

WiMAX 네트워크 기반의 모바일 IPTV 서비스 제공을 위한 핸드오버 절차 구현 방법 및 성능 분석

*송순용 **김영일

한국전자통신연구원

*angeni@etri.re.kr

Handover procedure implementation and its performance analysis for mobile IPTV service based on WiMAX network

*Song, Soon Yong **Kim, Young-il

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요약

모바일 IPTV는 이동통신망을 이용하여 방송서비스를 제공한다. 이동통신망을 통해 원활하게 방송서비스를 제공하기 위해서는 극복해야 할 기술적인 장벽이 몇 가지 존재한다. 그 중 하나로, 사용자가 기지국과 기지국 사이를 이동하는 경우 통신망은 연속적으로 서비스를 제공하기 위해 상대 기지국에 사용자의 정보를 전달하는 핸드오버 절차가 수행된다. 핸드오버 절차가 수행되면 시간의 지연이 발생하는데, 시간 지연은 방송 품질에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 핸드오버의 발생에 따른 성능 분석은 원활한 방송 서비스를 제공하는데 있어 필수적인 과정으로 볼 수 있다.

본 논문은 핸드오버 성능을 분석하기 위하여 기본적인 무선 액세스 네트워크의 기능이 이미 구현되어 있는 NLS(Network-level Simulator)를 이용한 모의실험 방법을 제시한다. 하지만, 성능 분석에 필요한 기능이 모두 NLS에 포함되어 있지는 않다. 따라서 본 논문에서는 NLS 중 하나인 QualNet을 이용하여 핸드오버 성능 분석에 필요한 기능을 구현하는 방법을 예로 설명한다. 성능은 핸드오버 지연시간과 지연시간의 CDF(Cumulative Distribution Function) 로서 나타낸다.

1. 서론

IPTV는 IP망을 통해 사용자에게 TV 서비스를 제공하는 기술로, 인터넷 기술 기반의 네트워크를 이용하여 기존의 TV에 비해 향상된 서비스를 제공한다. IP망을 사용하는데 따른 대표적인 이점은, 기존에 구성된 인터넷 망을 이용하여 쉽게 양방향 서비스를 제공할 수 있다는 점을 들 수 있다. 또한 방송서비스는 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)와 같이 이동성을 지원하는 방송 서비스를 제공하는 방향으로도 발전하여 고정된 장소에서나 시청이 가능했던 TV를 사용자가 원하는 장소에서 언제나 시청이 가능한 기술이 개발되었다. 한편, 이동통신 기술의 발전으로 IPTV의 장점과 이동형 TV의 장점을 살린 서비스들을 사용자에게 제공하는 모바일 IPTV의 개념이 나타나게 되었다. ([1])

대한민국 정보통신기술협회(Telecommunications Technology Association, TTA)에서는 모바일 IPTV를 “텔레비전/비디오/오디오/텍스트/그림/문자 등의 멀티미디어 서비스를 QoS/QoE, 보안, 이동성 및 인터랙티브 기능이 부여된 IP 유무선 네트워크를 통해 사용자가 송수신할 수 있도록 하는 기술”로 정의하고 있다. ([2]) 여기서, 이동통

신망을 이용하여 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 기본적으로 사용하는 이동통신망이 많은 데이터를 고속으로 처리하고 전송할 수 있어야 한다. 따라서 이러한 요구사항을 만족시킬 수 있는 3GPP/LTE 또는 IEEE 802.16 등과 같은 차세대 이동통신 규격 기반의 기술이 사용된다. ([1], [3]) 차세대 이동통신 규격은 방송을 위한 기술을 별도로 정의하고 있다. 3GPP/LTE 진영에서는 MBMS(Multimedia Broadcast Multicast Service) 혹은 eMBMS(Enhanced MBMS), IEEE 802.16 진영에서는 802.16e 규격과 802.16m 규격에 각각 MBS(Multicast Broadcast Service) 혹은 E-MBS(Enhanced MBS)로 정의하고 있다. 본 논문에서는 언급한 두 기술 중 IEEE 802.16 기술을 고려한다. IEEE 802.16 진영은 앞서 언급한 바와 같이 단말장치와 기지국 장치간의 액세스 네트워크에 대한 PHY-MAC 규격 뿐 아니라 WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access) 포럼에서 MCBCS(MultiCast BroadCast Service) 규격을 별도로 두어 네트워크 레벨에서 멀티캐스트 트래픽을 처리하는 기술과 코어 네트워크를 제어하기 위한 기술들을 언급한다. 코어 네트워크 제어 기술로는 MBS 서비스의 시작/종료, 데이터 통로의 형성 및 해제, 핸드오버, 위치정보 전달, 콘텐츠 동기 제어 기술 등이 있다. ([4]-[7])

