이종 무선망에서 L3 핸드오버 이동성 관리 성능 향상

정회원 홍 성 백*, 이 경 호*, 종신회원 김 남**

Improving the Performance of L3 Handover Mobility Management in Heterogeneous Wireless Network

Sung-Back Hong*, Kyeong-Ho Lee* *Regular Members*, Nam Kim** *Lifelong Member*

요 약

본고에서는 L3 이동성을 지원하는 기본 프로토콜을 구현하였으며 이동성 시험환경을 개발하여 핸드오버시 성능에 영향을 줄 수 있는 성능 파라미터를 측정 하였다. 기존에 제안되었던 이동성 관리 방법은 무선 네트워크에서 하나의 인터페이스를 이용하기 때문에 새로운 AP에 접속을 하기 위하여 기존 AP와의 연결을 끊고 새로운 AP로 연결을 시도하는 BBM (Break Before Make) 방식을 사용하였으나 VoIP와 같이 지연에 취약한 트래픽에 대하여 많은 패킷 손실이 발생한다. 본 고에서는 서로 다른 무선망에서 seamless한 핸드오버를 제공하기 위하여 2개의 네트워크 인터페이스를 갖는 MBB (Make Before Break) 핸드오버 방식을 제안한다. 기존 방법과 제안된 방법에 대한 이동성과 핸드오버에 대한 비교 연구를 수행하였으며 제안된 방법으로는 패킷 손실이 거의 없음을 알 수 있었다. 최종적으로 제안된 핸드오버 방식에 사용된 이동성 프로토콜이 지연과 패킷 손실에 민감한 응용 서비스에 사용될 수 있음을 보인다.

Key Words : L3 Handover, MBB (Make Before Break), Vertical Handover, Performance

ABSTRACT

In this paper we report the development of mobility test bed, the realization of basic protocol that supports L3 mobility and the measurement of performance parameters that can affect handover performance. Previously proposed mobility management system, BBM (Break Before Make) method such as MIPv6 and Fast MIPv6, uses one interface in wireless network. In this method, to connect to new AP, it first disconnects existing AP and tries to connect to new AP. This can cause packet loss for the traffic vulnerable to delay such as VoIP. To provide seamless handover between different wireless networks, we propose MBB (Make Before Break) handover method having two network interfaces. Comparative study of previous method and proposed method on mobility and handover was conducted under simulated real environment on the test bed. Almost no packet loss was found with newly proposed method. In conclusion, it is shown that mobility protocol with proposed handover method can be applied to the application services sensitive to delay and packet loss.

Ⅰ. 서 론

유비쿼터스 시대에 접어들어 대부분 전자 장치가 컴퓨팅 및 무선 통신 능력을 갖추고 언제 어디서든지 이용할 수 있도록 하기 위하여 대부분 네트워크에 연결될 것이라는 예측이 빠르게 현실화 되어가

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 (2007-S-013-01, All IPv6 기반 Fixed-Mobile Convergence 네트워킹 기술)

* 한국전자통신연구원 BcN시스템그룹 (sbhong@etri.re.kr), ** 충북대학교 정보통신공학과 (namkim@chungbuk.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-05-227, 접수일자 : 2007년 5월 22일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 14일

고 있다. 이미 많은 사람들이 이동성이 강한 노트북에 무선 LAN을 장착하여 무선 환경에서 서비스를 이용하고 있으며 호텔이나 공공장소에서도 사용자는 공공 무선망에 접속하여 인터넷을 사용하고 있다. 최근에는 와이브로 망이 일부 지역에서 서비스가 개시되어 이동 중에서도 인터넷을 이용할 수 있는 환경이 제공되고 있고 이동성에 따른 서비스 수요는 계속 늘어날 것으로 전망되고 있다. 이미 차세대 이동통신 표준을 이끌고 있는 3GPP2 에서도 이동성을 위하여 Mobile IP를 채택하고 있다. 그러나 IETF에서 제시되었던 Mobile IPv6[1]는 핸드오버 지연 시간이 너무 커서 VoIP와 같은 실시간 트래픽을 처리하기에 부적절하며 현존하는 IPv4 망에 대한 이동성 기술은 주로 L2 핸드오버 위주로 구현되고 있다. 최근 국내에서도 IEEE 802.16e를 이용한 WiBro 시스템이 상용화 되어 이동성 기능을 제공하고 있으나 IPv4 망에서 L2 핸드오버 기능 위주로 서비스를 제공하고 있으며 L3 핸드오버에 대해서는 IPv6 망을 대상으로 연구 중에 있다. 본고에서는 IPv4망뿐 아니라 IPv6망에서도 Seamless한 이동성 서비스 기능을 제공할 수 있는 방안을 제시하고 기존 이동성 방안들과의 차이점 그리고 지연 및 성능 차원에서 기존보다 대폭 개선된 이동성 관리 메커니즘을 제안하고 Test Bed를 구축하여 실제 망에서 성능을 비교하였다.

