

Hierarchical Mobile IP에서 라우터기반 바인딩 업데이트 방법을 이용한 네트워크 이동성 지원

준회원 김주현*, 종신회원 이경근*

Network Mobility Support Using Router-based Binding Update Scheme in Hierarchical Mobile IP

Ju-hyun Kim* Associate Member, Kyung-Geun Lee* Longlife Member

요약

IETF(Internet Engineering Task Force)에서 IP망에서 이동성 지원을 위해 Mobile IPv6(MIPv6)를 시작으로 Hierarchical MIPv6(HMIPv6) 등을 제안하였지만, 이러한 클라이언트 기반 이동성 지원 연구들은 이동성 지원 메시지 전송을 위한 무선자원 낭비와 긴 핸드오버 지연 등을 야기함으로써 주목을 받지 못하고 있다. 본 논문에서는 기존 클라이언트 기반 이동성 지원 기술의 문제점 해결을 위해 Router-based Binding Update(RBU) 방법을 제안한다. RBU 방법은 기존 HMIPv6에서 단말기에 추가 구현없이 Neighbor Discovery 프로토콜을 통해 라우터가 Mobility Anchor Point(MAP)에 위치등록을 한다. 이와 같은 방법을 통하여 RBU 방법은 부분적인 네트워크 기반 이동성을 지원하며 HMIPv6에 비해 핸드오버 시간을 줄일 수 있도록 설계 되었다. 제안방안의 성능검증을 위해 기존 HMIPv6와 비교 분석하였다. 그 결과 RBU 방법이 HMIPv6에 비해 매크로 도메인 핸드오버에 대해 지연시간이 최대 약 15% 줄어들며 특히 무선링크 지연이 큰 경우 좋은 성능을 보인다.

Key Words : HMIPv6; Network-based Mobility; Seamless handover

ABSTRACT

Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6) have been proposed by IETF(Internet Engineering Task Force) beginning from Mobile IPv6 for mobility support in IP networks, however these researches relying on client based mobility support have not been drawn attention due to excessive consumption of wireless resources and long handover delay. In this paper, we propose the Router-based Binding Update(RBU) scheme to solve problems in existing client-based mobility support schemes. The router registers location information of mobile nodes through Neighbor Discovery protocol without additional codes for the RBU scheme to a terminal operated by existing HMIPv6. By using this the RBU scheme is designed so that it can support partial support based mobility and reduce handover latency rather than using HMIPv6. It is analysed and compared with existing HMIPv6 to verify efficiency of the RBU scheme. As a result, the RBU scheme has outperformed existing HMIPv6 by 15% in terms of macro handover delay especially when long delay on wireless links exists.

I. 서론

최근 통신환경이 유선 환경에서 무선 환경으로 발

전하여 이동성 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 가장 큰 이슈로는 사용자에게 이동 중에서도 적합한 실시간 서비스를 제공하는 것이다. 특히 Internet Engi-

* 본 연구는 한국연구재단 BK21(핵C6A1710) 지원으로 수행되었습니다.

* 세종대학교 정보통신공학과 네트워크 연구실(jowa131@nrl.sejong.ac.kr, kglee@sejong.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-02-056, 접수일자 : 2009년 7월 15일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 16일

neering Task Force(IETF)에서는 Mobile IPv6(MIPv6)를 시작으로 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6) 등에서 잔동노드가 스스로 홈 에이전트에 위치 등록을 하고 새로운 도메인의 Care-of Address(CoA)를 생성하는 클라이언트 기반의 이동성 지원 연구가 이루어졌다^[1]. 그러나 MIPv6는 도메인을 이동할 때마다 먼 거리에 위치할 수 있는 홈 에이전트에 위치등록을 해야 하는 단점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 HMIPv6가 제안되었다^[2]. HMIPv6는 지역적인 위치 관리를 할 수 있는 Mobility Anchor Point(MAP)을 이용하여 MIPv6의 비효율적인 홈 에이전트 위치 등록 절차를 해결하였다. HMIPv6는 MIPv6에 비해서 마이크로 도메인 핸드오버의 경우에는 효율적으로 이동성이 지원이 되었다. 그렇지만 매크로 도메인 핸드오버의 경우 오히려 MAP과 홈 에이전트에 이중으로 위치등록을 해야 하는 단점이 있다. 또한 클라이언트 기반의 이동성 지원 방안은 사용자의 단말인 이동노드에서 수행되는 이동성 관련 메시지로 인해 핸드오버 지연이 크고, 무선 자원의 낭비가 있는 등 실제 사용되기에 적합하지 않다.

그렇기 때문에 IETF의 Network-based Localized Mobility Management(NeLMM) 워킹 그룹에서 네트워크 기반의 이동성 지원 기술인 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)이 제안되었다^[3]. 네트워크 기반의 이동성 지원 기술은 긴 핸드오버 지연으로 인한 실시간 데이터 통신의 부적합성을 해결하고 무선자원의 낭비를 줄일 수 있다. 그렇지만 PMIPv6는 오랜 시간 연구되었던 클라이언트 기반 이동성 지원 기술이 완전히 배제되며, 라우터가 Authentication Authorization Accounting(AAA) 서버를 통해 수시로 이동노드의 프로파일을 조회해야 하는 보안상 문제도 가지고 있다. 또한 PMIPv6의 가장 큰 문제는 매크로 도메인 핸드오버를 지원하지 못하는 것이다.

본 논문에서는 단점으로 지적된 HMIPv6의 긴 핸드오버 지연과 무선 자원 구간 낭비 문제와 이동노드의 핸드오버 수행을 줄이는 방법을 제안한다. 또한 이동노드에 새로운 프로토콜의 추가 없이 PMIPv6에서 지원하지 못했던 네트워크 기반의 매크로 도메인 핸드오버를 지원하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 성능 검증을 위해서 매크로 도메인 핸드오버가 발생할 때 기존의 HMIPv6와 제안하는 방법의 핸드오버 지연을 비교 분석하였다.