코어 네트워크 제어 기술 중 통신망의 성능에 영향을 미치는 기술로 핸드오버를 들 수 있다. 핸드오버가 발생되면 연속적인 서비스를 제공하기 위해 상대 기지국으로 단말장치의 정보를 알리고 트래픽을 이동시키기 위한 절차가 수행된다. 핸드오버 절차는 무선 및 유선 네트워크 구간에서 여러 메시지들이 이동하는데, 메시지들이 이동하는 동안 시간의 지연이 발생한다. 시간의 지연은 모바일 IPTV를 연속적으로 서비스하는데 장애를 일으킬 수 있으므로, 지연시간을 예측할 방법이 있어야 한다. 핸드오버 제어 메시지들이 발생시키는 지연시간을 예측하기 위한 방법으로, 검증된 시뮬레이션 소프트웨어를 이용할 수 있다. 본 논문에서는 QualNet을 이용하여 MCBCS에 기술된 핸드오버 절차를 보완하는 방법을 설명한다. 시뮬레이션 소프트웨어에 구현한 핸드오버의 성능은 지연시간으로 평가하며 CDF로 특성을 보일 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 WiMAX의 MCBCS 네트워크의 구조에 대하여 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 사용할 NLS의 구조에 대하여 설명한다. 4장에서는 NLS에 핸드오버를 구현하는 방법을 설명하고 5장에서는 4장에서 구현된 결과에 대한 실험 결과를 그래프로써 보여주며 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

2. WiMAX-MCBCS 네트워크 모델

IEEE 802.16 규격에는 PHY-MAC 기능에 대하여 정의되어 있다. 그보다 상위 계층에서의 통신 기능에 대해서는 WiMAX 포럼에서 규격화한 문서에 정의되어 있다. 특히 모바일 IPTV 서비스를 위한 멀티캐스트 혹은 브로드캐스트 방식을 지원하는 네트워크에 대해서는 MCBCS 문서에 상세한 기능이 정의되어 있다. ([4]-[7]) MCBCS 문서에 기술된 내용을 토대로 멀티캐스트 및 브로드캐스트 서비스를 지원하는 WiMAX 네트워크의 구조는 다음의 그림 1과 같이 MS(Mobile Station), BS(Base Station)와 ASN-GW를 포함하는 ASN(Access Service Network), CSN(Connectivity Serving Network), 그리고 참조점(Reference Point)을 사용하여 나타낼 수 있다.

각각의 장치들은 참조점에 의해 연결된다. R1 참조점은 MS와 BS 사이의 인터페이스로, IEEE 802.16e 규격에 정의된 PHY-MAC 인터페이스와 무선 접속을 위한 기능을 포함한다. R2 참조점은 MS와 CSN 사이의 인터페이스로, 인증/IP 호스트 설정 관리 등과 같이 종단간의 서비스 제공을 위한 프로토콜 및 절차 등을 포함한다. R3 참조점은 ASN과 CSN 사이의 인터페이스로, AAA 서버를 통한 인증 지원/이동성 관리기능 지원 등과 관련된 프로토콜 및 절차 등을 포함하며, 특히 MCBCS를 지원하기 위한 멀티캐스트 기능(MCBCS 세션관리, QoS 관리 등)을 포함한다. R4 참조점은 ASN들 사이의 인터페이스로, MS가 이동하는데 따른 ASN간의 동작에 대한 프로토콜을 포함한다. R5 참조점은 CSN들 사이의 인터페이스로, CSN간의 동작에 대한 프로토콜을 포함한다. R6 참조점은 BS와 ASN-GW 사이의 인터페이스로, 단일 ASN 내의 동작에 대한 프로토콜을 포함한다. R4/R6 참조점은 동기/정보/데이터 등과 같은 정보를 전달하며, 특히 MCBCS를 지원하기 위한 멀티캐스트 기능을 포함한다. 마지막으로 R8 참조점은 BS들 사이의 인터페이스로, 단일 ASN 내의 BS들의 동작에 대한 프로토콜을 포함한다. 모든 참조점 중 R2, R8 참조점은 제어 정보만을 포함하며, 나머지 참조점은 제어 정보와 함께 데이터 패스 정보를 포함한다.

