

3G-WiBro 망간 수직핸드오버를 위한 mSCTP 기법

(mSCTP for Vertical Handover between 3G and WiBro)

김 동 필 ^{*} 고 석 주 ^{**}

(Dong Phil Kim) (Seok Joo Koh)

요약 본 논문에서는 3G 이동통신망과 WiBro 망간 수직 핸드오버 지원을 위한 mobile SCTP (mSCTP) 핸드오버 기법 적용방안을 제안한다. 제안하는 이종망간 mSCTP 핸드오버 기법의 성능분석을 위해 이동 단말에서 mSCTP 핸드오버를 자동적으로 지원하는 시스템을 개발하였다. 리눅스 기반 테스트 베드 실험을 통해 핸드오버 지연 관점에서 성능을 분석하고 실험결과를 Mobile IP 핸드오버 기법과 비교하였다. 실험결과, 이종망간 중첩영역에서 이동 단말의 체류시간이 충분히 클 때 mSCTP 핸드오버 지연시간이 상당히 감소될 수 있고, 또한 Mobile IP 보다 상대적으로 더 좋은 핸드오버 성능을 보여주고 있음을 알 수 있었다.

키워드 : 3G, WiBro, 수직 핸드오버, mSCTP, Mobile IP, 핸드오버 지연

Abstract This paper proposes a mobile SCTP (mSCTP) handover scheme for vertical handover between 3G wireless and WiBro networks. To evaluate the proposed mSCTP vertical handover scheme, we implement the mSCTP handover supporting system over Linux platform in which the movement of a mobile node is automatically detected and the mSCTP vertical handover is performed by the mobile node. We analyze and compare the performance of mSCTP handover and Mobile IP handover over the preconfigured testbed. From the numerical results, we can see that the handover latency of mSCTP could be much more reduced, compared to the Mobile IP handover, if the mobile node would sojourn long enough in the overlapping region between the two heterogeneous networks.

Key words : 3G, WiBro, Vertical Handover, mSCTP, Mobile IP, Handover Latency

1. 서 론

최근 다양한 형태의 통신망들이 IP 기반의 이종 통합 망으로 발전함에 따라, 이종망간 연동기술 및 이종망간 IP 이동성에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히, 기존의 3G이동통신망과 함께 IEEE 802.16e 기반의 Wireless

Broadband(WiBro) 서비스가 보급되면서 이종망간 핸드오버 기술의 중요성이 부각되고 있다[1]. 현재까지 3G와 WLAN간 연동 망에 대한 연구가 3GPP 표준화 기구를 중심으로 활발히 이루어지고 있으며, 주요 쟁점 사항으로써 연동 망구조, IP 이동성 지원, 인증, 보안 그리고 과금 이슈 등이 있다[2,3]. 반면에 3G-WiBro 수직 핸드오버에 대한 연구는 상대적으로 아직 미흡한 편이다[4].

현재까지 이종망간 IP 이동성 지원을 위해 여러 프로토콜들이 제안되어왔다. 그 중 Mobile IP(MIP)는 가장 대표적인 IP 이동성 기술로써 3G-WLAN 연동 망에서 IP 이동성지원을 위한 표준 기술로 고려되고 있다[5]. 또한, 응용 계층에서 이동 단말의 IP 이동성을 제공해주는 Session Initiation Protocol(SIP)는 멀티미디어 통신 세션을 관리하는 시그널링 프로토콜로써, SIP의 위치정보관리 서버를 이용하여 단말의 위치 정보를 등록하고, proxy 서버를 통해 SIP 세션을 관리함으로써 위치관리 기능을 제공할 수 있다[6,7]. 반면에, 수송 계층에서 IP

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0804-0004)

^{*} 학생회원 : 경북대학교 정보보호학과

dpkim@cs.knu.ac.kr

^{**} 종신회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

sjkoh@knu.ac.kr

논문접수 : 2007년 8월 28일

심사완료 : 2008년 3월 18일

Copyright © 2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 정보통신 제35권 제4호(2008.8)

이동성을 제공해 줄 수 있는 mobile Stream Control Transmission Protocol(mSCTP) 프로토콜은 기존의 이동성 지원 기술들과 달리 네트워크 장비에 대한 추가적인 비용투자 없이 종단간 세션의 연속적인 IP 이동성을 제공해 줄 수 있다[8]. 특히, 기존의 mSCTP 핸드오버 기법은 기존의 MIP나 SIP 프로토콜들과 달리 이종망간 수직 핸드오버에서 SCTP 멀티호밍 특성을 활용하여 이동 단말이 새로운 망으로 핸드오버를 수행하는 동안 이전 망과 지속적으로 통신을 수행함으로써 핸드오버 지연을 상당히 감소시킬 수 있다.

현재까지 대부분의 기존 연구에서는 3G-WLAN 연동을 위한 MIP나 SIP 기술의 적용방안에 대해 언급하고 있을 뿐, 3G-WiBro 망간 mSCTP 핸드오버 기법에 대한 연구는 아직 수행되지 않았다. 본 논문에서는 3G-WiBro 연동망에서의 mSCTP 수직 핸드오버 지원 기법을 제안한다. 특히, 3G 망의 대표적인 UMTS 이동통신 시스템에 대하여 WiBro 망과의 연동 시나리오에 대하여 기술하고, 이를 토대로 UMTS-WiBro 망간 mSCTP 수직 핸드오버 적용 절차를 제안한다. 또한, Linux 기반 테스트베드 실험을 통해 제안하는 mSCTP 수직 핸드오버 기법의 성능을 분석하고 이를 MIP 핸드오버 기법과 비교한다.

2. 관련 연구

본 절에서는 기존의 관련연구로서 이종망간 연동기술 및 IP 이동성 기술에 관해 알아보고, mSCTP 핸드오버 기법의 개요에 대해 기술한다.

2.1 기존 이종망간 연동기술 및 IP 이동성 기법

최근에 3G-WLAN 연동기법에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 특히, 3G-WLAN 연동을 위한 IP 이동성 지원기법에 대한 연구로써 MIP를 사용할 지 혹은 다른 IP 이동성 기술을 사용할 것이냐에 대한 논의도 심도 있게 진행되고 있다[2,3].

현재까지는 MIP가 3G-WLAN 연동을 위한 표준기술로써 사용될 것으로 전망하고 있지만, SIP 기반의 종단간 IP 핸드오버 기법에 대한 연구도 이루어지고 있다. 특히, Wide Wireless Access Network(WWAN)과 WLAN간 연동을 위한 SIP 기반의 핸드오버 기법이 제안되었다[7]. 또한, 3.5 계층에서 동작하는 Host Identity Protocol(HIP)을 적용하여 이종 망간 IP 이동성을 지원하는 기법도 제안되었다[9].

한편, MIP의 확장 메커니즘인 Fast Handover for Mobile IP(FMIP) 기법을 이종망간 연동에 적용한 연구 [10] 및 UMTS-WLAN간 mSCTP 핸드오버 기법에 대한 연구도 주목할 만하다[11]. 또한, UMTS 및 WLAN과 IEEE 802.16e 시스템간 연동을 위해 MIP 기법에 제안되기도 하였다[12].

