

이종 무선 네트워크간 핸드오버를 위한 교차계층 최적화 방안

김학수^o, 김의연, 조재호, 조진성

경희대학교 컴퓨터공학과

pradise@khu.ac.kr, kimwy@khu.ac.kr, angle238@khu.ac.kr, chojs@khu.ac.kr

Cross Layer Optimization of Vertical Handover for Heterogeneous Wireless Networks

Hak soo KIM^o, Wee youn KIM, Jaeho Jo, Jinsung Cho
Dept. of Computer Engineering
Kyung Hee Univ.

요 약

Mobile IP는 단말에게 이동성을 제공해 줌으로써 이동하면서도 인터넷에 접속할 수 있게 해준다. 하지만 L2 연결과 L3 연결이 순차적으로 진행되어 핸드오버시 지연과 데이터 로스의 문제가 발생한다. 이러한 핸드오버 과정에서 발생하는 지연과 데이터 로스를 줄이기 위해 L2 트리거를 이용한 Fast Handover 기술이 개발되었지만 Fast Handover 기술 역시 L2 연결과 L3 연결이 독립적으로 진행된다. 본 논문에서는 Mobile IP의 L3 핸드오버 과정과 이종 무선네트워크들의 L2 핸드오버 과정을 통합하고 핸드오버 과정을 최적화하여 성능 개선된 핸드오버 방안을 제안하고 성능평가를 통해 우수함을 보인다.
키워드 : 이종 무선 네트워크, 버티컬 핸드오버, 교차계층 최적화

1. 서 론

최근 다양한 휴대용 기기들의 개발과 대용량의 콘텐츠들이 나오면서, 이에 따라 끊임 없는 이동성 지원을 위해 IETF의 Mobile IPv4/v6와 Fast Handovers for Mobile IPv6 [1]가 제안되었다.

Mobile IP(MIP)는 단말의 유일한 주소인 Home Address(HA)와 이동하면서 수시로 변하는 주소인 Care of Address(CoA)를 매핑하여 이동 중에도 지속적인 데이터 서비스를 보장한다. 이 과정은 새로운 네트워크로 L2 연결을 설정한 후 L3 연결을 위해 MIP의 동작에 따라 Movement Detection과 Binding 과정으로 이루어진다. 이때 발생하는 지연시간에는 데이터 서비스를 받지 못하게 되는데 이를 보완하기 위한 많은 연구들이 진행되었다. 그중 L2 트리거를 이용하여 기존 링크와 이동할 링크간에 터널을 생성하여 HA와 CoA의 매핑과정이 생략되는 Fast Handovers for MIPv6는 기존의 MIP보다 짧은 지연 시간을 가지는 프로토콜이다.[2]

MIP와 Fast Handovers for MIPv6 프로토콜은 단말의 이동성 제공을 위해 L3 연결 기술만을 지원하기 때문에 L2 연결 설정 과정과 L3 연결 설정 과정이 순차적으로 진행된다. 이때 발생하는 핸드오버 지연시간은 L2 연결 과정을 위해 기존 연결을 끊는 순간부터 새로운 네트워크로의 L2 연결 후 MIP 프로토콜의 L3 연결 과정이 완료되는 시간까지이다. Fast Handovers for M IPv6에서도 L2연결 후 접속 망간의 터널을 위한 시간 동안은

데이터를 전송받지 못하게 되어 끊임 없는 서비스가 불가능하다.

또한 차세대 이동통신 네트워크는 다양한 무선 접속 기술이 All-IP 기반 핵심망에 연결되어 통합되는 형태로 발전하고 있으며 무선 접속 기술의 커버리지에 따라 이종 무선망이 중첩되어 운영되고 있다. 이러한 환경에서 사용자는 여러 무선 접속 기술을 지원하는 단말기를 통해 각 이종 무선망을 이동하며 데이터 서비스를 받게 된다. 따라서 단일 네트워크에서의 이동성 관리뿐만 아니라 여러 이종 네트워크에 대한 연동과 이동성 관리가 요구된다.

