의 동작과 성능을 검증하기 위해 구현된 NS-2의 확장모듈이다.

모든 실험은 동일한 조건의 시나리오를 바탕으로 동일한 환경 하에서 실시되었다. NS-2에 적용시킨 실험환경은 다음과 같다. CN과 MN간 전송 패킷의 크기는 64Byte로 고정하였고 노드 간 대역폭은 100Mbps, 이동 가능영역은 400x400m로 설정하였다. 또한 고정 노드 간 패킷의 전송지연시간은 1.8ms, 실험시간을 500초로 설정하였으며, MN의 이동속도는 3m/sec로 고정시켰다. 기존의 방법과 본 논문에서 제안한 방법에 대한 전송효율을 비교분석하기 위해 CN과 MN간의 데이터 전송량에 변화를 주어 그 추이를 관찰하였다. 본 실험에서 측

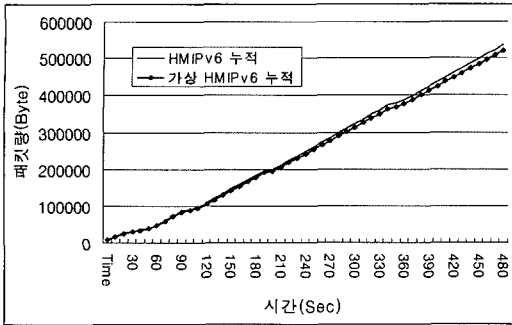


그림 12 누적 전송 패킷량 비교(0.5sec)

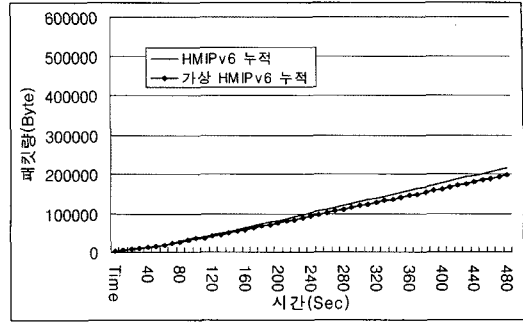


그림 16 누적 전송 패킷량 비교(1.5sec)

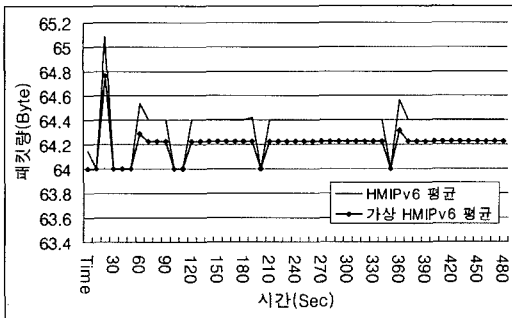


그림 13 평균 전송 패킷량(0.5sec)

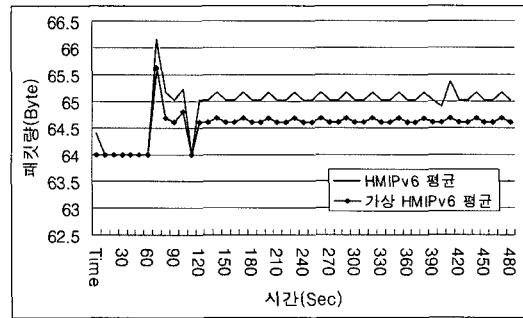


그림 17 평균 전송 패킷량(1.5sec)

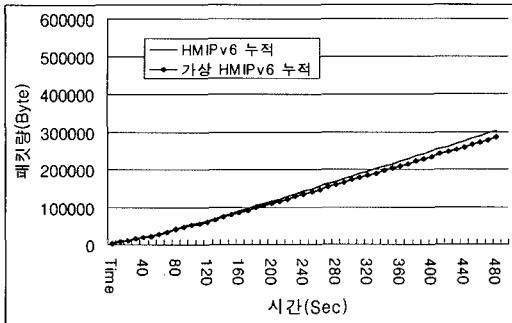


그림 14 누적 전송 패킷량 비교(1sec)

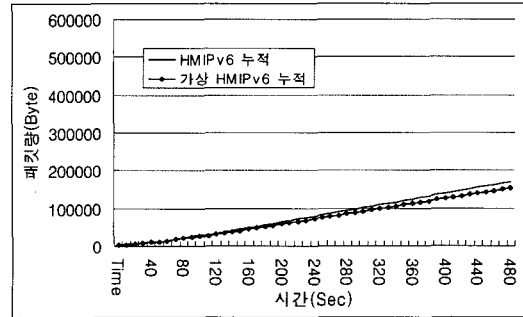


그림 18 누적 전송 패킷량 비교(2sec)

