

석사학위논문

이기종 무선 네트워크간 핸드오버를 위한 교차계층 최적화 방안

- Cross Layer Optimization of Vertical Handover
for Heterogeneous Wireless Networks -

지도교수 : 조진성

경희대학교 대학원
컴퓨터공학과

조 재 호

2008년 2월

이기종 무선 네트워크간 핸드오버를 위한 교차계층 최적화 방안

- Cross Layer Optimization of Vertical Handover
for Heterogeneous Wireless Networks -

지도교수 : 조진성

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

경희대학교 대학원
컴퓨터공학과

조 재 호

2008년 2월

조재호의 공학 석사학위 논문을 인준함

주심교수 : _____ ⑩

부심교수 : _____ ⑩

부심교수 : _____ ⑩

경희대학교 대학원

2008년 2월

국문요약

이기종 무선 네트워크간 핸드오버를 위한 교차계층 최적화 방안

경희대학교 대학원

컴퓨터공학과

조 재 호

최근 다양한 휴대 기기들의 발전과 대용량의 콘텐츠들의 개발로 이동 중에도 실시간의 데이터 서비스를 받으려는 사용자들이 많아지고 있다. 이에 따라 끊임 없는 이동성 지원을 위해 IETF의 Mobile IPv4/v6와 Fast Handovers for Mobile IPv6가 제안되었다. 이를 통해 사용자는 이동에 따라 IP주소의 변경을 지원 받으며 지속적인 데이터 서비스를 받을 수 있다.

또한 차세대 이동통신 네트워크는 3G진화망, 차세대 무선랜, WiMAX/WiBro등 다양한 무선 접속 기술이 All-IP 기반 핵심망에 연결되어 통합되는 형태로 발전하고 있으며 무선 접속 기술의 커버리지에 따라 이기종 무선망이 중첩되어 운영되고 있다. 이러한 환경에서 사용자는 여러 무선 접속 기술을 지원하는 단말기를 통해 각 이기종 무선망을 이동하며 데이터 서비스를 받게 된다. 따라서 단일 네트워크에서의 이동성 관리뿐만 아니라 여러 이기종 네트워크에 대한 연동과 이동성 관리가 요구되는 실정이다.

하지만 기존의 이동성 관리 방안에서는 링크 계층 (Layer 2) 핸드오버와

IP 계층 (Layer 3) 핸드오버가 독립적으로 이루어져 새로운 망으로 접속 시 링크 계층의 연결이 이루어진 후 IP 계층의 연결이 이루어지는 순차적인 핸드오버 진행으로 핸드오버 시 큰 지연이 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 링크 계층 핸드오버와 IP 계층 핸드오버를 통합하고 더욱 최적화하여 보다 효율적인 핸드오버 방안을 제안한다.

키워드 : 버티컬 핸드오버, 교차 계층 최적화, 이기종 무선 네트워크

<목 차>

1. 서론.....	1
2. 관련 연구.....	4
2.1 Mobile IPv6.....	4
2.2 Fast Handovers for Mobile IPv6.....	6
2.2.1 Predictive Mode.....	6
2.2.2 Reactive Mode.....	9
2.3 WiBro 망에서의 IPv6 이동 단말의 교차 계층 핸드오버 기법.....	10
2.4 기존 연구 분석.....	14
3. 제안하는 핸드오버 방안.....	15
3.1 Mobile IPv6 Handover.....	16
3.1.1 UMTS 네트워크로의 핸드오버.....	16
3.1.2 WiMAX 네트워크로의 핸드오버.....	18
3.1.3 CDMA 네트워크로의 핸드오버.....	20
3.2 Fast Handovers for Mobile IPv6 (Predictive Mode).....	22
3.2.1 UMTS 네트워크로의 핸드오버.....	22
3.2.2 WiMAX 네트워크로의 핸드오버.....	25
3.2.3 CDMA 네트워크로의 핸드오버.....	28
3.3 Fast Handovers for Mobile IPv6 (Reactive Mode).....	31
3.3.1 UMTS 네트워크로의 핸드오버.....	31

3.3.2 WiMAX 네트워크로의 핸드오버	34
3.3.3 CDMA 네트워크로의 핸드오버	36
4. 성능 분석	38
5. 성능 평가	40
5.1 시뮬레이션 모델	41
5.2 시뮬레이션 결과 및 분석	42
6. 결 론	48
7. 참 고 문 헌	49
Abstract	51

<그 립 목 차>

그림 1. 중첩된 이기종 무선망	1
그림 2. Mobile IPv6 동작절차	4
그림 3. Fast Handovers for Mobile IPv6 동작절차 (Predictive Mode)	7
그림 4. Fast Handovers for Mobile IPv6 동작절차 (Reactive Mode)	9
그림 5. WiBro 핸드오버 시나리오 (Predictive Mode)	10
그림 6. WiBro 핸드오버 시나리오 (Reactive Mode)	12
그림 7. 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 절차 (to UMTS) ..	16
그림 8. 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 절차 (to WiMAX) ..	18
그림 9. 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 절차 (to CDMA) ..	20
그림 10. 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Predictive Mode (to UMTS)	22
그림 11. 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Predictive Mode (to WiMAX)	25
그림 12. 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Predictive Mode (to CDMA)	28
그림 13. 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Reactive Mode (to UMTS)	31
그림 14. 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Reactive Mode (to WiMAX)	34
그림 15. 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Reactive Mode (to CDMA)	36
그림 16. 시뮬레이션 환경	40
그림 17. 시뮬레이션 시나리오	41

그림 18. 핸드오버 시간.....	42
그림 19. 패킷 지연(FTP).....	44
그림 20. 패킷 지연(HTTP).....	44
그림 21. 패킷 지연(to UMTS).....	45
그림 22. 패킷 지연(to CDMA).....	45
그림 23. 패킷 지연(to WiMAX).....	46
그림 24. 패킷 손실 count(to UDP).....	47

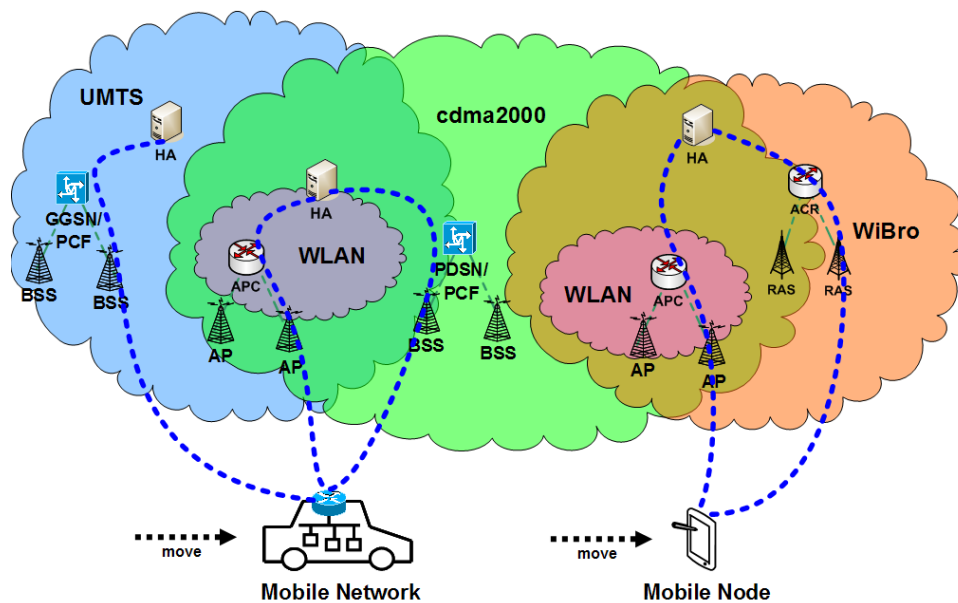
<표 목 차>

표 1. 네트워크 구간 별 파라미터	39
표 2. 각 네트워크 별 계산된 핸드오버 시간	39
표 3. 분석된 핸드오버 시간과 측정된 핸드오버 시간 비교...	43

1. 서론

초고속 유선 인터넷 망과 무선 이동통신의 발달과 함께 언제 어디서나 제약 없이 데이터 서비스를 받고자 하는 사용자의 요구도 함께 증가하고 있는 가운데 이를 지원하기 위한 다양한 기술들이 제안되고 있다. 또한 실시간의 성격을 가지는 대용량의 애플리케이션들이 많아지면서 단순한 이동성 제공만이 아닌 서비스의 요구사항을 최대한 만족시키는 방향으로 이동성 관리 방안이 연구되고 있다. All-IP 기반의 핵심망을 중심으로 고속의 데이터 전송 속도 지원과 고품질 멀티미디어 서비스, 다른 유무선 접속 시스템과의 융합을 통한 기존 유선 네트워크, 방송 네트워크, 근거리 무선 네트워크 기반 서비스, 그리고 다양한 네트워크의 정합을 통해 가능한 새로운 개념의 서비스를 제공할 것으로 기대된다.[17]

또한 All-IP 기반의 핵심망을 중심으로 여러 개의 이기종 접속망들이 혼재되어 있는 가운데 사용자는 그림 1과 같은 네트워크를 이동하게 된다.[17]



[그림 1] 중첩된 이기종 무선망

그림 1과 같이 중첩된 이기종 네트워크를 이동하는 단말은 각 이기종 망에 접속할 수 있는 다양한 인터페이스를 가지게 된다. 또한 단말이 다중 인터페이스를 이용하여 중첩된 이기종 무선망을 이동할 경우 각 네트워크 사용에 대한 등록과 해지, 핸드오버등이 요구된다. 이러한 상황에서 단말이 사용할 수 있는 네트워크가 일시에 하나로 제한되어 있다고 가정하면 단말은 각 중첩망을 이동하면서 버티컬 핸드오버를 수행해야한다. 이러한 이기종 망 사이의 버티컬 핸드오버에 대한 연구는 차세대 이동통신 영역에서 활발히 진행되고 있다.

인터넷 서비스들은 유일한 IP 주소를 기반으로 단말을 식별하여 통신을 하게 된다. 이러한 IP 주소는 정해진 서브넷 안에서만 사용이 가능하여 단말이 이동할 경우 네트워크와의 지속적인 연결을 보장받지 못한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IETF에서 Mobile IP를 제안하였다.[1] Mobile IP는 단말의 유일한 주소인 Home Address와 이동하면서 수시로 변하는 주소인 Care of Address를 매핑하여 이동 중에도 지속적인 데이터 서비스를 보장해준다. 이 과정은 새로운 네트워크로 L2 연결을 설정한 후 L3 연결을 위해 Mobile IP의 동작에 따라 Movement Detection과 Binding 과정으로 이루어진다. 이때 발생하는 핸드오버 시간에는 데이터 서비스를 받지 못하게 되는데 이를 보완하기 위한 많은 연구들이 진행되었다. 그중 L2 트리거를 이용하여 기존 링크와 이동할 링크간에 터널을 생성하여 Home Address와 Care of Address의 매핑과정이 생략되는 Fast Handovers for Mobile IPv6[2]는 기존의 Mobile IP보다 짧은 지연 시간을 가지는 프로토콜이다.

Mobile IP와 Fast Handovers for Mobile IPv6 프로토콜은 단말의 이동성 제공을 위해 L3 연결 기술만을 지원하기 때문에 L2 연결 설정 과정과 L3 연결 설정 과정이 독립적으로 진행된다. 이때 발생하는 핸드오버 지연시간은 L2 연결 과정을 위해 기존 연결을 끊는 순간부터 새로운 네트워크로의 L2 연결 후 Mobile IP 프로토콜의 L3 연결 과정이 완료되는 시간까지이다. Fast Handovers for Mobile IPv6에서도 L2연결 후 접속 망간의 터널을 위한 시간 동안은 데이터를 전송받지 못하게 되어 끊임 없는 서비스가 불가능하다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 L2 연결 설정 과정과 L3 연결 설정 과정을 통합하여 병렬적으로 진행하게 하고 이를 최적화함으로써 핸드오버시 발생하는 지연 시간과 데이터 손실을 최소화 하였다. 또한 차세대 이동통신의 핵심

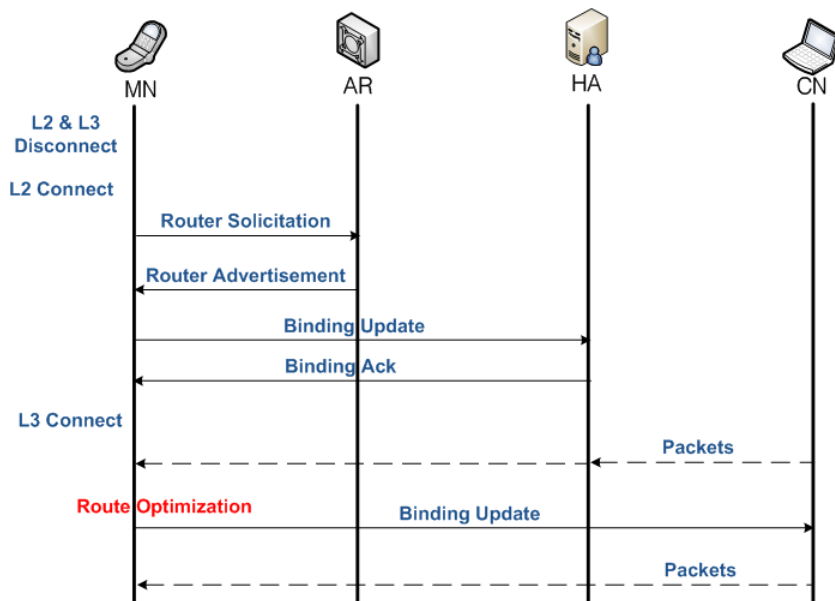
네트워크인 UMTS(3GPP), CDMA(3GPP2), WiMAX(IEEE) 환경에서 제안하는 핸드오버 방안을 적용해 보았다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서 관련연구를 소개하고 3장에서 제안하는 핸드오버 방안을 기술한다. 4장에서의 성능 분석과 5장에서의 성능 평가를 통해 제안하는 핸드오버 방안을 검증한다. 그 후 6장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 Mobile IPv6

Mobile IPv6기술은 이원화된 주소 체계를 통해 단말의 고유 주소(HoA, Home Address)와 이동한 네트워크에서 생성한 새로운 주소(CoA, Care-of Address)를 홈 에이전트(Home Agent)에게 바인딩 함으로써 이동성을 지원한다.[1] 특히, 대상 노드(CN, Correspondent Node)가 MIPv6 프로토콜을 수용하고 있다면 CN에게도 같은 바인딩 정보를 전달함으로써 데이터 패킷에 대한 최적화된 라우팅 경로를 지원할 수 있는 장점을 지닌다. 하지만, MIPv6는 단지 이동 단말(MN, Mobile Node)의 위치 등록 및 현재 통신 중인 세션의 데이터 패킷들에 대한 경로 재설정에 관련된 프로토콜로, VoIP(Voice over IP)와 같은 실시간 통신을 만족시킬 수준의 이동성을 지원하기에는 여러 문제점이 존재한다. Mobile IPv6의 자세한 동작 절차는 그림 2와 같다.