이와같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 L2 연결 설정 과정과 L3 연결 설정 과정을 통합하여 병렬적으로 진행하게 하고, 최적화함으로써 핸드오버시 발생하는 지연 시간과 데이터 로스를 최소화 하는 방안을 제시하고, 이종 무선 네트워크 환경에서의 제안하는 핸드오버 방안을 적용하였다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서 관련연구를 소개하고 3장에서 제안하는 핸드오버 방안을 기술한다. 4장에서 성능분석을 기술하고 5장에서 ns2 시뮬레이션을 통해 기존연구와의 성능을 비교한다. 그리고 6장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 Mobile IPv6

MIPv6기술은 단말의 HA와 이동한 네트워크에서 생성한 CoA를 Home Agent에게 바인딩 함으로써 이동성을 지원한다.[1] 하지만, MIPv6는 단지 이동 단말(Mobile Node(MN))의 위치 등록 및 현재 통신 중인 세션의 데이터 패킷들에 대한 경로 재설정

“이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2007-521-D00316).”

관련된 프로토콜로, Voice over IP(VoIP)와 같은 실시간 통신을 만족시킬 수준의 이동성을 지원하기에는 여러 문제점이 존재한다. MIPv6의 동작 절차는 단말이 새로운 링크로 이동을 위해 L2 핸드오버를 마치고 L3의 핸드오버를 위해 Router Solicitation 메시지와 Router Advertisement 메시지를 교환한다. 이후 Binding Update/Ack 메시지를 통해 HoA와 새로운 CoA 매핑 시킨 후 새로운 링크로 데이터 서비스를 받게 된다. 이 때 HA를 통한 패킷 라우팅의 비효율성을 없애기 위해 CN에서도 같은 Binding 정보를 전달하여 HA를 거치지 않고 데이터 패킷이 전달 되게 할 수 있다.

2.2 Fast Handovers for Mobile IPv6

Fast Handovers for Mobile IPv6(FMIPv6) [2]는 L2의 지원과 함께 새롭게 이동할 위치를 파악하고 IPv6 핸드오버 및 서비스 재개에 필요한 정보들을 사전에 교환함으로써 신속한 서비스 재개가 가능하도록 한 프로토콜이다. FMIPv6는 기본적으로 링크 계층에 의존하여 단말의 이동성을 예측하게 되므로, 링크 계층으로부터의 이벤트 지원 및 교환 방식에 대한 정확한 메커니즘이 필요하다.

FMIPv6는 두가지 모드로 동작한다. 말의 이동이 일어나기 전에 그 이동을 예측하고 핸드오버에 필요한 모든 준비 과정을 미리 수행하는 Predictive Mode와 단말의 이동은 예측했지만 핸드오버를 준비하기 전에 기존 링크로의 연결이 끊겨 새로운 링크로의 연결을 시도하게 되는 Reactive Mode 이다.

Predictive Mode의 동작 절차는 단말이 L2 이벤트를 통해 이동을 예측하게 되면 새로 발견한 네트워크의 정보를 요청하게 된다.(RtSolPr) 이후 PrSolAdv 메시지를 기반으로 새로운 링크로의 이동을 알리는 FBU 메시지를 전달하면 이전 링크와 새로운 링크 간 터널이 생성된다.(HI, HACK) 단말이 새로운 링크로의 링크 계층 핸드오버를 완료하면 기존의 데이터 서비스를 요청하는 FNA 메시지를 통해 새로운 링크로 데이터가 전달된다. 이 때 HA까지 바인딩 정보가 전달되는 것이 아니라 이전 링크와의 터널을 통해 데이터를 전달 받게 되어 HA까지의 정보 전달로 인한 MIPv6의 핸드오버 지연 시간은 크게 줄일 수 있다.

Reactive Mode는 앞선 Predictive Mode와 비슷하게 동작하지만 빠른 이동으로 인해 FBU에 대한 처리가 이루어지기 전에 새로운 링크로 이동하게 되면 FNA 메시지를 FBU 메시지로 사용하게 된다. 이후 기존 링크와의 터널 생성 후 전달되는 패킷을 단말에게 전해진다.

