

계층적 Mobile IPv6 기반의 빠른 Micromobility 관리 프로토콜

정회원 이성근*, 김일래*, 임태형*, 정석중**, 종신회원 박진우*

Fast Micro-mobility Management Scheme without DAD Session in HMIPv6 Networks

Sungkuen Lee*, Eallae Kim*, Taehyung Lim*, Seokjong Jeong** *Regular Members,*
Jinwoo Park* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 무선/이동 네트워크 환경에서 VoIP와 같은 실시간 서비스를 제공하기 위해 HMIPv6 기반의 빠른 micromobility 관리 프로토콜을 제안하였다. 제안된 방식은 HMIPv6에서 주소 생성과정의 DAD 절차로 인한 지연시간을 줄이기 위해 도메인 내에서 MAP가 MN의 Interface Identifier의 유일성을 보장해 줌으로써 빠른 micromobility 핸드오프를 지원한다. 또한, 기존 HMIPv6의 IP 패킷 터널링으로 인한 대역폭 낭비를 줄이기 위해 HMIPv6 기반에서 MIPv6를 적응적으로 활용함으로써 빠른 핸드오프를 지원하면서 동시에 자원활용의 효율성을 증가시킨다. 제안된 방식의 성능 분석은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 이루어졌으며, 다양한 네트워크 환경에서 micromobility 핸드오프 지연시간과 패킷 손실에 대하여 기존 방식들인 MIPv6와 HMIPv6들과 비교 분석하였다.

Key Words : Mobile IPv6 (MIPv6), Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6), Handoff, Duplication address detection (DAD), Ccare-of-address (CoA)

ABSTRACT

In this paper, we propose a fast handoff algorithm for micromobility management enhancement in HMIPv6 networks, which eliminates the DAD procedure involved in the regular HMIPv6 in order to decrease handoff latency and increase the resource utilization efficiency. In the proposed scheme, the MAP is designed to guarantee the uniqueness of MN's interface identifier within a MAP domain as long as the MN moves in a MAP domain, so that the MN configures the new address without the DAD procedure resulting in the decreased handoff latency significantly. When the MN resides in a subnet, MIPv6 is used adaptively as a mobility management protocol, which is to reduce bandwidth waste from the IP packet header overhead of IP-in-IP tunneling from the regular HMIPv6. We evaluate the performance of the proposed handoff micromobility algorithm in terms of handoff delay and packet loss thru computer simulation. Thru various computer simulation results, we verified the superior performance of the proposed scheme by comparing with the results of other schemes, MIPv6 and HMIPv6.

I. 서 론

WLAN/WiBro/WiMAX 등과 같은 차세대 무선/

이동 네트워크들은 IPv6 기반의 구조로 진화하고 있으며 이러한 무선/이동 네트워크 환경에서 인터넷을 효과적으로 사용할 수 있는 이동성 관리 프로토

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업[2006-S058-01, AII-IP기반 통합 네트워크/서비스 제어 기술 개발]과 대학 IT연구센터 지원 사업(IITA-2006-(C1090-0603-0005))의 일환으로 수행하였습니다.

* 고려대학교 전자컴퓨터공학과 차세대 네트워크 연구실 (food2131@korea.ac.kr), ** LG-Nortel 연구소 (jsj@LG-NORTEL.com)
논문번호 : KICS2007-02-043, 접수일자 : 2007년 2월 5일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 26일

콜에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 최근 VoIP와 같은 실시간 서비스에 대한 요구가 증가하고 있는 추세를 고려할 때 무선/이동 네트워크 환경에서 실시간 서비스를 제공하기 위한 빠른 핸드오프 프로토콜의 개발은 필수적이다^[1,2].

IETF는 이러한 IPv6 기반의 무선/이동 네트워크 환경에서 IP 이동성을 제공하기 위해서 mobile IPv6(MIPv6)를 제안하였다^[3]. 그러나 MIPv6는 넓은 지역에 느린 이동성 지원을 위해 설계되었기 때문에 빠른 속도로 이동하는 단말에 대한 실시간 서비스를 제공하는데 어려움이 있다. 즉, MIPv6에서 mobile node(MN)는 서브넷 변경 시 마다 IPv6 기반의 주소 생성 방식에 따라 새로운 주소를 구성하고 그 주소에 대한 유일성(Uniqueness)을 검증하기 위해 duplication address detection(DAD) 절차를 수행해야 한다^{[4]-[6]}. 또한, MN는 이 새로운 주소의 바인딩 갱신을 통해 correspondent node(CN)와 home agent(HA)의 캐쉬(Cache)를 갱신해야 한다. 이처럼 주소 생성 과정의 DAD 절차와 바인딩 갱신 절차는 상당한 지연 요소를 발생시키며, 이처럼 MIPv6의 긴 핸드오프 지연이 실시간 서비스의 제공을 불가능하게 할 수 있다.

