UMTS-WLAN 간 빠른 수직적 핸드오버 제공을 위한 연동망 모델 및 핸드오버 방식

정회원 김 인 철*, 이 성 근*, 김 일 래*, 종신회원 박 진 우*

Network Architecture and Fast Vertical Handover Scheme for UMTS-WLAN Interworking

Incheol Kim*, Sungkuen Lee*, Eallae Kim* ***Regular Members,***
Jinwoo Park* ***Lifelong Member***

요 약

UMTS-WLAN 망 연동을 통해 두 서비스가 가진 장점을 극대화 하고자 하는 연구에 관심이 집중되고 있다. 연동망을 통해 사업자는 망 구축 및 운용 비용을 절감할 수 있으며, 사용자는 지역에 따라 최적의 서비스를 제공받을 수 있다. 현재 연구되고 있는 UMTS-WLAN 연동 방식은 크게 MIP(Mobile IP) 기반의 Loose coupling 방식과 Telecom Emulation 기반의 Tight coupling 방식이 있다. 본 논문에서는 이 두 방식의 결합된 형태의 새로운 연동망 구조 및 빠른 수직적 핸드오버를 위한 절차를 제안하였다. 제안된 방식은 3GPP에서 제시한 연동망 참조 모델의 기반 위에 MIP를 통해 단말의 이동성 관리가 가능하며, GGSN과 PDG 경계구간에 MA(Mobility Anchor)를 제안하여 단말의 L2 핸드오버 이전에 네트워크 측에서 사전 인증 및 세션을 미리 확립함으로써 Seamless한 서비스 제공이 가능하도록 하였다. 제안된 방식의 성능을 검증하기 위해 OPNET을 이용한 시뮬레이션을 수행하였으며 이를 통해 제안 방안의 우수성을 검증하였다.

Key Words : UMTS, WLAN, Interworking, Vertical Handover, Seamless Service

ABSTRACT

UMTS-WLAN interworking approach can make the best use of the advantages of both networks by eliminating the stand-alone defects of the two services. For the interworking mechanisms of WLANs and UMTS networks, two major solutions have been proposed, namely loose coupling and tight coupling. The loose coupling approach provides separate data paths for WLAN and UMTS. On the other hand, the tight coupling provides a full integration of the WLAN network and the UMTS core network. The loose coupling has been preferred due to the simplicity and less reconfiguration requirement. However, loose coupling is worse in seamless mobility, QoS provision, and network security. In order to lessen the problems involved in the UMTS-WLAN interworking approaches, we propose a new interworking network architecture and a fast vertical handover scheme by employing Mobility Anchor (MA) for interworking between the two different networks. MA can enable authentication and session initialization before L2 handover of the mobile terminal, so that the seamless and fast vertical handover become possible. Thru analysis and numerical experiments, we proved that the proposed scheme has been validated.

※ 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 (ickim@korea.ac.kr)
논문번호 : KICS2007-03-154, 접수일자 : 2007년 3월 31일, 최종논문접수일자 : 2007년 8월 1일

Ⅰ. 서 론

최근 국내에서 3GPP(Third Generation Partnership Project) UMTS (Universal Mobile Transmission System) 기반의 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) 서비스가 상용화됨에 따라 이동성이 보장된 고속 무선 데이터 서비스 제공이 가능하게 되었다. UMTS는 HSDPA 기술을 탑재함으로써 가입자당 최대 14Mbps, 평균 2~3Mbps 하양 속도의 데이터 서비스 제공이 가능하며, 서비스 영역이 넓고 견고한 반면에 요금이 고가이다. 상대적으로 WLAN은 저렴한 가격에 이미 UMTS보다 높은 전송 속도를 제공하는 반면 서비스 영역이 좁다는 단점이 있다. 최근 두 서비스를 대체재가 아닌상호 보완재로 보고 통합함으로 서로의 장단점을 보완하여 더 큰 효과를 거두기 위한 연구가 ETSI 및 3GPP 등의 표준화 기구에서 활발히 논의되고 있다[1-3]. UMTS-WLAN 연동을 통해 UMTS 사업자는 Hot-Spot 지역에서의 트래픽 집중을 경제적으로 분산 할 수 있어 투자비용을 절감할 수 있고, WLAN 사업자는 UMTS 사업 파트너로부터 새로운 가입자 유치가 가능하며, 사용자 입장에서는 높은 이동성과 고속의 데이터 전송 및 낮은 요금의 향상된 서비스를 제공 받을 수 있다는 장점이 있다.

하지만 이종망간의 연동에는 해결해야 할 많은 이슈들이 있다. 망간 로밍 및 단말의 이동성 관리 문제, 이종망 간의 과금 및 보안 문제, 단말의 듀얼 모드 지원 문제 그리고 두 이종망 간의 이동 시 나타나는 서비스의 절단 및 열화 같은 품질 문제 등이 있다. 이 중에서도 두 이종망 간의 이동에 따른 수직적 핸드오버 시 서비스의 연속성 및 품질을 어떻게 제공할 것인가 하는 것이 가장 큰 이슈라고 볼 수 있다. 수직적 핸드오버란 이기종 시스템간의 핸드오버이며, 동기종 시스템간의 핸드오버보다 처리 시간이 상대적으로 크기 때문에 핸드오버의 성능이 가장 큰 문제가 된다. 또한 핸드오버의 성능은 연동망 구성 방식에 따라 결정되며, 현재 MIP 기반의 Loose coupling 방식과 Telecom Emulation 기반의 Tight coupling 방식이 ETSI/BRAN 및 3GPP를 중심으로 논의되고 있다[4,5].

본 논문에서는 이미 활성화된 UMTS 와 WLAN을 독립적으로 운용하면서 동시에 수직적 핸드오버 시 서비스 단절 시간을 최소화 하여 Seamless한 서비스 제공이 가능한 새로운 연동망 구조 및 핸드오버 절차를 제시하였다. 본 제안 방식은 기존의 MIP 방식과 Telecom Emulation 방식의 결합 구조로써 두 구조가 가진 장단점을 보완하여 비용과 향 후 확장성을 고려한 효율적 망구조로 빠른 수직적 핸드오버를 제공하고자 하는데 목적이 있다.