Ⅱ. 기존 이동성 관리 연구

2.1. Mobile IPv6 기본 동작

이동 노드 (MN: Mobile Node)는 현재 자신의 Home 링크에 있든지 또는 Home으로 부터 떨어져서 있든지 간에 항상 자신의 Home으로 주소 설정이 가능해야 한다. MN이 Home 링크에 있는 동안 자신의 Home 주소로 향하는 패킷은 인터넷 라우팅 메커니즘을 사용하여 MN의 Home 링크로 라우팅 된다. MN이 Home 링크로부터 떨어져 임의의 foreign 링크에 위치해 있으면, 하나 이상의 임시 주소 (CoA: Care-of-Address) 설정이 가능하다. CoA는 특정한 foreign 링크의 서브넷 프리픽스를 가진 MN의 IP 주소이다. MN이 foreign 링크에 머무르는 동안, 임시주소로 향하는 패킷은 MN으로 라우팅 될 것이다. MN의 Home 주소와 임시 주소 사이의 관계는 바인딩(binding)으로 불린다. Home으로부터 떨어져 있으면, MN은 자신의 Home 링크 라우터에 자신의 임시 주소를 등록한다. 그리고 이

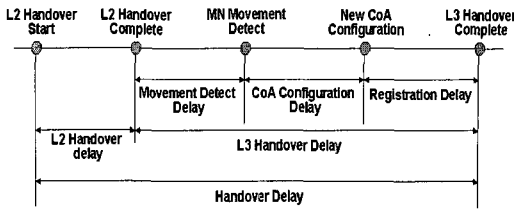


그림 1. BBM 동작순서에 따른 핸드오버지연

라우터에게 MN을 위한 Home agent로 동작할 것을 요청한다. MN은 Home agent에게 Binding Update 메시지를 보냄으로써 바인딩 등록을 수행한다. Home agent는 바인딩에 대한 Binding Ack(BA) 메시지로 MN에게 응답한다.

2.2. MIPv6 에서의 핸드오버

핸드오버를 동작 순서에 따라 지연 요소를 고려하여 분석하여 보면 크게 L2 핸드오버와 L3 핸드오버로 구별되며 L3 핸드오버 지연 요소로는 다시 이동 검출, 새로운 임시주소 구성, 등록 및 데이터 전송 단계로 구분할 수 있다. 따라서 단말 이동시 전체 Latency (T_{total})는 L2 핸드오버 Latency (T_{L2})와 L3 핸드오버 (T_{L3})로 구별되고 L3 핸드오버는 RS-RA 교환 지연(T_{RS-RA})과 중복 CoA 검출(T_{COA}) 지연 및 MN과 HA와의 RTT인 등록 지연 (T_{BU})으로 구별된다. 즉, 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$T_{total} = T_{L2} + T_{RS-RA} + T_{COA} + T_{BU} \quad (1)$$

1) 링크 레이어 핸드오버는 MN이 새로운 AP를 찾고 association을 맺는데 걸리는 시간으로 네트워크 기술에 달려있다.

2) 링크 레이어 핸드오버 이후 이동 노드는 Router Discovery(RD) 및 CoA 구성 절차를 통하여 네트워크에 접속된다. RD시 MN은 Router Solicitation (RS)를 보내고 새로운 엑세스 라우터로부터 RA 메시지를 받는다. 엑세스 라우터는 RA를 보내기 전에 랜덤한 시간을 기다리는데 이때 랜덤 지연시간은 0 - 500 ms이다. 따라서 평균 RA 수신 지연은 250ms이다. RD의 전체 지연은 MN과 엑세스 라우터간의 Round Trip 시간이며 랜덤한 시간을 갖는다. 엑세스 라우터를 찾은 후 MN은 foreign 네트워크에서 IPv6 stateless 또는 stateful 방식에 따라 새로운 CoA를 요청한다. 이때 MN은 유니크한 주소를 요구하며 중복주소검출 (DAD: Duplicate Address Detection) 절차를 수행한다. DAD 검출을

위한 시간은 구성을 어떻게 하느냐에 달려 있으며 랜덤 지연시간 0~1000 ms를 포함한다. 따라서 전체 DAD 절차를 위한 핸드오버 시간은 1 - 2 초가 되며 평균적으로 1.5초가 된다. MN의 home 등록 latency는 BU를 HA로 보낸 후 BA로 응답 받는 시간으로 전송 지연과 HA 프로세싱 지연시간으로 구성된다.