상기한 바와 같이 그 동안 이종망간 연동에 대한 연구는 주로 3G-WLAN 연동 이슈를 고려하고 있으며, 3G-WiBro 연동 이슈에 대한 연구는 상대적으로 미비한 상태이다. 또한, 대부분의 경우 연동을 위한 IP 이동성 지원기술로써 MIP를 고려하고 있다. 본 논문에서는 3G-WiBro 연동을 위한 mSCTP 수직 핸드오버 이슈를 고려한다. 이에 대한 망 연동 시나리오와 함께 mSCTP 수직 핸드오버 적용 절차를 제안하고, 간단한 테스트베드 실험을 통해 제안 기법의 핸드오버 성능을 비교 분석하고자 한다.

2.2 mSCTP 핸드오버

mSCTP 핸드오버 기법은 SCTP 프로토콜이 제공하고 있는 멀티호밍(multi-homing) 특성을 활용하여 핸드오버를 지원하는 기술이다. SCTP 세션에 매핑되는 IP 주소를 동적으로 추가 및 삭제할 수 있는 'ADD-IP 확장 메커니즘'을 사용하여 종단간 IP 핸드오버를 지원할 수 있다[13].

그림 1은 mSCTP 핸드오버 개념을 보여준다.

그림에서 SCTP가 탑재된 Mobile Node(MN)은 Cor-

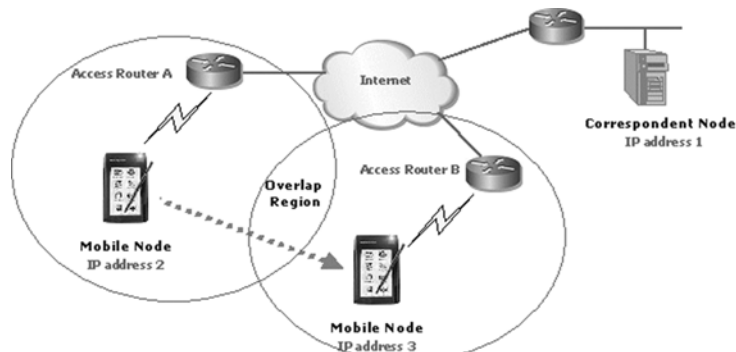


그림 1 mSCTP 핸드오버 개요

respondent Node(CN)과 연결을 설정한다. CN도 역시 SCTP를 탑재하고 있다. 연결설정 후에 MN와 CN간에 데이터 송수신을 수행하게 되고, 일정 시점에 MN는 새로운 망으로 진입하여 IP 주소를 할당 받는다. MN는 새로이 할당 받은 IP 주소를 SCTP 세션에 바인딩 함으로써 핸드오버를 수행할 수 있다.

세부적인 mSCTP 핸드오버의 수행 절차는 다음과 같다.

- ① MN은 새로운 망으로 진입하여 새로운 영역의 Link-Up 신호를 감지하고, 새로운 IP주소를 설정한다.
- ② SCTP 세션에 새로운 IP주소를 추가(ADD-IP)하고, ASCONF 청크(chunk)를 CN에게 보내면, CN은 ASCONF-ACK 청크로 응답한다. 이후, MN은 기존 및 새로운 주소로 데이터를 송수신할 수 있다.
- ③ MN이 지속적으로 이동하여 새로운 망의 신호강도가 더 강해지면 MN은 주요 전송경로(primary path)를 변경하기 위해 CN에게 ASCONF 청크를 보내고, CN은 ASCONF-ACK로 응답한다. 이후, CN은 데이터 청크를 새로운 IP 주소로 보낸다.
- ④ MN이 기존 영역을 완전히 벗어나, Link-Down 신호를 감지하면 MN의 기존 IP주소를 삭제하기 위해, ASCONF 청크를 CN에게 보내고, CN은 ASCONF-ACK 청크로 응답한다. 이후, MN은 새로운 IP 주소만 사용한다.

2.3 IP 이동성 기법들과의 특성 비교

표 1은 기존 IP 이동성 지원 기법들의 특성들을 비교 정리하고 있다.

위의 표에서 알 수 있듯이, MIP는 네트워크 계층에서 동작하고, mSCTP는 전송 계층, 그리고 SIP는 응용 계층에서 동작한다. 따라서, MIP와 SIP은 기존의 TCP나 UDP을 수송 프로토콜로써 사용할 수 있다. 반면에, mSCTP는 수송계층에서 동작하기 때문에 SCTP 프로토콜을 수송 프로토콜로써 사용하게 된다. 한편, MIP은 네트워크 계층에서 동작함에 따라 최적의 전송 경로를 찾을 수 있어야 한다. 이를 위해, MIP에서는 경로 최적화를 위한 추가적인 확장이 요구된다. MIP와는 달리 mSCTP나 SIP 프로토콜들은 수송 계층과 응용 계층에서 동작하여 종단간 통신을 위한 프로토콜로 사용되기

때문에 전송 경로 최적화에 대한 기능을 필요로 하지 않는다.

핸드오버 기법 측면에서 MIP는 위치관리 기법을 통해 이동 단말들의 IP 이동성을 제공해줄 수 있지만, IP 핸드오버를 위해서는 FMIP나 HMIP과 같은 프로토콜들의 확장이 불가피하다. 반면, mSCTP 핸드오버는 자체적인 멀티호밍 특성과 ADDIP 확장기법을 사용하여 핸드오버 기능을 제공해 줄 수 있다. 또한, SIP의 경우도 단말이 새로운 네트워크 영역으로 이동할 경우, SIP RE-INVITE 메시지를 전송함으로써 새로운 주소 정보를 교환하고 새로운 데이터 채널을 설정하여 핸드오버를 수행한다. 또한, 프로토콜 보급 및 적용 관점에서, mSCTP는 라우터의 별도 도움 없이 종단간 단말들의 통신을 통해 핸드오버가 수행되는 반면에 MIP는 핸드오버를 위해 라우터간 핸드오버 터널 설정이 요구되며, SIP의 경우에는 SIP 기반의 응용 프로그램에서만 핸드오버를 지원할 수 있는 단점이 있다.

3. UMTS-WiBro 연동을 위한 mSCTP 핸드오버 지원 기법

본 절에서는 UMTS 망과 WiBro 망간 연동 시나리오를 제안하고, UMTS-WiBro 연동망에서의 mSCTP 핸드오버 적용 방안을 기술한다.

3.1 UMTS-WiBro 연동 시나리오

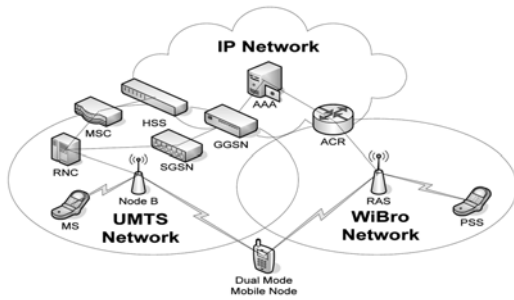
기존 3G-WLAN 연동 시나리오에서는 WLAN이 핫스팟(hotspot) 형태로 존재하는 시나리오를 고려한다. 한편, WiBro 망의 경우 WLAN에 비해 상대적으로 넓은 서비스 영역을 가지면서 고속의 인터넷 서비스를 제공할 수 있으므로 3G-WiBro 연동 시나리오는 기존의 3G-WLAN 연동 구조보다 더 다양하게 구성될 수 있다.