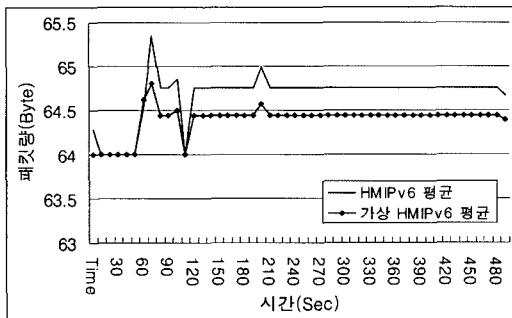


그림 15 평균 전송 패킷량(1sec)

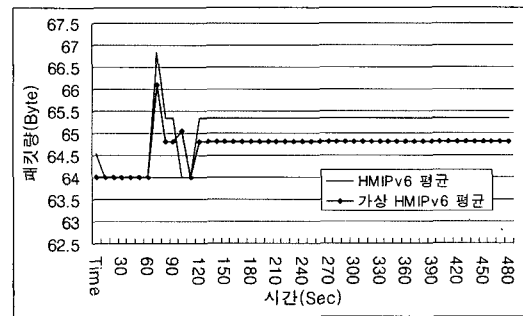


그림 19 평균 전송 패킷량(2sec)

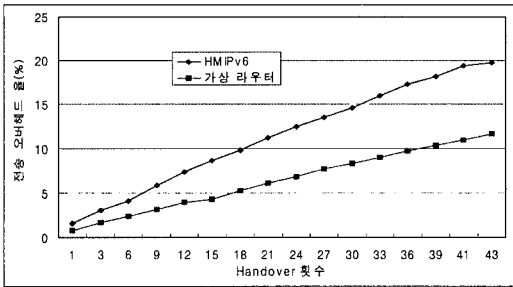


그림 20 핸드오버 횟수에 따른 전송 오버헤드율

정하고 분석할 대상은 MN의 이동으로 발생하는 핸드오버 패킷량의 변화이다. 우선 MN이 지리적으로 인접한 2개의 AR간을 43회 이동하도록 설정하고, 일정한 시간 간격으로 CN과 데이터 패킷을 송수신 하도록 구성하여 실험하였다.

시뮬레이션 결과로 얻어진 그림 12에서 그림 19까지의 그래프는 전송 Interval이 각각 0.5, 1, 1.5, 2초일 때 500초 동안에 측정된 CN과 MN의 평균 전송 패킷량과, 누적 패킷량을 보이고 있다. 이들 그래프에서 알 수 있듯이 제안된 HMI Pv6의 경우가 기존의 HMI Pv6에 비해 전체 전송 패킷량이 감소하였다. 두 가지 방법의 전체 전송 패킷량 차이는 전송 데이터 패킷량이 동일하기 때문에 MN의 이동으로 발생하는 핸드오버 패킷량의 차이에서 발생한 것을 의미한다. 또한 핸드오버 패킷량의 대부분은 Binding Update 메시지 패킷이 차지하므로 제안된 HMI Pv6의 경우가 Binding Update에 따른 전송 오버헤드가 감소되어 결국은 핸드오버에 따른 지연시간이 감소된다는 것을 의미한다. 그리고 각 Interval 별 누적 전송 패킷량 그래프에서 알 수 있듯이 전송 Interval이 짧을수록 같은 시간 동안의 누적 전송 패킷량은 증가하지만 제안된 HMI Pv6과 기존의 HMI Pv6 사이의 누적 전송 패킷량 차이는 거의 일정하다. 이러한 사실은 전송 Interval에 상관없이 제안된 HMI Pv6이 기존의 HMI Pv6에 비해 핸드오버에 따른 전송오버헤드가 적어 지연시간이 감소한다는 것을 보여준다.