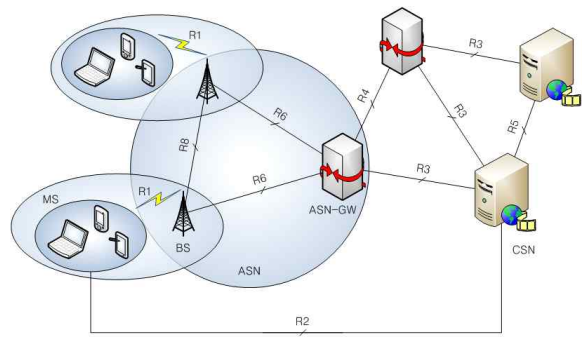


그림 2 모바일 WiMAX 네트워크 구조

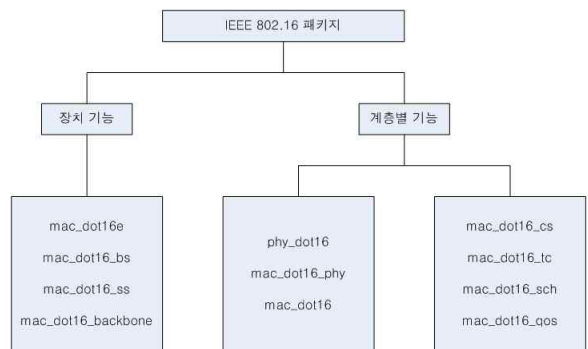


그림 1 QualNet IEEE 802.16 패키지 구성

기능 명칭 (파일명)	세부 사항
mac_dot16e	단말의 이동성 지원 (핸드오버)
mac_dot16_bs	BS 동작정의
mac_dot16_ss	MS 동작정의
mac_dot16_backbone	BS 간의 정보 교환
phy_dot16	PHY 계층의 기능정의
mac_dot16_phy	MAC 계층을 위한 PHY 파라미터 계산
mac_dot16	MAC 계층의 공통 기능정의
mac_dot16_cs	Convergence sublayer 동작정의
mac_dot16_tc	Traffic condition 동작 정의
mac_dot16_sch	MAC PDU의 스케줄링
mac_dot16_qos	MAC PDU의 QoS설정

표 1 QualNet IEEE 802.16 패키지의 세부 기능

3. 네트워크 레벨 시뮬레이터

본 논문에서는 모바일 IPTV 성능 분석을 위한 NLS로 QualNet을 사용한다. QualNet은 OPNET, NS-2/3등과 같은 NLS중 하나로, 네트워크 레벨의 프로토콜 및 기능을 검증하고, 네트워크의 성능 분석을 위한 시뮬레이션 소프트웨어이다. QualNet은 이미 검증이 완료된 다수의 기능과 프로토콜 등을 ANSI 규격의 C/C++ 소스코드 레벨의 라이브러리로 제공하기 때문에 필요한 기능을 추가하기 용이하다는 장점이 있다. 특히 모바일 IPTV를 위한 무선 액세스망으로 차세대 이동통신 방식 중 하나인 WiBro 규격도 고려하고 있다. WiBro 규격은 IEEE 802.16e 규격에 정의된 기능 중 일부를 발췌한 것으로, QualNet ver. 4.0 에는 2005년 발간된 IEEE 802.16e 규격 기반의 PHY-MAC 기능이 대부분 구현되어 있는 상태이다.