서론에 이어서 2절은 HMIPv6와 PMIPv6에 대해서 기술하고, 이 기술들의 핸드오버에 관한 연구 동향과 문제점에 대해 살펴본다. 3절에서는 본 논문이

제안하고자 하는 방법의 동작 방식과 그에 따른 장, 단점에 대해 기술한다. 4절에서는 기존의 HMIPv6와 제안하는 방법의 성능을 비교 분석을 한 후, 5절에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구 및 문제점

1. Hierarchical Mobile IPv6의 기술 동향

앞선 Mobile IPv6의 이동노드의 긴 핸드오버 지연과 홈 에이전트와 상대노드에 위치등록을 하기 위한 유, 무선 신호의 자원 낭비를 보완하고자 HMIPv6가 연구 되었다. HMIPv6는 MIPv6를 모태로 하고 MAP를 추가하여 지역적인 홈 에이전트 역할을 한다. 이러한 계층적인 구조를 통하여 빈번한 바인딩 업데이트를 크게 줄임으로써 마이크로 도메인 핸드오버의 성능을 향상시킨다. HMIPv6에서 이동노드는 MAP 도메인 외부로 이동할 경우, Regional CoA(RCoA)와 on-Link CoA(LCoA) 두 개의 주소를 생성한다. MAP는 RCoA로 향하는 패킷을 가로채며, 터널링을 통하여 LCoA로 패킷을 MN에게 전달한다. 만약 이동노드가 MAP 도메인 안에서 이동하게 되면 노드는 MAP에게만 LCoA를 등록하고 홈 에이전트 및 상대노드에게는 별도의 등록 과정 없이 계속해서 RCoA로 통신이 가능하다. MAP는 거리상으로 이동노드와 가깝기 때문에 홈 에이전트에게 등록을 해야 하는 MIPv6에 비해서 위치등록 신호의 지연이 감소하게 된다.

그림 1은 HMIPv6의 매크로 도메인 핸드오버 과정의 신호 흐름도를 나타낸다. 이동노드는 Previous Access Router(PAR)에서 New Access Router(NAR)로 이동하는 매크로 도메인 핸드오버의 경우, NAR의 프리픽스 정보를 요청하는 Router Solicited(RS) 메시지를 보낸다. RS 메시지를 받은 NAR은 응답으로 자신의 프리픽스 정보를 담고 있는 Router Advertisement(RA) 메시지를 이동노드에 보낸다. 이동노드는 이 RA 메시지를 통해 Local Care-of Address(LCoA)를 생성한다^[1].

그 후 Neighbor Solicited 메시지를 이용하여, LCoA가 NAR 내의 다른 이동노드와 겹치지 않은 주소인지 확인하는 Duplicated Address Detect(DAD)를 작업을 수행한다. LCoA는 AR이 바뀔 때마다 새롭게 생성된다. 더불어 이동노드는 RA 메시지에 포함된 MAP 옵션의 MAP 프리픽스 정보를 통해 Regional CoA(RCoA)를 생성한다. RCoA는

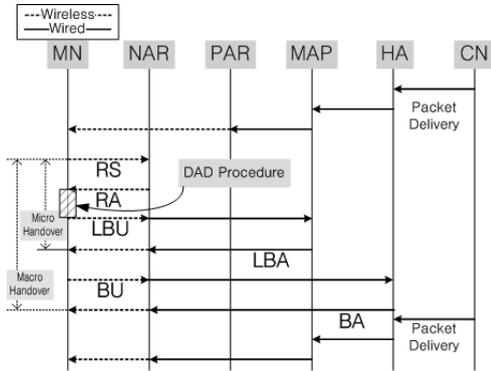


그림 1. HMIPv6의 신호 흐름도
Fig 1. The signal flow of HMIPv6

다른 MAP 도메인으로 가기 전에는 바뀌지 않는다. 이동노드는 위치 등록을 위해 LCoA와 RCoA를 포함한 Local Binding Update(LBU) 메시지를 지역적인 홈 에이전트 역할을 수행하는 MAP에게 전송한다. MAP은 이동노드가 보낸 LBU의 RCoA에 대해 DAD 수행을 하여 그 주소의 유일함을 확인한다. MAP은 이동노드가 보낸 LCoA와 RCoA를 바인딩 캐쉬에 등록하고 Local Binding Acknowledgement (LBA) 메시지 보낸다.

이동노드는 LBA를 수신하면 자신의 홈 네트워크의 홈 에이전트에 새로운 위치를 등록하기 위해 Home-of Address(HoA)와 새로운 CoA인 RCoA 정보를 담아 BU 메시지를 보낸다. 이동노드의 BU 메시지를 받은 HA는 HoA와 RCoA를 저장한 후 RCoA로 BA를 보냄으로써 매크로 도메인 핸드오버 절차가 끝난다. HMIPv6의 경우 MIPv6에 비해서 지역적인 관리를 통해 빈번한 위치등록 절차를 줄이고, 마이크로 도메인 핸드오버의 경우에는 더욱 짧은 핸드오버 지연 시간을 갖는다^[4].

하지만 매크로 도메인 핸드오버가 일어날 경우에는 MIPv6에는 없었던 홈 에이전트 상대노드 이외에 MAP에도 위치등록을 해야 하기 때문에 MIPv6에 비해 두 번의 BU를 더 수행해야 하는 오버헤드가 있다. 이런 상황을 줄이기 위해 MAP 도메인의 상위에 가상 도메인을 가지는 MAP을 추가로 두는 연구가 있다^[5]. 그로 인해 MAP과 홈 에이전트에 등록을 해야 하는 매크로 도메인 핸드오버 상황을 줄이고자 했으나, 그 계층적 구조가 더욱 복잡해지고 핸드오버 트리거와 MAP 도메인 선택을 하는 등 여러 가지 수행에 대한 부하가 이동노드에 집중된다.