그림 2는 UMTS-WiBro 연동에서 고려할 수 있는 두 가지 시나리오를 보여준다. 그림 2(a)는 UMTS와 WiBro가 서로 대등한 관계로써 평행한 구조로 배치되는 경우이고, 그림 2(b)는 WiBro망이 UMTS망 안에 핫스팟 구조로 배치되는 경우의 연동시나리오이다.

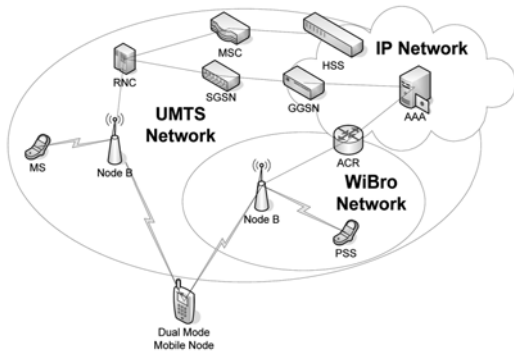
그림에서 UMTS 망은 크게 UTRAN과 코어망(core network)으로 구성된다. UTRAN은 이동단말과 기지국

표 1 기존 이동성 지원 프로토콜들의 특성 비교

분 류	MIP	mSCTP	SIP
프로토콜 계층	네트워크	수송	응용
수송 계층 서비스	TCP/UDP	SCTP	TCP/UDP
경로 최적화	추가 확장 기능 사용 (Route Optimization)	본질적으로 제공됨 (종단 단말간 통신)	본질적으로 제공됨 (종단 단말간 통신)
핸드오버 기법	FMIP, HMIP 등의 프로토콜 확장필요	자체적으로 제공	자체적으로 제공
요구사항 (보급 측면)	라우터의 지원 필요	필요 없음	SIP 기반 응용에만 적용됨



(a) 시나리오 1(평행 구조)



(b) 시나리오 2(핫스팟 구조)

그림 2 UMTS-WiBro 연동을 위한 두 가지 시나리오

간의 무선 접속을 위한 자원할당 및 세션관리를 담당하며 Node B와 RNC(Radio Network Controller) 등으로 구성된다. UMTS 코어 망은 이동 단말의 IP 주소할당 및 이동성관리, 그리고 외부 IP 망과의 데이터 송수신을 위해 사용되고, SGSN과 GGSN 등으로 구성된다. 한편, WiBro는 RAS(Radio Access Service)와 ACR(Access Control Router)로 구성되며, RAS는 UMTS의 UTRAN과 같은 역할로써 이동 단말과 기지국간의 세션 설정을 위한 무선 자원 및 채널 등을 관리한다. ACR은 UMTS의 UMTS 코어 망과 같은 역할로써 IP 주소 할당 및 이동성 관리 등을 담당한다.

본 논문에서는 고려하는 UMTS-WiBro 연동구조에서는 이동 단말이 최초 세션을 시작할 때 AAA 서버와 인증 절차를 수행하고, 이후 UMTS 망에서 WiBro로 이동하거나 WiBro 망에서 UMTS 망으로 이동하는 핸드오버 과정에서는 더 이상 인증 과정이 필요 없는 것으로 가정한다. 또한, 본 논문에서는 UMTS-WiBro 연동망 시나리오 1(그림 2(a))을 토대로 하여 mSCTP 핸드오버 지원 절차를 기술한다.

3.2 UMTS-WiBro 망간 mSCTP 수직 핸드오버 절차

UMTS-WiBro 연동에서 IP 이동성을 지원하기 위해서는 새로운 망에서 사용할 IP 주소를 획득하거나 생성

할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 IPv6 환경에서의 UMTS-WiBro 연동을 고려한다. IPv6 주소 생성은 UMTS의 GGSN과 WiBro의 ACR로부터 받은 망 prefix 정보를 이용하여 IPv6 자동 주소설정을 통해 생성한다고 가정한다.

그림 3은 MN이 UMTS 망에서 WiBro 망으로 진입하는 경우의 핸드오버 절차를 보여준다.

그림 3에서 볼 수 있듯이, MN이 UMTS에서 WiBro 망으로 이동하더라도 MN의 UMTS 인터페이스를 통해 지속적으로 인터넷 서비스를 제공받으면서 MN의 WiBro 인터페이스와 WiBro 망간 핸드오버가 수행된다. 이 경우, 핸드오버 수행과정은 다음의 세 절차로 이루어진다.

(1) WiBro 연결 설정

MN이 WiBro 망에 진입하면 MN의 WiBro 인터페이스와 RAS간의 하부 계층의 연결 설정을 위한 링크 동기화(DL-MAP과 UL-MAP)를 수행하고, RNG-REQ 및 RNG-RSP 송수신 과정에서 레인징(ranging)을 수행한다. 레인징 과정이 끝나면, SBC-REQ와 SBC-RSP를 통해 MN과 RAS 그리고 ACR간의 채널을 설정하고 사용가능 대역폭을 할당 받게 된다. 이후, MN은 REG-REQ와 REG-RSP를 교환하면서 MN을 ACR에 등록함으로써 MN가 WiBro 망간의 링크 계층의 연결 설정이 이루어지게 된다.

(2) WiBro 망에서 IPv6 주소 생성

MN와 WiBro 망과의 링크가 설정되면, 이동 단말은 ACR에게 망 prefix 정보를 요청하기 위해 RS(Router Solicitation) 메시지를 전송하고, ACR은 해당 정보를 담아 RA(Router Advertisement) 메시지를 통해 MN에 전달한다. MN은 RA로부터 수신한 정보 중 망 prefix 정보만을 추출하여 새로운 IPv6 주소를 생성한다.

(3) mSCTP 핸드오버 수행

MN이 IPv6 주소를 생성하면, 새로운 주소를 SCTP 세션이 추가(binding) 하기 위해 SCTP ADD-IP AS-CONF를 CN에 전송한다. 이때, MN과 WiBro 망간의 연결설정이 이루어져 있더라도 MN은 여전히 기존의 UMTS 망으로 인터넷 서비스를 제공받고 있다. 이는 이동 단말이 현재까지 UMTS와 WiBro 망간 중첩영역에 있다고 가정하기 때문이다. SCTP ADD-IP AS-CONF 역시 UMTS 망의 이전 주소를 통해 CN에 전송된다. MN가 CN으로부터 ASCONF-ACK를 수신하면, WiBro 망의 새로운 IP 주소가 현재 SCTP 세션에 추가되었다.