[그림 2] Mobile IPv6 동작절차

단말이 새로운 링크로 이동을 위해 링크 계층 핸드오버를 마치고 네트워크 계층의 핸드오버를 위해 Router Solicitation 메시지와 Router Advertisement 메시지를 교환한다. Router Advertisement 메시지와 자신의 유일한 정보 등을 기반으로 미리 정의된 기법을 통해 새로운 네트워크에서 사용할 새 주소(New CoA)를 만들게 된다. 이후 Binding Update/Ack 메시지를 통해 HoA(Home Address)와 새로운 CoA(Care of Address)를 매핑시킨 후 새로운 링크로 데이터 서비스를 받게 된다. 이 때 HA를 통한 패킷 라우팅의 비효율성을 없애기 위해 CN에게도 같은 Binding 정보를 전달하여 HA를 거치지 않고 데이터 패킷이 전달 되게 할 수 있다.(Route optimization)

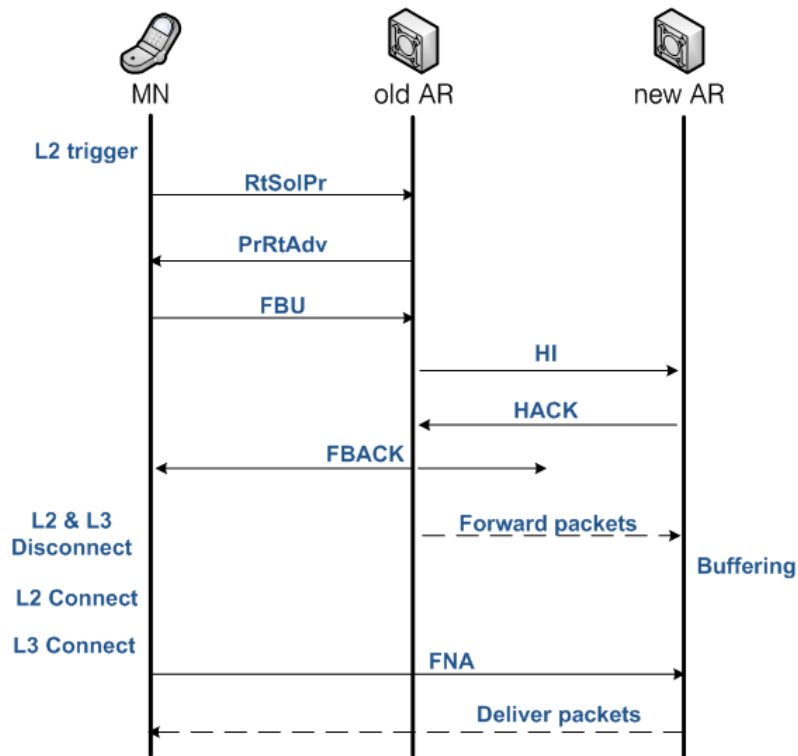
하지만 Mobile IPv6는 IP 계층의 핸드오버를 제공하기 때문에 링크 계층의 핸드오버와 독립적으로 동작하게 된다. 즉, 기존 링크의 연결이 끊기고 새로운 링크로의 핸드오버를 완료한 후 Mobile IPv6의 진행과정에 의해 IP 계층 핸드오버가 일어나게 된다. 또한 IP 계층 핸드오버 메시지들은 HA까지 전달해야 하므로 단말로부터 HA까지의 거리가 멀 경우 큰 지연이 발생할 수 있다. 이처럼 HA까지의 핸드오버 메시지 전달과 링크 계층, IP 계층 핸드오버의 독립적인 동작으로 인한 핸드오버 진행 시간 동안은 기존에 받고 있던 데이터 서비스가 이루어 지지 않기 때문에 데이터 지연과 손실이 발생하게 된다.

2.2 Fast Handovers for Mobile IPv6

2.2.1 Predictive Mode

IETF의 MIPSHOP(MIPv6 Signaling and Handoff Optimization) 워킹그룹은 고속 IPv6 핸드오버를 지원하기 위하여 Fast Handovers for Mobile IPv6(FMIPv6) 프로토콜을 최근에 제정하였다.[2] FMIPv6는 링크 계층(2계층)의 지원과 함께 새롭게 이동할 위치를 파악하고 서비스 재개에 필요한 정보들을 사전에 교환함으로써 실제로 이동이 발생할 경우 신속한 서비스 재개가 가능하도록 한 프로토콜이다. 또한 기존 Mobile IPv6에서 나타난 문제 중 하나인 HA까지의 메시지 전달에 대한 핸드오버 지연과 데이터 손실을 줄이기 위해 이웃 라우터에서의 터널링을 통한 기법을 제공하고 있다.

FMIPv6는 기본적으로 링크 계층에 의존하여 단말의 이동성을 예측하게 되므로, 링크 계층으로부터의 이벤트 지원 및 이벤트 교환 방식에 대한 정확한 메커니즘이 필요하다. FMIPv6는 다음의 두 가지 모드로 동작한다. 단말의 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. 자세한 동작 절차는 다음과 같다.

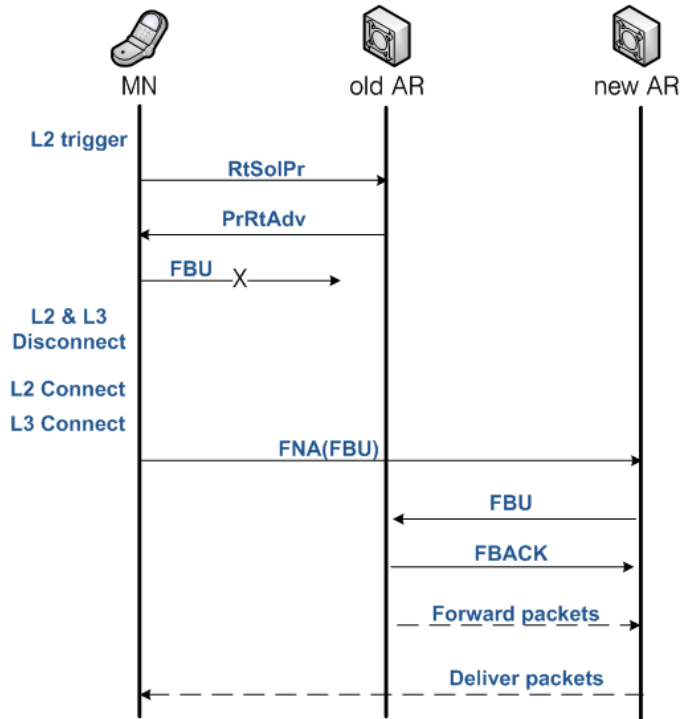


[그림 3] Fast Handovers for Mobile IPv6 동작절차 (Predictive Mode)

단말이 L2 이벤트를 통해 이동을 예측하게 되면 새로 발견한 네트워크의 정보를 요청하게 된다.(RtSolPr) 이 후 PrSolAdv 메시지를 기반으로 새로운 네트워크의 정보를 알게 되고 새로운 링크로의 이동을 알리는 FBU 메시지를 전달하면 기존 링크와 새로운 링크 간 터널이 생성된다.(HI, HACK) 이후 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. 또한 기존 링크로 전달되는 단말의 데이터들은 네트워크간 터널을 이용하여 새로운 네트워크로 전달하고 새로운 네트워크에서 단말이 도착할 때까지 보관하므로써 데이터 손실도 최소화

화 할 수 있다. 하지만 FMIPv6 역시 링크 계층 핸드오버와 IP 계층 핸드오버가 독립적으로 이루어지기 때문에 핸드오버 지연 시간은 크게 되고 이러한 지연 시간이 커질수록 라우터에 보관되는 데이터 역시 버퍼의 용량 제한으로 인해 손실될 수 있다.

2.2.2 Reactive Mode

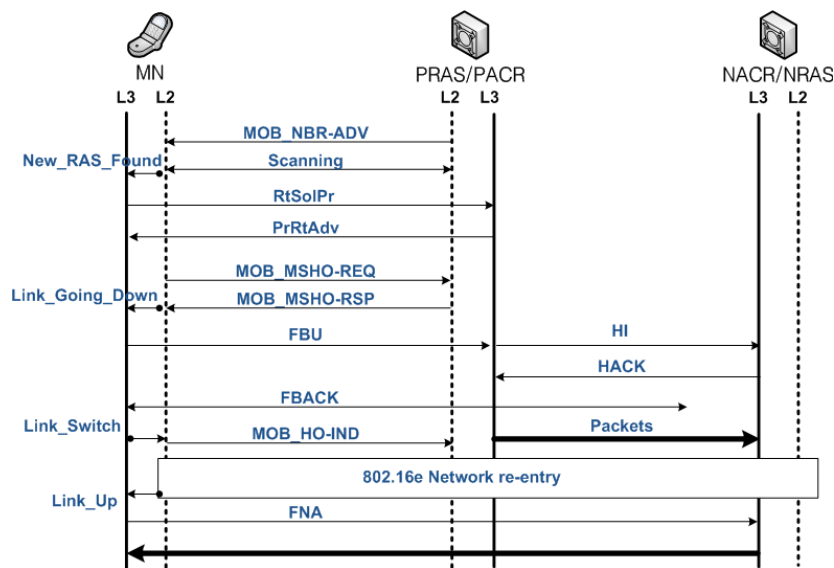


[그림 4] Fast Handovers for Mobile IPv6 동작절차 (Reactive Mode)

Reactive Mode는 앞선 Predictive Mode와 비슷하게 동작하지만 단말의 빠른 이동으로 FBU에 대한 처리가 이루어지기 전에 새로운 링크로 이동하게 되면 FNA 메시지를 FBU 메시지로 사용하게 된다. 이 후 기존 링크와의 터널 생성 후 패킷은 단말에게 전해진다. Reactive Mode에서는 Predictive Mode보다 늦게 FBU 메시지가 전달되기 때문에 데이터의 손실이 더 크지만 이웃 네트워크 사이의 핸드오버 메시지 전달과 터널을 이용하기 때문에 핸드오버 지연 시간과 데이터 손실에 대해 Mobile IPv6보다 좋은 성능을 보인다. 하지만 Reactive Mode 역시 링크 계층 핸드오버와 IP 계층의 핸드오버의 독립적인 진행은 핸드오버 지연 시간을 크게 만드는 요인이 된다.

