

논문 2010-2-7

OPNET을 이용한 WiMAX/WLAN MIPv4/v6 성능분석

기장근*

Performance Evaluation of MIPv4/v6 in WiMAX and WLAN Using OPNET

Jang-Geun Ki*

요 약

최근 무선기술의 급속한 발달로 무선망에 대한 가정과 기업에서의 수요가 급증하고 있다. 본 논문에서는 네트워크 관련 연구에서 많이 사용되고 있는 OPNET 시뮬레이션 툴을 이용해 다양한 멀티미디어 전송을 위한 무선망으로 사용되는 WiMAX와 WLAN 망에서의 Mobile IP(v4/v6) 성능 분석을 수행하였다. 성능분석을 위한 시뮬레이션 시나리오에서 트래픽 모델로 단순 데이터 패킷 트래픽과 음성 트래픽 등이 사용되었으며, 성능분석 결과로 WiMAX의 ASN 게이트웨이 노드를 이용한 핸드오버 결과와 WiMAX, WLAN 망에서의 MIPv4/MIPv6을 이용한 핸드오버 결과들을 비교 분석하였다.

Abstract

These days, needs for the wireless networks have dramatically increased in many homes and enterprises environments owing to the rapid development of various wireless technologies. In this paper, performance evaluation of MIPv4/v6 in WiMAX and WLAN networks is accomplished by using the OPNET that is commonly used for network researches. Data packet traffic and voice traffic models are used as traffic sources in simulation scenarios for performance analysis. Handover delays of ASN gateway-support mobility and MIPv4/v6 in WiMAX and WLAN networks are evaluated and compared.

한글키워드 : WiMAX, WLAN, ASN-based mobility, MIPv4, MIPv6, 성능분석

1. 서 론

최근 다양한 무선기술의 급속한 발전으로 이 기종 무선 액세스 망들 간의 연동이 중요한 문제로 부각되고 있다. 일반적으로 무선 연결은 접속 범위에 따라 WPAN(Wireless Personal Area

Network), WLAN(Wireless Local Area Network), WMAN(Wireless Metropolitan Area Network), WWAN(Wireless Wide Area Network)로 분류할 수 있다. WPAN을 위한 프로토콜의 예로 Bluetooth나 ZigBee를 들 수 있으며, WLAN의 경우 IEEE 802.11 Wi-Fi 프로토콜, WMAN의 경우 IEEE 802.16 WiMAX 프로토콜이 대표적이다.

* 공주대학교 전기전자제어공학부
(email: kjpg@kongju.ac.kr)

접수일자: 2010.10.15 수정완료: 2010.11.16

이기종 무선망 연동 구조의 대표적인 예로 WLAN/WPAN 망을 포함하는 WiMAX망이 IP 기반의 기간망에 접속되는 망구조를 고려해 볼 수 있다. 이러한 이기종 망구조에서 복수개의 서로 다른 무선 액세스 인터페이스를 가진 멀티호밍(multi-homing) 이동단말이 사용될 경우 접속할 무선망 선택문제, 부하분산 문제, 이기종 무선망간 끊김없는 핸드오버 및 이동성 지원, 그리고 양 끝단간 서비스 품질 보장 문제, 이동단말의 에너지 관리 문제, 이기종 무선망간 보안 및 인증, 과금 관리 문제 등 많은 문제들이 심도있게 연구되어야 한다.

본 연구에서는 이와 같은 이기종 무선망 연동 구조에서 서비스 품질을 만족하면서 끊김없는 이동성을 지원하기 위한 기초연구로 WiMAX 망과 WLAN 망에서 MIP(Mobile IPv4/v6)를 이용한 핸드오버 지연관련 성능분석을 OPNET 소프트웨어를 사용하여 수행하였으며, MIPv4/v6 프로토콜에 대한 시뮬레이션 결과들은 ASN(Access Service Network) 게이트웨이를 이용한 WiMAX의 핸드오버 결과와 비교 분석하였다.