이러한 MIPv6의 문제점들을 해결하기 위해서 HMIPv6기반의 다양한 연구들이 진행되었다. 특히, 최근에 IETF는 계층적 구조를 이용하여 효율적인 이동성을 지원하는 hierarchical mobile IPv6(HMIPv6^[7])를 제안하였고 이와 관련되어 HMIPv6기반의 다양한 연구가 진행되었다^{[9]-[12]}. HMIPv6는 mobile anchor point(MAP) 영역 안에 지역적 등록과정을 통하여 핸드오프 지연시간과 시그널링 양을 줄임으로써 MIPv6의 성능향상을 가져왔다. 하지만 HMIPv6 역시 기존의 MIPv6와 마찬가지로 핸드오프 시 새로운 주소생성에 대한 유일성을 검증하기 위해 DAD 절차를 수행한다. 이로 인해 긴 핸드오프 지연시간이 발생하고 핸드오프 동안에 패킷의 손실이 발생한다. 따라서, HMIPv6 역시 MN가 핸드오프 시 voice와 같은 지연에 민감한 실시간 서비스 트래픽을 제공하는데 어려움이 있다. 또한, HMIPv6는 MAP가 캐쉬에 저장된 바인딩 정보에 따라 MN로 향하는 패킷들을 IPv6 encapsulation을 통하여 MN의 새로운 주소로 터널링(Tunneling) 시켜주는 메커니즘을 사용한다. 이러한 방식은 빠른 지역적 등록과정을 제공하긴 하지만 IPv6 encapsulation으로 인한 패킷의 오버헤드(overhead) 증가로 자원 효율성

측면에서 MIPv6보다도 더 안 좋은 성능을 가지는 단점을 지닌다. 특히, 패킷의 크기가 작을수록 오버헤드에 의한 대역폭의 낭비가 더욱 증가되며, 대역폭이 제한된 무선 링크를 고려할 때 자원활용의 비효율성 문제는 더욱 심각해진다.

따라서, 본 논문은 HMIPv6에서 주소 생성과정의 DAD 절차로 인한 지연시간을 줄이고 IP 패킷 터널링으로 인한 대역폭 낭비를 줄이는 HMIPv6 기반의 빠른 micromobility 관리 프로토콜을 제안한다 (Fast Micromobility Management Scheme without DAD session in HMIPv6 Networks). 제안된 방식에서는 MAP가 도메인 내에 존재하는 모든 MN의 Interface Identifier를 관리하여, MN가 도메인 내에 존재하는 동안 MN의 interface identifier의 유일성을 보장해 줌으로써, micromobility 핸드오프 시 DAD 절차 없이 생성된 MN의 새로운 주소에 대한 유일성을 보장한다. 또한, 제안된 방식은 HMIPv6 기반에서 MIPv6를 적응적으로 활용하여 오버헤드로 인한 대역폭 낭비를 줄임으로써 자원활용의 효율성을 증가시킨다. 즉, MN가 평상 시 서브넷에 머무르는 동안은 MIPv6를 사용하여 자원활용의 효율성을 증가시키고 MN가 핸드오프를 수행하는 동안만 HMIPv6로 전환하여 빠른 핸드오프를 지원함으로써 핸드오프 지연시간을 줄인다.

본 논문의 구성의 다음과 같다. II장에서는 핸드오프 지연시간, MIPv6 그리고 HMIPv6에 대하여 살펴본다. III장에서는 제안된 프로토콜에 대한 개요를 비롯하여 초기화 과정 및 micromobility 핸드오프 수행과정에 대해 기술한다. IV장은 제안된 방식과 기존의 MIPv6와 HMIPv6의 성능 비교분석을 통하여 제안된 방식의 우수성을 보인다. 마지막으로 V장에서는 결론을 내린다.

II. 관련 연구

본 절에서는 핸드오프 지연시간, MIPv6 방식, HMIPv6 방식에 대해서 소개한다.

2.1 핸드오프 지연시간 (Handoff Latency)

MN (Mobile node)는 핸드오프가 완료될 때까지 새로운 서브넷으로부터 IP 패킷을 전송 받을 수 없다. 이러한 시간을 핸드오프 지연시간이라고 한다. MIPv6에서 MN가 핸드오프를 수행함에 따라 발생하는 핸드오프 지연시간의 구성요소는 다음과 같다^[3,4].

표 1. 전형적인 Mobile IPv6 핸드오프 지연요소 및 값들

Link Layer Establishment Time	Rendezvous Time	Registration		
Layer 2 Handoff	Router Discovery	DAD	Send Binding Update	Receive Binding Acknowledge
50 ms	100 ms	1 s	70 ms	70 ms

- Link-layer establishment delay: MN의 physical interface가 old access router(oAR)로부터 new access router(nAR)로 연결을 변화하는데 걸리는 시간
- Rendezvous time delay: MN가 oAR로부터 접속을 끊고 난 후 nAR로부터 beacon 시그널을 받을 때까지 걸리는 시간^{[13], [14]}
- Registration delay: home agent(HA) 또는 correspondent node(CN)에게 자신의 새로운 위치정보를 갱신하여 nAR로부터 첫번째 패킷을 받을 때까지 걸리는 시간

핸드오프 지연시간의 구성요소들의 전형적인 값들은 표 1과 같다. 그림에서 보듯이 전형적인 핸드오프 지연시간은 1.29 초 정도이며, 이 요소들 중 duplication address detection(DAD) 지연시간이 핸드오프 지연시간의 상당한 부분을 차지함을 알 수 있다.

2.2 Mobile IPv6 (MIPv6)

MIPv6는 무선 IPv6 네트워크에서 MN의 이동성을 제공해주기 위해서 제안되었다^[3]. MN가 외부의 다른 서브넷으로 이동을 할 경우, CN으로부터 전송되는 패킷들은 MN의 home network으로 전송되기 때문에 MN의 home address는 더 이상 유효하지 않다. 따라서 MN는 새로운 서브넷에서 사용할 새로운 주소(CoA : Care-of-Address)를 얻을 필요가 있고 MN는 이 주소를 HA 또는 CN에게 등록함으로써 CN으로부터 전송된 패킷을 수신할 수 있다. 이러한 MN의 새로운 CoA와 home address간의 관계를 만들어주는 것을 바인딩(Binding)이라 한다.