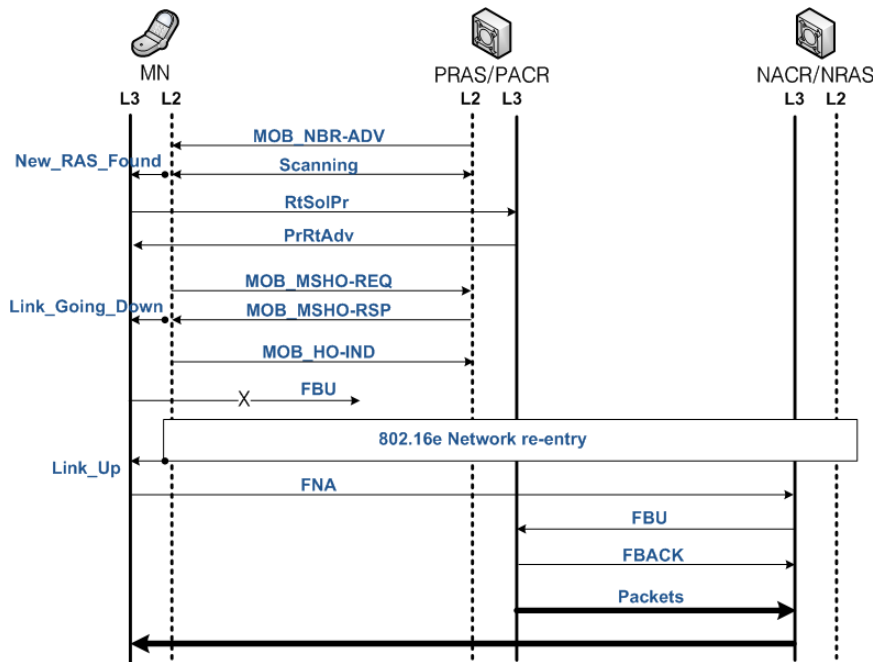
2.3 WiBro 망에서의 IPv6 이동 단말의 교차계층 핸드오버 기법

국내의 WiBro 기술은 단말의 이동성을 지원하기 때문에 사용자가 임의의 서브넷 내부에서 이동 할 때 예도 지속적인 인터넷 서비스를 제공한다. 현재 WiBro 규격에서 볼 수 있는 이동성 지원방법은 기지국(RAS, Radio Access System)간 이동시 단말과 기지국사이에 수행되는 MAC Management 프로토콜로서 기술되어 있다. 하지만 네트워크 서브넷이 다른 새로운 제어국(ACR, Access Control Router)으로 단말이 이동하면 현재 통신 중인 세션을 유지하기 위하여 IP 계층의 이동성 지원 프로토콜을 수용해야 한다. 이러한 환경에서 IPv6 탑재 단말이 WiBro 망에서 서브넷이 다른 지역으로 이동할 때 핸드오버 지연 시간을 최소화하기 위한 핸드오버 메커니즘을 제안하였다. 고속 핸드오버를 지원하기 위해 FMIPv6에 기반을 두고 있으며, FMIPv6(IP 계층)와 WiBro(링크 계층)와의 밀접한 연동작용 및 이를 위한 지원 메시지를 정의함으로써 단말의 핸드오버 과정을 최적화 하였다.[3] 다음은 WiBro에서의 FMIPv6의 두가지 핸드오버 방법을 나타낸 것이다.



[그림 5] WiBro 핸드오버 시나리오 (Predictive Mode)

1. PRAS는 MOB_NBR-ADV를 주기적으로 broadcast한다.
2. 단말의 링크 계층이 이 메시지에서 인접한 새로운 RAS들을 발견하면 New_RAS_Found를 3계층으로 보낸다. 이전에 단말은 보다 자세한 링크 정보를 얻기 위해 스캐닝을 수행할 수 있다.
3. 3계층이 New_RAS_Found 메시지를 수신하면, PACR과 RtSolPr 및 PrRtAdv 메시지를 교환하여 새로 발견된 RAS와 연결된 ACR 정보를 취득한다.
4. 단말이 핸드오버를 결정하였다면 PRAS와 MOB_MSHO-REQ 및 MOB_BSHO-RSP를 교환하고 타겟 RAS, 즉 NRAS를 선정한다. 혹은 현재 PRAS가 단말에게 MOB_BSHO-REQ를 보냄으로써 핸드오버를 시작할 수 있다.
5. 단말이 PRAS로부터 MOB_MSHO-REQ에 대한 MOB_BSHO-RSP 또는 MOB_BSHO-REQ를 받으면, 단말의 2계층은 Link_Going_Down을 발생하여 3계층에게 알린다.
6. 3계층은 Link_Going_Down 수신 즉시 PACR과 FBU 및 FBACk을 교환한다. PACR은 FBACk를 보내기 전에 NACR과 HI 및 HACk 메시지를 교환하여 터널을 설립한다. NACR은 HACk 메시지를 통해 NCoA의 유일성 여부를 알려준다. 이 순간에 패킷은 NCoA로 터널링된다.
7. FBACk을 수신한 단말은 Link_Switch를 이용하여 2계층으로 하여금 MOB_HO-IND를 전송하도록 한다.
8. 단말은 와이브로 표준에 따른 네트워크 진입 절차를 수행한다.
9. 네트워크 진입 절차가 완료되면 단말의 2계층은 Link_Up을 발생시켜 3계층에 알리고 3계층은 NACR에게 즉시 FNA를 전송한다.
10. NACR이 단말로부터 FNA를 수신하면, 해당 단말을 위해 버퍼링하고 있던 터널링 패킷들의 전송을 시작한다.



[그림 6] WiBro 핸드오버 시나리오 (Reactive Mode)

1 ~ 5. Predictive Mode와 동일함.

6. 3계층은 Link_Going_Down 수신 즉시 PACR에게 FBU 메시지를 전송한다. 이러한 전송을 할 수 없거나 전송을 하더라도 FBU에 대한 응답으로 FBACk 수신에 실패하면 Reactive 모드로 동작한다.

7. 단말은 와이브로 표준에 따른 네트워크 진입 절차를 수행한다.

8. 네트워크 진입 절차가 완료되면 단말의 2계층은 Link_Up을 발생시켜 3계층에 알리고 3계층은 NACR에게 즉시 FNA를 전송한다. 이때 이동 단말은 Reactive 모드로 동작하므로 FNA 메시지에 FBU 메시지를 포함한다.

9. NACR이 FNA 메시지를 수신하면, 포함된 NCoA의 유일성을 점검하고, 주소가 유일하다면 PACR과 FBU 및 FBACk 메시지를 교환하여 터널을 만들고 터널링된

패킷을 최종적으로 단말에게 전달한다. 만일 NCoA가 이미 사용 중이면, NACR은 단말에게 NAACK 메시지를 포함한 Router Advertisement 메시지를 단말에게 전송하고, FBU 메시지는 폐기한다.

2.4 기존 연구 분석

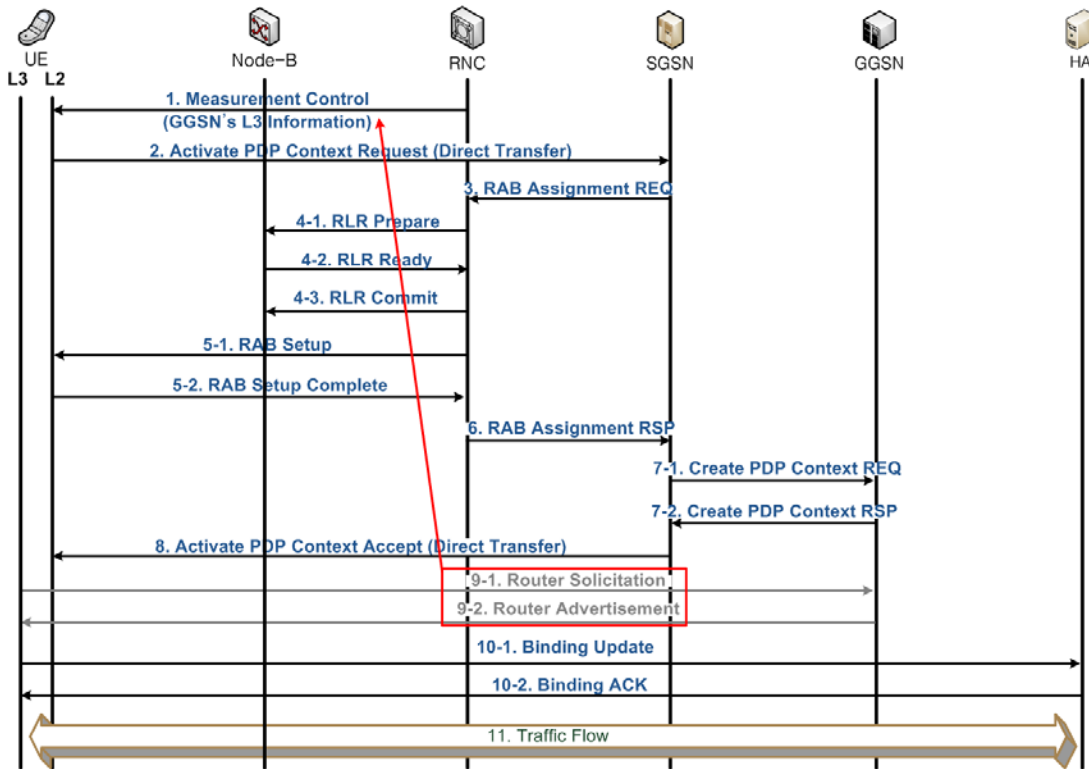
지금까지의 이동성 관리 연구들은 각 네트워크와 표준마다 독립적으로 진행되어 왔다. 하지만 최근 ALL-IP 기반의 핵심망이 제안되면서 여러 이기종 네트워크들을 하나의 IP 네트워크로 통합하고 단말이 각 네트워크를 이용할 수 있게 발전하면서 이동성 관리 역시 통합되어지고 있다. 이러한 서로 다른 규격을 고려한 이동성 방안을 제안하다보니 IP 기반의 통합 방안으로 이동성 관리 방안이 진행되어 링크 계층의 이동성과 IP 계층의 이동성은 독립적으로 진행될 수밖에 없다. 하지만 실시간의 서비스가 요구됨에 따라 이동성 관리 역시 보다 빠르고 데이터 손실이 적은 방향으로 나가야 하는 시점이다. 이러한 상황에서 각 계층의 이동성을 분리하여 순차적으로 진행한다면 끊임 없는 데이터 서비스의 지원이 어려워지게 된다. 이러한 기존 연구들의 문제점을 바탕으로 본 논문에서는 각 계층의 이동성 관리 기법을 통합하고 이를 최적화하여 보다 효율적인 방안을 제안하여 사용자에게 끊임 없는 서비스를 지원하고자 한다.

3. 제안하는 핸드오버 방안

본 논문에서는 이동성 지원에서의 중요한 기술인 MIPv6와 FMIPv6 프로토콜을 여러 이기종 네트워크에 특화된 링크 계층 핸드오버 절차와 통합하고 이를 최적화하여 보다 효율적인 이동성 관리 방안을 제안한다. 본 논문에서 다루게 되는 이기종 네트워크는 사용자가 가장 많이 사용하는 네트워크로써 이동통신 네트워크인 3GPP의 UMTS 네트워크와 3GPP2의 CDMA 네트워크, 최근 활발한 표준화 작업으로 많은 관심을 받고 있는 WiMAX(WiBro) 네트워크이다.

3.1 Mobile IPv6 Handover

3.1.1 UMTS 네트워크로의 핸드오버

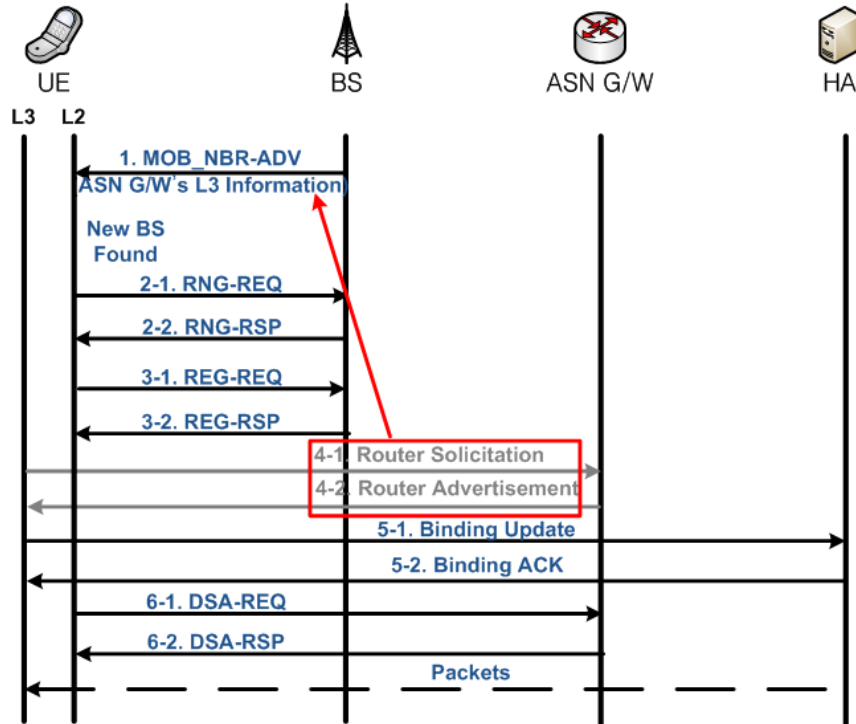


[그림 7] 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 절차 (to UMTS)

1. RNC는 Measurement Control 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 RNC가 속해 있는 GGSN의 L3 정보까지 전달한다면 Mobile IP의 Router Solicitation/Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (9-1, 9-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

2. UE는 Activate PDP Context Request 메시지를 전송함으로써 현재 access할 네트워크의 정보(NSAPI, TI, PDP Type, PDP Address, Access Point Name, QoS Requested, PDP Configuration Options)를 보낸다.
3. SGSN은 RNC로 Radio Access Bearer 할당을 요청한다.
4. RNC와 Node-B 사이의 Radio Link를 연결한다.
5. RNC와 Node-B 사이에 Radio Link가 연결되면 UE까지의 Radio Access Bearer 할당을 수행한다.
6. SGSN까지의 Radio Access Bearer 할당을 완료한다.
7. SGSN은 자신의 PDP Context와 GGSN의 PDP Context의 연결을 위해 Create PDP Context Request 메시지를 전달하고 Response를 받아 PDP Context의 연결을 확인한다.
8. SGSN은 UE로 Activate PDP Context Accept 메시지를 전달하여 PDP Context의 연결을 확인한다.
9. Router Solicitation/Advertisement 메시지는 Measurement Control 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.
10. Mobile IP의 절차에 따라 Binding Update/ACK 메시지를 교환하면서 새로운 영역으로의 핸드오버 절차를 수행하게 된다.
11. 이후 UE-Node B-RNC-SGSN-GGSN-HA를 거쳐 새로운 데이터 패킷을 전달받게 된다.