2. Proxy Mobile IPv6

MIPv6에서 이동노드가 핸드오버를 수행할 때 긴 지연시간과 이동노드에서 빈번한 신호발생의 단점을 보완하기 위하여 PMIPv6가 제안되었다^[3]. PMIPv6는 인증을 관리하는 AAA 서버와 이동노드를 대신하여 바인딩 업데이트를 수행하는 기능을 갖는 Mobile Access Gateway(MAG)를 도입하였다. 이를 이용하여 네트워크 기반의 마이크로 도메인 핸드오버를 지원한다.

그림 2은 이동노드가 마이크로 도메인 핸드오버를 할 때 PMIPv6의 신호흐름을 나타낸다. 점선은 무선구간을 나타내고 실선은 유선 구간을 나타낸다. MAG에 MN Attachment가 일어나면 MAG는 AAA 서버에서 MN-Id(MN-Identifier)를 이용해 이동노드의 프로파일을 조회한 후 이동노드로 부터의 RS 메시지가 수신될 때 까지 대기 한다. MAG가 RS 메시지를 수신하면 AAA로부터 얻은 이동노드의 프로파일을 바탕으로 local mobility anchor(LMA)에 Proxy Binding Update(PBU) 메시지를 전송한다. LMA는 자신의 바인딩 캐시 테이블에 이동노드의 정보를 업데이트하고 LMA부터 MAG 사이에 패킷 전송을 위한 터널을 생성한다. 그리고 Proxy Binding Acknowledgement(PBA) 메시지를 MAG로 전송한다. PBA 메시지를 받은 MAG는 LMA로 터널을 설정 한다. 터널 설정이 완료되면 MAG는 RA 메시지를 이동노드에게 보내고 마이크로 도메인 핸드오버 절차를 마친다. PMIPv6는 AAAReq, AAARep 메시지를 이용하여 핸드오버 성능 개선 및 핸드오버 기능이 없는 기기의 핸드오버 지원이 가능하여 마이크로 도메인 내에서의 뛰어난 이동성 지원 성능을 보이지만, 오히려 PMIPv6의 기본 바탕이 되고 있는

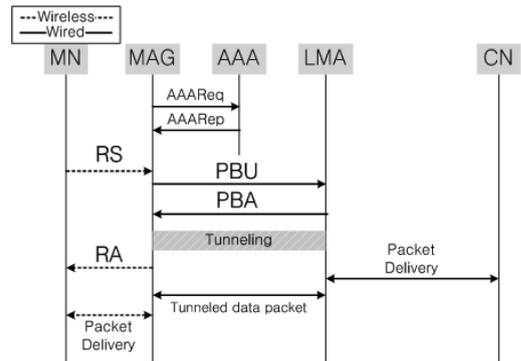


그림 2. PMIPv6의 신호 흐름도
Fig 2. The signal flow of PMIPv6

MIPv6에서 지원하던 매크로 도메인 핸드오버는 지원하지 못하게 되었다. 그래서 마이크로 도메인 핸드오버는 기존의 PMIPv6를 이용하고 매크로 도메인 핸드오버에는 MIPv6를 추가로 이용하는 방안이 연구 중이다^{[6],[7]}. 이 방법은 매크로 도메인 핸드오버가 발생하는 경우에 이동노드가 핸드오버를 수행한다. PMIPv6는 HMIPv6와 유사하게 계층적인 구조를 가지고 있기 때문에 PMIPv6 환경에서 클라이언트 기반 이동성 기술을 이용한 매크로 도메인 핸드오버 성능은 HMIPv6의 매크로 도메인 핸드오버와 비슷한 성능이 예상된다. 실제로 HMIPv6와 PMIPv6의 마이크로 도메인 핸드오버의 지연은 크게 차이가 나지 않는다^[6]. 그렇기 때문에 매크로 도메인 핸드오버를 위해 MIPv6와 PMIPv6 프로토콜을 동시에 사용한다는 것은 의미가 없다. 또한 이 제안방법이 수행되기 위해서는 모든 이동노드가 MIPv6 프로토콜을 가지고 있어야 한다. 이것은 이동노드에 이동성 지원을 위한 프로토콜을 추가하지 않는다는 NetLMM의 기본원칙에 완전하게 위배된다^[3].

III. 라우터 기반 바인딩 업데이트 방법

본 논문이 제안하는 Router-based Binding Update 방법(RBU Scheme)은 2절에서 언급한 것처럼 HMIPv6 환경에서 이동노드의 빈번한 위치등록 메커니즘의 단점을 보완하기 위해 기존의 HMIPv6 프로토콜에 네트워크 이동성을 지원한다. 이 방법은 Neighbor Discovery 프로토콜을 이용하여 기존의 클라이언트 기반의 이동성 기술과 다르게, 라우터가 이동노드를 대신해서 LBU를 생성하고 MAP에게 전송한다. 3절

에서는 Neighbor Discovery 프로토콜과 이동노드의 CoA 할당 방법에 대해서 기술한다. 그리고 이것들을 이용하여 기존의 HMIPv6에서 네트워크 이동성을 지원하기 위해서, 라우터에서의 바인딩 업데이트 방법을 제안한다.