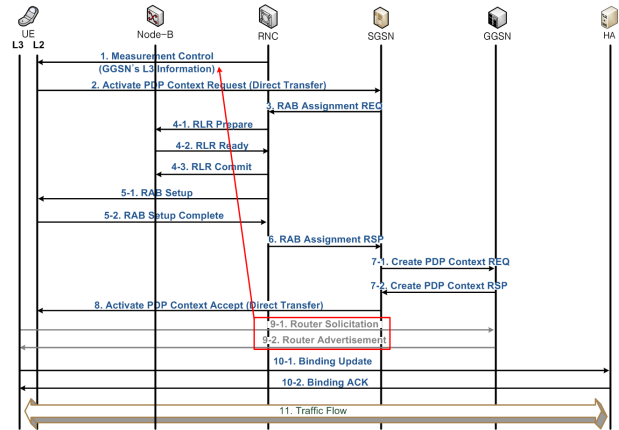
2.3 WiBro 망에서의 IPv6 이동 단말의 교차 계층 핸드오버 기법 [4]

현재 WiBro 규격은 RAS간 즉, L2에서의 핸드오버 기법을 제공한다. 또한 ACR간 즉, L3 이동에서는 MIP를 이용해야 한다. 이 때 고속 핸드오버를 지원하기 위한 FMIPv6 기술과 WiBro의 핸드오버 기술의 밀접한 연동작용 및 이를 위한 지원 메시지를 정의한다면 단말의 핸드오버 과정을 최적화 할 수 있다.

3. 제안하는 핸드오버 방안

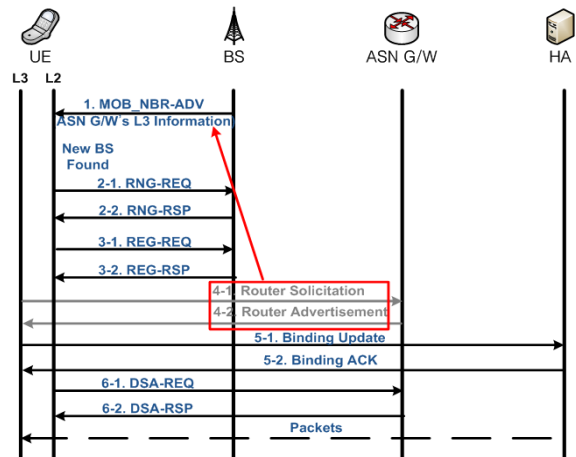
본 논문에서는 2.3에서 제안하는 시나리오를 기반으로 보다 효율적인 핸드오버 기법을 제안한다. L2 과 L3의 핸드오버 기법이 동시에 진행될 때 핸드오버에 필요한 메시지들 중 중복되거나 불필요한 메시지들을 통합하거나 삭제하여 핸드오버를 진행한다면 훨씬 적은 핸드오버 지연 시간을 가질 수 있다.

3.1 Mobile IPv6



[그림 1-1] 제안하는 핸드오버 방안 - MIPv6 (to UMTS)

그림 1-1은 UMTS 네트워크로 이동시 Mobile IPv6를 이용한 핸드오버 방안이다. 기존의 MIPv6에서는 새로 이동할 링크의 정보를 알기 위해 RtSol 메시지를 전송하게 되고 응답으로 RtAdv 메시지가 전달되게 된다. 이 때 두 메시지의 교환을 통해 단말이 알게 되는 정보는 이동할 링크의 네트워크 주소 즉, GGSN의 Prefix 정보이다. 이 정보는 UMTS 네트워크로의 이동 시 단말의 요청에 따라 이웃 노드의 정보를 전달해 주는 Measurement Control 메시지와 비슷한 역할을 한다. 이 메시지를 이용하여 GGSN의 Prefix 정보를 미리 보내게 되면 RtSol 메시지와 RtAdv 메시지는 생략할 수 있다.