QualNet에 구현된 모든 라이브러리는 파일명으로 기능을 쉽게 유추할 수 있다. 특히 IEEE 802.16 기능은 그림 2와 같이 구성되어 있다. IEEE 802.16 패키지는 크게 장치기능과 계층별 기능으로 분류할 수 있고, 파일명이 갖는 보다 세부적인 의미는 표 1과 같다. IEEE 802.16의 주요 파라미터와 함수들을 헤더파일에 선정한 mac_dot16e를 제외하고 모두 헤더파일과 소스파일로 구성되어 있다. 각각의 파일 내부에는 특정 기능을 수행하는 API들이 정의되어 있다. 대부분 특정 기능의 초기화(Initialize), 종료(Finalize), 제어 메시지 생성(Build), 처리(Handle) 동작이 정의되어 있다. QualNet에서는 Node 구조체와 Message 구조체를 이용하여 API간 정보를 교환/저장한다. Node 구조체는 장치의 위치/기능/계층 등에 대한 정보를, Message 구조체는 메시지에 대한 정보를 보유한다. ([8])

4. 핸드오버 절차 구현

핸드오버와 관련된 메시지와 절차는 MCBSC 문서에 정의되어 있다. 핸드오버는 크게 controlled/uncontrolled 의 경우로 나눌 수 있다. Controlled 핸드오버는 단말장치의 핸드오버가 필요한 경우 이동 가능한 이웃 기지국과 미리 정보를 교환해 놓은 후 단말장치가 이동하는 경우로, 미리 정보를 교환하기 때문에 핸드오버에 필요한 시간이 적은 편이다. 반면 uncontrolled 핸드오버는 이웃 기지국의 준비 없이 단말장치가 이동하는 경우로, 초기 네트워크 등록 절차부터 시작해야 하기 때문에 핸드오버에 필요한 시간이 많이 필요하다. 본 논문에서는 Controlled 핸드오버를 기준으로 절차를 구현한다.

Controlled 핸드오버는 그림 3과 같이 정보를 교환하는 절차와 핸드오버 절차로 나눌 수 있다. 정보를 교환하는 절차에서, MS의 수신 전력의 세기가 너무 적거나, 이웃 BS로부터의 수신 전력이 서빙 BS의 수신 전력에 비해 큰 경우 핸드오버를 요구할 수 있다. 정보를 교환하는 절차는 그림 3-a와 같이 MS에서 요청하는 경우와 그림 3-b와 같이 BS에서 요청하는 경우로 나눌 수 있다. 두 경우 모두 서빙 BS는 이웃 BS들에게 핸드오버가 발생할 수 있음을 HO_Req/Rsp/Ack 메시지를 이용하여 전달한다. 이웃 BS 들은 핸드오버 발생에 대한 알림을 받은 후에 ASN-GW와 미리 데이터 패스를 설정할 수 있다. 현 시점에서 미리 설정하면 핸드오버시에 본 과정을 생략하여 처리시간을 줄인다.

핸드오버 절차는 그림 3-c에 나타난 바와 같이 이동하려는 MS가 MOB_HO_IND 메시지를 서빙 BS에 전송하는 것으로부터 시작한다. 서빙 BS가 HO_IND 메시지를 수신하면 목적 BS에 HO_Cnf/Ack로서 정보를 알리고, 만일 미리 데이터 패스를 설정하지 않았다면 이 단계에서 설정한다. 이후 네트워크 재등록 절차를 수행하는데, 이 단계에서는 일반적으로 레인징(Ranging) 절차를 수행한다. 네트워크 재등록 절차가 완료되면 목적 BS는 핸드오버가 완료되었음을 HO_Complete/Ack 메시지를 통해 서빙 BS에 알린다. 이후 서빙 BS는 목적 BS가 아닌 이웃 BS들에게 HO_Conf/Ack 메시지를 통해 앞서 미리 전달된 정보가 필요 없음을 알린다. 마지막으로 목적 BS를 제외한 모든 이웃 BS들에 대해 데이터패스를 설정하였다면 이를 해제하는 절차를 수행하게 된다.