1. Neighbor Discovery 프로토콜

클라이언트 기반의 이동성 기술은 핸드오버가 발생될 때 이동노드가 핸드오버 수행을 한다. 핸드오버 수행은 새로운 서브넷에서 새로운 주소를 생성하고 라우터에 위치를 등록한다. 초기의 클라이언트 기반의 이동성 기술인 Neighbor Discovery 프로토콜은 이동노드가 새로운 서브넷에 접속 하였을 때 통신을 위해 가장 적절한 AR에 등록하기 위해서 Thomson에 의해 제안되었다^[8]. 이를 위해 Router Solicited(RS) 메시지와 Router Advertisement(RA) 메시지가 쓰인다. RA 메시지는 AR이 주기적으로 자신의 프리픽스 정보를 옵션 필드에 담아 멀티캐스트로 전파한다. 이동노드는 이 메시지를 받고 새로운 서브넷에 들어온 것을 인식하거나 새로운 CoA를 생성하는데 쓰인다. 새로운 서브넷에 들어온 이동노드는 RA 메시지를 받지 못했을 경우, 현재 위치에서 가장 적절한 AR에게 IP 주소를 얻을 수 있는 RA 메시지를 받기 위해 MAC 정보가 담긴 RS 메시지를 전송한다. 이동노드는 RA 메시지를 수신한 이후 AR의 프리픽스 정보와 자신의 MAC 주소를 랜덤하게 합성하여 IP 주소를 만들고 DAD를 수행한다. 이 방법은 클라이언트 기반의 MIPv6의 이동성 지원 기술이다. 이후 HMIPv6의 LCoA 생성이 같은 메커니즘을 통해 수행된다. 하지만 이런 클라이언트 기반 메커

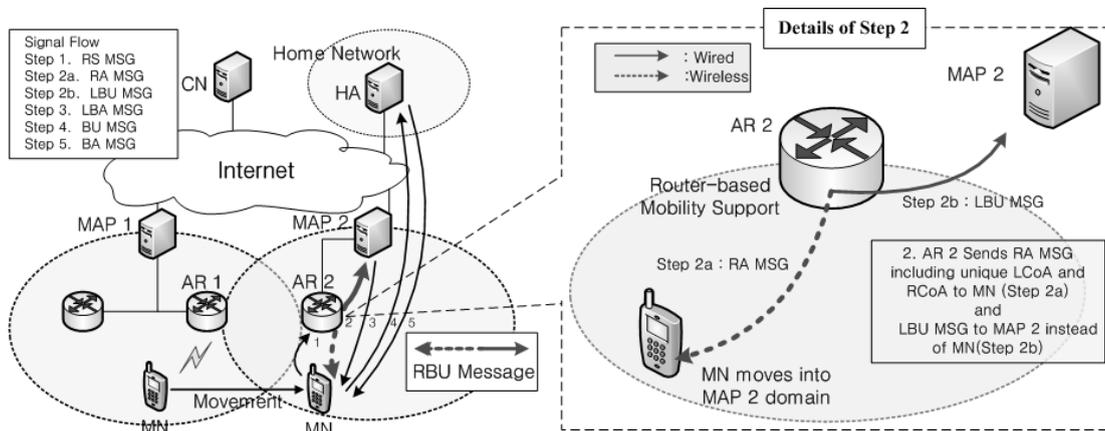


그림 3. RBU 방법의 동작 절차
Fig 3. The operational procedure of the RBU scheme

니즘은 이동노드가 CoA를 할당 받는데 있어서 매우 긴 시간을 소비할 뿐만 아니라 이동노드 측에서의 DAD를 수행에 대한 오버헤드가 크다.

2. 라우터에서의 CoA 생성 알고리즘

앞선 Thomson의 긴 DAD 소모 시간을 줄이기 위해 라우터에서 DAD를 수행하는 알고리즘을 제안하였다⁹⁾. 이 알고리즘은 각 AR이 미리 랜덤하게 주소를 만들어 놓고 Pool에 저장한다. 그 후 AR은 이 주소들이 유일한지 DAD를 수행한다. AR은 DAD가 성공적으로 수행되면 유일한 CoA 주소로서 이동노드에게 제공할 수 있다. 새로운 도메인에 들어온 이동노드는 RS 메시지로서 유일한 CoA 주소를 AR에게 요청하게 된다. RS 메시지를 받은 AR은 미리 만들어 놓은 유효한 CoA 주소를 RA 메시지의 옵션 필드에 담아 이동노드에게 전송한다. 이 제안을 따르면 이동노드는 AR이 대신 CoA를 생성하기 때문에 그 절차를 수행하지 않아도 되는 장점이 있다.

3. 제안 방법 및 동작 절차

HMPv6의 마이크로 도메인 핸드오버 환경에서 AR은 이미 유효한 CoA를 생성해서 이동노드에게 보내는 경우 이동노드의 LCoA 주소를 알 수 있다. 본 논문은 이것을 이용논문은AR이 이동노드 대신 주소P에 위치 등록을 해 주는 방법을 제안한다. 마찬가지로 AR은 RCoA 생성에서도 이미 유일한 주소를 이동노드에게 주도록 하여 이동노드가 RCoA를 생성하는 일이 없도록 하여 핸드오버 시에 이동노드는 CoA 생성 및 DAD 수행의 부담을 줄인다. 또한 부수적으로 주소P에 위위치등록 메시지 전달을 위한 무선 자원의 사용도 줄어들게 되며 핸드오버 지연도 단축할 수 있다. 그림 3은 RBU 방법의 동작 절차를 보여준다.

Step 1 : 이동노드는 이전 MAP 1 도메인에서 새로운 MAP 2 도메인에 들어서면 유일한 LCoA와 RCoA가 생성된 RA 메시지를 요청하는 RS 메시지를 보낸다.

Step 2 : 이동노드의 RS 메시지를 수신한 AR 2은 그림 3과 같이 유효한 LCoA와 RCoA를 RA 메시지의 옵션 필드에 담아 이동노드에게 보낸다. 이 때 이동노드는 RCoA의 정보가 이전에 가지고 있던 RCoA와 다른 경우 LBA가 수신되면 매크로 도메인 핸드오버라는 것을 인지한다. 동시에 AR 2이 생성한 LCoA와 RCoA의 정보

와 MN의 RS 메시지에 보낸 HoA를 이용하여 MAP 2에게 이동노드 대신 LBU를 수행한다.