2.3. Fast MIPv6 에서의 핸드오버

Handover 개선을 위하여 새롭게 개발된 Fast Mobile IPv6 (FMIPv6)에서의 Fast 핸드오버는 L2 계층에서 핸드오버 예상 정보를 바탕으로 Movement Detection과 새로운 Care-of-Address 구성을 빠르게 하여 L3 계층의 핸드오버 시간을 줄임으로 전체 핸드오버 지연을 줄이기 위한 기술이다.[2] 이 기술은 주로 단일 무선망에서 수평적 핸드오버의 지연을 줄이기 위한 방법으로 제안되었다. Fast MIPv6의 경우 이론적으로 상기 (1)식의 $T_{total} = T_{L2} + T_{RS-RA} + T_{COA}$는 "0"이 되고 T_{BU} 지연만 남게 된다. 그러나 실제로 이전 라우터로 가던 패킷을 새로운 라우터로 보내기 위한 버퍼링 기능 등 추가적인 지연 및 패킷 손실 요소가 존재하게 된다.

2.4. 수직적 핸드오버 (Vertical Handover)

최근에는 다양한 Wireless 망간의 수직적 핸드오버에 대한 연구 활동이 활발히 진행되고 있다. Wireless 망이 다양화되면서 기존 3G 기술인 CDMA 외에도 광역 서비스가 가능하면서 높은 대역폭을 제공해 줄 수 있는 3.5G 기술인 HSDPA, WiBro, WCDMA 등이 상용화되고 있으며 이들 무선망과 값싼 WiFi 망간 또는 WiBro와 HSDPA간 Seamless한 이동성 관리 기능 등 다양한 무선망간의 수직적 이동성 관리 기능이 필요하게 되었다. 이와 같이 새로운 무선망이 도입되었을 경우에 단기적으로 단말은 기존 무선망 접속을 위한 인터페이스와 새로운 무선망 접속을 위한 인터페이스를 가져야 하며 이들 간의 이동성 제공 및 다양한 서비스 제공이 가능하여야 한다.

2.5. 기존 이동성 관리 연구의 한계

IETF에서 표준 RFC로 정의된 MIPv6나 FMIPv6와 같은 이동성 지원 프로토콜은 네트워크 중심 모델로 네트워크가 기본적으로 IPv6망이어야 하며 대부분의 이동성 지원을 망을 구성하고 있는 노드에서 지원하여야 하므로 기존 IPv4 망 구성 요소를 대폭 수정하여야 하는 문제점을 가지고 있어 상용 서비스가 어려운 실정이다. 최근의 IETF 동향도 네트워크 중심 모델인 NetLMN이나 Proxy MIPv6 표준 사용이 유력한데 이런 추세는 대형 라우터 개발 기술을 가지고 있으며 글로벌 시장을 장악하고 있는 대형 업체들이 개입된 네트워크 중심 모델에 대한 주장이 받아들여진 현상이라 볼 수 있으며 성공 여부는 미지수라 볼 수 있다. 본고에서는 유무선 엑세스 망과 무관하게 IP망(IPv4/ IPv6)의 종류에 관계없이 Seamless한 이동성 기능을 제공할 수 있는 MBB 방안을 제안하고 기존 이동성 프로토콜 망과 비교하여 보았다.

Ⅲ. 제안된 이동성 아키텍쳐

제안된 이동성 관리 구성은 이종 인터페이스를 관리하고 L2 트리거링에 의해 핸드오버를 실행하는 클라이언트 모듈이 각 MN에 실장되고 각 이동단말의 위치주소인 IPv6 또는 IPv4 주소와 단말 식별자인 IPv6 주소를 관리하는 서버 모듈로 구성되며 망은 IPv4 망이나 IPv6 망에 관계없이 구성 가능하다.

3.1. 클라이언트 모듈

데스크 탑, 컴퓨터, 서버, PDA, 스마트 폰과 같은 네트워킹이 가능한 장치에 실장 된다. 또한 스토리지 서버와 같은 네트워크 장치에 실장 할 수도 있고 WiFi를 내장한 디지털 카메라나 Cable/DSL CPE 모뎀에도 실장 할 수 있다. 이들 장치는 IPv4 망에서 IPv6-over-IPv4 터널을 이용하여 서로 다른 단말간에 통신할 수 있으며 각 장치는 식별자로 유일한 IPv6 주소를 가진다. 클라이언트 소프트웨어가 실장된 단말 사이에 secure한 IPv6 터널을 만드는 외에도 클라이언트는 IPv6 응용 프로그램을 위한 IPv6 응용 프로그램 인터페이스도 갖는다.