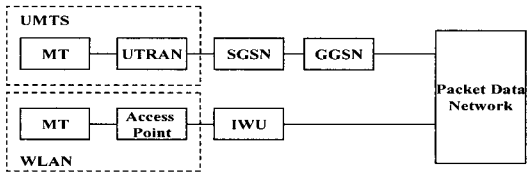
본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 현재 UMTS-WLAN 연동망 대표 모델인 Loose coupling 과 Tight coupling 의 연동방식 비교 및 MIP기반 방식에서의 핸드오버 절차와 종래의 기술이 가지고 있는 문제점에 대해 기술한다. III장에서는 제안한 MIP와 MA 결합 기반 연동망 모델의 구성 및 핸드오버 절차에 대해 기술한다. IV장은 제안된 방식과 기존 방식 간 OPNET을 통한 성능 비교 분석을 통해 제안된 방식의 우수성을 보인다. 마지막 V장에서 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

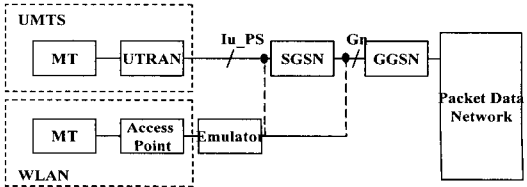
본 장에서는 종래의 MIP 기반 방식과 Telecom Emulation 기반 방식의 단말 이동성 관리 기법 및 핸드오버 절차와 관련 문제점에 대해서 기술한다.

2.1 UMTS-WLAN 연동망에서 단말 이동성 관리 기법

이종망간 이동 시에도 서비스의 연속성을 제공하기 위해서는 단말의 이동성 관리가 필수적이다. 현재 활발히 논의되고 있는 UMTS-WLAN의 이동성 관리 기법은 IP망에서의 이동성 관리 기법인 MIP를 사용하는 방법과 Telecom측에서 새로운 인터페이스 규격을 제정하고 그에 맞는 Emulator 장비를 개발하여 WLAN을 UMTS의 하부 네트워크로 정합시키는 Telecom Emulation 방식이 있다[4](그림 1).



(a) Loose coupling 연동을 위한 망 구조



(b) Tight coupling 연동을 위한 망 구조

그림 1. 기존 UMTS-WLAN 연동 망 구조

MIP기반의 Loose coupling 방식은 기존 UMTS와 WLAN을 독립적으로 운용할 수 있어 구축비용이 적게 드는 반면 수직적 핸드오버 시 장시간 소요되어 Seamless한 서비스 제공이 힘들다는 단점이 있다. 이에 비해 Telecom Emulation 기반의 Tight coupling 방식은 WLAN을 UMTS의 또 다른 하부망으로 연결하여 연동망에서의 단말의 이동 및 품질 관리를 UMTS 핵심망에서 통합 제어함으로써 고품질 서비스 제공이 가능하다는 장점이 있다. 반면 WLAN을 UMTS의 하부망으로 접속 관리하기 위한 새로운 인터페이스 규격 제정 및 특화된 장비 개발이 선행되어야 하며, 향 후 UMTS와 또 다른 기술의 이종망 연동 시 관련 인터페이스 및 장비 개발이 추가되어야 하는 문제가 있으며, 기본적으로 Loose coupling 방식에 비해 구축 비용 및 개발 기간이 많이 소요된다는 단점이 있다.

현재 연구된 바로는 3GPP에서 목표로 하는 6가지 시나리오 모델[1] 중 초기 단계인 시나리오 3까지는 MIP 기반 방식을 적용하고, 궁극적으로 이동 간 서비스의 연속성 보장이 필요한 시나리오 4이상의 서비스를 만족하기 위해서는 Telecom 기반 Emulation 방식으로 망구조를 진화하고자 하는 방안이 논의되고 있는 추세이다. 다음은 단말의 이동성 관리 기법의 두 방식에 대한 기술 내용에 대해 설명한다.

2.1.1 Mobile IP 기반 solution

연동망에서 MIP를 이용한 이동성 관리방법으로 논의되는 방식은 다음과 같다.

- MIPv4 with FA-CoA or Co-CoA
- MIPv6
- NetLMM
- Proxy MIP

보편적으로 사용 가능한 MIPv4 with FA-CoA 동작 방식은 그림 2와 같다[5]. GGSN/PDG에 FA (Foreign Agent) 기능을 탑재하여 FA Advertisement 메시지를 주기적으로 송신하고, 단말은 MIPv4 RRQ (Registration Request) 메시지를 요청한다. GGSN(FA)/PDG(FA)는 AAA Server에게 인증 권한을 요청한 후 단말이 요청한 MIPv4 RRQ 메시지를 HA(Home Agent)로 전송한다. HA는 GGSN(FA)/PDG(FA)와 세션을 설정하고 MIPv4 RRP(Registration Response)로 응답함으로 단말의 이동성 처리 절차를 수행하는 방식이다.

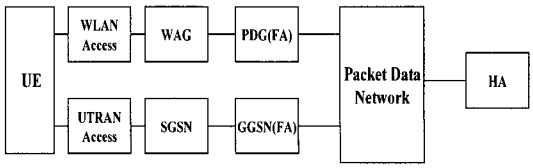


그림 2. MIPv4 FA-CoA를 이용한 이동성 관리

2.1.2 Telecom Emulation 기반 Solution

특화된 Emulator를 이용하여 WLAN을 UMTS의 하부망으로 접속시켜 UMTS-WLAN망 간 이동 시 L2 핸드오버만 일어나고, 나머지는 Network 장비에서 처리하도록 하는 방식이다. 그림 3과 같이 Emulator의 3GPP 핵심망 접속 위치에 따라 크게 SGSN Emulation 방식과 RNC Emulation 방식으로 나눌 수 있다. 이외에도 Emulator가 UTRAN의 하부 구조로 연결되는 Very Tight Coupling 방식도 논의되고 있다. SGSN Emulation 방식은 WLAN이 3GPP와 연동하기 위한 Emulator를 GGSN 산하에 접속시키는 방식이며, RNC Emulation 방식은 SGSN 산하에 접속하는 것이다. 이 구성을 위해서 Gnhl(GGSN-Emulator) 혹은 luhl(SGSN-Emulator)라는 새로운 인터페이스 규격이 제정되어야 하고, SGSN Emulator에는 LLC/802.3MAC/PHY를 GTP/UDP/IP/L2/L1으로, RNC Emulator에는 802.3MAC/PHY를 RANAP/SCCP/AAL/ATM으로 변환하는 프로토콜이 탑재되어야 한다.