MIPv6는 MIPv4와 달리 이동성을 지원하는 추가적인 에이전트인 foreign agent(FA)를 가지지 않기 때문에 MIPv6는 MN가 해당 서브넷에 알맞은 새로운 CoA를 스스로 구성해야 한다. MIPv6에서는 MN가 link-local prefix와 자신의 interfaces identifier를

사용하여 새로운 link-local address를 생성한다. 이 때, MN는 생성된 link-local address의 유일성을 검증하기 위해서 DAD 절차를 수행한다^[4]. 비상태형 자동 주소 생성 방식 (Stateless address autoconfiguration^[5])을 사용하는 경우, MN는 nAR로부터 주기적으로 전송되는 또는 router solicitation(RS) 메시지의 요청으로부터 수신되는 router advertisement(RA) 메시지의 서브넷 prefix 정보와 자신의 interface identifier를 사용하여 새로운 주소(nCoA : new CoA)를 생성한다. 새로운 IP 주소가 생성되었으면 MN는 HA 또는 CN의 바인딩 캐쉬(Binding cache)를 갱신하기 위해서 binding update(BU) 메시지를 HA 또는 CN에게 전송한다.

2.3 Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)

HMIPv6는 MN가 빈번하게 핸드오프를 수행하는 경우 MIPv6에서 발생하는 시그널링 오버헤드와 핸드오프 지연시간을 줄이기 위해서 제안되었다^[7]. HMIPv6는 mobility anchor point(MAP)라는 새로운 엔티티(entity)를 도입하여 MN가 동일한 도메인 내에서 이동할 경우 단지 MAP에게 지역적 BU 메시지를 전송하여 새로운 주소(nLCoA)를 갱신하는 방식을 사용한다.

HMIPv6 방식에서는 MN는 두 개의 주소 즉, regional care-of-address(RCoA)와 on-link care-of-address(LCoA)를 사용한다. RCoA는 MAP의 서브넷에 관한 주소이고 LCoA는 현재 MN가 접속한 AR에 관한 주소이다. MN가 새로운 네트워크에 들어가면 MIPv6와 같이 IPv6 주소 자동 생성 방식에 따라 link-local address를 생성하고 그 주소에 대한 DAD를 수행한다. 이 후, MN가 AR로부터 RA 메시지를 받아서 네트워크의 정보를 바탕으로 LCoA와 RCoA를 생성하고 MAP로 local binding update(LBU) 메시지를 전송한다. 이 때, LBU 메시지 안에는 MN가 생성한 RCoA가 포함된다. 이 메시지를 수신한 MAP는 MN의 RCoA에 대한 DAD를 수행하고 MN의 RCoA와 LCoA간의 바인딩(Binding)을 수행한다. 바인딩 과정이 끝나면 MAP는 binding acknowledgement(BA) 메시지를 MN에게 보내줌으로써 지역적 등록 과정이 끝나게 된다. 그 후에 MN는 HA 또는 CN에게 BU 메시지를 전송하여 자신의 RCoA를 등록하게 된다.

MAP는 MN에 대해서 지역적 home agent(HA)와 같은 역할을 수행하기 때문에 MN로 향하는 모든 패킷을 받아서 현재 MN가 위치한 주소로 패킷

들을 터널링(Tunneling)시킨다. 만일 MN가 동일한 MAP 도메인 내에서 이동을 할 경우, MN는 단지 새로운 주소(nLCoA)를 MAP에게 등록한다. 이 때, MN의 RCoA는 변하지 않으며 이러한 동작은 HA와 CN에게 MN의 움직임 숨길 수 있어 시그널링 오버헤드와 핸드오프 지연시간을 줄일 수 있다.

III. 제안된 HMIPv6 기반의 이동성 관리 프로토콜

3.1 개요

기존의 MIPv6와 HMIPv6에서는 MN가 새로운 서브넷으로 이동하는 경우, MN는 서브넷에서 제공해주는 서브넷 prefix와 자신의 interface identifier를 가지고 새로운 주소를 생성하고 그 주소에 대한 DAD 절차를 수행한다. 이러한 DAD 지연시간은 MN가 핸드오프를 수행하는 동안에 발생하는 핸드오프 지연시간의 상당한 부분을 차지한다. 그러나 이 때 도메인 내에서 MN의 interface identifier의 유일성을 보장할 수 있다면, MN가 새로운 주소 생성시 매번 DAD 절차를 수행할 필요가 없다. 따라서, 제안된 방식은 도메인 내에 존재하는 모든 MN의 interface identifier를 MAP가 관리하여 MN가 도메인 내에 존재하는 동안 MN의 interface identifier의 유일성을 보장한다. 그러므로 MN가 도메인 내에서 micromobility 핸드오프를 수행할 경우, MN가 생성한 새로운 주소에 대하여 유일성(Uniqueness)을 검증하는 DAD 절차를 제거함으로써 핸드오프 시그널링을 줄이고 빠른 핸드오프 지원한다.