이제는 본 논문에서 제안한 방법이 어떤 환경에서 더욱 효율적인지를 실험을 통해 고찰하였다. 이 실험을 위해 MN과 AR간의 이동횟수를 1에서 43회까지로 변화시키고 지리적으로 인접한 2개의 AR간을 MN이 이동하면서 5초 간격으로 CN과 데이터 패킷을 송수신 하도록 구성하여 실험하였다. 그림 20은 기존의 HMI Pv6 방법과 제안된 방법에서의 Binding Update 패킷량이 전체 패킷량에서 차지하는 비율 즉, 전송 오버헤드율을 이동횟수에 따라 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 기존의 방법과 제안된 방법 모두 이동횟수가 많을수록

전송 오버헤드율이 증가하지만 두 방법의 전송 오버헤드율 차이도 이동횟수가 많을수록 더욱 커진다. 이것은 MN의 이동횟수가 많을수록 제안된 방법을 적용하면 그 적용효율이 더욱 좋아진다는 것을 의미한다. 따라서 MN이 자동차와 같이 고속으로 이동하는 환경 내에 있는 경우에 본 논문에서 제안한 방법을 적용하면 더욱 효과적이라는 것을 알 수 있다.

무선네트워크에서의 전송효율에 영향을 미치는 요인이 많기 때문에 본 실험의 결과를 통해 실제 상황과 똑같은 효과를 거둔다고는 할 수 없지만, 같은 조건을 갖는 환경이라면 가상 라우터 계층을 도입한 HMI Pv6가 기존의 HMI Pv6보다 핸드오버 지연시간이 감소되어 패킷 전송효율이 높아진다고 할 수 있다.

6. 결론

본 논문은 기존의 유선네트워크에 HMI Pv6를 도입하여 무선 네트워크를 구축할 경우 네트워크의 비대칭적 구조에서 발생할 수 있는 비효율적인 문제점을 개선하기 위한 방법을 제안하였다. 아직 HMI Pv6에 대한 정의와 표준화 작업이 완료되지 않았기 때문에 현재까지 확정된 기능을 기준으로 한 새로운 적용방법을 제안하였다. 먼저 본 논문에서 제안한 방법과 기존의 HMI Pv6에 대한 핸드오버 지연시간의 비교분석하였다. 이를 위해 핸드오버 지연시간에 주로 영향을 끼치는 두 가지 지연 요소에 대하여 핸드오버 시그널링 절차의 수행동작과 관련시켜 해석하였다. 시뮬레이션을 통한 비교분석의 결과도 제안된 방법을 적용하는 경우가 기존의 방법보다 좋은 결과를 나타내었다. 또한 제안된 방법이 MN이 빈번히 이동하는 환경에서 적용되면 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 아직 정량적인 해석이 미흡한 상태이고 HMI Pv6가 정확히 규정되지 않았기 때문에 제안된 방법의 효과에 대해 단정 지어 말하기는 어렵다. 따라서 앞으로 제안된 방법에 대한 정확한 분석을 위해 실험용 Testbed를 구축하여 정확한 실험결과를 얻어야 할 것이며 이 결과를 통해 본 논문에서 제시한 방법이 타당함을 검증해야 할 것이다. 향후 본 논문에서의 연구결과가 표준화가 진행 중인 F-HMI Pv6의 스펙에 효율적이고 합리적인 핸드오버 방안의 추가에 기여할 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

[1] 이정진, 이승윤과 김용진 "Mobile IPv6 개발동향", IPv6 포럼 코리아 기술문서, 2001-005, 2001.
 [2] Simon Mudd, Joaquin Bejar Garcia and Angel Moncada Fernandez. "Wireless Network Structure-v1.3," <http://www.wl0.org/~sjmudd/wireless/network->