3.1.2 WiMAX 네트워크로의 핸드오버

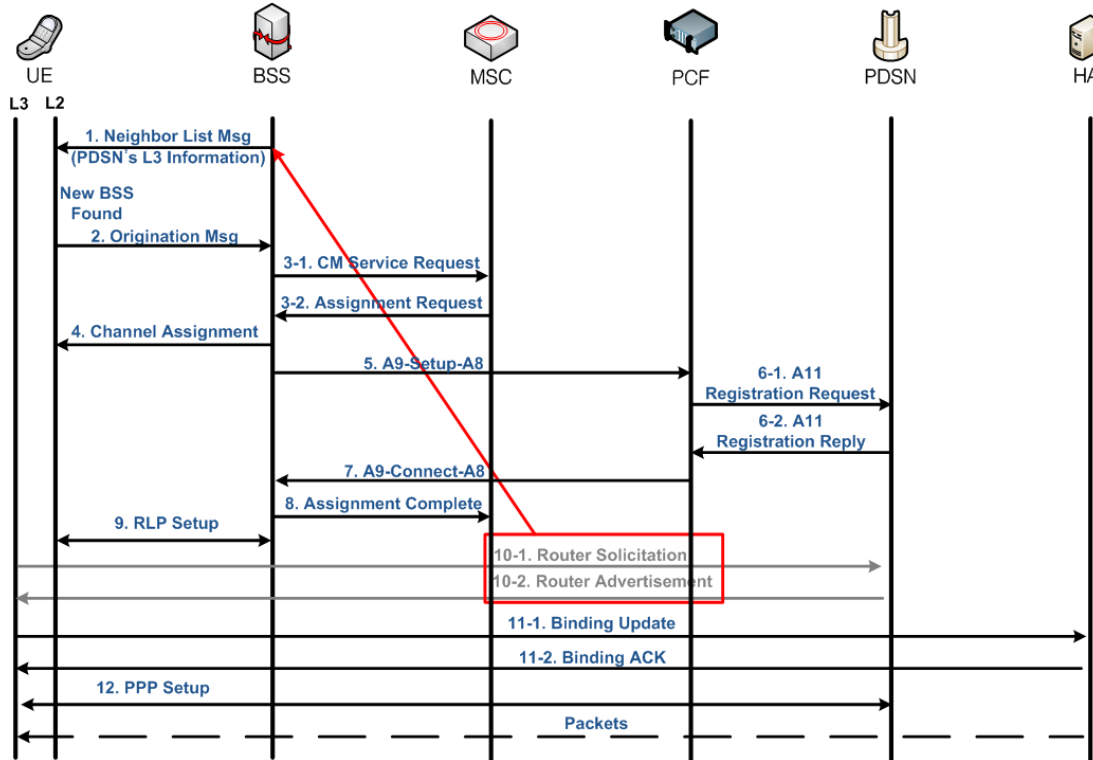


[그림 8] 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 절차 (to WiMAX)

1. BS는 MOB_NBR-ADV 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 BS가 속해 있는 ASN G/W의 L3 정보까지 전달한다면 Mobile IP의 Router Solicitation/Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (4-1, 4-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)
2. UE는 RNG-REQ/RSP를 통해 무선 링크 초기 접속 절차를 수행한다.
3. UE는 REG-REQ/RSP를 통해 등록 절차를 수행한다.

4. Router Solicitation/Advertisement 메시지는 MOB_NBR-ADV 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.
5. Mobile IP의 절차에 따라 Binding Update/ACK 메시지를 교환하면서 새로운 영역으로의 핸드오버 절차를 수행하게 된다.
6. UE는 DSA-REQ/RSP를 통해 트래픽 연결 설정 절차를 수행 후 UE-BS-ASN G/W-HA를 거쳐 새로운 데이터 패킷을 전달받게 된다.

3.1.3 CDMA 네트워크로의 핸드오버



[그림 9] 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 절차 (to CDMA)

1. BSS는 Neighbor List Msg 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 BSS가 속해 있는 PDSN의 L3 정보까지 전달한다면 Mobile IP의 Router Solicitation/Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (10-1, 10-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)
2. UE는 Origination Msg 메시지를 전송함으로써 현재 access할 CDMA 네트워

크와의 연결을 요청한다.

3. BSS는 MSC로 새로운 접속에 대한 CM service를 요청한다. MSC는 service 요청을 수락하고 UE에 대한 채널 할당을 요청한다.

4. MSC의 요청에 따라 BSS는 단말에게 채널을 할당한다.

5. BSS와 PCF 사이의 A9, A8 인터페이스 연결을 설정한다.

6. PCF와 PDSN 사이의 A11 인터페이스 연결을 설정한다.

7. BSS와 PCF 사이의 A9, A8 인터페이스 연결을 완료한다.

8. 채널 할당을 완료한다.

9. UE와 BSS 사이의 RLP를 설정한다.

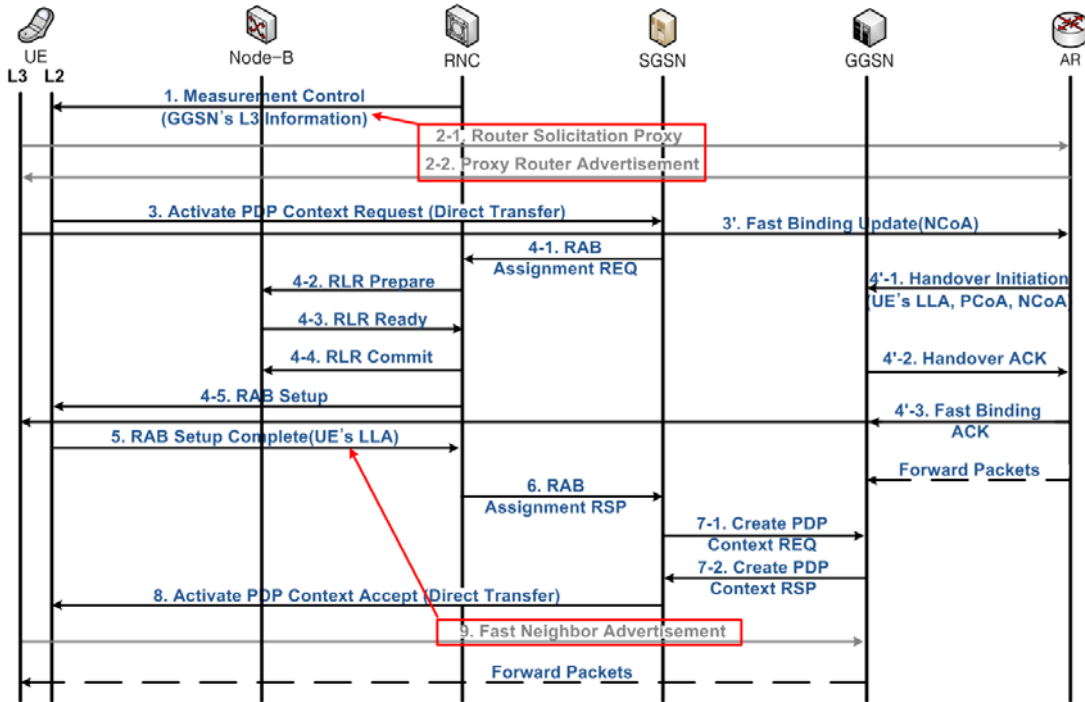
10. Router Solicitation/Advertisement 메시지는 Measurement Control 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.

11. Mobile IP의 절차에 따라 Binding Update/ACK 메시지를 교환하면서 새로운 영역으로의 핸드오버 절차를 수행하게 된다.

12. HA까지의 바인딩 과정을 마친 후 UE와 PDSN간의 PPP 설정을 한다. 이후 UE-BSS-PCF-PDSN-HA을 거쳐 새로운 데이터 패킷을 전달받게 된다.

3.2 Fast Handovers for Mobile IPv6 (Predictive Mode)

3.2.1 UMTS 네트워크로의 핸드오버



[그림 10] 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버
절차-Predictive Mode (to UMTS)

1. RNC는 Measurement Control 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 RNC가 속해 있는 GGSN의 L3 정보까지 전달한다면 새로운 네트워크의 정보를 요청하는 Fast Handovers for Mobile IP의 Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (2-1, 2-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

2. Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 메시지는 Measurement Control 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.

°3. UE는 Activate PDP Context Request 메시지를 전송함으로써 현재 access 할 네트워크의 정보(NSAPI, TI, PDP Type, PDP Address, Access Point Name, QoS Requested, PDP Configuration Options)를 보낸다.

°3'. Measurement Control 메시지를 통해 전달받은 GGSN의 L3 정보를 토대로 UE의 새로운 IP address (NCoA)를 포함한 Fast Binding Update 메시지를 기존 네트워크의 라우터로 보낸다. 이 때 UMTS의 호 처리 메시지와 Fast Handovers for Mobile IP의 호 처리 메시지는 병렬적으로 동작하기 때문에 UMTS의 호 처리를 기다리지 않고 동시에 진행할 수 있어 보다 적은 핸드오버 지연 시간을 가질 수 있다.

°4-1. SGSN은 RNC로 Radio Access Bearer 할당을 요청한다.

°4-2 ~ 4-4. RNC와 Node-B 사이의 Radio Link를 연결한다.

°4-5. RNC와 Node-B 사이에 Radio Link가 연결되면 UE까지의 Radio Access Bearer 할당을 수행한다.

°4'-1 ~ 4'-2. UE의 Fast Binding Update 메시지의 정보를 토대로 UE가 접속하려는 UMTS 네트워크로 터널을 생성한다. 이 터널은 단말의 핸드오버 시 발생하는 패킷의 지연과 손실을 최소화 한다.

°4'-3. 터널이 생성된 후 UE에게 이를 알리고, 기존 네트워크로 전달되는 UE의 데이터들은 새로운 네트워크로 포워딩 한다.

5. RNC까지의 Radio Access Bearer 할당을 완료한다. 이 때 UE의 LLA (Link Local Address)를 함께 전송하여 Fast Handovers for Mobile IP의 Fast Neighbor Advertisement 절차를 미리 처리함으로써 핸드오버 지연 시간을 줄일 수 있다. (9 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

6. SGSN까지의 Radio Access Bearer 할당을 완료한다. 이 때 RAB Setup

Complete 메시지에 포함된 UE의 LLA를 함께 전달한다.

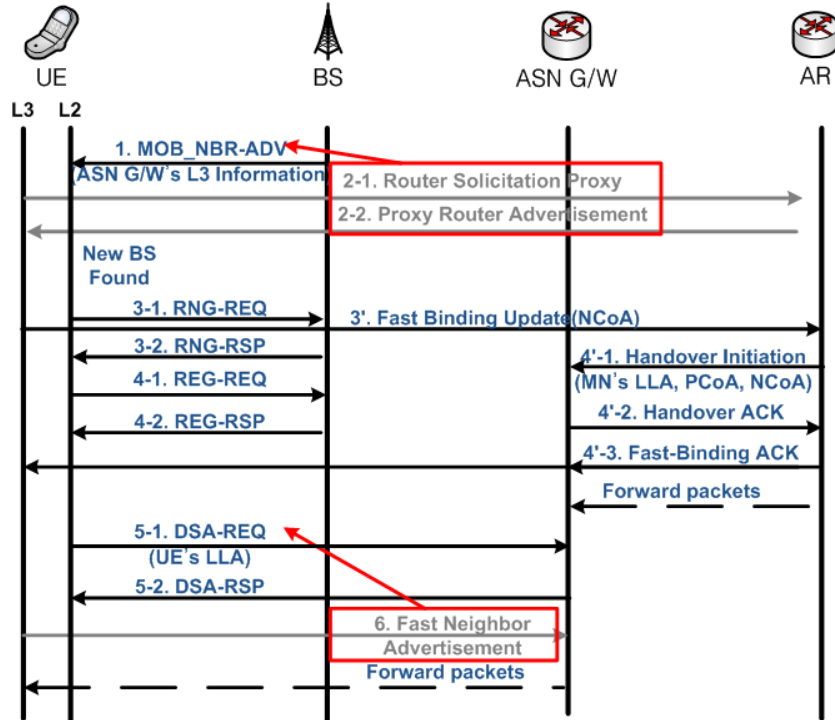
7-1 ~ 7-2. SGSN은 자신의 PDP Context와 GGSN의 PDP Context의 연결을 위해 Create PDP Context Request 메시지를 전달하고 Response를 받아 PDP Context의 연결을 확인한다. 이 때 RAB Assignment RSP 메시지에 포함된 UE의 LLA를 함께 전달한다. 이 때 GGSN은 전달 받은 UE의 LLA를 확인하여 현재 단말이 UMTS 망에 접속했음을 알고 이전 네트워크에서 전달 받은 데이터를 UE에게 전달할 준비를 한다.