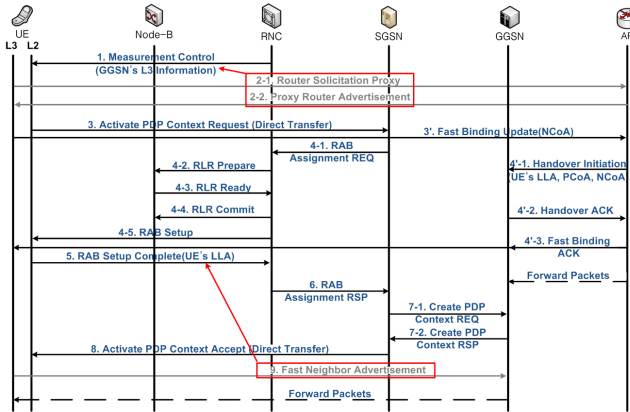


[그림 1-2] 제안하는 핸드오버 방안 - MIPv6 (to WiMAX)

그림 1-2는 WiMAX 네트워크로 이동시 Mobile IPv6를 이용한 핸드오버 방안이다. WiMAX 네트워크로 이동 시에도 MOB_NBR-ADV 메시지를 이용하여 ASN Gateway의 Prefix 정보를 미리 보내게 된다면 RtSol 메시지와 RtAdv 메시지는 생략할 수 있다.

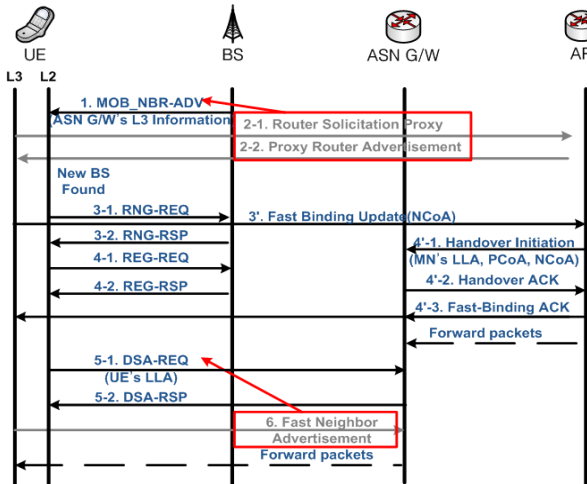
3.2 Fast Handovers for Mobile IPv6

3.2.1 Predictive Mode



[그림 2-1] 제안하는 핸드오버 방안 - FMIPv6(Predictive Mode-to UMTS)

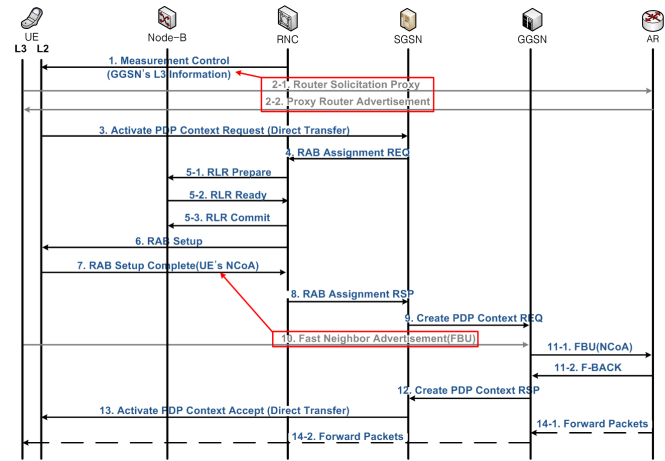
그림 2-1은 고속 핸드오버를 위한 FMIPv6 기술에 제안하는 핸드오버 방안을 적용한 것이다. MIPv6와 마찬가지로 GGSN의 Prefix정보를 Measurement Proxy Control 메시지에 미리 전달하게 되면 RtSolPr 메시지와 PrRtAdv 메시지는 생략 가능하다. 또한 새로운 링크로의 연결 완료 후 이전 링크와의 터널을 통해 포워딩되어 단말의 요청이 있을 때까지 버퍼링되는 데이터의 전달 요청을 위한 FMIPv6의 FNA 메시지는 UMTS의 RAB setup complete 메시지에 포함할 수 있다. 이 때 FNA 메시지를 통해 요구되는 단말의 LLA(Link Layer Address)를 미리 전달하여 FNA 메시지를 생략할 수 있다. (3 ~ 4의 절차와 3' ~ 4'의 절차는 서로 다른 네트워크로 전달되는 메시지이기 때문에 동시에 진행할 수 있다. 이때 제안하는 FMIPv6 핸드오버가 수행되기 위해서는 FMIPv6의 4'-3 메시지(FBACK)를 수신 받은 후 UMTS의 5 메시지(RAB Setup Complete)를 송신해야 한다. 그렇기 때문에 단말은 UMTS의 4-5의 메시지(RAB Setup)와 FMIPv6의 4'-3의 메시지(FBACK)를 모두 수신 후 5 메시지(RAB Setup Complete)를 전달하여야 한다. 즉, 3 ~ 4의 절차와 3' ~ 4'의 절차 중 큰 지연을 갖는 절차가 전체 핸드오버 지연에 영향을 미치게 된다.)