2. 무선망 개요

2.1 WiMAX

WiMAX^[1](Worldwide Interoperability for Microwave Access)는 이동 인터넷 액세스를 제공하는 프로토콜로, 케이블이나 DSL(Digital Subscriber Line) 기술을 대체하여 last-mile 무선 광대역 액세스를 가능케 하는 표준기반 기술이다. WiMAX는 크게 고정형과 이동형 WiMAX로 구분할 수 있다. 고정형의 경우 WLAN의 협소한 커버리지(coverage) 단점을 극복하기 위해 만들어진 무선통신 기술로 도심지에서도 1-2Km

까지 커버리지를 확대할 수 있으나, 이동형 WiMAX에 비해 이동성은 현저히 떨어진다. 이동형 WiMAX는 IEEE 802.16e 표준을 기반으로 하며, 802.16m 규격의 경우 고정형 최대 1Gbps, 이동형 100Mbps의 속도를 제공할 것으로 기대되고 있다.

2.2 WLAN

IEEE 802.11^[2]에서 주도하는 무선랜 관련 표준의 주요 규격을 요약하면 표 1과 같으며, 802.11n의 경우 최근에 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 안테나를 도입함으로써 최대 600Mbps의 전송속도를 지원한다.

표 1. IEEE 802.11 무선랜 주요 규격

protocol	Freq. (GHz)	Modulation	Data Rate (Mbps)	Release
802.11b	2.4	DSSS	11	1999
802.11g	2.4	OFDM	54	2003
802.11a	5	OFDM	54	1999
802.11n	2.4/5	OFDM	600	2009
802.11e	2.4/5	QoS지원		2005

2.3 WiMAX와 WLAN 비교

WiMAX는 기본적으로 수 Km의 커버 범위를 가지며 주로 인터넷망에 접속되는 구조를 가지는 반면 WLAN은 로컬 망에서 사용된다. WiMAX는 연결 지향형 MAC 프로토콜을 사용하는 반면, WLAN은 CSMA/CA 프로토콜을 사용한다. 두 프로토콜은 서로 다른 서비스 품질 메커니즘을 제공하는데, WiMAX는 BS(Base Station)와 이동단말 사이의 연결을 기반으로 한 서비스 품질 메커니즘을 사용하며, 각 연결들은 특정 스케줄링 알고리즘에 기반해 처리된다. 반면 WLAN은 기본적으로 각 이동단말이 AP(Access Point)와

의 통신을 위해 경쟁 기반의 액세스를 사용하며, 따라서 경쟁이 심할 경우 서비스 품질의 저하를 초래할 수 있다.

WiMAX와 WLAN은 특성상 적용범위가 다르기 때문에 서로 경쟁관계의 프로토콜이라기보다는 상호보완적으로 사용되는 프로토콜로 볼 수 있다. WiMAX 망 운영자는 WiMAX 가입자 장치를 연결하는 대도시망을 구성하고, 가정과 사업체내에서 로컬 장치들을 위한 Wi-Fi망을 구성하고 이를 WiMAX 가입자 장치에 연동시킴으로써 사용자에게 필요에 따라 두 망을 선택 또는 상호 보완적으로 사용하게 할 수 있다.

3. 시뮬레이션 모델링 및 시나리오

본 논문에서는 WiMAX 망과 WLAN 망에서의 MIPv4/v6를 이용한 핸드오버 성능 분석을 위해 최근 네트워크 관련 연구 분야에서 널리 사용되고 있는 시뮬레이션 소프트웨어 OPNET^[3]을 이용해 아래의 5가지 경우에 대한 시뮬레이션 시

나리오를 작성하고 실험하였다.