2.2 기존 MIPv4를 이용한 핸드오버 절차

MIPv4 Co-CoA 방식은 단말마다 고유의 CoA를 부여해야 하기에 연동망에 적용하기는 어렵다고 본다. 따라서 본 논문에서는 MIPv4 FA_CoA 방식을 기존 방식으로 선정하여 핸드오버 절차에 대해 기술하였다. 그림 4,5는 MIPv4 기반의 핸드오버 절차를 나타내고 있다. 물론 아직까지 3GPP에서 제시한 망 연동 모델 기반 위에 MIP 기반의 핸드오버 절차에 대한 구체적인 표준화는 제정되어 있지 않다. 다만 3GPP에서 연동에 대한 요구사항과 단순 연동

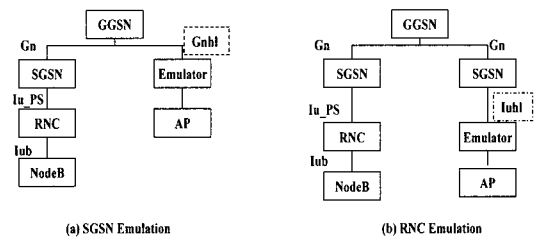


그림 3. Telecom Emulation 방식의 이동성 관리

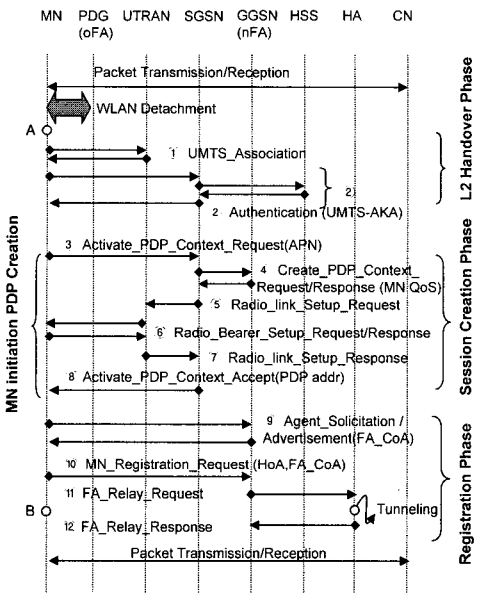


그림 4. MIPv4방식의 핸드오버 절차(WLAN->UMTS)

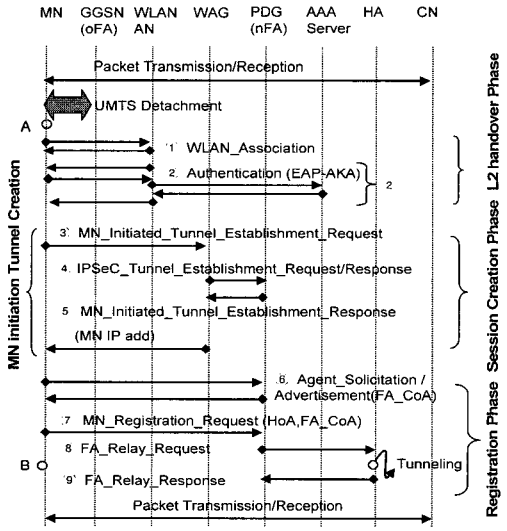


그림 5. MIPv4방식의 핸드오버 절차(UMTS->WLAN)

시나리오 1단계부터 최종 Seamless한 서비스 제공의 시나리오 6단계를 정의하고 있고, 3GPP 권고안과 논문들로부터 이 부분은 예측 가능하다[2][4][6].

기존 MIPv4방식 연동망 모델의 핸드오버 시나리오는 크게 L2 Handover Phase, Session Creation Phase, Registration Phase 3단계로 되어있다. 먼저 단말이 핸드오버의 필요성을 감지하고 물리적 링크를 변경하여 다른 무선망에 접속하기 위해서는 WLAN망에서의 스캐닝 과정과 UMTS망에서의 기지국(Node_B) 동기화 및 Radio link 설립 과정을 포함한 Association 과정을 수행한 후 채널에 대한 사용 권한을 확보하는 인증 과정(Authentication)을 거친다. 이 과정을 L2 Handover Phase(그림4, 5 ①~②)로 정의한다. 그리고 단말과 nFA(new FA)와의 세션을 연결하는 Session Creation Phase(그림4 ③~⑧, 그림 5 ③~⑤) 그리고 HA로 MIP의 Registration Update 기능을 수행하는 Registration Phase(그림 4 ⑨~⑫, 그림 5 ⑥~⑨)로 구분된다[7].

이 핸드오버 시나리오를 볼 때 L2 핸드오버 이후 세션을 확립하고 최종 HA로 바인딩 Update 하기까지 장시간 소요되며 서비스 단절 구간(A~B)이 길어 과다한 패킷 손실을 초래하여 Seamless한 서비스 제공이 힘들다는 것을 알 수 있다. 이는 4장의 성능 측정에서 증명하였다. MIP 기술을 사용함으로 두 서비스의 독립적 운용 및 장비 변경 최소화로 구축이 용이한 반면에 제공 서비스가 3GPP에서 제안한 시나리오 3까지로 제한될 수 밖에는 없는 한계를 가진다.

2.3 기존 UMTS-WLAN 연동망 구조의 문제점

앞서 기술한 것처럼 MIP를 이용한 방식은 두 서비스의 독립적 운용을 보장하며 향 후 다양한 이종망 연동에 확장 가능한 반면 Seamless한 핸드오버의 제공이 어렵다. 이런 단점을 보완하고자 L2와 L3사이에 Mobility를 위한 MIP(Media Independent Protocol)를 각 장치들에게 탑재하는 방식과 Network 측에서 핸드오버를 제공하는 NetLMM(Network-based Localized Mobility Management)등이 추가로 연구되고 있으나 초기 단계이다. 이에 비해 Telecom Emulation 방식은 빠른 핸드오버로 연동망에서도 UMTS 수준의 서비스 품질을 제공하는 장점이 있어나 관련 인터페이스 제정 및 개발이 선행되어야 하기에 상대적으로 많은 시간이 소요되며, 이 기술은 UMTS-WLAN에 국한된 것으로 다른 이종망으로 확장하기 힘들다는 단점이 있다.