Step 3 : AR 2으로부터 LBU를 수신한 MAP 2는 LBU의 정보에 따라 바인딩 캐쉬에 이동노드의 HoA, LCoA, RCoA를 저장한 뒤 이동노드에게 LBA를 전송한다.

Step 4 : LBA를 수신한 이동노드는 Step 2에서 인지했던 것처럼 이전 RCoA가 다른 것을 토대로 홈 에이전트에 새로운 LCoA와 RCoA를 등록하는 BU를 전송한다.

Step 5 : 이동노드로부터 BU를 받은 홈 에이전트는 이동노드의 위치를 등록하고 BA를 보냄으로써 MAP 도메인간 핸드오버과정을 마친다.

그림 4는 RBU 방법에 대한 매크로 도메인 핸드오버의 신호 흐름을 나타낸다. RA 메시지를 수신한 이 후에 그림 1의 경우에는 이동노드에서 DAD를 이용하여 CoA를 생성한 후 MAP으로 LBU를 보낸다. 하지만 그림 4의 경우에는 NAR에서 CoA를 생성해서 보내기 때문에 이동노드가 DAD를 할 필요가 없으며, 동시에 NAR이 이동노드를 대신해 LBU를 MAP에게 전송함으로써 긴 시간 무선 단말 통신이 이루어지는 환경에서 전체적인 핸드오버 지연 시간 단축과 무선 자원의 낭비를 줄 일 수 있다. 그러나 이동노드는 매크로 핸드오버 상황에서 변함없이 홈 에이전트에 위치등록을 수행해야 한다. 그 이유는 이동노드가 보내는 RS 메시지에 홈 에이전트의 주소 정보가 없기 때문이다.

또한 이동노드가 MAP 도메인의 경계선에서 평

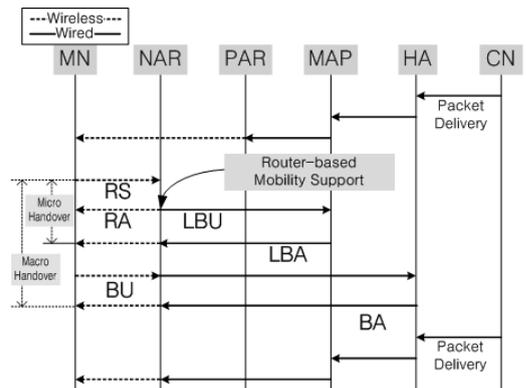


그림 4. RBU 방법의 매크로 도메인 핸드오버 신호 흐름도
Fig 4. The signal flow of macro domain handover in the RBU scheme

풍 움직임을 보일 경우에는 NAR이 BU를 미리 MAP에게 보내기 때문에 MAP은 이동노드의 등록 과정에 있어서 혼란을 가중 시킬 우려가 있다. 그러나 실제 이동노드가 MAP에게 위치등록 절차를 마치기까지 필요한 시간이 최대 약 2초 안에 끝나게 되므로 그 사이에 도메인 간에 빠르게 핑퐁 움직임을 보여 홈 에이전트와 MAP을 혼란케 하는 경우는 많지 않다. 설사 이런 핑퐁 움직임을 보인다고 하더라도 MAP에서는 일정 시간 동안 이동노드의 신호가 없는 경우에는 바인딩 캐쉬에 이동노드의 정보를 저장해 놓고 있기 때문에 위치 등록에 관련한 직접적인 문제는 없다. 그러나 MAP은 실제 도메인 내에 존재하지 않는 이동노드의 정보를 가지고 있기 때문에 부하가 늘어나는 결과를 가져온다. 본 논문에서는 먼저 RBU 방법의 일반적인 상황에 대해 성능을 분석하도록 하기 위해 이동노드가 핑퐁 움직임을 하는 특별한 상황은 배제하기로 한다.

IV. 성능 분석

RBU 방법의 성능을 분석하기 위하여 기존의 HMIPv6의 매크로 도메인 핸드오버 상황의 수식 모델을 분석한다.

표 1 은 성능을 분석을 하기 위해서 기존의 HMIPv6와 비교하기 위한 변수들이며, 매크로 도메인 핸드오버 상황에서 무선링크 지연과 유선링크 지연에 따른 핸드오버 지연 시간을 측정한다. 단, 유선 구간의 링크의 용량이 일정하며, 각 유선 홉 간의 거리와 딜레이가 차이가 없다고 가정한다. 무선 구간은 다른 노드와의 채널 경쟁이 일정하며 무선 셀의 범위가 변화하지 않는 특이한 간섭 및 장애가 없는 이상적인 상태라고 가정한다. 표 1의 변

표 1. 성능 측정을 위한 변수들
Table 1. Parameters for performance analysis

p	AR에서 MAP까지의 홉 수
q	MAP에서 HA까지의 홉 수
T_a	MN과 AR의 IP 패킷전달 지연 (무선구간)
T_b	유선구간의 IP 패킷의 1 홉 전달 지연
T_H	MN과 HA의 IP 패킷전달 지연
T_M	MN과 MAP의 IP 패킷전달 지연
T_R	RS와 RA 메시지 전송을 위한 무선링크지연 ($2T_a$)
T_{HL}	매크로 도메인 핸드오버 지연 시간

수들을 적용하기 위해서 그림 1과 4의 신호 흐름도를 참조한다. 성능 분석의 주된 목적은 이동노드 대신 AR이 LBU를 하는 과정에서의 핸드오버 성능 분석이므로 기존의 HMIPv6도 Thomson DAD 과정을 수행하지 않고, 미리 유일한 주소를 라우터에 저장하고, 필요할 때 적용하는 방식으로 예견된 CoA를 생성한다고 가정한다^{[8],[9]}. 또한 경로최적화를 위한 상대노드에 위치등록 절차는 본 성능 분석에 큰 영향을 주지 않기 때문에 경로최적화를 하였던 경우는 배제한다.