QualNet은 이러한 절차들 중 일부의 기능이 구현되어 있다. MS와 BS간 메시지의 생성 및 처리 (MOB_MSHO_REQ / BSHO_RSP,

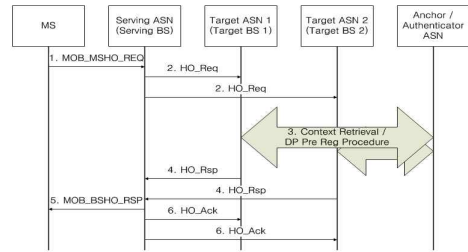


그림 3-a 정보교환 절차 (1) - MSHO

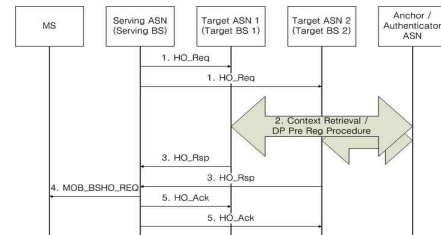


그림 3-b 정보교환 절차 (2) - BSHO

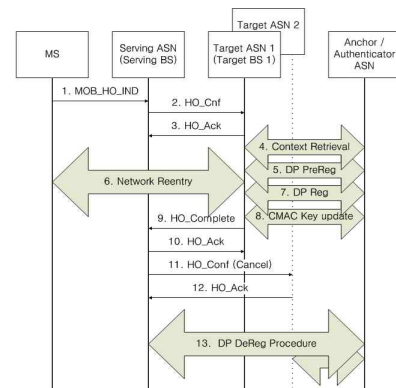


그림 3-c 핸드오버 절차

그림 3 MS의 정보교환 및 핸드오버 절차

MOB_BSHO_REQ, MOB_HO_IND), BS들 사이의 메시지 생성 및 처리(HO_Complete) 등은 정의되어 있다. 이외의 기능은 구현되어 있지 않기 때문에 모바일 IPTV 성능 분석을 위해서는 구현되지 않은 메시지와 기능들을 추가하거나 보완할 필요가 있다.

메시지는 장치간의 제어/상태보고 등을 목적으로 전송하며, 구조체와 QualNet에서 제공하는 기본 API들을 이용하여 간단히 생성할 수 있다. 각 필드를 정의하고 필드의 값을 조건에 따라 할당하여 메모리에 저장하는 방식을 사용한다. 기본적으로 생성해야 하는 메시지는 HO_Req/Rsp/Ack/Cnf 등이 있다. 메시지의 타입, 길이, 값은 WiMAX 포럼의 Network base stage3 문서와 MCBSC DSx 문서에 정의되어 있다. 생성된 제어메시지는 유선 네트워크를 통해 BS와 ASN-GW 또는 서로 다른 ASN-GW으로 전송해야 한다. 유선 네트워크를 통한 메시지 전송은 NetworkIpSendRawMessageWithDelay API를 사용하면 된다. NetworkIpSendRawMessageWithDelay API는 생성된 RAW 메시지를 IP 네트워크를 통해 전달하는 기능을 갖는 함수로 전송하려는 메시지, 원본/목적 장치의 주소 등을 주요 입력 인자로 갖는다. 즉, 목적 장치의 IP주소 또는 노드 번호를 지정하면 목적 노드로 메시지를 전달한다.

5. 모의실험

IEEE 802.16 규격에는 다양한 물리계층 파라미터에 대해 고려하였으나, 본 논문에서는 WiBro 규격을 기반으로 모의실험을 진행한다. WiBro에서 사용하는 물리계층 파라미터와 셀을 구성하기 위한 파라미터는 표 2와 같다. 본 모의실험에서는 QualNet은 4.0 버전을 기반으로 구현된 NLS를 사용한다. 핸드오버에 의한 지연 시간은 MS가 MOB_MO_IND 메시지를 서버 BS에 전송한 시점부터 서버 BS가 목적 BS로부터 HO_Complete 메시지를 수신하는 시점의 시간 차이로 정의한다. 모의실험 결과 평균 약 65 ms의 시간 지연이 있었으며 그림 4와 같이 3개의 그룹으로 구분된다. 각 시간 그룹은 네트워크 재등록 과정을 처리하는 시간에 의해 발생한다. 반면 유선 네트워크에 메시지를 전송하는데 따른 지연은 평균 2 ms를 소요한다. 즉, 이동하는 MS들에 대하여 유선 구간의 시간 지연에 비해 무선 구간에서의 시간 지연이 모바일 IPTV의 성능에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.