MIPv6에서 HMIPv6가 제안된 이유는 MN가 핸드오프 시 지역적 등록과정을 통하여 시그널링을 줄이고 핸드오프 지연시간을 줄이기 위함이었다. 하지만 MN가 이동하지 않고 하나의 서브넷에 오랫동안 머무르게 되면 IPv6 encapsulation에 의한 패킷의 오버헤드 증가로 대역폭 낭비를 야기시켜 자원 활용 측면에서 MIPv6보다 더 안 좋은 성능을 가진다. 따라서, HMIPv6는 핸드오프를 수행하는 동안만 사용하는 것이 바람직하다. 제안된 방식은 MN가 평상 시 서브넷에 머무르는 동안은 MIPv6를 사용하여 HMIPv6의 오버헤드로 인한 대역폭 낭비를 줄임으로써 자원활용의 효율성을 증가시키고, MN가 핸드오프를 수행하는 동안만 HMIPv6로 전환하여 빠른 핸드오프를 지원함으로써 핸드오프 지연시간을 줄인다.

3.2 초기화 과정

MN가 도메인에서 처음으로 power-up되어 초기화되는 과정은 MIPv6와 유사하다. 그러나 도메인 내에서 MAP가 MN의 interface identifier의 유일성을 확인하고 등록하는 단계가 추가된다. MN가 도메인에서 처음으로 power-up되는 초기화 과정은 다음과 같이 수행된다(그림 1).

- Step 1) MN는 새로운 링크에 대하여 MIPv6와 같이 link-local prefix와 자신의 interfaces identifier를 사용하여 새로운 link-local address를 생성하고 이에 대한 DAD 절차를 수행한다 [4].
- Step 2) link-local address의 유일성이 검증되면 MN는 AR에게 router solicitation(RS) 메시지를 AR로 전송하고 router advertisement(RA) 메시지를 기다린다.
- Step 3) MN가 RA 메시지를 수신하면 비상태형 자동 주소 생성 방식 [5]에 따라 메시지의 서브넷 정보를 바탕으로 새로운 주소(CoA)를 만든다.
- Step 4) MN는 도메인 내에서 자신의 interface identifier의 유일성을 보장 받기 위해서 MAP에게 interface identifier를 등록하는 interface identifier registration(IIR) 메시지를 MAP에게 전송한다.
- Step 5) MAP는 Table을 검색하여 MN의 interface identifier의 중복성을 판별하고, 유일성이 검증되면 Table에 등록하여 MN가 도메인 내에 존재하는 동안에 생성하는 새로운 주소에 대한 유일성을 보장해준다. IIR 메시지에 대한 응답으로 interface identifier registration acknowledgment(IIRA) 메시지를 MN에게 전송한다.
- Step 6) MN가 IIRA 메시지를 수신하면 HA에게 자신의 CoA를 등록하기 위해서 binding update(BU) 메시지를 전송한다.

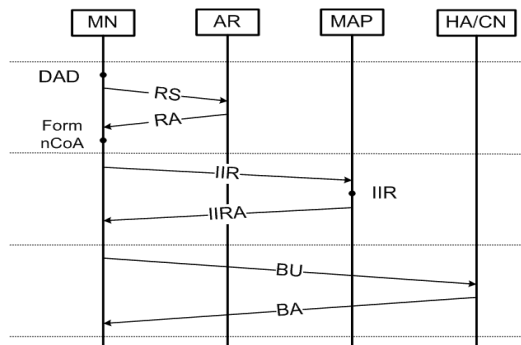


그림 1. 초기화 과정 절차도

3.3 Micromobility 핸드오프 (Intra-domain 핸드오프)

MN가 동일한 도메인 내의 이전 AR (pAR)에서 새로운 AR (nAR)로 micromobility 핸드오프를 수행하는 경우 핸드오프 수행과정은 다음과 같다 (그림 2).

- Step 1) MN는 이동하고자 하는 nAR에 대한 정보를 얻기 위해 현재 자신과 연결된 oAR쪽으로 RS 메시지를 전송하고 이에 대한 응답으로 RA 메시지를 기다린다.
- Step 2) MN가 oAR로부터 RA 메시지를 수신하여 nAR의 네트워크 정보를 얻으면 이를 바탕으로 새로운 주소(nCoA)를 생성한다. 이 때, 도메인의 MAP는 초기화 과정 이후부터 MN의 interface identifier의 유일성을 보장해 주기 때문에 MN는 새로운 주소에 대하여 DAD 절차를 수행하지 않는다.
- Step 3) MN는 MAP내의 바인딩 캐쉬(Binding cache)에 oCoA와 nCoA간의 바인딩을 등록하기 위해서 local binding update(LBU) 메시지를 전송하고 MAP는 이에 대한 응답으로 local binding acknowledgement(LBA) 메시지를 MN로 전송한다. 따라서, 이 후에 oCoA를 향하는 모든 패킷들은 MAP의 IPv6 encapsulation을 통하여 nCoA로 터널링(Tunneling)되고 nAR에서 버퍼링(Buffering)된다.
- Step 4) oAR을 통하여 MAP로부터 LBA 메시지를 수신하면, MN는 nAR로 layer 2 핸드오프(L2HO)를 수행하고 fast neighbor advertisement (FNA) 메시지를 nAR로 전송한다.
- Step 5) FNA 메시지를 수신한 nAR은 MN에게 neighbor advertisement acknowledgement(NAACK) 메시지를 전송하고, 핸드오프 동안 nAR에서 버퍼링되고 있던 MN의 패킷들을 포워딩한다.
- Step 6) NAACK 메시지를 수신한 MN는 HA 또는 CN에게 nCoA를 바인딩하기 위해서 BU 메시지를 전송한다. 따라서, 핸드오프 완료 후, HMIPv6에서 다시 MIPv6 방식으로 IP 이동성을 지원하는 방식이 전환된다.