Ⅲ. 제안된 MIP와 MA(Mobility Anchor) 결합 기반 연동망 모델 및 핸드오버 방식

이 장에서는 종래 연동 방식의 한계를 극복하기 위해 제안한 새로운 망 연동 모델 및 빠른 수직적 핸드오버를 수행하기 위한 절차를 기술한다.

3.1 개요

본 논문에서는 기존 UMTS와 WLAN의 변경을

최소화하기 위한 MIP 기반의 Loose coupling 망 구조 하에서 MA라는 Telecom 기반의 노드를 사용하여 핸드오버 시 Seamless한 서비스를 제공할 수 있는 새로운 연동 방안을 제안하였다. 제안하는 연동망 구조는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 3GPP에서 제안한 연동망 모델 기반에 MIP 방식을 사용하여 두 서비스의 독립적으로 운용 및 연동망 구축이 용이하고 다른 서비스 융합 시에도 확장 가능하다.
- 기존의 HA대신에 GGSN(FA)과 PDG(FA) 경계 구간에 MA라는 개체를 추가하여 단말의 이동성 관리를 수행토록 한 계층적 구조를 가진 새로운 연동망 구성방식이다.
- MA와 GGSN(FA)/PDG(FA)와의 연동을 통해 사전 인증 및 네트워크 측에서 단말이 사용할 세션을 미리 확립함으로써 핸드오버 지연시간을 최소화 할 수 있다.
- MA내 세션 별 패킷 버퍼링 및 포워딩 기능을 두어 핸드오버 시 패킷손실을 최소화하였다.
- Loose coupling 기반 위에 Tight coupling을 결합한 망구조이다.

3.2 제안된 MIP와 MA 결합 망 모델

3.2.1 결합 망 모델 구조 및 동작 방식

제안하는 MIP와 MA 결합 기반 연동망 모델은 그림 6과 같은 구조를 가지며, 제안 연동망에서 새로이 추가된 개체 및 기능은 다음과 같다.

- GGSN(FA)/PDG(FA): 3GPP 연동 참조 모델 망에서 GGSN과 PDG에 FA(Foreign Agent) 기능이 추가되어, 단말의 HoA(Home Address)와 CoA(Care of Address)를 MA로 등록한다.
- MA(Mobility Anchor): HA 기능이 고려되어 단말의 이동에 따른 바인딩 Update를 수행한다. 또한 APN(Access Point Name)에 해당하는 GGSN/PDG의 매핑 정보를 직접 가지고 있던가, DNS Server를 통해 해당 GGSN/PDG를 찾을 수 있다. 그리고 AAA server/HSS의 연동을 통해 사전 인증 및 인증 결과를 참조할 수 있다.

그림 7과 같이 MA는 단말의 HoA 와 CoA를 관리하며, WLAN 망에서 3GPP IP Access를 하고자 하는 가입자 트래픽을 외부 망으로 연결시키는 관문 역할을 수행한다. 즉 모든 UMTS의 가입자 트래픽을 관리하는 것이 아니라, UMTS-WLAN 연동 가입자만을 관리하는 Gateway 장비라고 볼 수 있

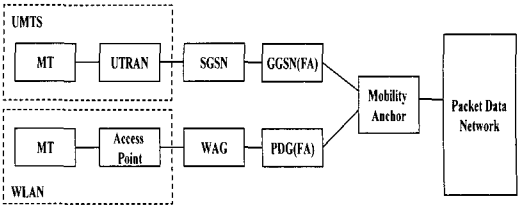


그림 6. 제안하는 MIP와 MA 결합망 모델

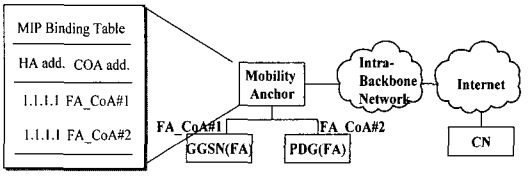


그림 7. 결합 망 모델에서의 계층적 구조

으며 이는 가입자의 용량에 따라 증설도 가능하다. 상대노드(CN)의 송신 데이타는 MA와 FA간 터널링을 통해 해당 FA_CoA로 전달되며, 이를 수신한 FA가 최종 해당 단말로 전송하는 방식이다. 본 방식의 특징은 단말 이동시 공중망에 위치한 HA 대신에 서비스 사업자 망내에 위치한 MA로만 바인딩 Update되어 핸드오버에 따른 오버헤드가 공중망에 부하를 주지 않는다. 또한 MA 주관으로 L2 핸드오버 이전에 네트워크 측에서 단말의 필요 세션을 사전에 확립하고 단말과 AAA server/HSS간 인증 프로토콜(RADIUS 또는 DIAMETER)을 relay하며, 그 결과를 참조해 사전 인증 기능을 수행함으로 로밍 시 단순한 L2 핸드오버만을 통해 단말이 정상적으로 상대노드와 통신이 가능함으로 핸드오버 지연시간을 최소화하였다.