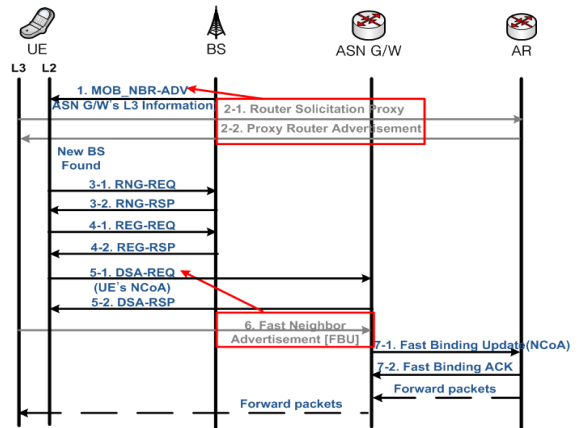
[그림 2-2] 제안하는 핸드오버 방안 - Fast Handovers for Mobile IPv6(Predictive Mode-to WiMAX)

그림 2-2는 고속 핸드오버를 위한 FMIPv6 기술에 제안하는 핸드오버 방안을 적용한 것이다. 앞선 MIPv6와 마찬가지로 ASN Gateway의 Prefix정보를 MOB_NBR-ADV 메시지에 미리 전달하게 되면 RtSolPr 메시지와 PrRtAdv 메시지는 생략 가능하다. 또한 FMIPv6의 FNA 메시지는 이전 서비스와 네트워크 계층의 새로운 연결을 매핑하기 위한 WiMAX의 DSA-REQ 메시지에 포함할 수 있다. 이 때 FNA 메시지를 통해 요구되는 단말의 LLA(Link Layer Address)를 미리 전달하여 FNA 메시지를 생략할 수 있다. (3 ~ 4의 절차와 3' ~ 4'의 절차는 서로 다른 네트워크로 전달되는 메시지이기 때문에 동시에 진행할 수 있다. 이때 3 ~ 4의 절차와 3' ~ 4'의 절차 중 큰 지연을 갖는 절차가 전체 핸드오버 지연에 영향을 미치게 된다.)

3.2.2 Reactive Mode



[그림 3-1] 제안하는 핸드오버 방안 - Fast Handovers for Mobile IPv6(Reactive Mode-to UMTS)

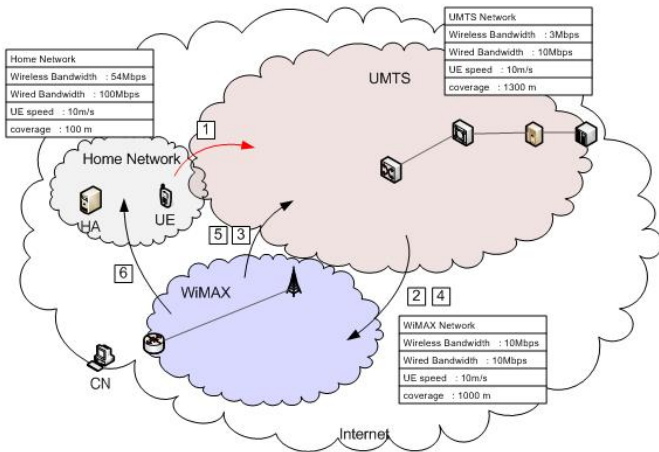


[그림 3-2] 제안하는 핸드오버 방안 - Fast Handovers for Mobile IPv6(Reactive Mode-to WiMAX)