이후, MN가 주요 전송경로(primary path)를 새로운 주소로 변경하기 위해 SCTP ASCONF를 CN에 전송하고, CN이 이를 처리한 후 MN에 ASCONF-ACK를 보내면, 주요 데이터 전송경로는 UMTS 망이 아닌

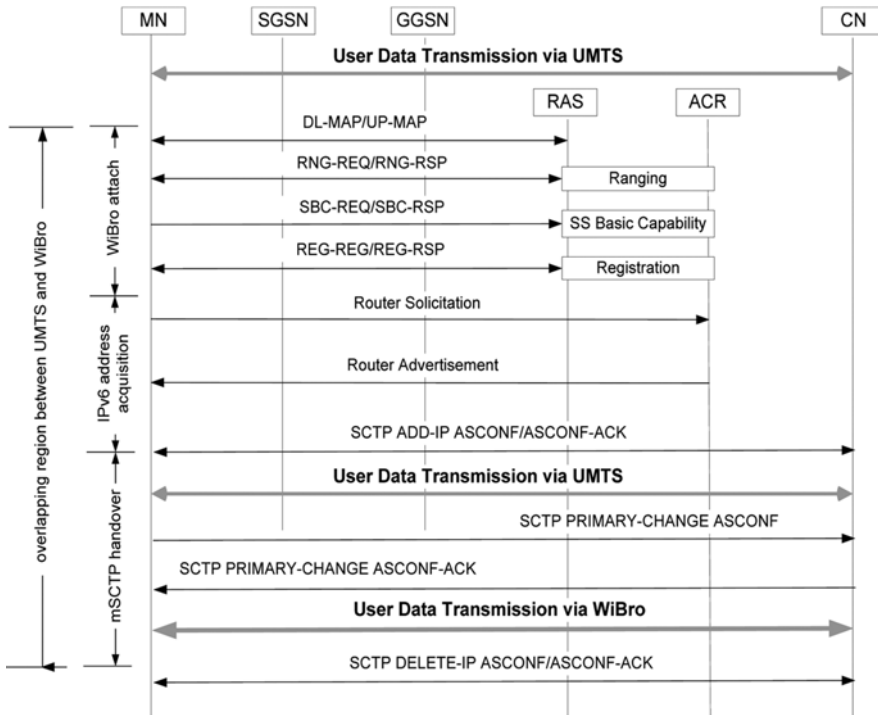


그림 3 UMTS에서 WiBro로의 핸드오버 수행 절차

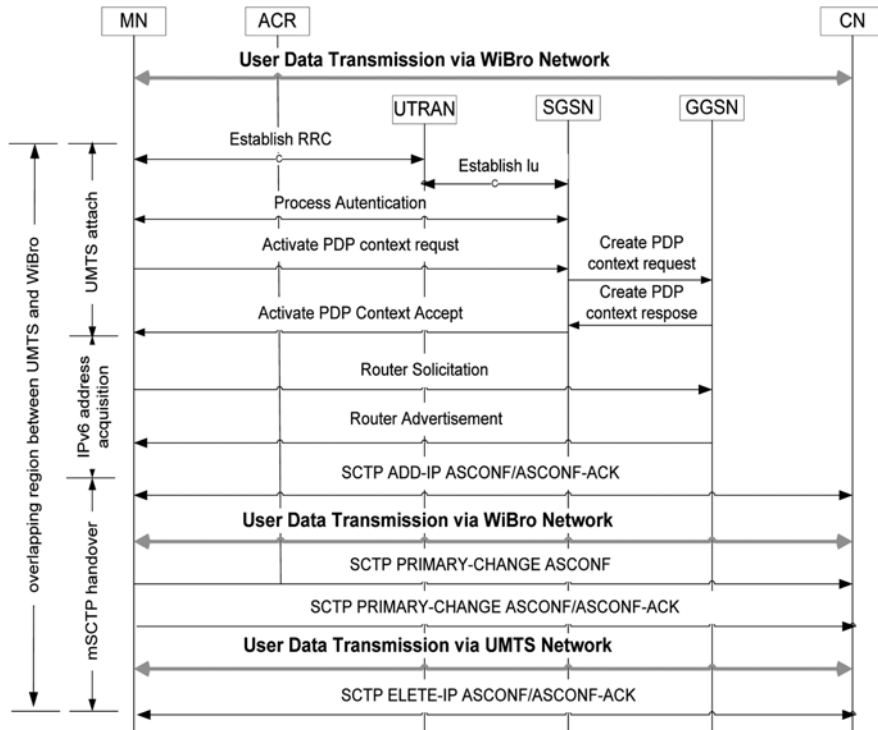


그림 4 WiBro에서 UMTS로의 핸드오버 수행 절차

WiBro 망 기반의 인터넷 서비스가 이루어지게 된다. 이 때, 주요 전송경로를 변경하기 위해 SCTP ASCONF를 UMTS 망의 이전 IP 주소를 사용하여 CN에 전송하지만, CN으로부터 전송되는 ASCONF-ACK는 새롭게 추가한 WiBro 망의 주소를 통해 전달된다. 이후, CN으로부터 전송되는 모든 데이터는 새로운 주소를 통해 전달된다.

MN가 지속적으로 이동하여 UMTS 망을 완전히 벗어나면 SCTP 세션에서 해당 IP 주소를 삭제하기 위해 SCTP DELETE-IP ASCONF를 CN에 전송하고, CN은 이에 응답 메시지를 전송한다. 이후, MN와 CN간 SCTP 세션에는 WiBro 망의 IP 주소만을 사용하게 된다.

한편, MN이 WiBro 망에서 UMTS 망으로 들어가는 경우에는 그림 4와 같은 핸드오버 수행 절차를 수행한다.

그림 4에서 MN이 WiBro 망을 통해 데이터 서비스를 제공받는 도중 UMTS 망으로 이동하였을 때, MN이 WiBro 망에서 UMTS로 이동하여 수행되는 핸드오버 절차는 앞서 언급한 UMTS망에서 WiBro망으로의 핸드오버와 같이 세 절차로 구성된다.

(1) UMTS 연결설정

MN이 UMTS 망에 진입하였을 때, MN의 UMTS 무선 인터페이스는 UTRAN과 데이터 채널을 설정한다. 이를 위해 UTRAN과 RRC(Radio Resource Control)를 설정하고, UTRAN은 SGSN과의 데이터 채널을 설정을 하기 위해 lu 인터페이스를 설정한다. MN와 SGSN간의 인증과정을 거치면, MN와 SGSN간의 GTP 기반의 데이터채널이 설정되고, MN는 SGSN과 GGSN간의 라우팅 정보 및 IP 주소 정보를 요청 및 유지하기 위해 PDP context 요청 메시지를 GGSN에 전송하도록 활성화시킨다. SGSN은 GGSN에게 PDP context 메시지를 생성하여 전송하고, GGSN은 링크 로컬 주소 정보를 생성한다.