MN가 동일한 도메인 내에서 micromobility 핸드오프를 수행하는 경우, 빠른 핸드오프 지원을 위해서 MIPv6에서 HMIPv6로 IP 이동성을 지원하는 방식의 전환이 필요하다. 이러한 과정은 MN가 MAP에 BU 메시지를 전송함에 따라 시작된다. BU 메시지를 수신한 MAP는 자신의 바인딩 캐쉬 (binding cache)에 MN의 oCoA와 nCoA에 대한 binding 정

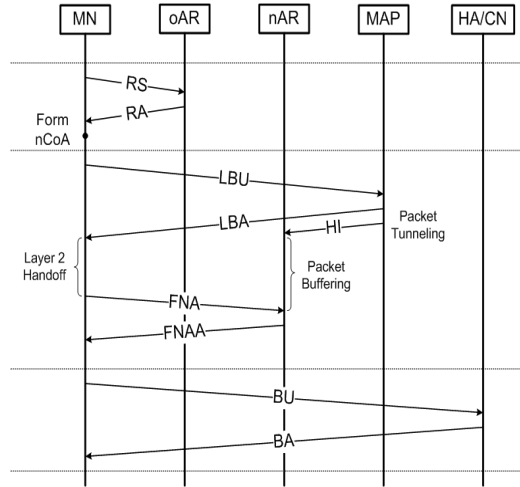


그림 2. Micromobility 핸드오프 절차도

보를 저장한다. MAP로 패킷이 들어오면 MAP는 먼저 자신의 바인딩 캐쉬를 먼저 확인하고 만일, 바인딩 캐쉬에 MN에 대한 바인딩 정보가 존재하지 않으면, MAP는 일반적인 라우팅 방식에 따라 패킷을 전송한다. 그러나 바인딩 캐쉬에 MN에 대한 바인딩 정보가 존재하면 MAP는 패킷을 가로채서 IPv6 encapsulation을 사용하여 MN의 nCoA로 패킷을 터널링시킨다.

3.4 분석 및 토의

제안된 방식의 micromobility 핸드오프 절차 시 발생하는 시간 배치도를 설명하면 다음과 같다 (그림 3). Step 1)에서 MN가 RS 메시지를 전송하고 그에 대한 응답으로 RA 메시지를 받는데 까지 걸리는 시간을 TR이라고 가정한다. Step 2)에서 MN는 DAD 절차 없이 유일한 nCoA를 생성할 수 있으므로 이에 대한 시그널링과 지연 시간은 없다고 가정한다. Step 3)에서 MN가 MAP로 LBU 메시지를 전송하고 그에 대한 응답으로 LBA를 받는데 까지 걸리는 시간을 TLBU이라고 한다. Step 4)에서 MN가 nAR로 L2HO (layer 2 handoff)를 수행하는 시간을 TL2HO라 하고 step 5)에서 nAR로 FNA 메시지를 전송하여 그에 대한 응답으로 NAACK을 받을 때까지 시간을 TFNA라고 한다. 제안된 방식에서 MN가 micromobility 핸드오프를 수행하기 위해 걸리는 전체 시그널링 시간은 다음 식 (1)와 같다.

$$T_{proposed-scheme} = T_R + T_{LBU} + T_{L2HO} + T_{FNA} \quad (1)$$

그러나 제안된 방식에서 MN는 layer 2 트리거 (Trigger)를 사용하여 MN의 움직임을 미리 예측하

고 layer 2 핸드오프를 수행하기 전에 oAR을 통해서 nAR을 서브넷 정보를 얻어 nCoA를 만든다. 따라서, MN가 핸드오프를 완료하여 nAR로부터 패킷을 수신할 때까지 걸리는 실제적인 전체 시그널링 시간은 식 (2)와 같다.

$$T_{proposed-scheme} \approx T_{L2HO} + T_{FNA} \quad (2)$$

또한 기존의 MIPv6와 HMIPv6의 micromobility 핸드오프를 수행하는데 걸리는 전체 시그널링 시간을 정리하면 식 (3)와 같다^{[3], [7]}. 여기서 TDAD는 MN가 새로운 CoA의 유일성을 검증하기 위해 DAD 절차를 수행하는 데 걸리는 시간을 말한다. 또한, TBu는 MN가 BU 메시지를 HA 그리고 CN까지 전송하는데 걸리는 시간을 의미한다.

$$\begin{aligned} T_{MIPv6} &\approx T_{L2HO} + T_R + T_{DAD} + T_{BU} \\ T_{HMIPv6} &\approx T_{L2HO} + T_R + T_{DAD} + T_{LBU} \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)에서 식 (2)를 빼봄으로써, 제안된 방식과 MIPv6와 HMIPv6간의 전체 시그널링 시간 비교를 해보면 식 (4)과 같다.

$$\begin{aligned} T_{MIPv6} - T_{proposed-scheme} &\approx T_{DAD} + T_{BU} \\ T_{HMIPv6} - T_{proposed-scheme} &\approx T_{DAD} + T_{LBU} \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)은 제안된 방식의 전체 시그널링 시간이 기존의 MIPv6와 HMIPv6보다 훨씬 더 적다는 것을 보여준다. 따라서, 제안된 방식이 DAD 절차를 수행하지 않기 때문에 핸드오프 지연시간을 단축시키고 동시에 DAD 절차를 수행하는데 필요한 시그널링을 줄일 수 있다는 장점을 지닌다. 그러므로 제안된 프로토콜은 기존의 방식들 보다 빠른 핸드오프를 지원해 줄 수 있으며 또한, 이로 인하여 핸드오프 동안의 패킷 손실을 줄일 수 있다는 것을 보여준다.