FMIPv6의 Reactive Mode에서도 Predictive Mode와 동일하게 적용 가능하다. Reactive Mode의 경우는 FNA 메시지를 버퍼링된 패킷의 요청이 아닌 새로운 링크로의 바인딩 갱신을 위한 목적으로 사용하기 때문에 단말의 LLA를 전달하지 않고 단말의 새로운 주소, 즉 NCoA(New Care-of Address)를 전달하게 된다.

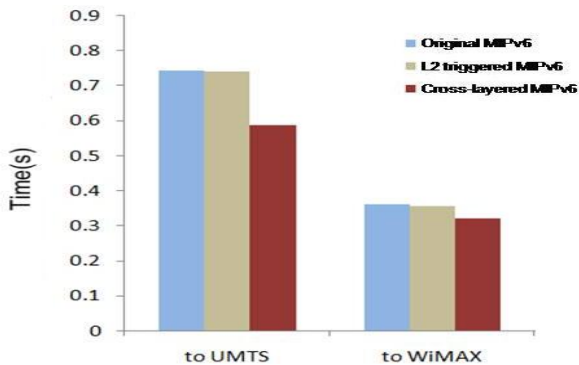
4. 성능 평가

성능 평가는 ns-2로 시뮬레이션 하였으며, 이기종 인터페이스를 가지는 단말이 계속이동하면서 사용가능한 네트워크 진입 시 핸드오버 하는 가정 하에 이루어지며, 총 핸드오버 시간과 시간에 따른 패킷 지연, 패킷 손실에 대해 나타낸다. 비교 대상은 교차계층 최적화가 되지 않은 기본적인 Mobile IPv6 방안으로 한다. 여기서 두 방안 모두 한번에 하나의 인터페이스만 사용이 가능한 것으로 가정하였다. 핸드오버 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경으로 단말은 UMTS, WiMAX망을 지나며 핸드오버하게 된다. 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안과 기본적인 Mobile IPv6 핸드오버 방안의 성능 평가를 위해 그림 4과 같은 시뮬레이션 시나리오를 따른다. 각 네트워크의 파라미터는 그림 4과 같고 단말은 시간의 흐름에 따라 처음 홈 네트워크는 출발하여 이기종 네트워크로 이동한 후 다시 홈 네트워크로 돌아온다.



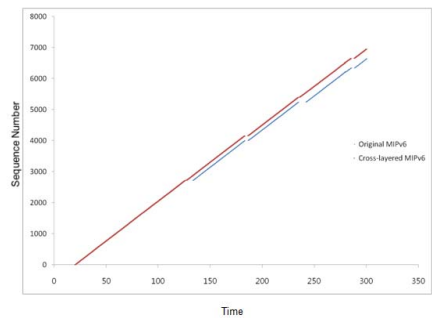
[그림 4] 시뮬레이션 시나리오

본 논문에서는 일반적으로 사용자들이 많이 사용하고 있는 Real Time 서비스(VOD, VoIP)와 Web 서비스(HTTP), FTP 서비스 환경을 상정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 기본적인 Mobile IPv6 핸드오버 방안과 제안하는 Mobile IPv6 교차계층 최적화 방안을 대상으로 핸드오버 시간과 패킷 지연, 패킷 손실, 전송 계층 프로토콜의 성능 등을 비교하였다.