3.2.2 제안된 결합 기반 연동망에서 핸드오버 동작 절차

이 장에서는 제안하는 연동망 모델에서의 핸드오버 시나리오에 대해 기술한다. 그림 8, 9는 각 기 다른 망으로 이동 시 핸드오버 절차를 나타내고 있다. 기존 방식과 달리 제안 모델의 핸드오버 시나리오는 크게 2단계로 되어 있다. 단말이 핸드오버 필요성을 감지하는 L2 Trigger후 oFA로 핸드오버를 요청하는 시점부터 MA에 의해 단말과 AAA Server/HSS간 사전 인증 후 MA와 nFA간 세션을 확립하고 단말에게 핸드오버를 승인하기까지의 Preparation Phase(그림 8 ①~⑩, 그림 9 ①~⑧)와 단말이 L2 핸드오버 후 해당 망의 Association 및 nFA와 단말간의 이미 확립한 세션을 활성화하는 동시에 MA로 최종 핸드오버 Completion이 통보되는 시점인 Execution Phase(그림 8 ⑪~⑭, 그림 9 ⑨~⑪)로 나누어 진다. 각 단계별 핸

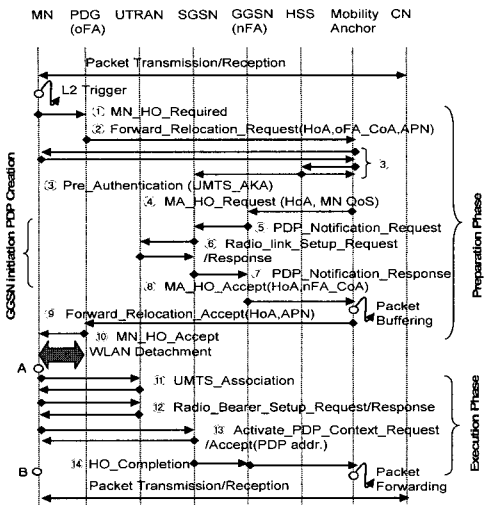


그림 8. 제안하는 핸드오버 절차 (WLAN->UMTS)

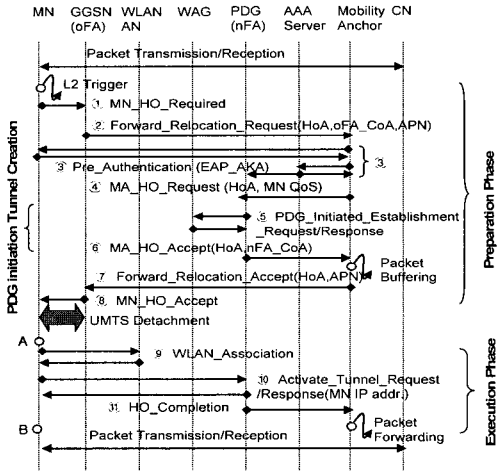


그림 9. 제안하는 핸드오버 절차 (UMTS->WLAN)

드오버 절차에 대해 기술하면 다음과 같다.

● Preparation Phase

Step1) 단말이 신호의 강도 혹은 QoS 기준에 의해 접속망의 변경 필요성을 감지하고 oFA로 이를 요청하며, 수신한 oFA는 MA로 이 사실을 통보한다(그림 8, 9 ①~②).

Step2) MA는 단말로 인증을 요청하며, 단말로부터 받은 정보를 통해 AAA Server /HSS와 사전 인증 절차를 수행 후 결과에 따라 승인/거부를 결정한다(그림 8, 9 ③).

Step3) MA는 nFA로 단말의 핸드오버 요청 사실을 알리고 사용할 세션을 미리 확립한다. 가용 자원 여부에 따라 승인/거부를 결정한다(그림8 ④~⑧, 그림 9 ④~⑥). 이 때 가용 자원이 있어 승인이 나는 경우 이 시점부터 MA는 해당 세션 데이터를 버퍼링한다.

Step4) oFA는 단말로 핸드오버 요청에 대한 승인을 알린다(그림 8 ⑩, 그림 9 ⑧).

● Execution Phase

Step5) 단말은 현 접속망의 채널을 해제하고 변경 망의 무선 채널 Association을 수행한다(그림 8 ⑪, 그림 9 ⑨).

Step6) 단말과 nFA간 기 확립한 세션 활성화 대한 요청/승인 한다 (그림 8 ⑫~⑬, 그림 9 ⑩).

Step7) 최종 MA로 핸드오버 완료 사실을 알리고, MA는 버퍼링을 중단하고 보관된 패킷을 포함 상대노드의 패킷을 nFA로 전송함으로 핸드오버가 완료된다(그림 8 ⑭, 그림 9 ⑪).

3.3 분석 및 토의

이 장에서는 기존 방식과 제안 방식과의 핸드오버 처리에 소요되는 시간과 핸드오버에 따른 서비스 단절 기간을 비교 분석한다. 제안된 방식과 기존 방식의 핸드오버 시간 배치도는 그림 10과 같다. 핸드오버로 인한 서비스 단절 기간 Handover Latency는 서비스의 연속성 보장에 중요한 요소로서, UMTS-WLAN 연동망 관련 연구도 이를 최소화 할 수 있는 망 구조 연구에 집중되어 있다. 본 제안도 기존의 MIP 기반 위에 MA를 추가하여 Loose coupling 구조하에서 빠른 핸드오버를 제공할 수 있는 방식에 대한 것이다. 기존 방식에서 Handover Latency는 Association(T_{ASSO}) 및 Authentication(T_{AUTH})을 수행하는 L2HO 기간과 Registration Update(T_{REG}), 단말과 FA간 세션을 확립하는 기간(T_S)의 총 합으로 볼 수 있으며 식(1)과 같다.

$$T_{MIPv4\ \ scheme} = T_{ASSO} + T_{AUTH} + T_{REG} + T_S \qquad (1)$$

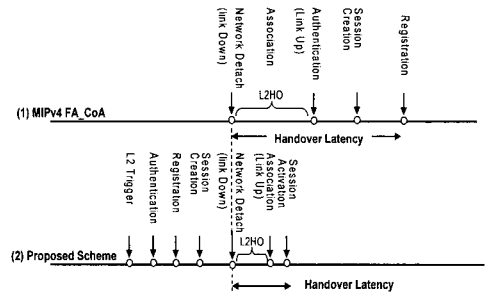


그림 10. MIPv4방식과 제안방식의 핸드오버 시간배치도

표 1. 기존방식과 제안방식의 특성 비교

	MIP기반	Emulation 기반	제안방식
망구조	Loose Coupling	Tight Coupling	결합구조
시스템효율	독립적운용	UMTS종속적	독립적운용
이동성지원	HA,FA	SGSN,GGSN	MA,FA
핸드오버지연	과다	짧음	짧음
구현복잡도	단순	복잡	단순
적용범위	광범위한 확장가능	WLAN 연동에 국한	한 사업자내 확장가능
제공서비스	~시나리오 3	~시나리오 7	~시나리오 6