T_{HMIP} 는 기존 HMIPv6의 매크로 도메인 핸드오버 지연 시간을 나타내며 TRBU는 본 논문이 제안하는 알고리즘에 의한 매크로 도메인 핸드오버 지연 시간을 나타낸다. 본 논문에서 무선링크와 유선링크에서의 지연 시간은 그 혼잡도 및 채널 상태에 따른 지연 시간의 변화와, 유선 구간의 지연 시간에 영향을 미치는 AR에서 MAP까지의 홉 수와 MAP에서 HA까지의 홉 수를 이용하여 구성된 네트워크 규모에 따른 성능 효율을 분석한다.

표 1을 통해 매크로 도메인 핸드오버 지연을 분석하면 아래와 같은 식을 도출해 낼 수 있다.

$$T_{HL} = T_R + 2T_M + 2T_H \quad (1)$$

이 때 T_{HMIP} 의 경우,

$$T_R = 2T_a \quad (2)$$

$$T_M = T_a + pT_b \quad (3)$$

$$T_H = T_a + (p+q)T_b \quad (4)$$

로 나타낼 수 있다. p 와 q 는 이동노드와 홈 에이전트 간의 유선 구간의 홉수를 나타내며, 이것은 매크로 도메인 핸드오버 경우에 이동노드가 홈 에이전트에 등록 할 때 적용되는 네트워크 구성과 스케일을 간접적으로 나타낸다고 볼 수 있다. 최종적으로 (2)에서 (4)의 식을 (1)에 대입한 HMIPv6의 매크로 도메인 핸드오버 지연은 식 (5)와 같다.

$$T_{HMIP} = 2T_a + 2(T_a+pT_b) + 2\{T_a+p+q\}T_b \\ = 6T_a + (4p+2q)T_b \quad (5)$$

RBU 방법인 T_{RBU} 는 T_{HMIP} 과는 다르게 그림 2의 Step 2의 세부적 묘사를 보면, 두 번째 신호 흐름인 Step 2a와 2b는 AR에서 이동노드와 MAP 방향으로 동시에 진행되므로 전체적인 핸드오버 지연 시간에서 두 방향 전송 중 긴 시간만 추가 한다. 따라서 RBU 방법의 매크로 도메인 핸드오버 지연은

식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned}
 TRBU &= T_a + \max\{T_a, pT_b\} + (T_a + pT_b) + \\
 &\quad 2\{T_a + (p+q)T_b\} \\
 &= 4T_a + (3p + 2q)T_b + \max\{T_a, pT_b\} \quad (6)
 \end{aligned}$$

식 (6)의 $\max\{T_a, pT_b\}$ 은 RS 메시지 이 후, 무선링크 지연인 RA 메시지가 전송될 때와 MN과 MAP까지의 홉 수와 유선링크 지연인 LBU 메시지를 비교하여 RBU 방법의 매크로 도메인 핸드오버 지연은 각 다른 값이 도출된다. 따라서 본 논문의 성능 분석은 무선링크 지연과 유선링크 지연, 그리고 유선링크의 홉 수와 관련하여 핸드오버 지연을 분석한다. 식 (5), (6)을 이용하여 기존 HMIPv6와 RBU 방법의 매크로 도메인 핸드오버 지연에 대한 아래와 같은 성능 분석 결과를 얻을 수 있다.

그림 5는 유선링크 지연이 일정하다고 했을 경우 무선링크의 지연에 따른 RBU 방법과 HMIPv6의 핸드오버 지연을 보여준다. 그림은 RBU 방법이 기존 HMIPv6보다 최대 약 14% 핸드오버 시간이 줄어들음을 볼 수 있다. 또한 기존의 HMIPv6와 비교하여 무선링크 지연시간의 증가할 때 마다 평균적으로 1.5%의 핸드오버 시간이 줄어든다. 이는 실제 환경에서 무선 환경이 악화되어 무선링크의 지연이 늘어나는 경우에 더 좋은 성능을 기대 할 수 있다.

그림 6은 무선링크 지연이 일정할 경우 유선링크의 지연에 따른 RBU 방법과 HMIPv6의 핸드오버 지연을 보여준다. RBU 방법이 기존 HMIPv6보다 최대 약 14% 단축된 핸드오버 지연 시간을 보인다. 이는 그림 5에서 본 것처럼 무선 링크 뿐 만 아니라 유선 자원에서도 이득이 있었다는 것을 알 수 있다. 그러나 무선링크 지연이 커질수록 기존 HMIPv6 비

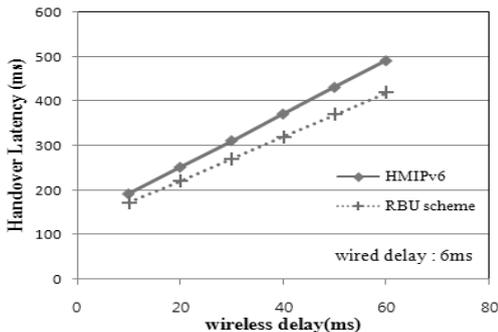


그림 5. 기존 HMIPv6와 RBU 방법의 무선링크 지연 변화에 따른 핸드오버지연
Fig 5. Handover latency depending on change of wireless link delay in existing HMIPv6 and the RBU scheme