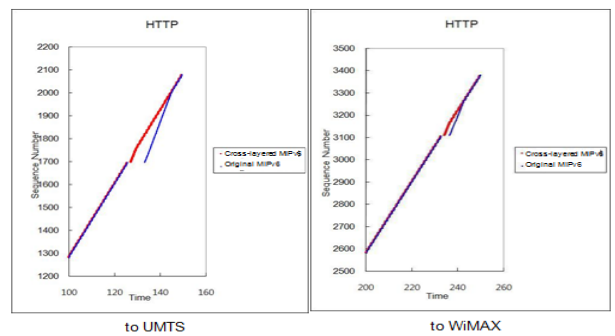


[그림 5] 핸드오버 시간

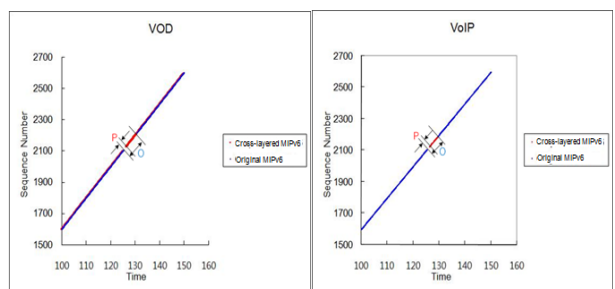
그림 5은 각 이기종 네트워크로 진입 후 모든 핸드오버 과정을 마치는 시간을 나타낸 것이다. 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안이 보다 짧은 핸드오버 시간을 나타낸다. 이것은 교차계층 최적화를 통해 Mobile IPv6 핸드오버 메시지 중 Router Solicitation/Advertisement 메시지의 전달 과정이 생략되어 메시지 수를 줄였기 때문이다. 그림 5에서의 L2 triggered Mobile IPv6는 기존의 링크 설정이 끊어짐을 확인하고 재접속을 위해 L2 에서 trigger를 전달하여 핸드오버를 빠르게 수행하는 방안이다. 본 논문에서 제안하는 방안 역시 L2 trigger를 기반하고 있다. 기존 Mobile IPv6의 경우는 일정한 timeout동안 자신이 접속해 있는 라우터의 정보를 전달 받지 못할 경우 Router Solicitation 메시지를 전달함으로써 핸드오버를 수행하게 된다. 따라서 L2 trigger가 없이 동작하는 Mobile IPv6가 timeout 값을 크게 가질 경우 기존 링크의 연결이 끊겨 더 이상 데이터 서비스가 불가능 할지라도 timeout동안은 주기적인 Router Advertisement 메시지 수신을 확인하지 못하므로 데이터 손실 구간은 커지게 된다. 하지만 핸드오버 수행 시간 측면에서는 timeout이 지난 후 Router Solicitation 메시지를 전달하는 시점부터 핸드오버 수행을 의미하기 때문에 L2 trigger를 사용하는 방안과의 큰 차이를 나타내지 않는다.



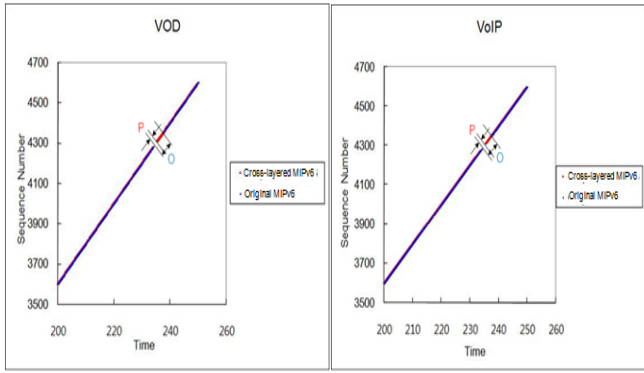
[그림 6] 패킷 지연(FTP)



[그림 7] 패킷 지연(Web-HTTP)



[그림 8] 패킷 지연(to UMTS)

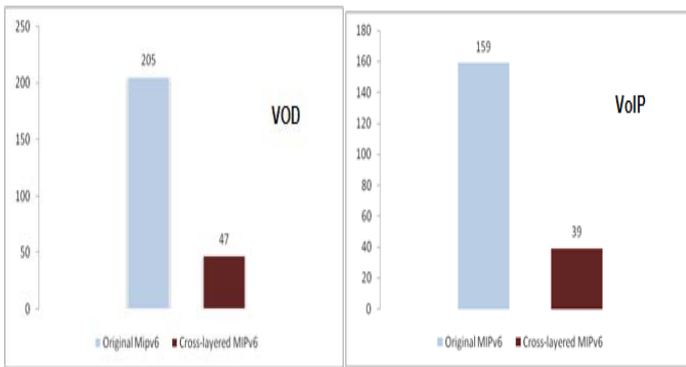


[그림 9] 패킷 지연(to WiMAX)