8. SGSN은 UE로 Activate PDP Context Accept 메시지를 전달하여 PDP Context의 연결을 확인한다.

9. Fast Neighbor Advertisement 메시지는 RAB Setup Complete 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다. 이후 UE-Node B-RNC-SGSN-GGSN-AR을 통해 새로운 데이터가 송수신 된다.

° : 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.

3.2.2 WiMAX 네트워크로의 핸드오버



[그림 11] 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버 절차-Predictive Mode (to WiMAX)

1. BS는 MOB_NBR-ADV 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 BS가 속해 있는 ASN G/W의 L3 정보까지 전달한다면 새로운 네트워크의 정보를 요청하는 Fast Handovers for Mobile IPv6의 Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (2-1, 2-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)
2. Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 메시지는

MOB_NBR-ADV 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.

°3. UE는 RNG-REQ/RSP를 통해 무선 링크 초기 접속 절차를 수행한다.

°3'. MOB_NBR-ADV 메시지를 통해 전달받은 ASN G/W의 L3 정보를 토대로 UE의 새로운 IP address (NCoA)를 포함한 Fast Binding Update 메시지를 기존 네트워크의 라우터로 보낸다. 이 때 WiMAX의 호 처리 메시지와 Fast Handovers for Mobile IP의 호 처리 메시지는 병렬적으로 동작하기 때문에 WiMAX의 호 처리를 기다리지 않고 동시에 진행할 수 있어 보다 적은 핸드오버 지연 시간을 가질 수 있다.

°4. UE는 REG-REQ/RSP를 통해 등록 절차를 수행한다.

°4'-1 ~ 4'-2. UE의 Fast Binding Update 메시지의 정보를 토대로 UE가 접속하려는 WiMAX 네트워크로 터널을 생성한다. 이 터널은 단말의 핸드오버 시 발생하는 패킷의 지연과 손실을 최소화 한다.

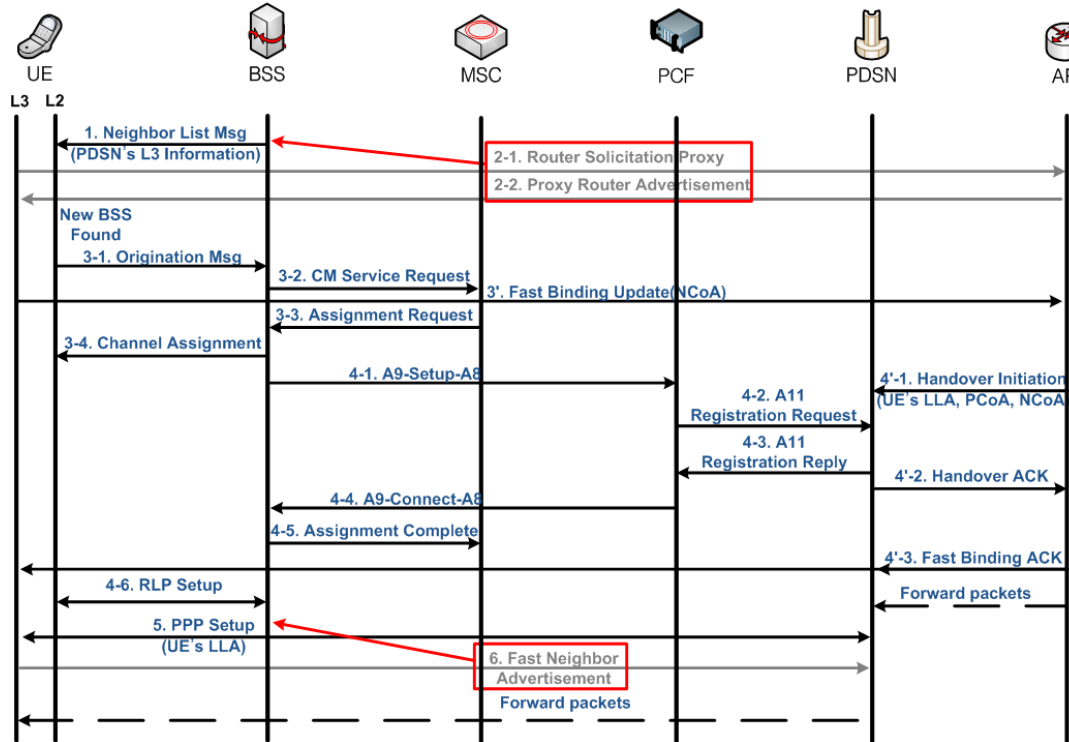
°4'-3. 터널이 생성된 후 UE에게 이를 알리고, 기존 네트워크로 전달되는 UE의 데이터들은 새로운 네트워크로 포워딩 한다.

5. UE는 DSA-REQ/RSP를 통해 트래픽 연결 설정 절차를 수행한다. 이 때 DSA-REQ 메시지에 UE의 LLA (Link Local Address)를 함께 전송하여 Fast Handovers for Mobile IP의 Fast Neighbor Advertisement 절차를 미리 처리함으로써 핸드오버 지연 시간을 줄일 수 있다. (6 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.) 이때 ASN G/W는 전달 받은 UE의 LLA를 확인하여 현재 단말이 WiMAX 망에 접속했음을 알고 이전 네트워크에서 전달 받은 데이터를 UE에게 전달할 준비를 한다.

6. Fast Neighbor Advertisement 메시지는 DSA-REQ 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다. 이후 UE-BS-ASN G/W-AR을 통해 새로운 데이터가 송수신 된다.

° : 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(FBACK) 메시지를 수신 받은 후 WiMAX의 5 메시지(DSA-REQ)를 송신해야 한다. 그렇기 때문에 단말은 WiMAX의 4-2의 메시지(REG-RSP)와 FMIPv6의 4'-3의 메시지(FBACK)를 모두 수신 후 5 메시지(DSA-REQ)를 전달하여야 한다. 즉, 3 ~ 4의 절차와 3' ~ 4'의 절차 중 큰 지연을 갖는 절차가 전체 핸드오버 지연에 영향을 미치게 된다.

3.2.3 CDMA 네트워크로의 핸드오버



[그림 12] 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버
절차-Predictive Mode (to CDMA)

1. BSS는 Neighbor List Msg 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 BSS가 속해 있는 PDSN의 L3 정보까지 전달한다면 새로운 네트워크의 정보를 요청하는 Fast Handovers for Mobile IP의 Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (2-1, 2-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

2. Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 메시지는 Neighbor List Msg 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.

°3-1. UE는 Origination Msg 메시지를 전송함으로써 현재 access할 CDMA 네트워크와의 연결을 요청한다.

°3-2. BSS는 MSC로 새로운 접속에 대한 CM service를 요청한다.

°3-3. MSC는 service 요청을 수락하고 UE에 대한 채널 할당을 요청한다.

°3-4. MSC의 요청에 따라 BSS는 단말에게 채널을 할당한다.

°3'. Neighbor List Msg 메시지를 통해 전달받은 PDSN의 L3 정보를 토대로 UE의 새로운 IP address (NCoA)를 포함한 Fast Binding Update 메시지를 기존 네트워크의 라우터로 보낸다. 이 때 CDMA의 호 처리 메시지와 Fast Handovers for Mobile IP의 호 처리 메시지는 병렬적으로 동작하기 때문에 CDMA의 호 처리를 기다리지 않고 동시에 진행할 수 있어 보다 적은 핸드오버 지연 시간을 가질 수 있다.

°4-1. BSS와 PCF 사이의 A9, A8 인터페이스 연결을 설정한다.

°4-2 ~ 4-3. PCF와 PDSN 사이의 A11 인터페이스 연결을 설정한다.

°4-4. BSS와 PCF 사이의 A9, A8 인터페이스 연결을 완료한다.

°4-5. 채널 할당을 완료한다.

°4-6. UE와 BSS 사이의 RLP를 설정한다.

°4'-1 ~ 4'-2. UE의 Fast Binding Update 메시지의 정보를 토대로 UE가 접속하려는 CDMA 네트워크로 터널을 생성한다. 이 터널은 단말의 핸드오버 시 발생하는 패킷의 지연과 손실을 최소화 한다.

°4'-3. 터널이 생성된 후 UE에게 이를 알리고, 기존 네트워크로 전달되는 UE의 데이터들은 새로운 네트워크로 포워딩 한다.

5. UE와 PDSN간의 PPP 설정을 한다. 이 때 UE의 LLA (Link Local Address)를 함께 전송하여 Fast Handovers for Mobile IP의 Fast Neighbor

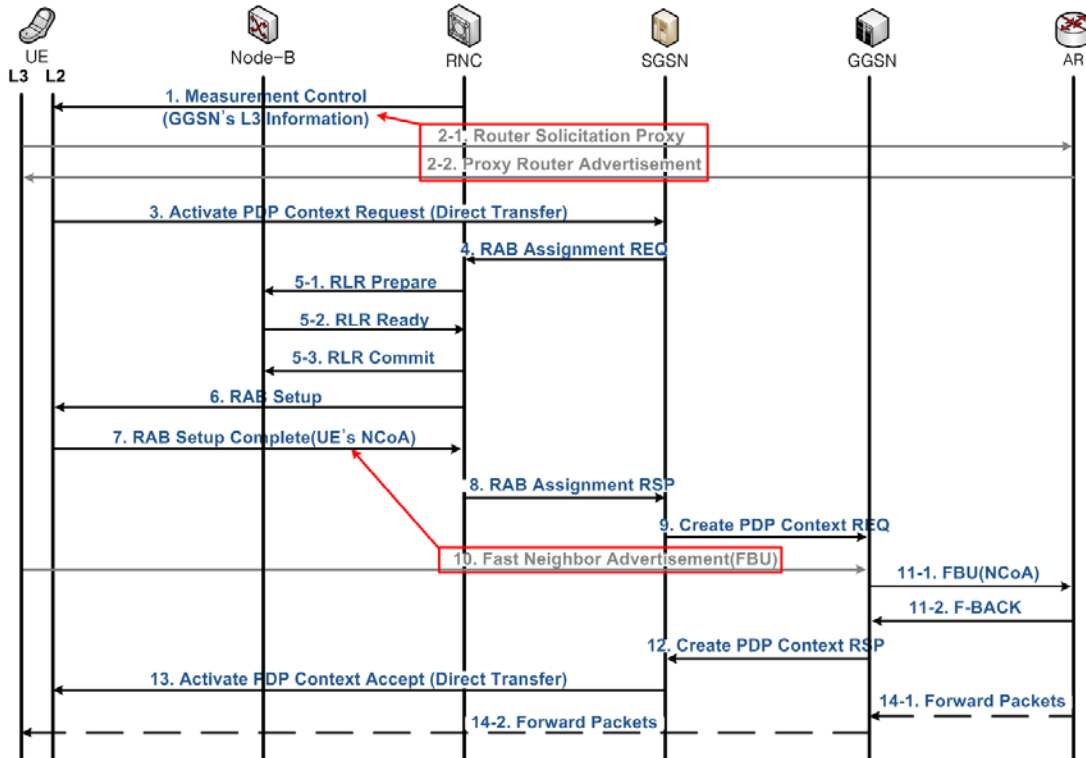
Advertisement 절차를 미리 처리함으로써 핸드오버 지연 시간을 줄일 수 있다. UE의 LLA를 전달받은 PDSN은 현재 단말이 CDMA 망에 접속했음을 알고 이전 네트워크에서 전달 받은 데이터를 UE에게 전달할 준비를 한다.(6 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

6. Fast Neighbor Advertisement 메시지는 PPP Setup 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다. 이후 UE-BSS-PCF-PDSN-AR을 통해 새로운 데이터가 송수신 된다.

° : 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 CDMA의 5 절차(PPP Setup)를 수행해야 한다. 그렇기 때문에 단말은 CDMA의 4-6의 절차(RLP Setup)와 FMIPv6의 4'-3의 메시지(FBACK) 수신을 모두 마친 후 5 절차(PPP Setup)를 전달하여야 한다. 즉, 3 ~ 4의 절차와 3' ~ 4'의 절차 중 큰 지연을 갖는 절차가 전체 핸드오버 지연에 영향을 미치게 된다.

3.3 Fast Handovers for Mobile IPv6 (Reactive Mode)

3.3.1 UMTS 네트워크로의 핸드오버



[그림 13] 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버
절차-Reactive Mode (to UMTS)

1. RNC는 Measurement Control 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 RNC가 속해 있는 GGSN의 L3 정보까지 전달한다면 새로운 네트워크의 정보를 요청하는 Fast Handovers for Mobile IP의 Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄

일 수 있다. (2-1, 2-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

2. Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 메시지는 Measurement Control 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.

3. UE는 Activate PDP Context Request 메시지를 전송함으로써 현재 access할 네트워크의 정보(NSAPI, TI, PDP Type, PDP Address, Access Point Name, QoS Requested, PDP Configuration Options)를 보낸다.