3.2. 서버 모듈

먼저 이동성 관리를 위한 Home Agent (HA) 기능을 가지며 각 클라이언트 소프트웨어를 장착한 이동 노드를 관리할 수 있는 데이터베이스를 유지한다. 이것을 위하여 각 이동단말의 초기 Home Address (HoA)인 IPv6 주소와 임시주소 (Care-Of-Address, CoA)인 IPv4 주소를 관리한다. MN이 HA인 서버로 연결하기 위해서는 현재의 IPv4 주소의 등록 메시지인 BU (Binding Update)를 보낸다. 이때 HA는 지정된 IPv6 주소와 함께 IPv4 임시주소를 저장하고 유지한다. 이렇게 함으로서 착신 MN이 발신 MN과 피어간 서비스를 위하여 IPv6

터널을 설정하도록 하게 한다.

3.3. 제안된 방안의 이동성 동작 구조

본 논문에서 제안한 네트워크 모델은 그림2와 같다. 클라이언트/서버 기반의 IPv6 이동 구조로서 Ethernet, WiFi, Wibro, 3GPP 등 두 개 이상의 인터페이스를 갖는 단말을 이용하여 Active/Standby 인터페이스로 구분하고 각각에 터널을 설정하여 링크 상태에 따라 터널을 절체하는 방식을 채택하여 Seamless 이동성을 지원한다. 그림3은 클라이언트/서버 기반의 이동성 구조에 대한 흐름도를 나타낸 것이다.

클라이언트가 부팅이 되면 이동성 지원 클라이언트가 구동되고 먼저 인터페이스에 대한 초기화 이후에 인터페이스에 대해서 적절한 POA (Point Of Attachment)를 검색하여 POA 리스트를 추출하고 가장 적절한 POA에 대하여 L2 Association 과정을 수행한다. L2 Association 과정이 끝나면 각 인터페이스에 연결된 POA를 기반으로 Active/Standby 인터페이스를 결정하고, 각 인터페이스에 대한 COA를 결정하기 위해서 IP 구성을 요구한다. IP 정보를 요구하는 방법에 있어서는 엑세스 망이 IPv4 또는 IPv6 망일 수 있기 때문에 DHCPv4/v6 또는 IPv6 Stateless IP 구성 방법을 이용할 수 있다. Active 터널을 통하여 데이터를 전송하는 도중에 이동 단말에 의해서 가장 좋은 POA로 변경이 가능하다. Standby 인터페이스는 가장 좋은 POA를 감시하기 위해서 주기적으로 감시 메시지를 POA에 전달하고, POA의 변경이 필요하면 기존의 L2와의 관계를 끊고 새로운 POA와 L2 Association 과정을 수행한다. 새로운 Association이 끝나면 IP 구성 과정을 수행하고 Standby에 대해서 새로운 터널 생성을 요구한다. 또한 이동 노드에 대해서 Active/Standby 인터페이스의 절체가 필요할 수 있다. 이러한 경우, 이미 Standby에 대해서 IP 구성이 끝나있기 때문에 현재의 Active 터널을 통하여 Switch-Over Request 메시지를 서버로 전달하여 Standby 터널로 변경될 것을 알려주고 응답이 오면 바인딩 정보를 현재 Standby 터널로 연결함으로서 Standby 인터페이스를 Active로 Active 인터페이스를 Standby 인터페이스로 상태를 변경하게 된다.

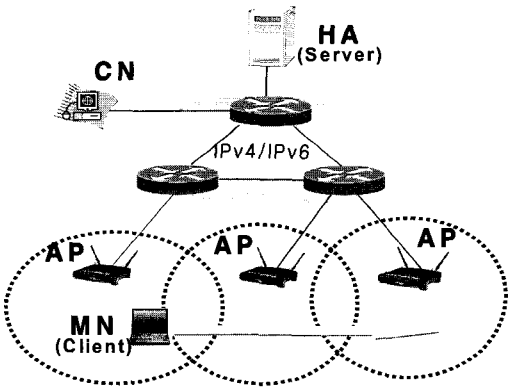


그림 2. 클라이언트/서버 기반의 이동성 네트워크 구조

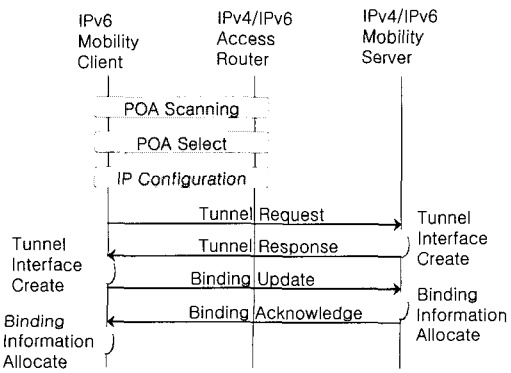


그림 3. 제안된 터널 설정을 위한 메시지 흐름도

Ⅳ. 이동성 관리 시험 환경

4.1. 테스트 베드 구성

제안된 MBB 방안을 시험하기 위하여 그림2와 같이 망을 구성하였다. 망의 구성은 HA 기능을 외부 서버로 구성하였고 일반 라우터를 IPv4 망으로 구성하였다. 고정 CN은 PC로 구성하고, MN은 2개의 WiFi 인터페이스를 갖는 노트북으로 구성하였다.