(2) UMTS 망에서 IPv6 주소 생성

MN와 SGSN간의 GTP 기반 데이터 채널이 설정되면, IP 주소를 포함한 IP 기반 데이터 송수신과 관련된 정보를 GGSN에게 요청하기 위해 SGSN에게 PDP context 메시지를 전송하도록 요청한다. 이를 수신한 SGSN은 PDP context 메시지를 생성하여 GGSN에게 전송하고, GGSN은 링크 로컬 주소를 생성하여 SGSN을 통해 MN에게 전송한다. 이를 수신한 MN는 링크 로컬 주소 중 인터페이스 식별자만을 추출하여 이를 IPv6 주소 생성에 사용한다.

GGSN으로부터 PDP context Accept 메시지를 수신한 MN는 RS 메시지를 전송하고, GGSN은 RA 메시지에 망 정보를 담아 다시 전송한다. MN는 망 prefix 정보와, 앞서 추출한 인터페이스 식별 자를 이용하여 글로

벌 IPv6 주소를 생성하게 된다.

(3) mSCTP 핸드오버

MN이 IP 주소를 생성하는 즉시 SCTP ADD-IP ASCONF 체크를 CN에 전송하고 이에 대한 응답으로 ASCONF-ACK 체크를 수신한다. WiBro 망에서 UMTS 망으로의 핸드오버 절차도 마찬가지로, MN가 주요 데이터 전송 경로를 변경할 때까지는 WiBro 망의 IP 주소를 사용하여 데이터 송수신 및 핸드오버 제어 메시지를 전송하게 된다. 이후의 mSCTP 핸드오버 절차는 앞서 언급한 UMTS 망에서 WiBro 망으로의 핸드오버와 동일하다.

3.3 UMTS-WiBro 수직 핸드오버 관련 지연 요소

이중 연동망에서 두 망간 중첩영역이 충분히 크고 MN이 중첩영역에서 거주하는 시간이 충분히 길다면, 이 기종 연동 망에서 mSCTP 핸드오버 지연시간은 상당히 감소될 수 있다. 이는 mSCTP 핸드오버의 특성상 MN이 새로운 망과 핸드오버를 수행하는 동안 이전 망을 통해 데이터를 지속적으로 송수신할 수 있기 때문이다.

UMTS와 WiBro 연동 망에서 MN이 UMTS 망에서 WiBro 망으로 핸드오버를 수행할 때, MN과 WiBro 링크 설정시간과 IPv6 주소 생성시간, 그리고 mSCTP 핸드오버 수행시간의 합만큼 이중망간 중첩영역에서 머무른다면, 총 mSCTP 핸드오버 지연시간은 주요 전송경로를 변경을 위해 교환하는 ASCONF/ASCONF-ACK 체크들의 RTT(Round Trip Time) 시간이 된다. 유사한 방식으로 MN이 WiBro 망에서 UMTS 망으로 핸드오버를 수행하는 상황에서도 mSCTP 핸드오버 지연시간은 ASCONF와 ASCONF-ACK 체크 교환을 위한 RTT 시간에 해당한다.

4. 실험 결과 및 분석

본 절에서는 테스트베드 실험을 통해 이중 망에서 mSCTP 핸드오버의 성능을 분석한다. 성능분석을 위해 Linux 플랫폼에서 두 개의 무선 인터페이스를 장착한 MN이 자동적으로 이동성을 탐지하고 mSCTP 핸드오버를 수행할 수 있는 시스템을 개발하였다.

4.1 mSCTP 구현 개요

그림 5는 본 실험을 위해 개발된 이중 연동망간 mSCTP 핸드오버 지원시스템의 구조도이다.

그림에서 mSCTP 핸드오버 지원시스템은 링크계층 정보 모니터링(Link Layer Information Monitoring), 라우터 탐지(Router Discovery), 핸드오버 결정(Hand-over Decision) 그리고 핸드오버 실행(Handover Execution)으로 크게 4개의 기능모듈로 구성된다.

링크 계층 정보 모니터링은 MN에 부착되어 있는 무선 인터페이스들의 링크 정보들을 실시간 탐지하기 위

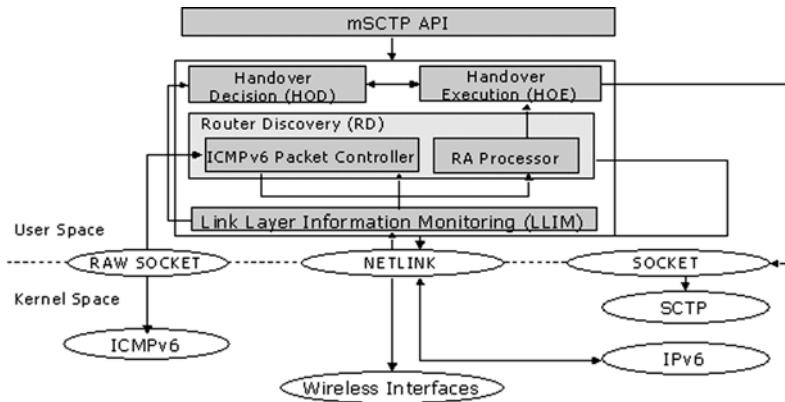


그림 5 mSCTP 핸드오버 지원시스템 구조

해 사용되는 기능모듈이며, 라우터 탐지 모듈은 해당 영역의 AR(Access Router)들로부터 수신한 RA 메시지를 분석하여 단말의 새로운 영역으로 이동하였음을 탐지하기 위해 사용되는 기능모듈이다. 또한, 핸드오버 결정은 mSCTP 핸드오버의 수행 시점을 결정하며, 핸드오버 실행은 실제 mSCTP 핸드오버를 수행하는 기능 모듈로써, SCTP 프로토콜에서 핸드오버 수행을 위한 ASCONF 체크를 전송하고 이에 대한 응답으로써 ASCONF-ACK 체크를 수신하는 기능을 포함한다.

링크 계층 모니터링 모듈은 링크 계층의 정보를 수집하기 위해 Linux Kernel 환경에서 제공하는 NETLINK 라이브러리를 사용하여 MN의 WLAN 인터페이스와 액세스 포인트와의 연결이 이루어지면 NETLINK에 의해 발생하는 링크 업 이벤트를 감지하게 된다. 링크다운 신호 역시 MN와 액세스 포인트간의 데이터 링크가 종료되면 발생하게 되고, 이를 NETLINK 라이브러리를 이용하여 감지하게 된다. 만일 링크 계층 모니터링 모듈에서 링크 업 이벤트를 하부 계층으로부터 수신하였다면, 접근 망 탐지 기능모듈을 활성화시키고, 링크다운 이벤트가 감지되면 핸드오버 결정 모듈에서 이를 검증하고 핸드오버 수행 모듈에서 해당 링크의 IP 주소를 SCTP 세션에서 삭제하도록 한다.

라우터 탐지 기능모듈은 MN이 다른 망으로 이동하였음을 탐지하는 모듈로써, 링크 계층 정보 모니터링 모듈에 의해 호출되면 ICMP 제어 모듈을 통해 RS 메시지를 보내어 해당 망의 정보를 요청한다. 이후, MN이 해당 망의 라우터로부터 RA 메시지를 수신하면, 현재 사용 중인 망 prefix와 비교하여 단말이 새로운 영역으로 이동하였음을 확인하고, 이어서 핸드오버 실행 모듈을 호출한다.