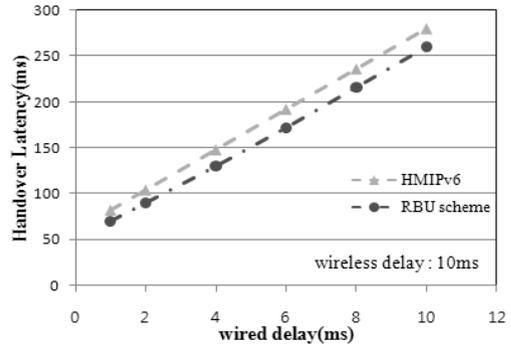


그림 6. 기존 HMIPv6와 RBU 방법의 유선링크 지연 변화에 따른 핸드오버 지연
Fig 6. Handover latency depending on change of wired link delay in existing HMIPv6 and the RBU scheme

해 점차 더 짧은 핸드오버 지연 시간을 가진 그림 5와는 다르게 유선링크 지연이 커질수록 핸드오버 지연 감소율은 급격히 떨어지며 최소 7%대의 낮은 효율을 보인다.

그림 7 과 8 은 그림 5 와 6 의 성능 분석 결과에 총 홉 수의 구성을 달리하여 상대적으로 큰 스케일의 네트워크로 구성했을 경우의 기존의 HMIPv6 대비 RBU 방법의 핸드오버 지연 시간에 대한 성능을 분석한 결과이다.

표 2는 위와 같은 성능 분석을 하기 위해 적용된 두 종류의 네트워크의 구성과 스케일을 나타낸다. A 네트워크의 국내 특정 대학 캠퍼스 네트워크 안에서 중앙서버를 통해 국내의 대표적인 검색용 웹사이트에 접속했을 경우의 데이터를 바탕으로 유추 구성한 네트워크이다. 이는 국내에 위치한

홈 에이전트와 이동노드가 존재하며 앞선 성능 분석에 이용된 국내의 일반적인 네트워크의 구성과 스케일을 나타내고 있다. B 네트워크의 경우 이동노드는 국내, 홈 에이전트는 국외에 있다고 가정하고 해외 웹 사이트인 AMAZON에 접속 할 경우의 실측된 데이터를 바탕으로 구성한 비교적 큰 스케일의 네트워크를 나타낸 것이다. 이를 바탕으로 제안하는 RBU 방안이 무선 및 유선 홉 수에 따른

표 2. 성능분석에 적용된 네트워크의 구성 및 규모
Table 2. Network configuration and scale applied to performance analysis

	p	q	유선 홉 수의 총합
A 네트워크	2	7	9
B 네트워크	6	25	31

p : AR에서 MAP까지의 홉 수
 q : MAP에서 HA까지의 홉 수

네트워크 구성과 스케일에 따라 어떠한 성능을 나타내는지 분석한다.

그림 7은 RBU 방법에서 그림 5의 무선 지연 변화에 대한 성능 분석 결과에 네트워크 규모가 상대적으로 큰 B 네트워크 규모에서 성능을 비교한 경우이다. 초기 무선링크 지연이 10ms 일 경우 B 네트워크의 RBU 핸드오버 지연 시간은 기존 HMIPv6에 비해 약 4% 단축할 수 있었다. A 네트워크 즉 소규모 네트워크의 경우는 약 10%를 단축한 것을 비교하면 성능이 크게 떨어졌음을 볼 수 있다. 단, RBU 방법이 B 네트워크 즉 대규모 네트워크에 적용되었을 경우에도 여전히 기존의 HMIPv6와 비교하여 무선링크 지연이 커질수록 성능이 좋아진다. 그러나 무선링크 지연이 점차 커질 경우에는 성능 향상 비율이 점차 줄어들게 되며 소규모 네트워크의 경우 약 15%, 대규모 네트워크의 경우 약 12%의 성능 향상의 한계를 보인다. 그림 8은 그림 6의

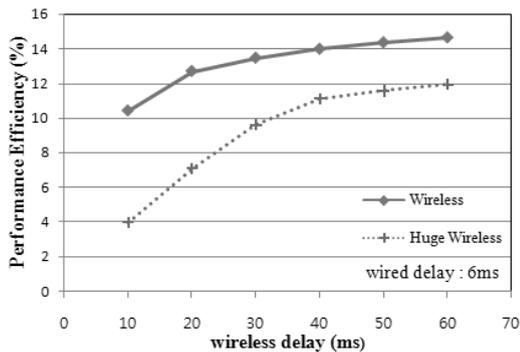


그림 7. RBU 방법의 무선링크 지연에 대한 네트워크 구성과 스케일의 핸드오버 효율
Fig 7. Handover efficiency for network configuration and scale depending on wireless delay in the RBU scheme

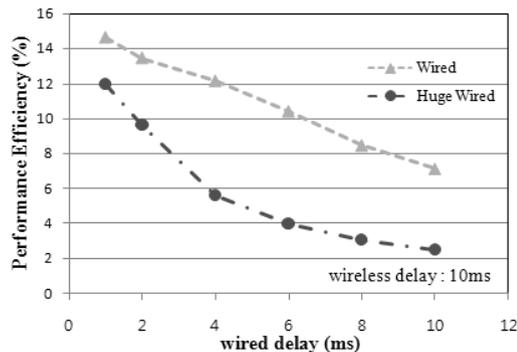


그림 8. RBU 방법의 유선링크 지연에 대한 네트워크 구성과 스케일의 핸드오버 효율
Fig 8. Handover efficiency for network configuration and scale depending on wired delay in the RBU scheme

유선링크 지연의 변화에 대한 성능 분석을 네트워크 구성과 스케일이 상대적으로 큰 B 네트워크에서 적용 비교한 경우이다. A와 B 네트워크에서 유선링크의 지연이 늘어남에 따라 HMIPv6 대비 RBU 방법의 핸드오버 지연 시간 단축 비율이 낮아짐을 볼 수 있다. 또한 규모가 큰 B 네트워크의 경우에는 약 12%에서 2%까지 낮아지는 더욱 가파른 RBU 방법의 성능 감소를 볼 수 있다. 이는 핸드오버 지연은 유선링크의 지연과 홉 수에 비례하여 증가하기 때문에 유선 링크의 지연이 크고 네트워크 홉 수가 비교적 많은 B 네트워크의 경우에는 RBU 방법이 기대만큼 핸드오버 지연에 대한 성능 효율을 발휘 하지 못하는 것을 알 수 있다.