4.2. L3 MBB 핸드오버 기능 구현

기존 Mobile IPv6 프로토콜을 대폭 수정하여 그림3과 같이 터널을 이용한 프로토콜로 개발하였다. 이 방법으로 IPv4 또는 IPv6 망의 종류에 관계없이 IPv6 서비스 제공이 가능하며 MN은 새로운 무선망을 만날 때 링크 Layer에서 핸드오버를 triggering 할 수 있는 정보를 받아 L3 핸드오버를 시작하게 된다.

4.3. 단말 구성

이 기종망간의 핸드오버를 시험하기 위해서는 Wibro와 WiFi 같은 서로 다른 종류의 NIC(Network Interface Card)을 탑재해야만 한다. 하지만 Wibro

서비스는 현재 일부 지역에서만 국지적으로 제공하고 있기 때문에 본 실험에서는 두 개의 WiFi NIC을 이용하였고, 비록 두 개의 NIC이 동일한 종류의 인터페이스이지만 서로 다른 종류의 인터페이스인 것처럼 동작하도록 하였다. 이는 WiFi 인터페이스가 현재 연결되어 있는 AP의 IP 정보를 유지하고 있다가, 다른 WiFI 인터페이스가 동일한 IP를 갖는 AP와 연결되는 것을 방지함으로써 이루어 진다.

4.4. 실험

핸드오버가 네트워크 트래픽에 미치는 영향을 측정하기 위해서 본 실험에서는 UDP와 TCP 트래픽에 대해서 측정했다. UDP와 TCP 실험 모두 CN에서 MN으로 10 ms 단위로 1K byte의 메시지를 전송하도록 했다. 메시지의 수신 측인 MN에서는 CN에서 보내주는 메시지를 받을 때마다 그 메시지를 수신한 시간을 출력하도록 했다.

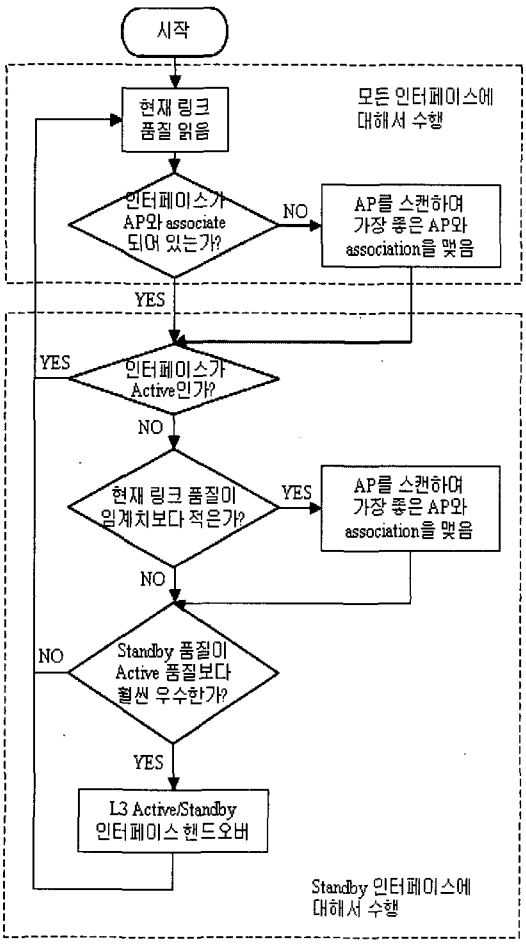


그림 4. L3 MBB 핸드오버 알고리즘

V. Make Before Break 핸드오버 메카니즘

MIPv6의 latency를 줄이기 위한 연구가 제안되었다[3][4]. 그러나 이들 제안은 MN이 한번에 단지 하나의 AP에 접속된다는 가정에 기반을 두고 있다. MN이 한번에 하나의 AP만 연결할 수 있기 때문에 새로운 망에 접속하기 위해서는 현재의 망에 연결된 접속을 끊어야만 한다. 이런 형태의 핸드오버는 BBM (Break Before Make) 핸드오버라 하며 패킷 손실을 완전히 제거하기는 어렵다. 그러나 만약 여러 개의 AP를 동시에 listen 할 수 있다면 MN은 현재의 접속을 끊기 전에 새로운 망으로 접속을 설정할 수 있고 따라서 핸드오버 latency의 영향을 줄이거나 완화할 수 있다. 이것은 MN에 여러개의 인터페이스를 장착하여 가능하다. 우리는 2개의 인터페이스를 사용하여 핸드오버 latency 때문에 발생하는 패킷 손실을 줄이기 위한 MBB 핸드오버 방안을 제안한다. 제안된 방안은 MN에 두 개의 인터페이스를 장착하여 하나의 인터페이스가 데이터 통신을 위하여 사용(Active)될 때 다른 인터페이스는 더 좋은 연결을 제공할 수 있는 네트워크를 scanning 하기 위하여 사용된다. 새로운 연결을 위한 네트워크가 발견되고 현재의 인터페이스보다 더 좋은 값을 갖게 되면 이 인터페이스가 데이터 전송을 떠맡게 되고 Active였던 원래의 인터페이스는 탐색 역할을 맡게 된다. 이렇게 하면 엑세스 망과 무관하게 MN은 이전 네트워크와의 연결을 유지하면서 데이터 통신을 위하여 방해 받지 않고 무 손실 핸드오버를 제공할 수 있으며 반면 다른 인터페이스를 이용하여 연결을 유지하면서 새로운 네트워크로의 핸드오버를 수행할 수 있다.