4. SGSN은 RNC로 Radio Access Bearer 할당을 요청한다.

5. RNC와 Node-B 사이의 Radio Link를 연결한다.

6. RNC와 Node-B 사이에 Radio Link가 연결되면 UE까지의 Radio Access Bearer 할당을 수행한다.

7. RNC까지의 Radio Access Bearer 할당을 완료한다. 이 때 UE는 FBU 메시지를 전달하여 처리되기 전에 기존 네트워크로의 연결이 끊어졌기 때문에 FNA 메시지에 FBU 메시지를 포함하여 전달해야 한다. 따라서 RAB Setup Complete에 UE의 NCoA (New Care of Address)를 함께 전송하여 Fast Handovers for Mobile IP의 FBU 절차를 미리 처리한다. 이로써 핸드오버 지연 시간을 줄일 수 있다. (10 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

8. SGSN까지의 Radio Access Bearer 할당을 완료한다. 이 때 RAB Setup Complete 메시지에 포함된 UE의 NCoA를 함께 전달한다.

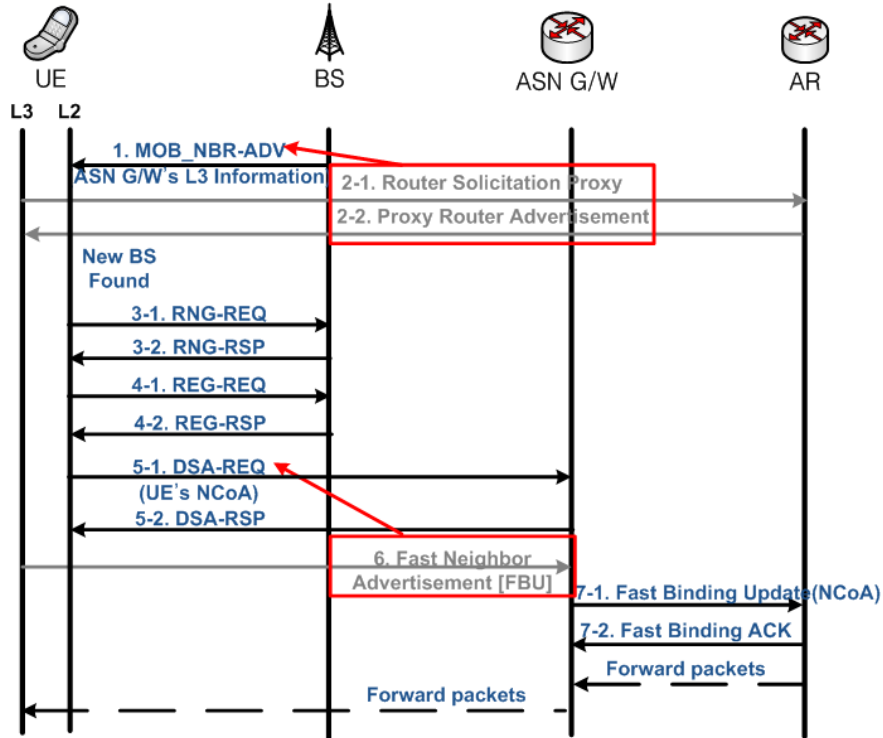
9. SGSN은 자신의 PDP Context와 GGSN의 PDP Context의 연결을 위해 Create PDP Context Request 메시지를 전달한다. 이 때 RAB Assignment RSP 메시지에 포함된 UE의 NCoA도 함께 전달한다.

10. Fast Neighbor Advertisement 메시지는 RAB Setup Complete 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.

11. GGSN은 Create PDP Context REQ 메시지에 담겨진 UE의 NCoA를 토대로 이전 네트워크로 터널을 생성한다.

12. 터널이 생성된 후 Create PDP Context RSP 메시지를 통해 PDP Context의 연결을 확인한다.
13. SGSN은 UE로 Activate PDP Context Accept 메시지를 전달하여 PDP Context의 연결을 확인한다.
14. UE의 데이터는 터널을 통해 UMTS 망의 GGSN에게 포워딩 되고 UE까지 전달된다.

3.3.2 WiMAX 네트워크로의 핸드오버

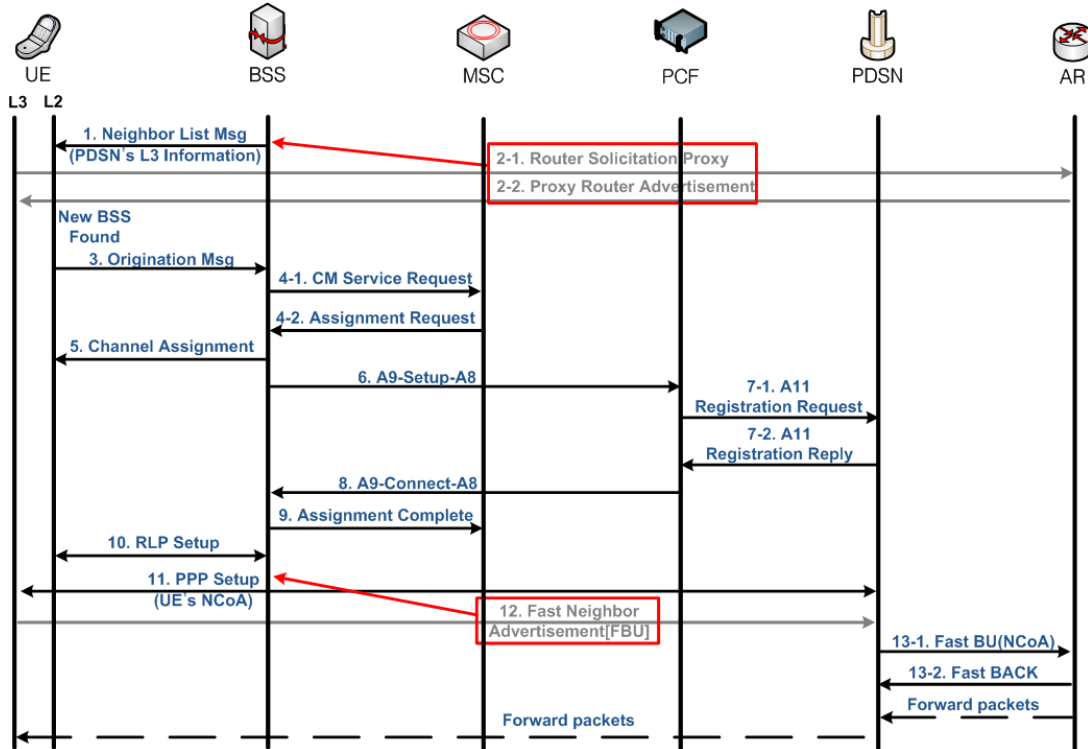


[그림 14] 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버
절차-Reactive Mode (to WiMAX)

1. BS는 MOB_NBR-ADV 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 BS가 속해 있는 ASN G/W의 L3 정보까지 전달한다면 새로운 네트워크의 정보를 요청하는 Fast Handovers for Mobile IP의 Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (2-1, 2-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

2. Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 메시지는 MOB_NBR-ADV 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.
3. UE는 RNG-REQ/RSP를 통해 무선 링크 초기 접속 절차를 수행한다.
4. UE는 REG-REQ/RSP를 통해 등록 절차를 수행한다.
5. UE는 DSA-REQ/RSP를 통해 트래픽 연결 설정 절차를 수행한다. 이 때 UE는 FBU 메시지를 전달하여 처리되기 전에 기존 네트워크로의 연결이 끊어졌기 때문에 FNA 메시지에 FBU 메시지를 포함하여 전달해야 한다. 따라서 DSA-REQ에 UE의 NCoA (New Care of Address)를 함께 전송하여 Fast Handovers for Mobile IP의 FBU 절차를 미리 처리한다. 이로써 핸드오버 지연 시간을 줄일 수 있다. (6 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)
6. Fast Neighbor Advertisement 메시지는 DSA-REQ 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.
7. ASN G/W는 DSA-REQ 메시지에 담겨진 UE의 NCoA를 토대로 이전 네트워크로 터널을 생성한다. 이후 UE의 데이터는 터널을 통해 WiMAX 망의 ASN G/W에게 포워딩 되고 UE까지 전달된다.

3.3.3 CDMA 네트워크로의 핸드오버



[그림 15] 제안하는 Fast Handovers for Mobile IPv6 핸드오버
절차-Reactive Mode (to CDMA)

1. BSS는 Neighbor List Msg 메시지를 통해 UE에게 현재 네트워크의 셀 정보를 전달하게 된다. 이 때 단순히 셀 정보만을 전달하는 것이 아니라 BSS가 속해 있는 PDSN의 L3 정보까지 전달한다면 새로운 네트워크의 정보를 요청하는 Fast Handovers for Mobile IP의 Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 절차를 미리 처리할 수 있어 핸드오버 지연을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. (2-1, 2-2 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)

2. Router Solicitation Proxy / Proxy Router Advertisement 메시지는 Neighbor List Msg메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.
3. UE는 Origination Msg 메시지를 전송함으로써 현재 access할 CDMA 네트워크와의 연결을 요청한다.
- 4-1. BSS는 MSC로 새로운 접속에 대한 CM service를 요청한다.
- 4-2. MSC는 service 요청을 수락하고 UE에 대한 채널 할당을 요청한다.
5. MSC의 요청에 따라 BSS는 단말에게 채널을 할당한다.
6. BSS와 PCF 사이의 A9, A8 인터페이스 연결을 설정한다.
7. PCF와 PDSN 사이의 A11 인터페이스 연결을 설정한다.
8. BSS와 PCF 사이의 A9, A8 인터페이스 연결을 완료한다.
9. 채널 할당을 완료한다.
10. UE와 BSS 사이의 RLP를 설정한다.
11. UE와 PDSN간의 PPP 설정을 한다. 이 때 UE는 FBU 메시지를 전달하여 처리되기 전에 기존 네트워크로의 연결이 끊어졌기 때문에 FNA 메시지에 FBU 메시지를 포함하여 전달해야 한다. 따라서 PPP Setup 절차에 UE의 NCoA (New Care of Address)를 함께 전송하여 Fast Handovers for Mobile IP의 FBU 절차를 미리 처리한다. 이로써 핸드오버 지연 시간을 줄일 수 있다. (12 메시지는 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.)
12. Fast Neighbor Advertisement 메시지는 PPP Setup 메시지 전송 때 이미 처리되었기 때문에 핸드오버 절차에서 생략이 가능하다.
13. PDSN은 PPP Setup 절차를 통해 알게 된 UE의 NCoA를 토대로 이전 네트워크로 터널을 생성한다. 이후 UE의 데이터는 터널을 통해 CDMA 망의 PDSN에게 포워딩 되고 UE까지 전달된다.

4. 성능 분석

본 논문에서 제안하는 핸드오버 방안의 성능 분석을 위해 핸드오버 메시지의 전달에 따른 지연시간과 총 핸드오버 시간을 계산하였다. 제안하는 방안과의 비교는 Mobile IPv6이다. 각 핸드오버 방안에서의 핸드오버 시간은 다음과 같다.

$$HT_{U-PMIP} = 6D_1 + 9D_2 + 6D_3 + 4D_4 + 2D_5$$

$$HT_{U-OMIP} = 8D_1 + 11D_2 + 8D_3 + 6D_4 + 2D_5$$

$$HT_{W-PMIP} = 8D_6 + 4D_7 + 2D_5$$

$$HT_{W-OMIP} = 10D_6 + 6D_7 + 2D_5$$

$$HT_{C-PMIP} = 8D_8 + 9D_9 + 6D_{10} + 6D_{11} + 2D_5$$

$$HT_{C-OMIP} = 10D_8 + 11D_9 + 8D_{10} + 8D_{11} + 2D_5$$

HT_{U-PMIP} : Handover Time (UMTS-Proposed MIP)

HT_{U-OMIP} : Handover Time (UMTS-Original MIP)

HT_{W-PMIP} : Handover Time (WiMAX-Proposed MIP)

HT_{W-OMIP} : Handover Time (WiMAX-Original MIP)

HT_{C-PMIP} : Handover Time (CDMA-Proposed MIP)

HT_{C-OMIP} : Handover Time (CDMA-Original MIP)

D_1 : Link Delay(UE to Node-B)

D_2 : Link Delay(Node-B to RNC)

D_3 : Link Delay(RNC to SGSN)

D_4 : Link Delay(SGSN to GGSN)

D_5 : Link Delay(Router to HA)

D_6 : Link Delay(UE to BS)

D_7 : Link Delay(BS to ASN GW)

D_8 : Link Delay(UE to BTS)

D_9 : Link Delay(BTS to BSC)

D_{10} : Link Delay(BSC to PCF)

D_{11} : Link Delay(PCF to PDSN)

위의 수식과 같이 제안하는 핸드오버 방안이 교차계층 최적화로 메시지 수를 줄임으로써 기존의 Mobile IPv6 방안보다 적은 핸드오버 시간을 가진다.

상위 분석을 이용하여 구한 실제 핸드오버 지연시간은 다음과 같다. 각 구간 별 지연을 측정하기 위한 파라미터는 다음 표1과 같다.

	UMTS wireless link	WiMAX wireless link	CDMA wireless link	Wired link
Bandwidth(bps)	3M	10M	2M	10M

<표 1> 네트워크 구간 별 파라미터

각 네트워크에서 핸드오버 메시지 전달 시 메시지들의 크기와 표 1의 네트워크 별 대역폭에 따라 메시지 전달에 따른 지연 시간을 구할 수 있다. 다음은 각 핸드오버 방안에서의 계산 된 총 핸드오버 시간이다.