이에 비해 제안된 방식은 단말의 L2 핸드오버 이전에 MA의 제어 하에 사전 인증 및 세션 확립이 수행되고 이 후 link down이 일어나며, 무선구간 Association 이 끝남과 동시에 기 확립된 세션을 활성화시킴으로 핸드오버는 완료된다. 따라서 제안방식의 Handover Latency는 식(2)와 같다

$$T_{proposed_scheme} \approx T_{ASSO} \quad (2)$$

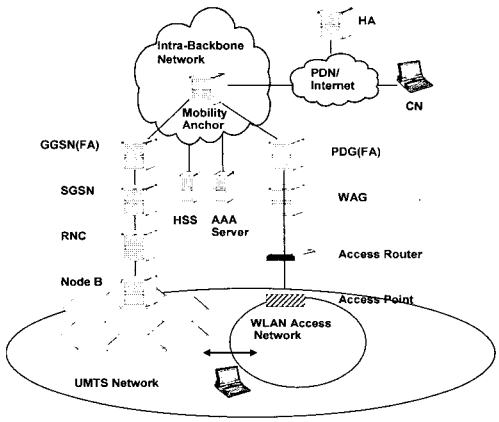
따라서 제안방식이 Loose coupling 구조에서도 Tight coupling 정도의 개선된 Handover Latency를 제공할 수 있다는 장점을 지닌다. 또한 MA 패킷 버퍼링/포워딩 기능이 추가됨으로써 패킷 손실 측면에서 향상된 성능을 지닌다. 4장에서 이를 증명한다. 또한 표1에서 종래방식과 제안방식의 전반적인 기술 특성을 비교 정리하였다.

Ⅳ. 실험 결과 및 분석

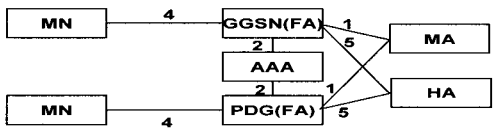
이 장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 방식의 핸드오버 성능 분석을 수행하고 기존 방식과 비교 분석 한다.

4.1 실험 환경

제안한 결합 기반 연동망 구조의 성능을 검증하기 위해 OPNET을 통한 시뮬레이션을 수행하였다. 사용한 시뮬레이션 환경은 그림 11과 같으며, 사용된 트래픽 파라미터는 표 2와 같다[6][8-9]. WLAN 서비스는 802.11b를 사용하였으며 UMTS Node_B 영역 내 위치하는 WLAN Access Network으로 단말이 움직인다고 가정한다. 실제적인 환경을 시뮬레이션 하기 위해서 상대노드(CN)는 UDP(User Datagram Protocol)을 기반으로 한 CBR(Constant Bit Rate) 패킷을 발생시켜 단말(MN)로 전송하며 전송간격은 포아송(Poisson) 분포를 따르도록 하였다.



(a) 시뮬레이션 망 구조도



(b) Node간 Hop 수

그림 11. 시뮬레이션 망 구조도 및 노드 간 구성도

4.2 성능 분석 결과

핸드오버 시 소요되는 Signaling Cost는 핸드오버에 필요한 신호 메시지의 총 합을 의미하며 이는 곧 Network의 부하로 작용함으로 중요한 요소이다. 핸드오버에 소요되는 총 Signaling Cost C_{HO}는 Association, Authentication, Registration, Session Creation 신호의 총합으로 식(3)과 같이 표시된다[10].

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Wired link bandwidth(*Bw*)	100 Mbps
Wireless link bandwidth(*Bwl*)	2 Mbps
세션 당 평균 접속시간(*ts*)	1000 s
단말의 평균 거주시간(Resident Time: *tr*)	5 ~ 60 s
세션당 핸드오버 발생 평균 횟수(N_H)	N_H = ts/tr
Registration/Session Creation 메시지 길이	50 Byte
Association/Authentication 메시지 길이	60 Byte
X 에서 Y node까지의 Hop 수(N_{X-Y})	1~6
X 에서 Y node까지의 Signaling Cost(C_{X-Y})	
Wired link delay(*Dw*)	0.5 ms[12]
Wireless link delay(*Dwl*)	2 ms[12]
Node별 메시지 처리 시간	5 ms
인증에 소요되는 평균 시간	100~700 ms
WLAN AP 스캐닝/ UMTS L1동기화 및 RLC 활성화 소요시간	100~ 200ms[13]

$$C_{HO} = C_{ASSO} + C_{AUTH} + C_{REG} + C_S \quad (3)$$

단말이 UMTS에 접속되기 위한 L1 Synchronization 및 RRC(Radio Resource Control) Connection Request/Response 교환 과정 또는 WLAN에서 능동적 스캐닝 과정을 통해 최적의 AP와 접속하는 과정인 Association에 평균 10개 메시지가 소요된다고 가정한다. 인증 알고리즘은 Fast Re-Authentication 방식을 사용한다고 가정하고 평균 4개가 소요된다고 가정한다[11]. 기존방식과 제안방식의 Signaling Cost는 식(4~7)과 같다.

$$C_{HO(WtoU)}(MIPv4) = 10C_{MN-AP(NB)} + 4C_{MN-AAA} + 11C_{MN-FA} + 2C_{FA-HA} \quad (4)$$

$$C_{HO(UtoW)}(MIPv4) = 10C_{MN-AP(NB)} + 4C_{MN-AAA} + 7C_{MN-FA} + 2C_{FA-HA} \quad (5)$$

$$C_{HO(WtoU)}(prop) = 10C_{MN-AP(NB)} + 4C_{MN-AAA} + 10C_{MN-FA} + 5C_{FA-MA} \quad (6)$$

$$C_{HO(UtoW)}(prop) = 10C_{MN-AP(NB)} + 4C_{MN-AAA} + 6C_{MN-FA} + 5C_{FA-MA} \quad (7)$$

서비스 단절 기간을 나타내는 Handover Latency는 식(1,2)으로부터 최종 식(8~11)로 나타낼 수 있다.