파라미터	값
중심주파수	2.4 GHz
대역폭	8.75 MHz
FFT/CP	1024/128
송신전력	43 dBm
셀 반경	1000 m
경로손실모델	Two-ray
MBS 서버 개수	1
ASN-GW 개수	2
BS 개수	19 (two-tier)
BS당 MS 개수	10

표 2 모의실험 파라미터

6. 결론

본 논문에서는 WiMAX 네트워크상의 모바일 IPTV 구현을 위한 핸드오버 성능 분석 방법을 나타내었다. 핸드오버 성능 분석을 위해 QualNet이라는 특정 NLS에 필요한 기능의 추가/보완 방법을 보였으며 핸드오버 성능은 지연시간과 CDF로 나타내었다.

참고문헌

- [1] 박수홍, 황철주, "IPTV 이동성 지원 기술과 Mobile IPTV 표준화 동향", TTA 저널, No.107, 2006.
- [2] 한국정보통신기술협회, "Non-NGN 기반 Mobile IPTV 요구사항", 정보통신단체표준 TTA.KO-08.0021, 2009.
- [3] 임선화, 김영일, 조철희, 류원, 이호진, "모바일 IPTV 기술 현황 및 연구추진 방향", 전자통신동향분석 제26권 제4호, 2011.
- [4] WiMAX forum Network Architecture, "Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points Base Specification", DRAFT-T32-001-R015v01-O, 2009.
- [5] WiMAX forum Network Architecture, "Detailed Protocols and Procedures Base Specification", DRAFT-T33-001-R015v01-O, 2009.
- [6] WiMAX forum Network Architecture, "System Requirements, Network Protocols and Architecture for Multi-cast Broad-cast Services Dynamic Service Flow Based (MCBCS - DSx)", DRAFT-T33-112-R015v01-B, 2009.
- [7] WiMAX forum Network Architecture, "System Requirements, Network Protocols and Architecture for Multi-cast Broad-cast Services (MCBCS Application Layer Approach)", DRAFT-T33-113-R015v01-B, 2009.
- [8] Scalable Network Technologies, "QualNet 4.0 Programmer's Guide", 2006.

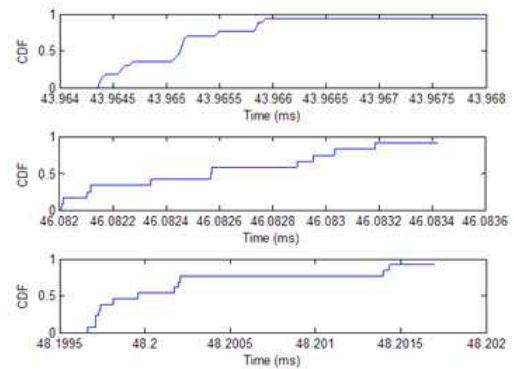


그림 4-a 43.9-48.2 ms 구간

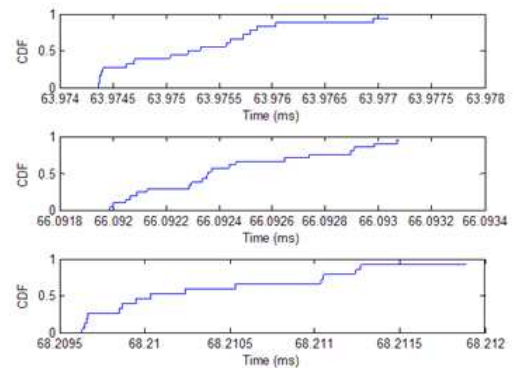


그림 4-b 63.9-68.2 ms 구간

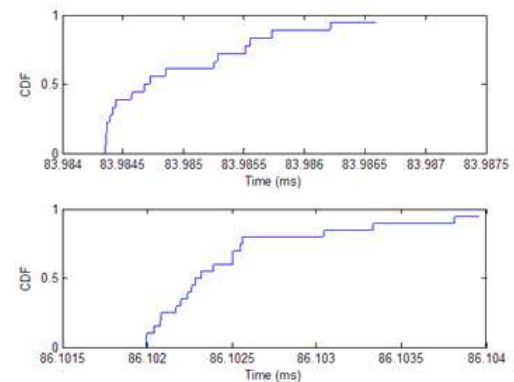


그림 4-c 83.9-86.2 ms 구간

그림 4 핸드오버에 의한 지연시간 측정 결과