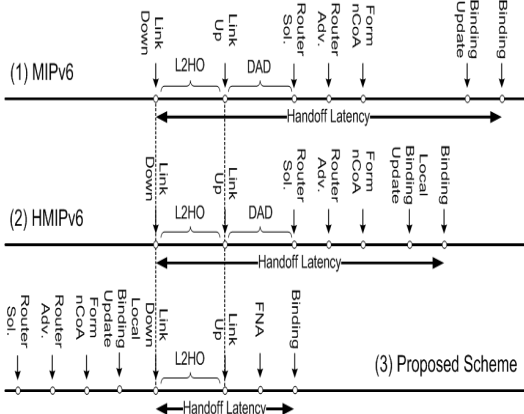


그림 3. MIPv6, HMIPv6 그리고 제안된 방식의 시간 배치도

IV. 실험 결과 및 분석

본 절에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 방식의 micromobility 핸드오프에 대한 성능 분석을 수행하고 기존의 MIPv6와 HMIPv6들과 성능 비교를 수행한다.

4.1 실험 환경

컴퓨터 시뮬레이션 모델은 OPNETTM 네트워크 시뮬레이터를 사용하였고 성능 분석요소로는 핸드오프 동안의 지연시간과 패킷 손실에 대하여 측정하였다. 그림 4는 시뮬레이션을 수행한 네트워크 구조도이다. IP 네트워크 A, B 그리고 C는 Internet을 통하여 연결되어 있다. HA와 CN은 각각 IP 네트워크 A와 B에 존재하고, MN는 IP 네트워크 C 안에서 존재하며 그림 4와 같이 화살표 방향으로 움직인다고 가정하였다. 실제적인 환경을 시뮬레이션 하기 위해서 CN은 UDP(User Datagram Protocol)을 기반으로 CBR(Constant Bit Rate) 패킷을 MN로 전송한다. 시뮬레이션에서 가정된 네트워크 파라미터들은 표 2과 같다.

4.2 성능 분석 결과

그림 5는 무선 링크 지연시간의 변화에 따른 micromobility 핸드오프 지연시간을 제안된 방식과 MIPv6 및 HMIPv6와 비교한 것이다. 일반적으로 무선 채널의 상태와 MN와 Base station(BS) 간의 거리에 따라 무선 링크 지연시간은 10 ~ 50 ms로 가정한다. 무선 링크의 지연시간의 변화에 대한 핸드오프 지연시간을 (a) DAD 시간이 500 ms인 경

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
L2 handoff delay	150 ms
DAD time for LCoA	500 ~ 1300 ms
Wired link bandwidth	100 Mbps
Wireless link bandwidth	20 Mbps
UDP packet length	200 byte
Packet rate	20 ~ 100 pps
Wired link delay between MAP and AR	10 ms
Wired link delay between AR and BS	10 ms
Wired link delay through the Internet	50 ms
Wireless link delay between BS and MN	10 ~ 50 ms

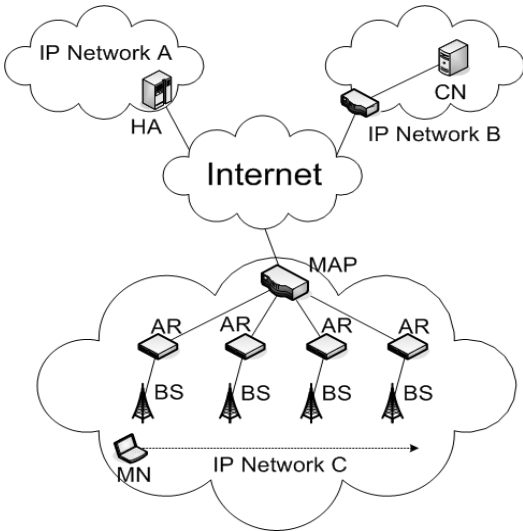
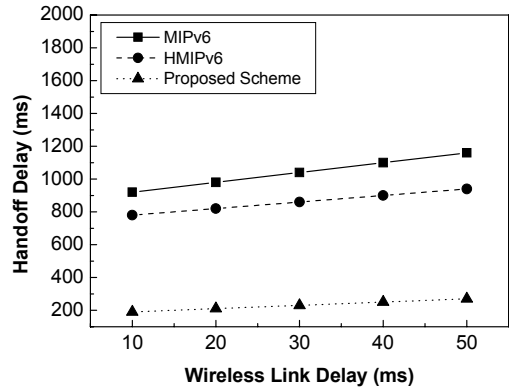