$$T_{HO(WtoU)}(MIPv4) = T_{ASSO} + T_{AUTH} + 7(L_R / B_{wl}) + 7D_{Dwl} + 13D_w + 11(N_{MN-FA}(L_R / B_w)) + 2(N_{FA-HA}(L_R / B_w)) + (N_{MN-FA} + N_{FA-HA} + 2) \times P_x \quad (8)$$

$$T_{HO(UtoW)}(MIPv4) = T_{ASSO} + T_{AUTH} + 5(L_R / B_{wl}) + 5D_{Dwl} + 9D_w + 7(N_{MN-FA}(L_R / B_w)) + 2(N_{FA-HA}(L_R / B_w)) + (N_{MN-FA} + N_{FA-HA} + 2) \times P_x \quad (9)$$

$$T_{HO(WtoU)}(prop) = T_{ASSO} + T_{AUTH} + 4(L_R / B_{wl}) + 4D_{Dwl} + 3D_w + 2(N_{MN-FA}(L_R / B_w)) + N_{FA-MA}(L_R / B_w) + (N_{MN-FA} + N_{FA-MA} + 2) \times P_x \quad (10)$$

$$T_{HO(UtoW)}(prop) = T_{ASSO} + T_{AUTH} + 2(L_R / B_{wl}) + 2D_{Dwl} + 3D_w + 2(N_{MN-FA}(L_R / B_w)) + N_{FA-MA}(L_R / B_w) + (N_{MN-FA} + N_{FA-MA} + 2) \times P_x \quad (11)$$

WLAN에서 UMTS로 이동 시 조금 더 많은 Signaling Cost와 Latency가 발생되는 사유는 UMTS의 세션 생성 방식이 좀 더 많은 절차를 필요로 하기 때문이다. 위의 결과 식을 바탕으로 T_{ASSO} 시간은 평균 150ms으로 가정한 후 단말의 Resident Time에 따른 핸드오버 시 Signaling Cost 및 Authentication Time 변화에 따른 Handover Latency와 송신 패킷 변화에 따른 패킷 손실률을 측정하였다 (그림12-15).

실험결과를 바탕으로 제안방식이 기존방식보다 여러 측면에서 우수함을 알 수 있다. Signaling Cost는 두 방식 모두 단말의 Resident time이 짧을수록 증가함을 볼 수 있다. 그러나 기존 방식은 공중망에 위치한 HA로 바인딩 Update 수행이 필요하며, 핸드오버 단말의 증가 또는 FA와 HA간 Hop수 증가에 따라 Cost가 선형적으로 증가하여 이는 실제 공중망의 부하로 작용하는 문제가 있다. 반면에 제안 방식은 사업자망 내 위치한 MA로 경로가 변경됨으로 핸드오버 시 발생하는 오버헤드가 공중망의 부하에 직접 영향을 주지 않는다 (그림12).

Latency측면에서 보면 기존방식에서 인증절차가 차지하는 부분이 상대적으로 크기에 인증절차를 간소화하려는 연구 또한 진행되고 있다. 본 시뮬레이션에서는 좀 더 빠른 Fast Re-Authentication 방식이 적용된다는 가정 하에 100~700ms으로 가정하고

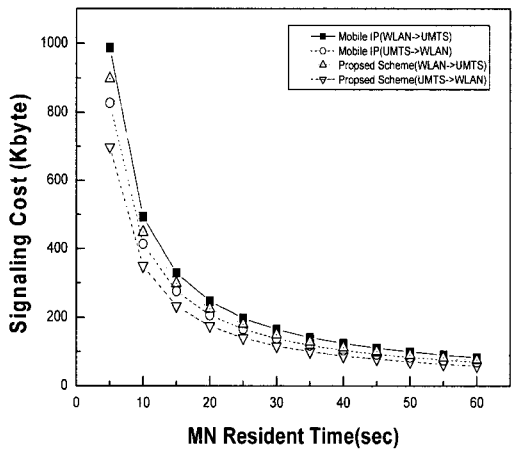


그림 12. MN Resident time에 따른 Signaling Cost

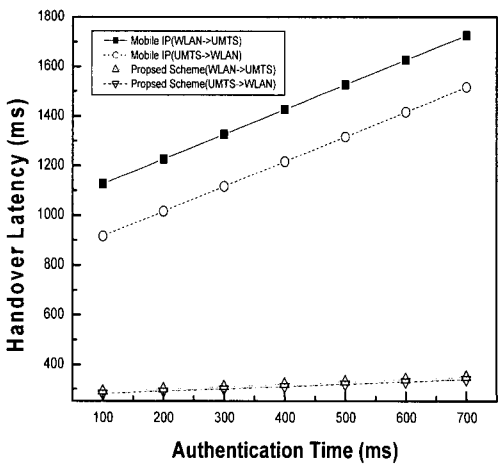


그림 13. Authentication time에 따른 Handover Latency

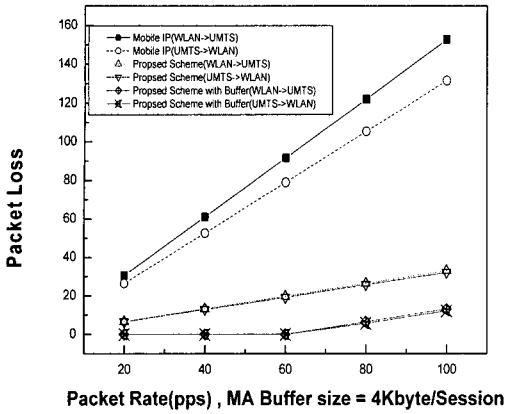


그림 14. 패킷량(pps) 변화에 따른 Packet Loss

측정한 결과이다. 실제 Full Authentication 방식을 사용할 경우 기존방식은 훨씬 많은 Handover Latency를 가진다. 본 제안방식은 단말의 L2 핸드오버 이전에 사전 인증 및 필요 세션을 네트워크 측에서 미리 확립함으로 순수 Latency에는 단말의 L2HO만이 포함됨으로 훨씬 향상된 결과를 보여준다(그림13). 위 결과로 기존방식은 Seamless한 서비스 지원은 사실상 불가능함을 알 수 있으며, 제안방식은 Loose coupling 구조 하에서 Seamless한 서비스 지원이 가능함을 증명하였다. 단 제안 방식이 Real-time 서비스에 대한 Seamless 핸드오버를 지원하기에는 수치상으로 부족함을 알 수 있다. 이는 제안방식의 Handover Latency가 대부분 L2HO에서 발생함으로 듀얼모드 단말에 국한된 개선된 무선구간 Association 방식이 개발된다면 제안방식에서 Real-time 서비스 지원도 가능할 것으로 예측된다.