- ASN 게이트웨이 기반 WiMAX 핸드오버
- WLAN 망에서 MIPv4를 이용한 핸드오버
- WiMAX 망에서 MIPv4를 이용한 핸드오버
- WLAN 망에서 MIPv6를 이용한 핸드오버
- WiMAX 망에서 MIPv6를 이용한 핸드오버

그림 1에 시뮬레이션에서 사용된 기본 망구조를 나타내었다. 그림에서 위쪽 부분에 있는 WiMAX_GW 및 BS_x 라우터와 MN_wimax 노드들은 WiMAX 망을 구성하며, 아래쪽 부분에 있는 WLAN_GW, FA_x, MN_wlan 노드들은 WLAN 망을 구성한다. MN_wimax와 MN_wlan 이동노드는 각각 WiMAX망과 WLAN망에서 BS들과 FA 라우터들 사이를 MIPv4 또는 MIPv6를 이용해 이동하며 CN노드와 데이터 또는 음성 트래픽을 송수신한다. MIPv4의 경우에는 BS_1과 FA_1 노드가 각각 MN_wimax와 MN_wlan 이동노드의 HA(Home Agent) 기능을 수행하고 나머지 BS_x, FA_x는 FA(Foreign Agent) 기능을 수행한다. MIPv6 경우에는 BS_1과 FA_1 노드가 HA 기능을 수행하고, FA 기능은 별도로 없다.

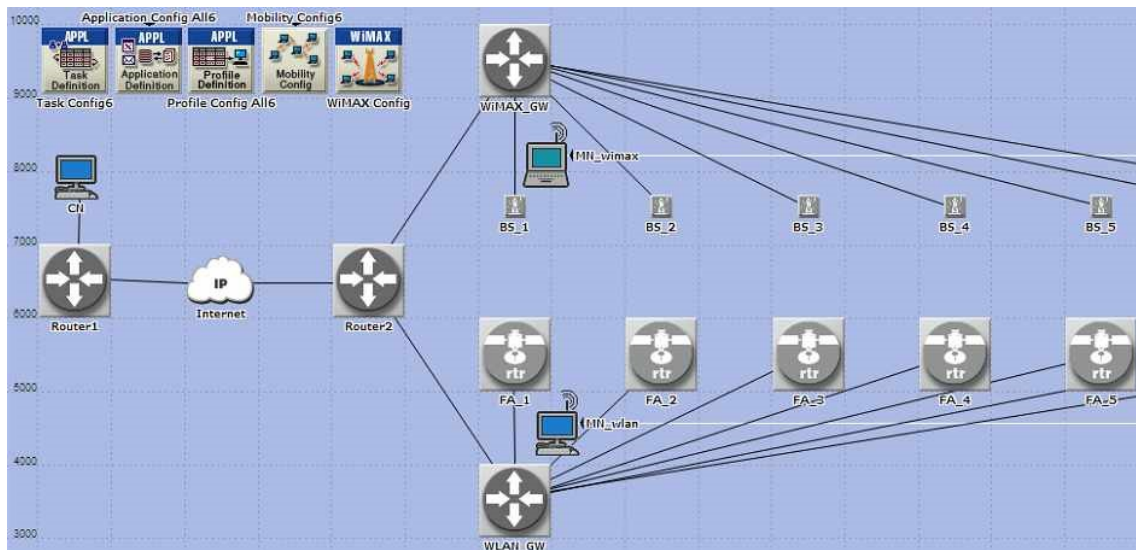


그림 1. 시뮬레이션 망구조

ASN 게이트웨이를 이용한 WiMAX 핸드오버의 경우에는 BS_x의 WiMAX 인터페이스들의 IP주소가 모두 같은 네트워크 주소를 가지도록 할당되며 또한 각 BS_x와 ASN 게이트웨이 역할을 수행하는 WiMAX_GW 라우터 사이에 GRE 터널이 설정된다.

MN_x 이동노드들과 CN 노드 사이에는 시뮬레이션 시나리오에 따라 데이터 패킷 또는 음성호 트래픽이 생성되어 송수신되고, 관련 통계치를 얻도록 구성되었다.