MN이 새로운 망으로 이동하여 mSCTP ADD-IP를 수행한 후, 진행 중인 SCTP 세션의 주요 데이터 전송

경로를 변경하기 위해 핸드오버 결정 모듈이 사용된다. 핸드오버 결정 모듈에서는 링크 정보 모니터링 모듈로부터 지속적으로 링크 정보를 수집하고, 이를 비교하여 주요 데이터 전송 경로의 변경 시점을 결정하게 된다. 본 시스템에서는 핸드오버 결정이 신호 강도를 비교하여 새로운 망의 신호가 강도가 좋으면 핸드오버 수행 모듈을 호출하여 주요 데이터 전송 경로를 변경하도록 하였다.

핸드오버 수행은 실제 mSCTP 핸드오버를 수행하는 기능모듈로써, 접속망 탐지모듈에서 MN이 새로운 망으로 이동하였음을 알리면 핸드오버 수행 모듈에서는 ADD-IP를 위한 SCTP ASCONF 체크를 CN에 전송하고, 이에 대한 응답으로 ASCONF-ACK를 받는다. 또한, ADD-IP 수행 후 핸드오버 결정 모듈에서 주요 데이터 전송 경로의 변경을 요청하면, 역시 SCTP ASCONF 와 ASCONF-ACK 체크들을 교환하게 된다. 마지막으로, 링크 정보 관리 모듈에서 링크다운 메시지를 수신하면 해당 IP 주소를 삭제하기 위해 핸드오버 수행 모듈에서는 DELETE-IP를 위한 ASCONF와 ASCONF-ACK를 송수신하게 된다.

4.2 실험 환경 및 시나리오

앞서 기술한 mSCTP 핸드오버 지원 기능을 탑재한 단말(호스트)를 기반으로 핸드오버 성능분석 실험을 수행하였다. 본래는 실제 3G 및 WiBro 무선환경을 구축하여야 하나, 실험환경 구축의 제약조건상 WLAN 시스템을 사용하여 mSCTP 수직 핸드오버 성능분석 실험을 수행하였다. 이와 같은 실험실 테스트베드 환경의 단점을 극복하기 위하여, 3절에서 기술한 3G-WiBro 연동 시나리오를 고려하여 테스트베드의 실험환경 변수를 설정하였다.

그림 6은 본 실험을 위해 구성된 테스트베드 구성도이다.

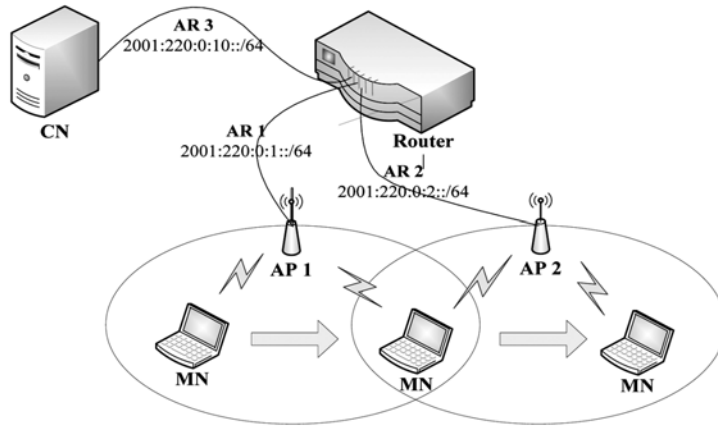


그림 6 실험실 테스트베드 구성도

위의 그림과 같이, 실험환경을 위해 한대의 라우터(router)와 두 대의 액세스 포인트(access point), 그리고 두 대의 단말기(MN과 CN)로 구성되는 소규모의 테스트베드를 구성하였다. 라우터에는 세 개의 서로 다른 서브넷을 가지고, 두 개의 무선 네트워크와 한 개의 유선 네트워크 영역으로 구성하였다. 한편, 실험 시나리오는 MN이 AR1영역에서 AR2로 이동하며, CN은 AR3 영역으로 데이터 서비스를 제공하는 서버로써 동작하도록 설정하였다. 실험 수행 시나리오를 좀 더 구체적으로 언급하면, MN은 AR 1영역에서 AR2로 이동하는 상황을 연출하기 위해 실험 초기에 AR 1영역에 있는 AP 1만을 사용하도록 한 후, 실험 시작 20 초 뒤에 AR 2영역에 속한 AP 2을 동작시키도록 하였다. 이때, MN은 AR 1영역과 AR 2영역의 중첩 영역에 있게 되며, MN의 첫 번째 인터페이스는 AP 1을 통해 데이터 통신을 지속하며 MN의 두 번째 인터페이스는 AP 2을 통해 새로운 망과 링크 계층 연결 설정 및 mSCTP 핸드오버를 수행하게 된다. 실험 시작 30초 뒤에 AP 1의 전원을 끄고 MN이 AP 2만을 사용하도록 하였다. 한편, MN의 AR 2영역으로 진입하고 (AP 2의 전원을 켜 시각) ADD-IP 수행 후, 3초 뒤에 주요 데이터 전송 경로를 변경하기 위해 Primary-Change을 수행하도록 하였다. 본 실험에서 두 영역간의 중첩 영역은 10초로 설정하였으며 이는 3G 네트워크와 WiBro로 구성된 이기종 연동 망에서 충분히 연출될 수 있는 시간이다.

4.3 실험 결과 및 분석

표 2는 본 실험 환경에서 mSCTP 핸드오버의 실험 수행 결과를 보여주고 있다. 이중 망 환경에서 mSCTP 핸드오버의 성능을 분석하기 위해서 핸드오버 수행에 요구되는 지연 시간들을 각 핸드오버 수행 계층 별로 측정하였다.

위의 표에서 링크 계층 설정시간은 MN이 AR2망으로 이동하여 AP2와 새로운 링크를 설정하는데 걸리는 시간으로써 평균 약 1.2초의 시간이 걸렸다. 이는 WiBro 시스템이나 UMTS 시스템을 사용하였을 시에는 각 링크 설정에 소요되는 시간으로 대체할 수 있다. IPv6 주소 설정시간은 MN이 AP 2와 새로운 링크를 설정한 후 IPv6 자동 주소 설정 방식을 통해 새로운 주소를 생성하는데 소요되는 시간으로써 평균 약 1.3초가 걸렸다. 또한, 새로운 주소를 생성한 후 CN에 새로운 주소를 통보하기 위해 수행되는 ADD-IP는 0.027초가 걸렸으며 Primary-Change을 수행하기 위해 걸린 시간은 약 0.06초로 측정되었다. 마지막으로 DELETE-IP의 수행에 걸리는 시간은 약 0.052로써 측정되었다.

한편, 그림 7은 본 실험 결과에서 실험 수행 시간에 따른 패킷 일련 번호의 변화를 보여주고 있다.