그림 4. 시뮬레이션 네트워크 구조도

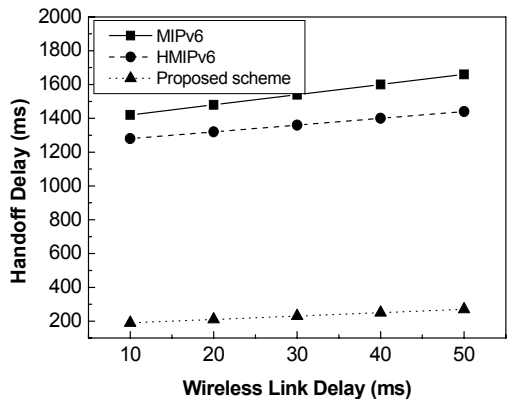
우와 (b) DAD 시간이 1 s인 경우에 대해서 측정하였다. 결과에서 보듯이, MN가 micromobility 핸드오프를 수행하는 경우, MIPv6와 HMIPv6 방식 모두 DAD 지연시간으로 인하여 상당히 긴 핸드오프 지연시간을 가진다. 또한, 이러한 핸드오프 지연시간은 DAD 시간이 커질수록 상당히 증가함을 볼 수 있다. 그러나 제안된 방식은 도메인 내에서 MAP가 MN의 interface identifier의 유일성을 보장해 주기 때문에 MN가 MAP의 도메인 내에 존재하는 한 새롭게 생성된 CoA에 대하여 DAD 절차를 제거해 줄 수 있다. 따라서 제안된 방식이 기존의 두 방식에 비해 상당히 낮은 핸드오프 지연시간을 가짐을 볼 수 있다.

그림 6는 CN의 패킷 발생 비율의 변화에 따른 micromobility 핸드오프 패킷 손실을 제안된 방식과 MIPv6 및 HMIPv6와 비교한 것이다. 이번 시뮬레이션에서는 20 ms의 무선 링크 지연시간을 가정하고 (a) DAD 시간이 500 ms인 경우와 (b) DAD 시간이 1 s인 경우에 대하여 핸드오프 패킷 손실을 측정하였다. 결과에서 보듯이, 기존의 두 방식들은 핸드오프 동안에 패킷 손실이 발생하며 핸드오프 지연시간이 커질수록 패킷 손실이 증가함을 볼 수 있다. 또한, 패킷 발생 비율이 증가함에 따라 패킷 손실의 양이 증가함을 알 수 있다. 그러나 제안된 방식은 새로운 주소에 대한 DAD 절차가 없고 또한, nAR에서 MN의 패킷들을 버퍼링하기 때문에 핸드오프 동안의 패킷 손실이 존재하지 않음을 알 수 있다.

그림 7는 DAD 시간의 변화에 따른 micromobility 핸드오프 지연시간을 제안된 방식과 MIPv6 및 HMIPv6와 비교한 것이다. 이번 시뮬레이션에서는 20 ms의 무선 링크 지연시간을 가정하였다. 결과에서 보듯이, 기존의 두 방식들 모두 DAD 시간이 증가함에 따라 핸드오프 지연시간이 증가함을 알 수 있다. 또한, 두 방식들에서는 DAD 지연시간이 핸드오프 지연시간의 상당한 부분을 차지함을 보여준다. 이러한 결과는 다수의 MN를 수용하는 큰 규모의 네트워크의 경우에 긴 DAD 지연시간을 가지기 때문에 이러한 방식들은 적합하지 않다고 할 수 있다. 이와 반대로, 제안된 방식은 MN가 도메인 내에서 생성한 새로운 주소에 대해서 DAD 절차를 수행하지 않기 때문에 DAD 지연시간과 무관하게 상당히 낮고 안정된 핸드오프 지연시간을 가짐을 보여준다. 따라서, 제안된 방식은 큰 규모의 네트워크에서도 적용하기 적합한 방식이라고 할 수 있다.



(a) DAD 시간이 500 ms인 경우



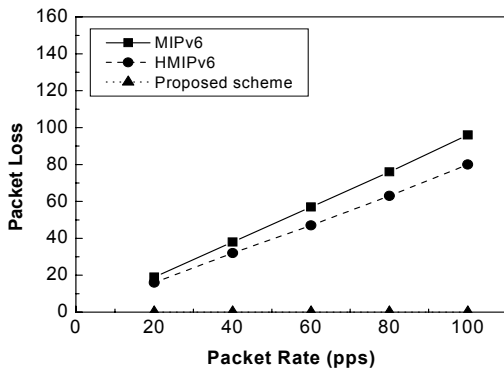
(b) DAD 시간이 1000 ms인 경우

그림 5. 무선 링크 지연시간의 변화에 따른 micromobility 핸드오프 지연시간 비교

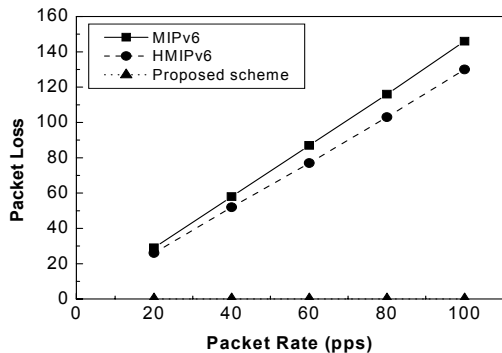
V. 결론

본 논문에서는 무선/이동 네트워크 환경에서 VoIP와 같은 실시간 서비스를 제공하기 위해 HMIPv6 기반의 빠른 micromobility 관리 프로토콜을 제안하였다.

제안된 방식의 성능 분석을 위하여 다양한 네트워크 환경의 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 핸드오프 지연시간과 패킷 손실에 대하여 알아보고 기존의 방식들인 MIPv6와 HMIPv6들과 비교 분석하였다. 제안된 방식은 도메인 내에서 MAP가 MN의 interface identifier의 유일성을 보장해 줌으로써 DAD 절차 없이 새로운 주소를 생성하기 때문에 기존의 다른 방식들 보다 상당히 낮고 안정된 핸드오프 지연시간을 가짐을 확인하였다. 또한, 제안된 방식은 IP 패킷 터널링으로 인한 대역폭 낭비를 줄이기 위해 HMIPv6 기반에서 MIPv6를 적응적으로 활용함으로써 빠른 핸드오프를 지원하면서 동시에 자원활용의 효율성을 증가시킬 수 있다.