4. 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 2에 UDP 데이터 패킷 전송시 핸드오버 지연에 의한 패킷 손실 시뮬레이션 결과들을 나타내었다. 그림에서 맨 위쪽 그래프는 ASN 게이트웨이 기반 WiMAX 핸드오버 결과를 보여주며, 그 아래쪽 그래프 각각은 WLAN과 WiMAX망 각각에서 MIPv4의 핸드오버 결과 및 MIPv6의 핸드오버 결과를 차례로 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 ASN 게이트웨이 기반 WiMAX 핸드오버는 거의 패킷 손실이 없음을 볼 수 있다. 반면에 Mobile IPv4/v6를 사용하는 경우 핸드오버 지연에 따른 패킷 손실이 발생함을 알 수 있다.

그림 2에서 망 종류에 따른 패킷손실을 비교해보면 WLAN 망에서의 핸드오버에 따른 패킷손실이 WiMAX 망에서의 패킷손실에 비해 큼을 볼 수 있는데 이는 WLAN의 경우 기존에 접속하고 있던 FA에서 다른 FA로 이동할 때 기존 FA와의 접속이 완전히 끊어진 이후에 새로운 FA를 찾는 과정을 시작하는 반면, WiMAX는 기존 BS으로 부터의 신호가 일정한 임계치 이하로 떨어지면 다른 BS의 신호를 탐색하는 과정이 바로 시작되기 때문이다.

MIPv4와 MIPv6의 성능을 비교해 보면 MIPv6의 결과가 약간 좋은 것으로 나타났는데 이는 OPNET 시뮬레이터 프로그램에서 라우터가 RA(Router Advertisement) 메시지를 송출하는 시간간격을 MIPv4의 경우 3초 이하로 설정할 수 없도록 제한되어 있는 반면 MIPv6의 경우에는 제한이 없어 본 논문에서 0.5초로 설정하여 시뮬레이션 하였기 때문이다. 만일 조건이 동일하다면 MIPv6가 MIPv4에 비해 핸드오버 지연시간이 우수한 것으로 볼 수 없으며, 오히려 긴 패킷 길이로 인해 성능저하가 예상된다.

OPNET에서 MIPv6 시뮬레이션시 핸드오버 시간에 결정적인 영향을 미치는 속성값으로는 라우터의 Router Advertisement Interval 속성값(기본값=uniform(0.5, 1))과 이동노드의 Mobility

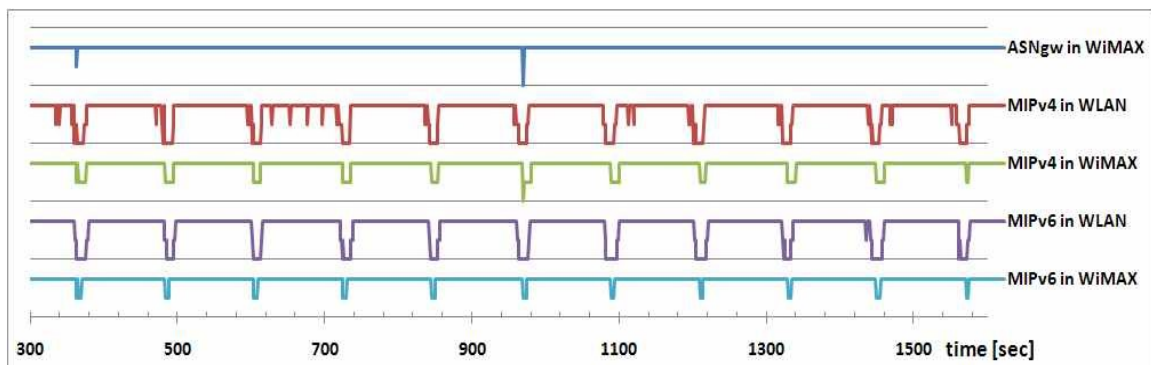


그림 2. 핸드오버 지연시간에 의한 패킷 손실

Detection Factor 속성값(기본값=3)이 있으며 이 값들을 보다 작은 값으로 설정하면 보다 작은 핸드오버 지연시간 결과를 얻을 수 있다. 그림 3에는 WiMAX 라우터 BS의 Router Advertisement Interval = uniform(0.5, 1)로 고정하고 이동노드의 MDF(Mobility Detection Factor)를 각각 5, 4, 3, 2, 1로 설정하였을 경우 핸드오버 지연시간 시뮬레이션 결과의 한 예를 비교하여 나타내었다. 그림에서 수평선이 밑으로 떨어지는 부분이 핸드오버에 의한 패킷손실을 의미하며, 이러한 손실은 MIP 핸드오버 절차동안 CN에서 MN으로 송신되는 패킷이 손실된 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 MDF 값이 클수록 핸드오버 지연시간이 큼을 알 수 있다.