패킷손실 측면에서 상대 노드의 데이터 송신률이 증가할수록 패킷 손실률 또한 증가함을 볼 수 있다. 성능 분석 결과를 바탕으로 기존 방식에 비해 제안방식이 패킷 손실률에서도 훨씬 나은 성능을 보인다(그림14). 제안 방식에서 MA에 패킷당 4Kbyte의 버퍼링 기능을 활성화시킨 경우 60pps까지는 데이터 손실이 존재하지 않음을 알 수 있다. 패킷 버퍼 사이즈는 망 특성에 따라 최적의 값으로 조절한다면 그 이상에서도 손실이 없을 것으로 기대된다.

V. 결 론

가장 좋은 이종망간 연동방식은 Access망의 기술에 상관없는 통합된 전달망 구축과 단일 프로토콜 사용을 통해 이기종간 Seamless한 서비스를 제공토록 하는 것이다. 이는 현재 연구되고 있는 IMS(IP Multimedia Subsystem)가 하나의 예가 될 것이나 변경사항과 필요한 표준화 범위가 넓어 상용화하기에는 많은 시간이 필요하다. 그런 이유로 본 논문에서는 기존 UMTS와 WLAN의 독립적 운용을 보장함과 동시에 망 구축이 용이하며 Seamless한 서비스 제공이 가능한 새로운 연동망 모델과 핸드오버 절차에 대해 제안하였다. 제안 방식의 특징은 UMTS-WLAN 연동망 대표 모델인 Loose coupling과 Tight coupling의 결합 방식으로 두 구조가 가진 장점을 동시에 수용한 효율적인 망구조이며, 빠른 핸드오버를 제공할 수 있다. 본 제안 방식은 3GPP SAE 핵심망 진화의 중간 단계로 볼 수 있으며, 제안된 MA는 향 후 SAE를 구성하는 관련 Anchor로 그 효용성을 지속할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 3GPP TR 22.934, "Feasibility Study on 3GPP System to WLAN Interworking," Dec. 2002.

[2] 3GPP TS 23.234, "3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) Interworking; System Description, Rel. 6," V1.3.0, Dec. 2004.

[3] ETSI BRAN TR 101 957, "HIPERLAN Type 2: Requirements and Architectures for Interworking between HIPERLAN/2 and 3rd Generation Cellular Systems,"V1.1.1, Aug. 2001.

[4] J. Floroiu, R. Ruppelt, and D. Sisalem, "Seamless handover in terrestrial radio access networks: A case study," IEEE Communications Magazine, vol.41, no.11, pp.110 - 116, Nov. 2003.

[5] 3GPP TR 23.882, "3GPP System Architecture Evolution: Report on Technical Options and Conclusions," V0.11.0, Feb. 2006.

[6] H.H Choi, O.S Song, and D.H Choi "Seamless Handoff Scheme Based on Pre-registration and Pre-authentication for UMTS - WLAN Interworking," Kluwer Wireless Personal Communications, Sep. 2006.

[7] K. El Malki, "Low latency Handoff in Mobile IPv4," IETF draft raft-ietf-mobileip-lowlatency-handovers-v409.txt, Jun. 2004.

[8] S. Lo, G. Lee, W. Chen, and J. Liu,

"Architecture for Mobility and QoS Support in all-IP Wireless Networks,"IEEE J. Sel. Areas Communications, vol.22, no.4, pp.691 - 705, May 2004.

[9] H. Lee, S.W. Lee, and D. H. Cho, "Mobility Management Based on the Integration of Mobile IP and Session Initiation Protocol in Next Generation Mobile Data Networks,"IEEE VTC 2003 Fall, Vol. 3, pp. 2058-2062, Oct. 2003.

[10] O. Casals, Ll. Cerda, G. Willems, C. Blondia, N. Van den Wijngaert, "Performance Evaluation of the Post-Registration Method, a Low Latency Handoff in MIPv4," IEEE ICC 2003, Vol.1, pp. 522 - 526, May 2003.

[11] H.Y Kwon, K.Y Cheon, K.Y Roh, and A.S Park, "USIM based Authentication Test-bed for UMTS-WLAN Handover."

[12] S. Seshan, "Low latency handoff for cellular data networks," PhD Thesis, University of California at Berkeley, 1995.

[13] S.H Shin, Andrea G. Forte, and Henning Schulzrinne, "Seamless Layer-2 Handoff using Two Radios in IEEE 802.11 Wireless Networks," Columbia University Technical Report CUCS-018-06, New York, NY, Apr. 2006.

김 인 철 (Incheol Kim) 정회원

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 학사

2005년 9월 고려대학교 통신시스템기술 석사과정

1991년 1월~현재 LG-NORTEL 연구소 근무

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 이동통신

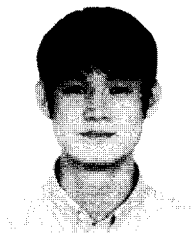
이 성 근 (Sungkuen Lee) 정회원

2004년 2월 고려대학교 전기전자전파공학과 학사

2004년 3월 고려대학교 전자공학과 석박사통합과정

<관심분야> 전자공학, 광통신공학, 무선통신공학

김 일 래 (Eallae Kim) 정회원



2004년 2월 고려대학교 전자 및 정보공학과 학사

2004년 3월 고려대학교 전자공학과 석박사통합과정

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학

박 진 우 (Jinwoo Park) 종신회원

1979년 2월 고려대학교 전자공학과 학사

1983년 8월 클렘슨대학교 전자공학과 석사

1987년 11월 버지니아 주립대학교 박사

1988년 3월~1989년 2월 명지대학교 전자공학과 교수

1989년 3월~현재 고려대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 무선통신공학, 광통신공학, 광통신망