그림 6~9는 각 이기종 네트워크의 이동에 따른 여러 데이터 서비스에서의 패킷 지연을 나타낸 것이다. 세 네트워크 모두 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안이 보다 짧은 패킷 지연을 보이고 있다. Web 서비스(HTTP)와 FTP 서비스의 경우는 TCP 전송 계층 프로토콜을 이용하기 때문에 패킷의 손실은 보이지 않지만 보다 큰 지연 시간 후에 데이터를 전송받게 된다. 또한 VOD 서비스와 VoIP 서비스의 경우 UDP 전송 계층 프로토콜을 이용하기 때문에 핸드오버 수행 시간 동안 패킷 손실이 나타난다. 이것은 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안이 L2 trigger를 사용하여 링크의 끊김을 즉시 파악하고, 교차 계층 최적화를 통해 보다 적은 메시지 교환으로 핸드오버를 완료하기 때문에 기존의 Mobile IPv6 핸드오버 방안보다 짧은 패킷 지연 시간과 적은 패킷 손실을 가진다.

참고문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, Mobility Support in IPv6, IETF RFC 3775 June 2004
- [2] R. Koodli, Fast Handovers for Mobile IPv6, IETF RFC 4068, July 2005
- [3] C. Perkins, Mobile IP: Design Principles and Practices, Addison Wesley Longman, 1998
- [4] 장희진, 한연희, 황승희, 와이브로 망에서 IPv6 이동 단말의 교차 계층 핸드오버 기법, 정보과학회논문지 2007.2
- [5] 3GPP TS 25.331 v7.5.0, Radio Resource Control (RRC); Protocol specification, 2007.07.31
- [6] 3GPP TS 24.008 v7.9.0, Mobile radio interface Layer 3 specification: Core network protocols; stage 3, 2007.09.25
- [7] Draft IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, May 2004
- [8] IEEE std. 802.16, 2001, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Network Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System
- [9] IEEE Communication Magazine April 2002, Broadband wireless access solution based on OFDM access in IEEE 802.16, Koffman, L., Roman V.
- [10] HPI-MAC (Medium Access Control) Sublayer Specification, ETRI
- [11] 3GPP2, Upper layer(Layer 3) Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum System, May 28, 2002
- [12] 3GPP2, Interoperability Specification (IOS) for cdma2000 Access Network Interfaces - Part 7 (A10 and A11 Interfaces, October 2002
- [13] 3GPP2, Interoperability Specification (IOS) for cdma2000 Access Network Interfaces - Part 7 (A8 and A9 Interfaces, October 2002
- [14] 3GPP2 P.S0001-B version 1.0.0, October 25, 2002, Wireless IP Network Standard
- [15] T. Ernst, "MobiWan: ns-2 Extensions to Study Mobility in Wide-Area IPv6 Networks", <http://www.inrialped.fr/planete/mobiwan/>, 2002
- [16] 이진백, "WiBro와 CDMA2000 이동통신 시스템간 적은 지연을 위한 L2 핸드오프 방안", 경희대학교 석사논문 2006.2
- [17] 신충용, "다중 이기종 무선서비스를 위한 자원할당 및 핸드오프 방안", 경희대학교 석사논문, 2007.2



[그림 10] 패킷 손실 횟수(UDP)

그림 10는 UDP 프로토콜에 대한 성능을 나타낸 것이다. UDP 프로토콜은 TCP와 같은 재전송 메커니즘이 없기 때문에 데이터 손실이 발생하게 된다. 그림 10에서 나타나듯이 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안이 짧은 핸드오버 시간으로 인해 보다 적은 패킷 손실을 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 차세대 이동통신으로 많은 연구가 진행되고 있는 UMTS 와 WiMAX 네트워크 사이의 버티컬 핸드오버 발생 시 L2 핸드오버와 L3 핸드오버를 통합하여 진행함으로써 보다 효율적인 핸드오버 방안을 제안하였다. 두 계층의 핸드오