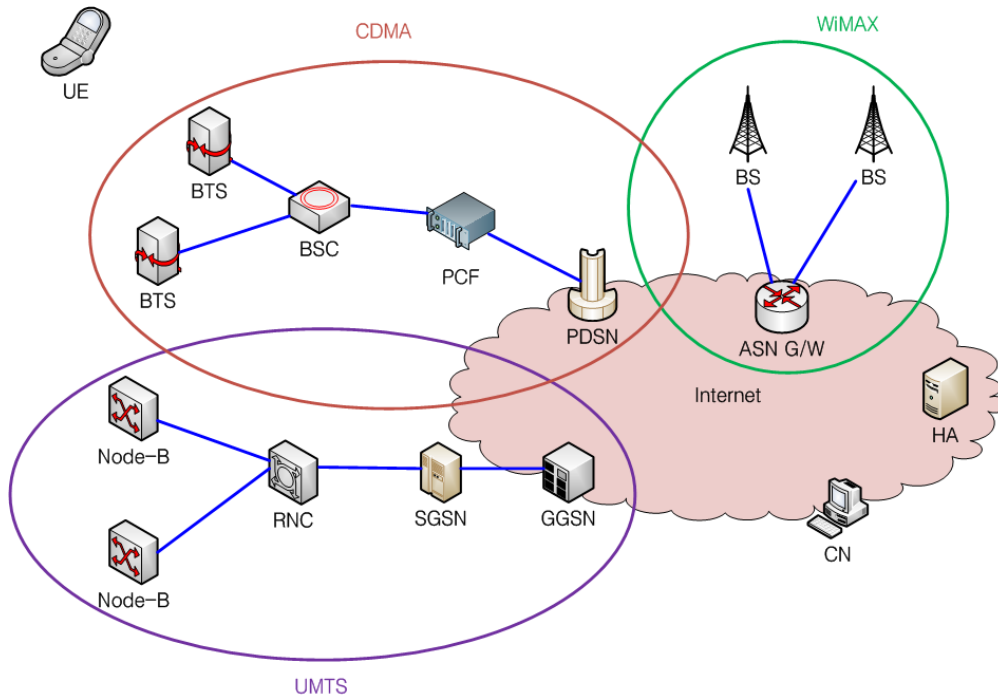
Handover Time(s)	to UMTS	to WiMAX	to CDMA
Proposed MIPv6	0.583	0.321	0.649
Original MIPv6	0.749	0.365	0.823

<표 2> 각 네트워크 별 계산된 핸드오버 시간

표 2와 같이 핸드오버 절차를 최적화 시킨 제안하는 방안이 기존의 핸드오버 방안보다 짧은 핸드오버 시간을 가지는 것으로 분석되었다.

5. 성능 평가

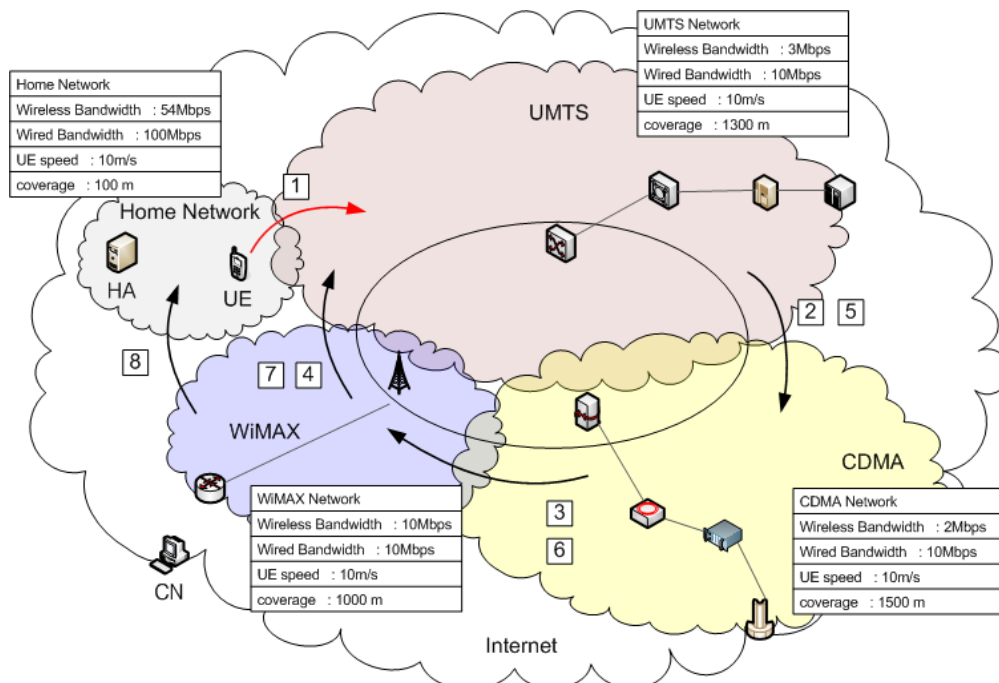
본 논문에서 제안하는 핸드오버 방안을 검증하기 위해 성능 평가를 하였다. 본 방안에 대한 성능 평가는 이기종 인터페이스를 가지는 단말이 계속이동하며 사용가능한 네트워크 진입 시 핸드오버 하는 가정 하에 이루어지며, 총 핸드오버 시간과 시간에 따른 패킷 지연, 패킷 손실에 대해 나타낸다. 비교 대상은 교차계층 최적화가 되지 않은 기본적인 Mobile IPv6 방안으로 한다. 여기서 두 방안 모두 한번에 하나의 인터페이스만 사용이 가능한 것으로 가정하였다. 그림 16은 핸드오버 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경으로 단말은 UMTS, CDMA, WiMAX망을 지나며 핸드오버하게 된다.



[그림 16] 시뮬레이션 환경

5.1 시뮬레이션 모델

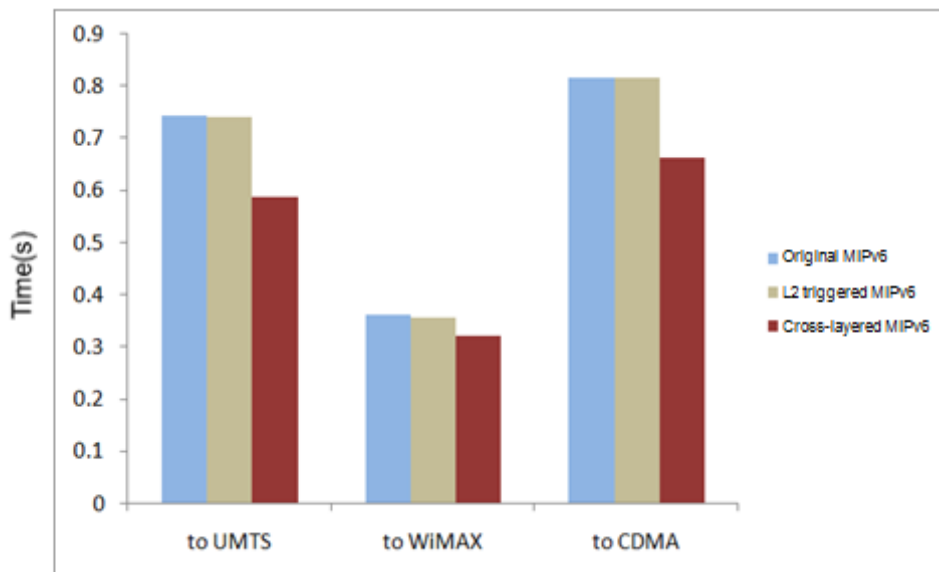
본 절에서는 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안과 기본적인 Mobile IPv6 핸드오버 방안의 성능 평가를 위해 그림 17과 같은 시뮬레이션 시나리오를 따른다. 각 네트워크의 configuration 파라미터는 그림 17과 같고 단말은 시간의 흐름에 따라 처음 홈 네트워크는 출발하여 각각의 이기종 네트워크를 이동한 후 다시 홈 네트워크로 돌아온다. 이동 중에 대상 노드 (CN - Correspondent Node)와의 지속적인 데이터 통신이 이루어지고 다양한 애플리케이션(Web, FTP, VOD, VoIP)을 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다.



[그림 17] 시뮬레이션 시나리오

5.2 시뮬레이션 결과 및 분석

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.



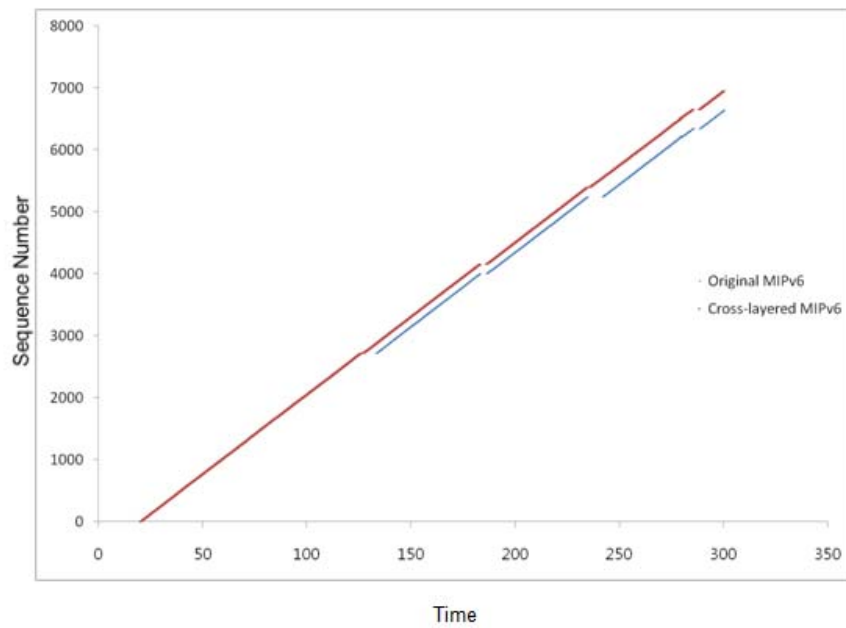
[그림 18] 핸드오버 시간

그림 18은 각 이기종 네트워크로 진입 후 모든 핸드오버 과정을 마치는 시간을 나타낸 것이다. 그림에서 보이듯이 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안이 보다 짧은 핸드오버 시간을 나타낸다. 이것은 제안하는 방안이 교차계층 최적화를 통해 Mobile IPv6 핸드오버 메시지 중 Router Solicitation/Advertisement 메시지의 전달 과정이 생략되어 메시지 수를 줄였기 때문이다. 그림 18에서의 L2 triggered

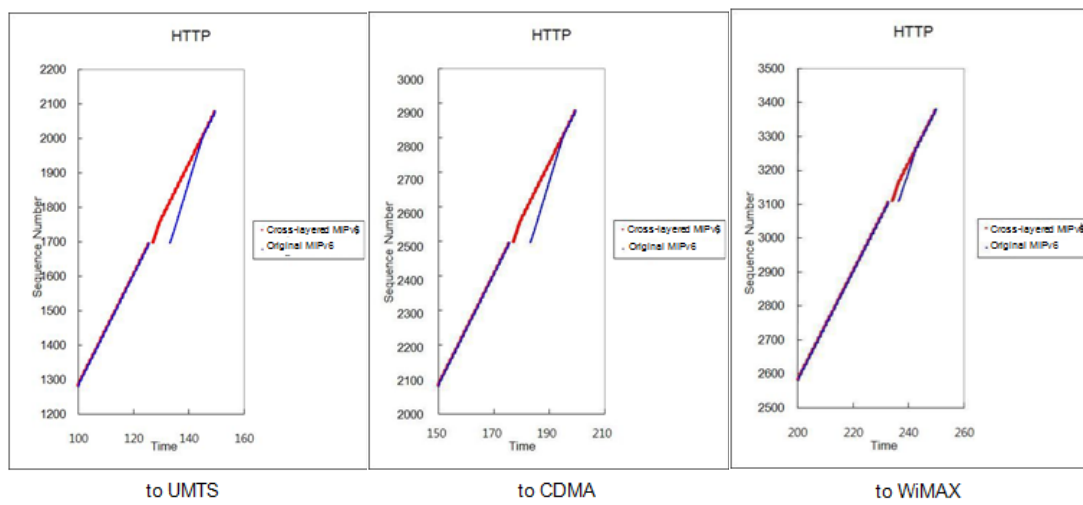
Mobile IPv6는 기존의 링크 설정이 끊어짐을 확인하고 재접속을 위해 링크 단에서의 trigger를 전달하여 핸드오버를 빠르게 수행하는 방안이다. 본 논문에서 제안하는 방안 역시 L2 trigger를 기반하고 있다. 기존 Mobile IPv6의 경우는 일정한 timeout동안 자신이 접속해 있는 라우터의 정보를 전달 받지 못할 경우 Router Solicitation 메시지를 전달함으로써 핸드오버를 수행하게 된다. 따라서 L2 trigger가 없이 동작하는 Mobile IPv6가 timeout 값을 크게 가질 경우 기존 링크의 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. 다음 표3은 4장에서의 분석 결과와 시뮬레이션을 통한 측정 결과의 비교이다.