위의 실험 결과에서 MN이 새로운 영역으로 진입한 후, 약 23초에 ADD-IP가 수행되었고, Primary-Change는 약 26초 지점에서 수행되었다. 이는 MN이 새로운 망으로 이동한 후, MN이 새로운 영역으로 진입한

표 2 실험에 의해 측정된 핸드오버 수행 시간

시간 (초)	링크계층 설정시간	IPv6 주소 설정 시간	ADD-IP 수행 시간	Primary-Change 수행 시간	DELETE-IP 수행 시간
최소	0.821	1.012	0.003	0.004	0.003
최대	1.563	1.945	0.062	0.070	0.098
평균	1.221	1.320	0.027	0.060	0.052

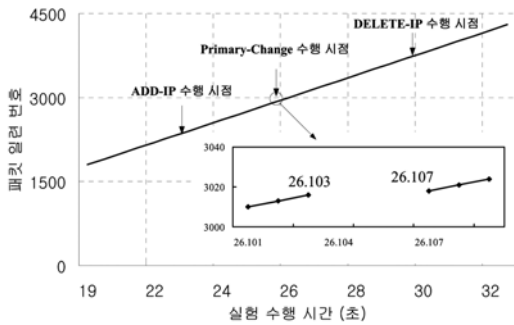


그림 7 실험에 의해 측정된 mSCTP 핸드오버 지연 시간

WLAN 망과의 링크 계층 연결 설정 시간과 IPv6 주소 설정시간이 약 3초 정도의 시간이 소요되었음을 알 수 있다. 이는 표 2의 실험결과와 거의 일치하고 있음을 의미한다.

한편, 그림 7에서 핸드오버 지연 시간은 가시적으로 거의 없음을 알 수 있다. 실제로 핸드오버 지연 시간은 약 0.004(26.107-26.103=0.004)초로 측정되었으며, 본 지연시간은 MN의 주요 데이터 전송 경로를 변경하기 위해 전송된 Primary-Change의 ASCONF와 ASCONF-ACK의 RTT(Round Trip Time) 시간이다. 이는 MN이 이중 망간 중첩영역에서 새로운 망과의 데이터 링크를 연결 설정하고, IPv6 주소를 설정하는 동안 지속적으로 기존의 IP 주소를 통해 데이터를 송수신하고 있기 때문이다. 다만, MN이 주요 데이터 전송 경로를 변경하기 위해 송수신 되는 ASCONF와 ASCONF-ACK 전송시간 동안에는 데이터 송수신이 이루어지지 않게 된다.

또한, 주요 데이터 전송 경로 변경 후 MN이 기존의 영역을 벗어난 후 곧바로(실험 시작 후 약 30)초 지점에서 기존의 IP주소를 SCTP 세션에서 삭제하기 위해 DELETE-IP가 수행되었음을 알 수 있었다. 이것 역시 새로운 주소로 데이터를 송수신하고 있기 때문에 어떠한 지연시간도 발생하지 않았다. 따라서, 본 실험에서 이중 망간 mSCTP 핸드오버의 총 지연시간은 약 0.004초로 측정되었으며, 이는 주요 데이터 전송 경로를 변경하기 위해 요구되는 시간으로써, MN과 CN간의 RTT 시간에 비례하게 된다. 이러한 mSCTP의 핸드오버의 짧은 지연시간은 mSCTP 핸드오버가 두 네트워크 영역간의 중첩영역에서 새로운 망과 핸드오버를 수행하는 동안 기존 경로를 통해 데이터를 지속적으로 송수신할 수 있기 때문이다. 이러한 mSCTP 핸드오버의 특징은 이중 연동 망에서 MN의 중첩 영역에서의 거주 시간이 밀접한 관련이 있음을 의미한다. 이를 확인하기 위해 이중 망간 중첩 영역에서 MN의 거주시간에 따른 핸드오버 지연시간을 실험을 통해 확인해보았다.

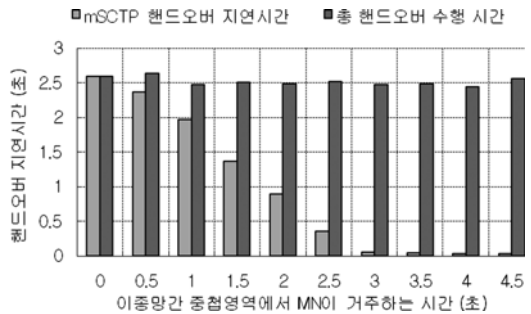


그림 8 MN의 중첩영역 거주 시간에 따른 핸드오버 지연시간 및 총 핸드오버 수행시간

그림 8은 이중 망간 중첩영역에서 MN의 거주시간에 따른 핸드오버 지연시간에 대한 실험결과를 보여준다. 그림 8의 실험을 위해, MN의 이중 망간 중첩영역을 달리하여 핸드오버 지연시간 및 총 핸드오버 수행 시간을 측정하여 비교하였다.

위의 그림에서 볼 수 있듯이, 두 이중 망간 중첩영역에서 MN의 거주시간이 증가하더라도 총 핸드오버 수행시간(표 2 참조)은 약 2.6초로 거의 일정한 반면, 실제 측정된 핸드오버 지연시간은 중첩영역에서 MN의 거주시간이 증가함에 따라 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 중첩영역에서의 거주시간이 증가하더라도 총 핸드오버 수행시간은 변함이 없지만 핸드오버 지연시간은 중첩영역이 증가함에 따라 MN이 이전의 주소로 데이터를 송수신하면서 핸드오버를 수행할 수 있기 때문이다. 더욱이, 그림 8에서 이중 망간 중첩영역에서 MN의 거주시간이 약 2.5초 이후부터 핸드오버 지연시간이 거의 0초에 가깝게 보여지고 있다. 여기서 2.5초는 총 핸드오버 수행시간으로써, 중첩영역에서 MN의 거주시간이 MN의 새로운 망에 대한 핸드오버 수행시간보다 크다면, 핸드오버 수행과 데이터 송수신을 동시에 할 수 있기 때문에 핸드오버 지연시간이 크게 감소하게 된다. 구체적으로 언급하면, 동중망간 핸드오버 상황과 같이 두 망간 중첩영역이 없는 경우에는 MN이 핸드오버를 수행하는 동안 데이터 송수신을 할 수 없기 때문에 그림 8과 같이 핸드오버 총 지연시간이 약 2.6초로 측정될 수 있으며, 중첩영역에서 MN의 거주시간이 약 2.5초 이상으로써, 상대적으로 긴 경우에는 핸드오버 총 지연시간이 0초에 가까웠다. 따라서, 본 실험을 통해 이 기종 연동 망에서 mSCTP 기반 이중 망간 핸드오버는 이 기종 망간 중첩영역에서 MN의 거주시간에 따라 핸드오버 지연시간을 상당히 줄일 수 있음을 알 수 있다.