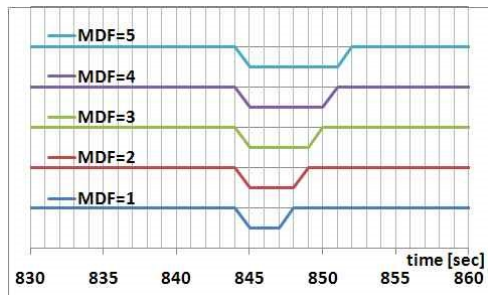


그림 3. MDF(Mobility Detection Factor) 속성값에 따른 핸드오버 패킷 손실 예

그림 4에서 그림 7까지에는 음성 트래픽에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었으며, 이 결과 또한 앞에서 보여준 UDP 데이터 패킷 전송에 따른 시뮬레이션 결과와 유사한 결과를 보여준다.

그림 4는 시뮬레이션 시간에 따른 음성 트래픽의 수신 패킷 수 및 송신 패킷 수를 나타내었다. 그림에서 MIP의 경우 약 370초와 490초 부근에서 핸드오버에 의한 패킷 손실이 발생함을 알 수 있다. 그림 5는 시뮬레이션 전체 시간에서 평균 음성 패킷 전송율을 나타내며, 이 결과는 데이터 패킷의 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 ASN 게이트웨이를 기반으로 하는 WiMAX 핸드오버가 가장 좋은 성능을 보이며, MIP의 경우 WiMAX 망에서의 성능이 WLAN 망에서의 성능에 비해 좋은 결과를 보인다.