5.1. 2개의 인터페이스를 사용하는 MBB 핸드오버 알고리즘

제안된 MBB 핸드오버 방안은 그림4의 알고리즘을 사용한다. 핸드오버 결정은 이동 예측 알고리즘 [5]과 연계된 신호대 잡음비 (signal to noise) 비교 [6]와 같은 기술을 이용하여 만들어 질 수 있다. 본 논문에서는 현재의 AP와 후보 AP들의 시그널 세기 (RSS: Received Signal Strength)로 비교한다. 만약 그 차이가 임계치보다 클 경우 MN은 새로운 네트워크로 핸드오버를 수행한다. 이상적인 임계치는 핑퐁 이동 현상을 방지하기 위하여 충분히 높지만 패킷 손실을 방지하기 위해 핸드오버는 충분히 일찍 trigger 되어야 한다. 임계치를 선택하고 조정하는

다이나믹 적응 알고리즘은 MN이 최적의 핸드오버 결정을 하도록 허용하며 AP간을 번갈아 잡는 것을 방지한다. 이 알고리즘을 사용하면 완전한 무 손실 핸드오버 수행이 가능하며 이전 엑세스 망과 새로운 엑세스 망의 커버리지가 충분히 중첩되고 필요한 시간에 핸드오버 결정을 할 수 있도록 한다. 이것을 수식으로 표현하면 요구된 중첩 범위 (D_{ovelap})는 MN의 움직이는 속도 (V_{mn})와 핸드오버 latency 시간(T_{ho})에 달려 있다.

$$D_{ovelap} = V_{mn} * T_{ho} \qquad (2)$$

따라서 2개의 인터페이스를 사용한다 하여도 핸드오버 시간을 줄이는 일은 중첩되는 범위와 밀접한 관계가 있기 때문에 무선망의 설계에 있어 매우 중요하다.

5.2. MBB 핸드오버시 고려사항

일반적으로 이동 노드에서 송.수신기는 이동 노드가 사용하는 전원의 15% ~ 30%를 사용한다는 연구 결과가 나와 있다[7]. 핸드오버를 위해서 현재 연결 가능한 AP를 스캐닝하는 동작은 많은 전력 소모를 야기할 뿐만 아니라, 신중하지 못한 스캐닝 알고리즘은 데이터 트래픽을 보내기 위한 자원을 감소시키는 문제를 일으킬 수 있다. 본 논문에서 제안하고 있는 핸드오버 알고리즘은 전력소모와 데이터 트래픽에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 스캐닝 동작을 반드시 필요한 구간에서만 실시하도록 하고 있다. 그림4의 L3 MBB 핸드오버 알고리즘에서 보는 것처럼, 일단 Active와 Standby 인터페이스의 초기화가 완료되고 나면 스캐닝 동작은 Standby 인터페이스에서만 이루어진다. 이렇게 스캐닝 동작을 Standby 인터페이스에서만 하도록 함으로써 Active 인터페이스에서 처리되는 데이터 트래픽에 무관하게 스캐닝 동작을 실시할 수 있다. 그리고 Standby 인터페이스에서도 스캐닝 동작을 계속하는 것이 아니라 신호품질이 특정 임계치보다 작을 경우에만 스캐닝 동작을 수행하도록 하고 있다. 이는 불필요한 스캐닝 동작을 배제함으로써 전력소모율을 낮출 수 있다.