(a) DAD 시간이 500 ms인 경우



(b) DAD 시간이 1000 ms인 경우

그림 6. CN의 패킷 발생 비율의 변화에 따른 micromobility 핸드오프 패킷 손실 비교

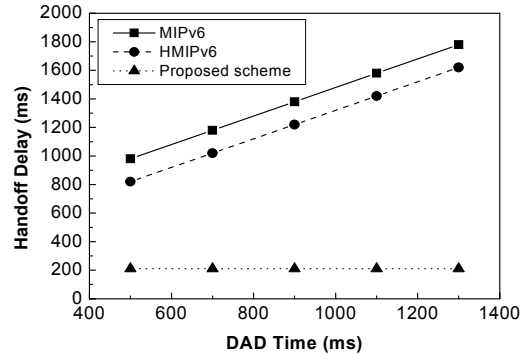


그림 7. DAD 지연시간의 변화에 따른 micromobility 핸드오프 지연 시간 비교

따라서 제안된 방식은 VoIP와 같은 실시간 서비스에 대한 요구가 증가하는 현 시점에서 무선/이동 네트워크 환경에서 실시간 서비스를 제공하는 이동성 관리 프로토콜들의 기반이 될 것이라 생각된다.

참고 문헌

- [1] P. Marques, H. Castro and M. Ricardo, "Monitoring Emerging IPv6 Wireless Access Networks," IEEE Wireless Commun., pp.47-53, Feb. 2005.
- [2] N. Montavont and T. Noel, "Handover management for mobile nodes in IPv6 networks," IEEE Commu. Mag., vol. 40, issue 8, pp.38-43, Aug. 2002.
- [3] D. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, 2004.
- [4] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IPv6," IETF RFC 2461, 1998.
- [5] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," IETF RFC 2462, 1998.
- [6] J. Bound, B. Volz, T. Lemon, C. Perkins and M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)," IETF RFC 3315, July 2003.
- [7] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," IETF RFC 4140, Aug. 2005.
- [8] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6,"

IETF RFC 4068, July 2005.

[9] K. Omae, M. Inoue, I. Okajima and N. Umeda, "Handoff Performance of Mobile Host and Mobile Router Employing HMIP extension," in proc. IEEE Wireless Commun., Netw., vol. 2, pp.1218-1223, Mar. 2003.

[10] R. Hsieh, W. G. Zhou and A. Seneviratne, "S-MIP: A Seamless Handoff Architecture for Mobile IP," in proc. IEEE 22nd Annu. Joint Conf. IEEE Comput. Commun. Soc., vol.3, pp.1774-1784, May 2003.

[11] T. E. Klein and S. J. Han, "Assignment Strategies for Mobile Data Users in Hierarchical Overlay Networks: Performance of Optimal and Adaptive Strategies," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 22, no. 5, pp.849-861, June 2004.

[12] W. Ma and Y. Fang, "Dynamic Hierarchical Mobility Management Strategy for Mobile IP Networks," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 22, issue 4, pp.664-676, May 2004.

[13] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol version 6 (IPv6) Specification," IETF RFC 2461, 1998.

[14] G. Daley, B. Pentland, and R. Nelson, "Effects of Fast Router Advertisement on Mobile IPv6 Handovers," in proc. 8th IEEE Int. Symp. Comput. Commun., pp. 557-562, 2003.

[15] W. K. Lai and J. C. Chiu, "Improving handoff performance in wireless overlay networks by switching between two-layer IPv6 and one-layer IPv6 addressing," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 23, issue 11, pp.2129-2137, Nov. 2005.

이 성 근 (Sungkuen Lee) 정회원



2004년 2월 고려대학교 전기전
자전파공학과 학사
2004년 3월 고려대학교 전자공
학과 석박사통합과정
<관심분야> 전자공학, 광통신공
학, 무선통신공학

김 일 래 (Eallae Kim) 정회원



2004년 2월 고려대학교 전자 및
정보공학과 학사
2004년 3월 고려대학교 전자공
학과 석박사통합과정
<관심분야> 전자공학, 통신공학,
광통신 공학

임 태 형 (Taehyong Lim) 정회원



2005년 8월 고려대학교 전기전
자전파공학부 학사
2007년 6월 고려대학교 전자전
기공학부 석사과정
<관심분야> 전자공학, 무선통신
공학

정 석 종 (Seokjong Jeong) 정회원



1989년 2월 조선대학교 전자공
학과 학사
2007년 2월 고려대학교 통신시
스템기술 석사
1989년 1월~현재 LG-NORTEL
연구소 근무
<관심분야> 전자공학, 무선통신

공학, 이동통신

박 진 우 (Jinwoo Park) 종신회원



1979년 2월 고려대학교 전자공
학과 학사
1983년 8월 클렘슨대학교 전자
공학과 석사
1987년 11월 버지니아 주립대학
교 박사
1988년 3월~1989년 2월 명지대

학교 전자공학과 교수

1989년 3월~현재 고려대학교 전자공학과 교수
<관심분야> 무선통신공학, 광통신공학, 광통신망