한편, 그림 9는 이 기종 연동 망에서 MN의 중첩영역에서 거주시간이 mSCTP 핸드오버의 총 수행 시간보다 크다고 가정할 때, MIPv6와 mSCTP의 핸드오버 성능

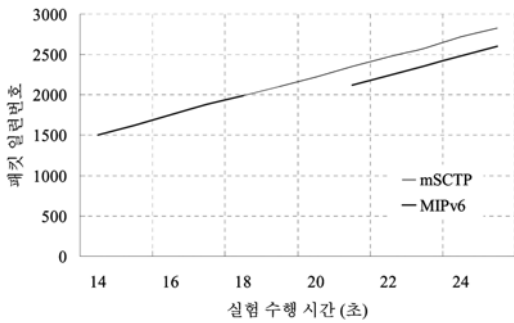


그림 9 mSCTP 핸드오버와 MIPv6 핸드오버 지연 비교분석

을 핸드오버 지연 시간관점에서 실험한 결과를 보여준다. 그림 9의 실험을 위해 그림 6의 테스트 구성도에서 MN와 CN에 MIPv6 2.0.2을 설치하고, AR 1 영역에 홈 에이전트를 추가로 구성하였다.

위의 실험결과에서, MIPv6는 mSCTP에 비해 핸드오버 지연시간이 상대적으로 길게 측정되었다. 이는 MIPv6 프로토콜이 MN가 한 순간에 두 개 이상의 무선 인터페이스를 사용하는 이중 연동 망 환경을 고려하지 않고 설계되어, MN이 중첩영역에 있더라도 한 순간에 하나의 무선 인터페이스만 사용하여 새로운 망으로 핸드오버를 수행하는 시간 동안 기존 망과의 데이터 통신이 이루어지지 않아, 핸드오버 수행에 요구되는 시간이 핸드오버 지연시간으로 반영되기 때문이다. 본 실험에서 MIPv6의 실제 측정된 핸드오버 지연시간은 약 4초로써, 이는 새로운 망에 대한 WLAN 연결 설정과정에 걸리는 시간과 IPv6 주소설정에 걸리는 시간, 그리고 홈 에이전트에 새로운 주소를 등록하고 경로 최적화 과정에 소용되는 시간의 합이다. 반면, mSCTP 핸드오버는 그림 7과 8에서 언급하였듯이, 중첩영역이 충분한 경우에 핸드오버 지연시간은 주요 데이터 전송 경로를 변경하는데 걸리는 시간으로써 거의 0초에 가깝게 측정되었다.

5. 결론

본 논문에서는 이중망간 수직 핸드오버 지원을 위한 mSCTP 핸드오버 기법을 제안하였다. 특히, UMTS-WiBro 망연동 시나리오에 대하여 IP 핸드오버 지원을 위한 mSCTP 핸드오버 절차를 기술하였다. 성능분석 실험을 위해 이동 단말이 자동적으로 mSCTP 핸드오버를 지원할 수 있는 시스템을 개발하고, 테스트베드 실험을 통해 mSCTP 핸드오버의 성능을 핸드오버 지연관계에서 분석하고 그 결과를 Mobile IP와 비교하였다.

실험결과로써 이동 단말이 이중망간 중첩영역에서의

체류시간이 충분히 클 때 mSCTP 핸드오버의 지연시간은 거의 0초에 가깝게 측정되었다. 이는 이동 단말이 두 망간 중첩영역에서 새로운 망으로 핸드오버를 수행하는 동안에도 기존 IP 주소를 이용하여 데이터를 지속적으로 송수신하고 있기 때문이다. 이중망간 수직 핸드오버 지연시간은 mSCTP 핸드오버에서 주요 데이터 전송경로를 변경하기 위해 제어 메시지를 교환하기 위한 RTT 시간에 해당한다. 또한, Mobile IP와 핸드오버 성능을 비교한 결과, mSCTP 핸드오버가 상대적으로 짧은 핸드오버 지연시간을 가지는 것을 알 수 있었다.

본 논문은 3G와 WiBro 연동 망 환경에서 mSCTP 핸드오버의 적용 방법에 관한 연구로써, 이중 연동 망 환경에서 자동적으로 mSCTP 핸드오버를 지원할 수 있는 시스템을 개발하여 두 개의 WLAN 인터페이스를 장착한 이동 단말 환경에서 핸드오버 성능을 분석하였다. 향후 연구로는 이동 단말에 실제 3G의 UMTS나 WCDMA 인터페이스와 WiBro 인터페이스를 장착하여 실제 환경에서 mSCTP 핸드오버를 실험해보고 그 성능을 MIPv6와 비교해볼 것이다. 또한, MIPv6의 확장된 버전인 Fast MIPv6와 Hierarchical MIPv6와 성능을 비교해보고, 망 기반 MIPv6 버전인 Proxy MIPv6와도 여러 측면에서 성능을 분석해 볼 것이다.

참고 문헌

- [1] ITU-T Recommendation Q.1706, Mobility Management Requirements for Next Generation Networks, 2006.
- [2] 3GPP, "3GPP system to WLAN interworking: Functional and architectural definition," 3GPP TR, 23.934, 2002.
- [3] Ahmavaara, K., et al., "Interworking Architecture between 3GPP and WLAN Systems," IEEE Communications Magazine, November 2003.
- [4] 김석훈 외, "3G-WiBro 고속 핸드오버를 위한 연동방안", 한국통신학회논문지, 제30권 제5호, pp. 264-270, 2005년 5월.
- [5] Perkins, et al., IP mobility Support for IPv4, IETF RFC 3344, August 2002.
- [6] Schulzrinne, H., et al., "Application-Layer Mobility using SIP," ACM Mobile Computing and Communication Review, Vol.4, No.3, pp. 44-57, July 2000.
- [7] Wu, et al., "SIP-Based Vertical Handoff between WWANs and WLANs," IEEE Wireless Communications, Vol.12, No.3, pp. 66-72, June 2005.
- [8] Koh, S., et al., "mSCTP for Soft Handover in Transport Layer," IEEE Communication Letters, Vol.8, No.3, pp. 189-191, March 2004.
- [9] Yick, et al., "HIP Based Mobility Management for UMTS/WLAN Integrated Networks," ATNAC 2006, Vol.3, pp. 55-59, December 2006.

- [10] Stephane, A., et al., "Fast Handover Schemes for Future Wireless IP Networks," A Proposal and Analysis," in Proc. IEEE 53rd Vehicular Technology Conf., pp. 2046-2050. 2001.
- [11] Ma, L., et al., "A New Method to Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP," IEEE Vehicular Technology Conference 2003, Vol.3, pp. 6-9. October 2003.
- [12] Pries, R., et al., "Handover Strategies for Heterogeneous WLAN/UMTS/WiMax Networks," Jeju International Ubiquitous Computing Conference 2006, April 2006.
- [13] Stewart, R., et al., Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration, IETF Internet Draft, draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-22.txt, December 2007.



김 동 필

2005년 2월 경북대학교 정보보호학과 석사 졸업. 2005년 3월~현재 경북대학교 정보보호학과 박사과정. 관심분야는 IP 이동성 기술, SCTP



고 석 주

1998년 8월 KAIST 산업공학과 공학박사. 1998년 8월~2004년 2월 ETRI 표준연구센터 선임연구원. 2004년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 조교수 2000년~현재 ITU-T SG13, SG17, SG19 및 JTCL/SC6 Editor. 관심분야는 이동성 제어, 미래인터넷, NGN, SCTP