5.3. MBB와 BBM 성능 분석 비교

본 고에서는 BBM 핸드오버 방식인 MIPv6, Fast MIPv6 그리고 2개의 인터페이스를 이용한 MBB 이동성 기능을 구현하였으며 단말이 이동하여 핸드오버할 때 UDP 및 TCP 트래픽에 대한 패킷 손실

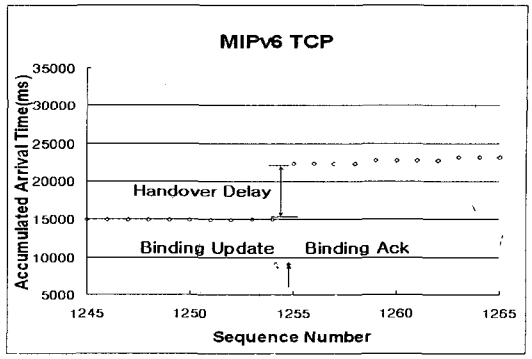


그림 5-1. MIPv6 핸드오버시 TCP 트래픽 측정

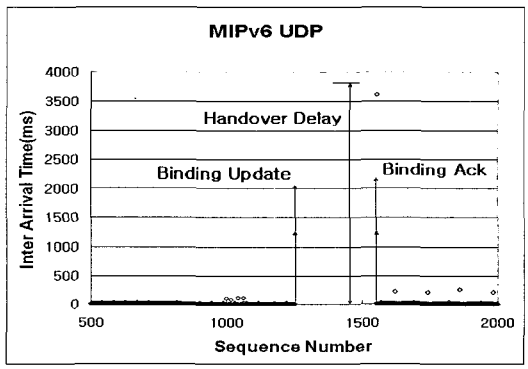


그림 5-2. MIPv6 핸드오버시 UDP 트래픽 측정

을 측정하였다. 본 시험은 실제 망과 유사한 Test Bed를 구축하여 시험하였는데 10ms 마다 CN에서 패킷을 보내고 MN에서 수신하는 방법으로 측정하였다. 측정을 위하여 MN에는 Ethereal 도구를 설치하였으며 시험시 수신된 데이터의 로그를 받아 제어 신호와 데이터의 수신 시간을 체크하였다. 그림5에서 그림7까지의 데이터는 단말 이동시 핸드오버 순간을 캡쳐한 것으로 데이터 순서가 다양하게 표시되었다. MIPv6의 경우 그림5에 측정된 것과 같이 핸드오버는 Binding Update 메시지와 Binding Ack 메시지 사이에서 발생하는데 TCP의 경우 약 7.3초의 delay가 발생하였으며 UDP의 경우 약 3.7초의 delay와 300여개의 패킷이 유실되었다. 실제 망과 유사하게 라우터를 구성하여 시험하였기 때문에 delay가 일정하지 않았으며 시험 수행시 마다 약간 다른 값을 가진 데이터 값을 얻었으나 대부분 예상된 범위내의 값을 얻었다. Fast MIPv6의 경우 그림6과 같이 TCP 트래픽의 경우 약 100ms의 지연이 발생하였고 UDP의 경우 약 80ms의 지연과 6~7개의 패킷이 버퍼링되어 처리됨을 알 수 있었다. 그러