따라서 RBU 방법은 HMIPv6와 비교하여 무선 환경의 변화에는 좋은 효율을 보여주고 있지만, 유선 환경의 변화와 이동노드에서 MAP 또는 HA의 홉 수에 대해서는 효율에 민감한 영향을 끼친다.

단, MAP 도메인이 바뀌는 매크로 도메인 핸드오버의 경우 여전히 이동노드에서 외부 망에 존재할 홉 에이전트에 여전히 BU를 보내야 하는 문제가 있다. 또한 만약에 이동노드가 셀 가장자리에서 다른 셀 간을 빠른 평평 움직임을 할 경우에 이동노드에서 DAD 과정을 거치지 않고 이동노드 대신 해당 AR이 직접 MAP에게 LBU를 전송하여 MAP에 등록하게 된다. 이런 경우에는 MAP에 이동노드의 위치가 등록이 되는 시점에 실제로는 이동노드가 없는 경우가 생길 수 있으므로 MAP의 혼란을 가중시키고, 등록되지 않아도 될 이동노드의 정보가 등록이 되어 성능이 떨어질 가능성이 있다.

V. 결론

최근 무선 환경에서 사용자의 이동성 지원 기술은 클라이언트 기반 이동성 지원 기술인 HMIPv6와 네트워크 기반 이동성 지원 기술을 중심으로 발전이 되고 있다. 네트워크 기반의 이동성 지원 기술은 클라이언트 기반의 이동성 지원 기술의 단점을 보완하고 있지만 오랜 시간 연구 되어왔던 클라이언트 기반 이동성 기술이 완전히 배제되어 매크로 도메인 핸드오버가 지원되지 않는다. 그렇기 때문에 본 논문은 클라이언트 기반 이동성 지원 기술에서 RS메시지와 RA메시지, 그리고 예견된 CoA 할당 알고리즘을 이용하여 기존의 HMIPv6 기술에서 라우터가 이동노드를 대신하여 Binding Update(BU)를 수행하는, 부분적인 네트워크 기반 이동성 지원

기술을 융합한 Router-based Binding Update(RBU) 방법을 제안하였다. RBU 방법에 따라 HMIPv6 환경에서 이동노드는 새로운 MAP 도메인에 들어서는 매크로 도메인 핸드오버 경우에만 위치등록에 관여하며, 도메인 내에서 마이크로 도메인 핸드오버를 할 경우 전혀 관여하지 않기 때문에 이동노드가 수행했던 빈번한 이동 관련 제어 신호 생성과 무선 환경에서 오버헤드로 작용하는 이동성 제어 신호의 전송을 줄일 수 있었다. 그에 따라 RBU 방법은 HMIPv6에 비해 매크로 도메인 핸드오버의 지연시간이 최대 15% 줄었으며, 특히 무선링크 지연이 큰 경우 좋은 성능을 보였다.

향후, 실제로 RBU 방법을 적용한 시뮬레이션을 계획하고 있으며 네트워크 기반 이동성 지원 기술인 PMIPv6와의 성능 비교 연구가 이루어질 예정이다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility in IPv6", RFC3775, June, 2004.

[2] H. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 mobilitymanagement," RFC4140, August, 2005.

[3] S. Gundavelli et al., "Proxy Mobile IPv6," RFC 5213, August, 2008.

[4] Youn-Hee Han, Sung-Gi Min, "Performance Analysis of Hierarchical Mobile IPv6: Does it Improve Mobile IPv6 in Terms of Handover Speed?," Wireless personal communications springer netherlands Volume 48, Number 4, pp. 463-483, June, 2008.

[5] Jae-Kwon Seo and Kyung-Geun Lee, "Mobility Management Using Virtual Domain in IPv6-based Cellular Networks," Lecture Notes in Computer Science, Vol.4362, pp.498-509, Jan., 2007.

[6] Ki-Sik Kong, et al., "Mobility management for all-IP mobile networks: mobile IPv6 vs. proxy

mobile IPv6," Wireless Communications, IEEE, Vol.15, pp.36-45, April, 2008.

[7] G. Giaretta, et al., "Interactions between PMIPv6 and MIPv6," IETF internet draft, scenarios and related issues draft-ietf-netlmm-mip-interactions-03, May, 2009, work in progress.

[8] S. Thomson, T. Narten, IPv6 Stateless Address Autoconfiguration, IETF RFC 2462.

[9] Youn-Hee Han, Seung-Hee Hwang, "Care-of address Provisioning for efficient IPv6 mobility support," in Proc. of IEEE Computer Communications, Vol.29, pp.1422-1432, May, 2006.

김 주 현 (Ju-Hyun Kim)

준회원



2008년 2월 세종대학교 정보통신 공학과 졸업
2008년 3월 세종대학교 정보통신 공학과 석사과정
<관심분야> 모바일 네트워크, 미래 네트워크

이 경 근 (Kyung-Geun Lee)

종신회원



1981년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업
1983년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사 졸업
1992년 8월 Cornell University, School of Electrical Engineering, 공학박사 졸업
1992년~1998년 삼성전자 정보통신본부 수석연구원
1998년~현재 세종대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> 유무선 네트워크, 통신 프로토콜, 차세대 인터넷, 네트워크 관리