Handover Time(s)	to UMTS	to WiMAX	to CDMA
Proposed MIPv6(분석결과)	0.583	0.321	0.649
Proposed MIPv6(측정결과)	0.572	0.323	0.652
Original MIPv6(분석결과)	0.749	0.365	0.823
Original MIPv6(측정결과)	0.753	0.37	0.815

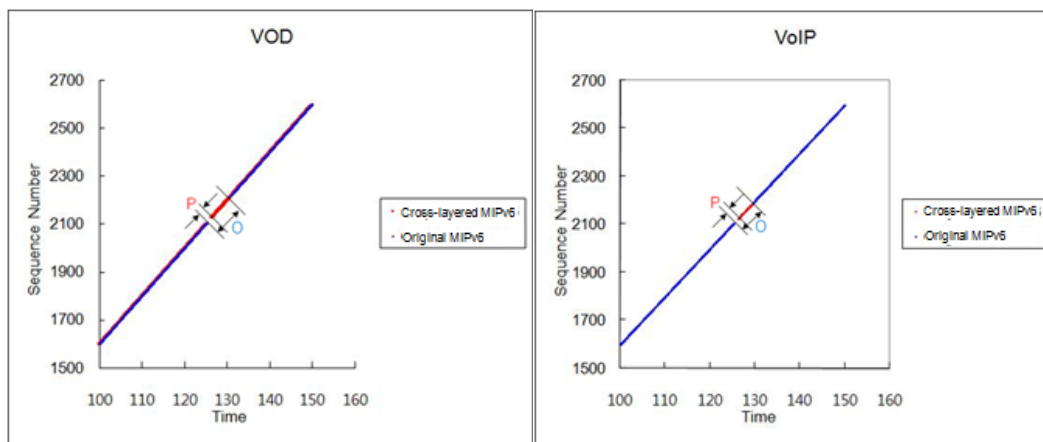
<표 3> 분석된 핸드오버 시간과 측정된 핸드오버 시간 비교



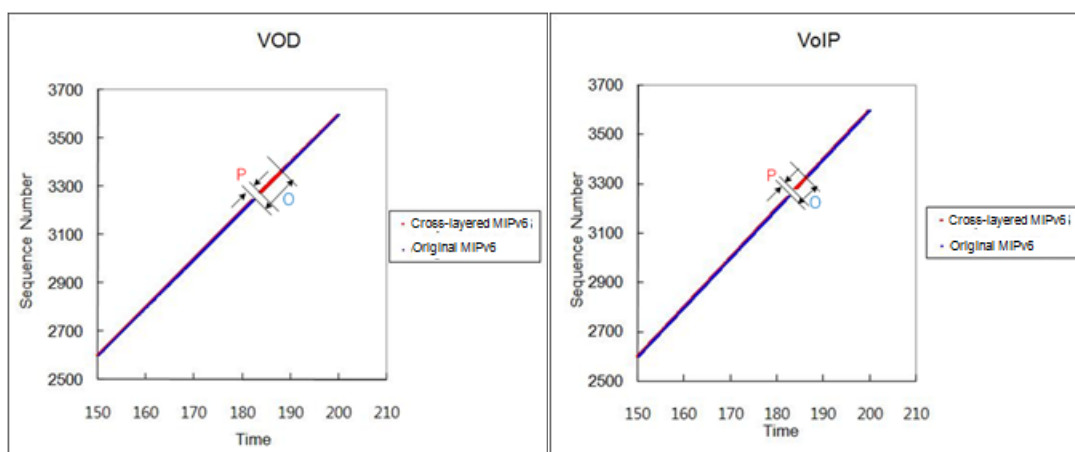
[그림 19] 패킷 지연(FTP)



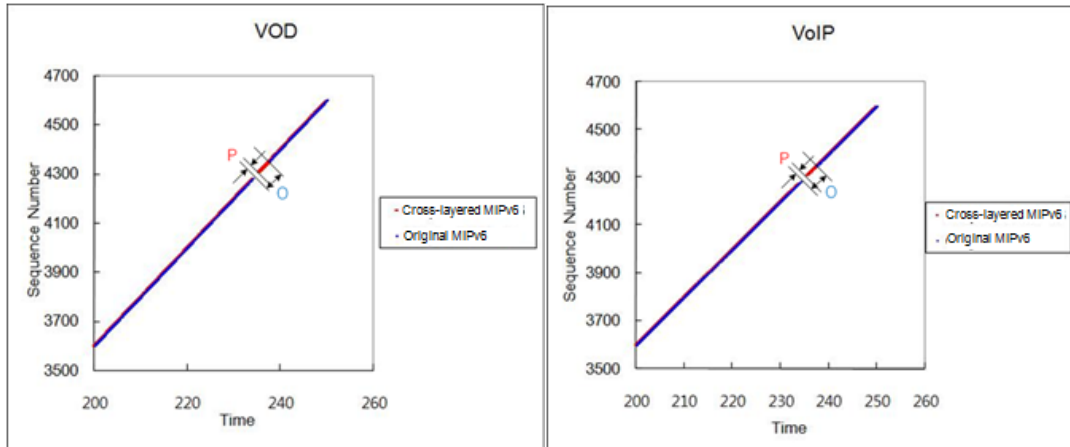
[그림 20] 패킷 지연(Web-HTTP)



[그림 21] 패킷 지연(to UMTS)

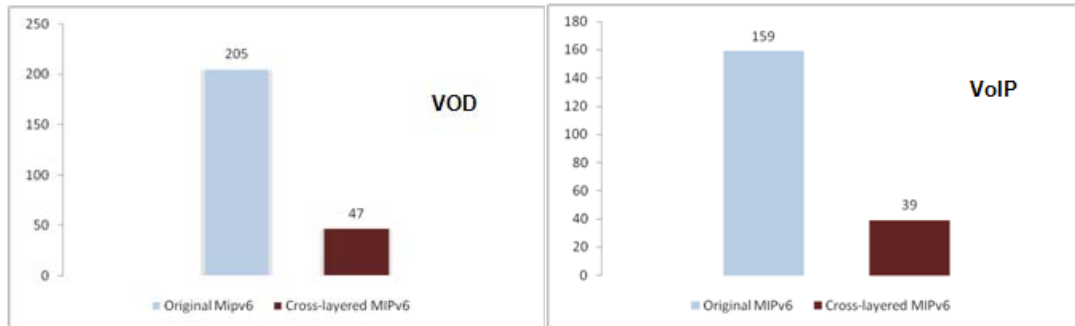


[그림 22] 패킷 지연(to CDMA)



[그림 23] 패킷 지연(to WiMAX)

그림 19~23은 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, 교차계층 최적화를 통해 보다 적은 메시지 교환으로 핸드오버를 완료하기 때문에 기존의 Mobile IPv6 핸드오버 방안보다 짧은 패킷 지연 시간과 적은 패킷 손실을 가지게 된다.



[그림 24] 패킷 손실 count(UDP)

그림 24는 UDP 프로토콜에 대한 성능을 나타낸 것이다. UDP 프로토콜은 TCP와 같은 재전송 메커니즘이 없기 때문에 데이터 손실이 발생하게 된다. 그림 24에서 나타나듯이 제안하는 Mobile IPv6 핸드오버 방안이 짧은 핸드오버 시간으로 인해 보다 적은 패킷 손실을 보여주고 있다.

6. 결론

본 논문에서는 차세대 이동통신으로 많은 연구가 진행되고 있는 UMTS 네트워크와 CDMA 네트워크, WiMAX 네트워크 사이의 버티컬 핸드오버 발생 시 링크 계층 핸드오버와 네트워크 계층 핸드오버를 통합하여 진행함으로써 보다 효율적인 핸드오버 방안을 제안하였다. 두 계층의 핸드오버를 병렬적으로 진행하기 때문에 발생할 수 있는 메시지 통합과 불필요한 메시지를 제거함으로써 핸드오버에 필요한 메시지 수를 줄였고 그로 인해 기존 방안에서 링크 계층과 IP 계층 핸드오버가 순차적으로 진행됨에 따라 나타나는 데이터 지연과 손실을 줄일 수 있었다. 또한 이것은 실시간 데이터 서비스에 부합되는 요구사항이다. 향후 연구과제로 본 논문에서 언급한 세 가지 네트워크 이외에 더 많은 네트워크를 추가하고 단말에게 다양한 인터페이스를 동시에 사용할 수 있게 한다면 대용량의 데이터 서비스에도 쉽게 지원할 수 있는 방안이 될 것이다.

7. 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 핸드 오버 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 Metroplitan 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] 이건백, 조진성, "WiBro와 CDMA2000 이동통신 시스템간 적은 지연을
위한 L2 핸드오프 방안", 경희대학교 2006.2

[17] 신충용, 조진성, "다중 이기종 무선서비스를 위한 자원할당 및 핸드오프
방안", 경희대학교, 2007.2

Abstract

Cross Layer Optimization of Vertical Handover for Heterogeneous Wireless Networks

Jae-Ho, Jo

Dept. of Computer Engineering

Graduate School of Kyung Hee University

Due to various developments of portable device and mass media contents, many people tend to use real time data service during moving or travelling. So Mobile IPv4/v6 and Fast Handovers for Mobile IPv6 of IETF are suggested to support continuous portable service. For this service, users are possible to use the data service continuously by supporting change of IP address for movement.

Also next generation mobile radio communication has been developing into which various portable wireless technology such as 3G evolvable network, next generation Wireless Lan and WiMAX/Wibro is connected and intergrated into All-IP based Core Network and heterogeneous networks has been overlapped and

operated according to coverage of wireless access technology. At this environment, users can enjoy data service using heterogeneous network through portable device to support wireless access technology. Consequently, mobility management at single network as well as interworking and mobility management for heterogeneous network are absolutely needed.

However, Link layer(Layer 2) handover and IP layer(Layer 3) handover are operated independently at previous mobility management scheme. Then it causes much delay during handover due to IP layer connecting after Link layer handover is connected. In order to solve this problem, effective handover scheme to integrate and optimize the link layer handover and IP layer handover is suggested at this thesis.

Key words: Vertical Handover, Cross Layer Optimization,
Heterogeneous Wireless Networks

감사의 글

3년이란 시간은 길고도 짧은 시간이었습니다. 처음 연구실에 들어와 아무것도 모르는 학부생이었던 때가 엇그제 같은데 벌써 졸업을 합니다. 아직도 많이 부족한 지식으로 이렇게 석사학위를 받고 졸업을 하니 부끄러운 마음이 듭니다. 항상 부족한 저에게 질책과 칭찬으로 많은 가르침을 주신 조진성 교수님. 학문뿐만 아니라 인생에서 필요한 교훈을 주신 아버지 같은 존재셨습니다. 또한 바쁜 와중에도 부족한 저의 논문을 심사해주신 유인태 교수님, 한치근 교수님, 허의남 교수님, 홍충선 교수님 감사드립니다. 그리고 학부과정과 석사과정에서 많은 지식을 주신 컴퓨터공학과 교수님들과 전자, 전파과 교수님들께도 감사를 드립니다.

연구실 생활 시작에 큰 도움을 준 건백이형 두경이형 준하형, 질투심을 자극시키는 경환이형, 친형처럼 의지되고 나의 믿음생활의 본보기가 되는 충용이형, 농구 파트너 천환이형, 항상 큰 웃음을 주는 형관이형, 짧았지만 소중한 인연 창현이형, 어려울 때마다 조언을 구할 수 있는 대영이형, 선배지만 동기처럼 대해 준 권택이형, 은근히 재밌는 현준이형, 상담 고객이자 개그 재방송 요한이형, 형들이 있었기에 연구실 생활이 즐거웠습니다. 모르는 것이 있을 때마다 해결해 주는 지식인 정현이, 찐한 술친구 권식이, 짧은 연구실 생활을 함께한 세만이 윤성이 경원이 승민이, 이석사가 됐으면 하는 귀로, 연구실 기쁨조 준성이, 항상 막내 용규, 모든 연구실 구성원들에게 감사드립니다.

나의 대학원 동지들 물침대 영배, 저녁식사 파트너이자 김기사 진호, 다크 템플러 준희, 우리의 동반 입대는 아직 유효하다. 입만 동동 정훈이, 같은 라인 태희, 동기라는 끈으로 함께 한 너희들 덕분에 학교생활이 즐거웠다. 3년간의 긴 동거 생활 후 이제는 이별을 한 상하, 같은 연구실에서 생활을 하며 항상 의지가 되고 힘든 일을 함께 나눠 주어 고맙다. ‘함께’라는 것이 얼마나 힘이 되는 것인지 알 수

있었어.

언제나 그 자리에 있는 내 친구들. OJ 패밀리. 무서운 대장 정철이, 밥 같이 못 먹는 동호, 술만 줄이면 다 좋은 희석이, 나만 미워하는 영민이, 언제나 날 웃게하는 지훈이, 우리한테만 강한 성룡이, 님하 용호, 마음에 담아 두는 존섭이, 컨버스 300 정석이, 매일 바쁘다는 핑계로 너희들과 시간을 못 보냈지만 나에게 갈 곳이 있고 맞아주는 사람이 있어 항상 고맙다. 그리고 나보다 더 소심한 베프 학겸이. 내 일을 걱정해주고 응원해주는 착한 친구. 자주 연락도 못하고 표현도 못하지만 항상 고마운 마음뿐이다.

언제나 내 편 할머니, 아버지, 어머니, 문제가 생길 때마다 나의 SOS를 받아주는 누나, 친형처럼 의지하고 싶은 매형. 모두 저의 가족인 것만으로도 감사합니다. 그리고 내 인생 모두를 감사함과 사랑으로 만들어 준 은선이와 살아계시고 내 삶의 주인이신 하나님께 감사드리며 부족한 이 논문을 바칩니다.

2008년 겨울 조재호 드림