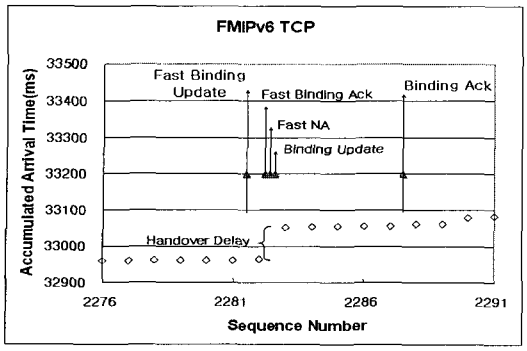


그림 6-1. FMIPv6 핸드오버시 TCP 트래픽 측정

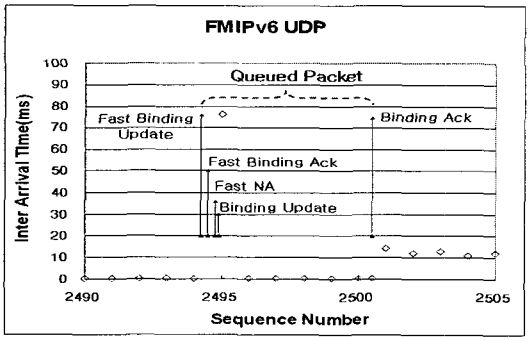


그림 6-2. FMIPv6 핸드오버시 UDP 트래픽 측정

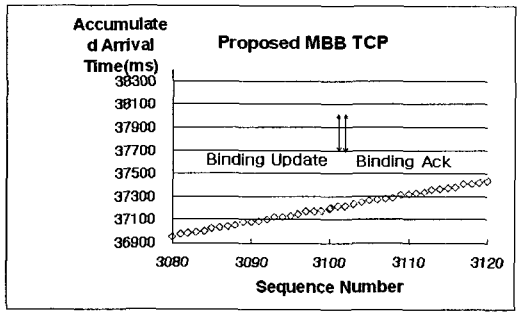


그림 7-1. 제안된 MBB 핸드오버시 TCP 트래픽 측정

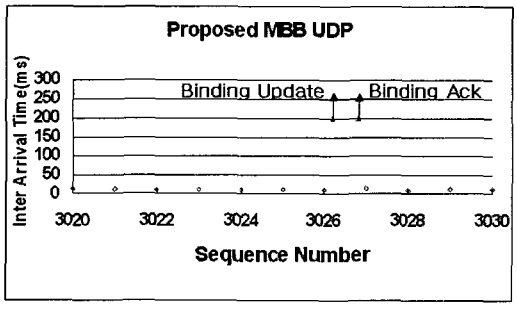


그림 7-2. 제안된 MBB 핸드오버시 UDP 트래픽 측정

나 제안된 MBB 방법의 경우는 그림7에서 볼 수 있드시 TCP, UDP 트래픽의 경우 핸드오버 절체시 지연 및 패킷 유실이 전혀 없고 무손실로 핸드오버 됨을 알 수 있다. 이는 Active 인터페이스로 수신되던 데이터들이 핸드오버시 Standby 인터페이스가 Active로 동작하면서 데이터 유실이 하나도 없음을 보여주는 것으로 여러번 반복된 시험을 통하여 현재의 실험실 환경에서는 1ms 이내의 지연 시간을 가진다는 결과를 얻었다. 따라서 제안된 방안은 이동 환경에서 실시간 트래픽에 적합한 이동성 기술임을 알 수 있다. 향후 상용화를 위해서 연구되어야 할 분야는 대량 가입자를 처리할 수 있는 서버 확장 문제와 이종 네트워크간 이동시 Seamless한 핸드오버 처리를 위한 단말 인증, 서비스 인증 기술 등이 해결되어야 할 과제로 남게 된다.

Ⅵ. 결 론

본고에서는 이동성 Test Bed를 개발하고 L3 이동성을 지원하는 기본 프로토콜을 구현하였다. 기존에 많은 이동성 프로토콜이 제시되었으나 핸드오버시 많은 시간 지연과 패킷 손실로 인하여 VoIP와 같이 지연에 취약한 트래픽에 대하여 상용서비스를 제공하는데 어려움이 있었다. 본고에서는 서로 다른 유무선망에서 Seamless한 핸드오버를 제공하기 위하여 2개의 네트워크 인터페이스를 갖는 MBB (Make Before Break) 핸드오버 방식을 제안하였고 관련 프로토콜을 구현하여 실험실 환경에서 시험하였다. 기존 방법과 제안된 방법에 대한 이동성과 핸드오버에 대한 비교 연구를 수행하였는데 제안된 방법으로는 패킷 손실이 거의 없음을 알 수 있었다. 최종적으로 제안된 핸드오버 방식에 사용된 이동성 프로토콜이 지연과 패킷 손실에 민감한 응용 서비스에 사용될 수 있음을 보인다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," *Internet RFC: RFC3775*, Jun. 2004

[2] R. Koodli, Ed., "Fast handovers for mobile IPv6," *Internet RFC: RFC4068*, Jul. 2005.

[3] W. K. Lai, Jung Chia Chiu, "Improving Handoff Performance in Wireless Overlay Networks by Switching Between Two

Layers IPv6 and One Layer IPv6 Addressing," *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, Vol. 23, No.11, pp. 2129-2137, November 2005.

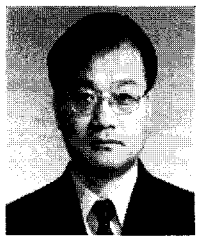
[4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 mobility management," *draft-ietf-mipshop-hmipv6- 04.txt.*, Jul. 2002.

[5] N. Moore, "Optimistic duplicate address detection for IPv6," draft-ietf-ipv6-optimistic-dad-05.txt, Feb. 2005.

[6] S. Aust, D. Proetela, N. Fikouras, C. Paupu, and C. Gorg, "Policy based mobile IP handoff decision using generic link layer information," in *Proc. 5th IEEE Int. Conf. Mobile and Wireless Communication. Network*, Oct. 2003.

[7] Erik P. Harris et al, "Technology Directions for Portable Computers," *Proceedings of the IEEE*, 636-658, April 1995.

홍 성 백 (Sung-Back Hong) 정회원



1982년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업
1990년 8월 연세대학교 전자 공학과 석사
2000년 8월 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
1982년 3월~현재 한국전자통신연구원 FMC기술팀 팀장
<관심분야> 통신공학, BcN, USN

이 경 호 (Kyeong-Ho Lee) 정회원

1980년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업
1982년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사
1982년 3월~현재 한국전자통신연구원 BcN시스템 그룹장
<관심분야> 통신공학, BcN

김 남 (Nam Kim) 종신회원

1981년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업
1983년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
1988년 8월~현재 충북대학교 정보통신공학과교수
<관심분야> 이동통신, 마이크로파, EMI/EMC