- structure/english/article.html, MadridWireless, 2001.
- [3] Wolfgang Fritsche. "Mobility support for the Next generation Internet," <http://www.ipv6.iabg.de/index.html>. IABG, August 2000.
- [4] Charles E. Perkins and Ryuji Wakikawa, "Internet connectivity for mobile ad hoc networks," *International Journal of Wireless Information Networks*, April 2002.
- [5] Hee-Young Jung, Seok-Joo Koh, Hesham Soliman, Jun-Seob Lee, Karim -Malki and Bryan Hartwell, "Fast Handover Agent (FHA) for Fast Router Discovery in FMIPv6," IETF Mobility for IPv6 Working Group INTERNET DRAFT, draft-jung-mobileip-fastho-HMIPv6-02.txt. October 2003.
- [6] 802.11 Working Group. "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications," IEEE, September 1999.
- [7] Tyson Macaulay. "Hardening IEEE 802.11 wireless networks," http://web.uvic.ca/wireless/downloads/Hardening_802.11.pdf, January 2002.
- [8] Sangheon Park, Ved Kafle, and Yanghee Choi, "Performance Analysis of IP Paging Protocol in IEEE 802.11 Networks," *Proc. IEEE Workshop on Wireless Local Networks(WLN) 2003*, Bonn, Germany, pp. 673-681, October 2003.
- [9] Hannes Hartenstein, Marco Liebsch, Xavier Perez Costa and Ralf Schmitz, "A MIPv6, FMIPv6 and HMIPv6 handover latency study: analytical approach-Analytical approach," *IST Mobile and Wireless Telecommunications Summit*, pp. 100-105, June 2002.
- [10] Youngsik Ma, Donghyun Chae, Wonjong Noh, Jiyoung Lee, Yeonjoong Kim and Sunshin An. "A Multi-Path Support for Mobile IP with the Hierarchical Architecture," *ICOIN Proceedings*, Vol. 2, 7C_5.1-7C_5.9, pp. 212-220, January 2002.
- [11] Rajeev Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF MIPv6 Signaling and Handoff Optimization Working Group INTERNET DRAFT, draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-00.txt, October, 2003.
- [12] 박지현, 진현욱, 유혁. "무선 랜에서 멀티미디어 데이터 통신을 위한 Mobile IP 핸드오프 프로토콜", *한국정보과학회 가을 학술발표논문집(III)*, pp. 126-128, 2000.
- [13] 홍용근, 이경진, 신명기, 김형준, "Mobile IPv6에서 Fast handover를 위한 IETF 기술동향", *전자통신 동향분석*, 제18권, 제5호, pp. 19-26, 2003.
- [14] Chae Y. Lee and Hyon G. Kang, "Performance of the Double Tunneling with Handoff Prediction in Mobile IP Network," *Proceedings of Wireless 2000*, pp. 193-202, 2000.
- [15] Yigal Bejerano and Isreal Cidon. "An Anchor Chain Scheme for IP Mobility Management," *INFOCOM '2000*, Israel, pp. 765-774, 2000.
- [16] R. Ramjee, L. Li, T. LaPorta and S. Kasera. "IP Paging Service for Mobile Hosts," *ACM/Baltzer Wireless Networks(WINET) Journal*, Vol. 8, Issue 5, pp. 427-441 September 2002.
- [17] Sangheon Park and Yanghee choi, "Performance Analysis of fast handover in Mobile IPv6 Networks," *Lecture Notes in Computer Science(LNCS)*, Springer-Verlag, Vol. 2775, pp. 679-691, 2003.
- [18] Jae-Hoon Jeong, Kyeong-Jin Lee, Jung-Soo Park and Hyoung-Jun Kim. "Route Optimization for Mobile Nodes in Mobile Network based ND-Proxy," IETF Network Mobility Working Group INTERNET DRAFT, draft-jeong-nemo-ro-ndproxy-00.txt, submitted in 57th IETF meeting, Vienna Austria, July 2003.
- [19] S. Daniel Park and Seok Joo Koh. "Fast Handover for Hierarchical MIPv6(F-HMIPv6)," IETF MIPv6 Signaling and Handoff Optimization Working Group Internet Draft, draft-park-fasthandover-agent-fmipv6-00.txt, August 2003.
- [20] Jin Xi and Christian Bettstetter. "Wireless Multihop Internet Access: Gateway Discovery Routing and addressing," *Proc. Intern. Conf. on Third Gen Wireless and Beyond(3G wireless'02)*, San Francisco, May 2002.
- [21] NA Fikouras, K. El -Malki, and SR Cvetkovic. "Performance Analysis of Mobile IP Handoffs," *Proc. of the Asia Pacific Microwave Conference 1999(APMC)*, Singapore, Vol. 3, pp. 770-773, December 1999.



신복덕

1997년 경남대학교 컴퓨터공학과(학사)
2001년 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과
(석사). 2005년 8월 경남대학교 대학원
컴퓨터공학과(박사). 2002년~현재 경남
대학교 정보기술원 연구원, 관심분야는
무선 네트워크, NMS, 분산 컴퓨팅, 소프

트컴퓨팅



하경재

1980년, 1982년, 1989년 각각 성균관대
학교 전기공학과에서 학사, 석사 및 공학
박사 학위를 취득. 1981년~1984년 산업
연구원에 근무. 1984년~현재 경남대학
교 공과대학 컴퓨터공학부 교수로 재직
1997년 미국 웨인 주립대학 전기 및 컴
퓨터공학과에서 visiting scholar로서 1년 동안 소프트웨어
분야를 연구. 관심분야는 지능시스템, 컴퓨터통신