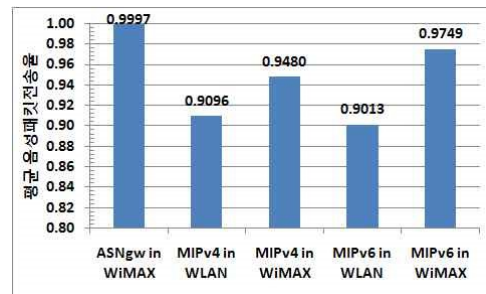


그림 5. 평균 음성 패킷 전송율

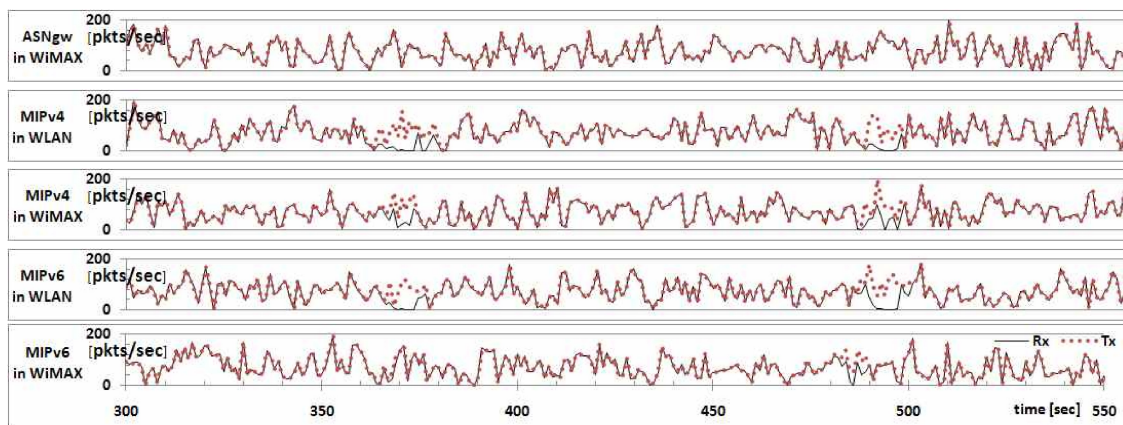


그림 4. 음성호 송신 패킷 및 수신 패킷

그림 6에는 시뮬레이션 시간 변화에 따른 MOS(Mean Opinion Score)값의 변화 예를 나타내었고, 그림 7에는 평균 MOS 값을 나타내었다. MOS 값 역시 ASN 게이트웨이 기반 WiMAX 핸드오버가 가장 좋은 성능을 보이며, WiMAX, WLAN 순으로 MOS 값이 좋은 결과를 얻었다.

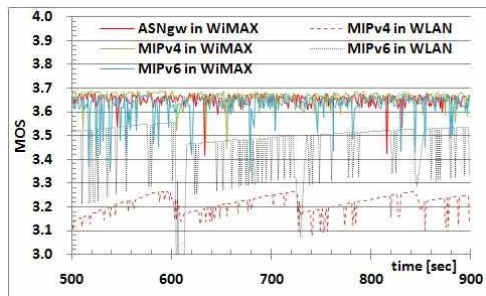


그림 6. 시뮬레이션 시간에 따른 MOS값 변화

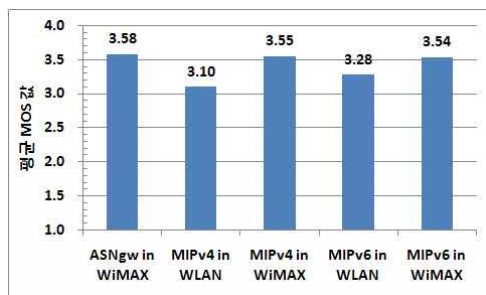


그림 7. 평균 MOS값

5. 결 론

최근 아이폰, 아이패드 등과 같은 휴대단말과 무선기술의 급속한 발달로 무선망에 대한 가정과 기업 환경에서의 수요가 급증하고 있다. 본 논문에서는 네트워크 관련 연구에서 많이 사용되고 있는 OPNET 소프트웨어를 이용해 다양한 멀티미디어 전송을 위한 무선망으로 사용되는 WiMAX와 WLAN 망에서의 MIPv4/MIPv6의 핸드오버 성능 분석을 수행하였다.

성능분석을 위한 시뮬레이션 시나리오에서 트래픽 모델로 데이터 패킷 트래픽과 음성 트래픽 등이 사용되었으며, 성능분석 결과로 WiMAX의 ASN 게이트웨이 핸드오버 결과와 WiMAX, WLAN 망에서의 MIPv4/MIPv6을 이용한 핸드오버 결과들을 비교 분석하였다.

참 고 문 헌

- [1] WiMAX, <http://www.wimaxforum.org/>
- [2] WLAN, <http://www.ieee802.org/11/>
- [3] OPNET Simulator, <http://www.opnet.com>.
- [4] 장효뢰, 왕야, 기장근, 이규대, “WiMAX - WLAN 멀티홈드 노드의 시뮬레이션 모델”, 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제10권 제3호, 2010.06.
- [5] 왕야, 장효뢰, Weiwei Chen, 기장근, 이규대, “WLAN과 WiMAX에서의 연동 서비스 품질 비교 연구”, 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제10권 제3호, 2010.06.

저 자 소 개



기장근 (奇長根)

1986.2 고려대학교 전자공학과졸업
 1988.2 고려대학교 전자공학과 석사
 1992.2 고려대학교 전자공학과 박사
 2002.6-2003.6 Univ. of Arizona 방문교수
 1992.3-현재 : 공주대학교 공과대학 전기전자제어공학부 교수
 2010.6-현재 Univ. of Arizona 방문교수

<주관심분야> 통신프로토콜, 무선통신망