

IEEE 802.16e 에서 효율적인 MBS 데이터 스케줄링 기법

*전복균, *이호진, *이지훈, *권태경, *최양희

*서울대학교 컴퓨터공학부,

*{jeonbg, lumiere, jhlee}@mmlab.snu.ac.kr, *{tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

MBS Rate Adaptation Scheduling Scheme in IEEE 802.16e

*Bokgyun Jeon, *Hojin Lee, *Jihoon Lee, *Taekyoung Kwon, and *Yanghee Choi

*School of Computer Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea

*{jeonbg, lumiere, jhlee}@mmlab.snu.ac.kr, *{tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

요 약

이동 중 광대역 무선 접속을 위해서 IEEE 802.16e 표준이 제정되었다. IEEE 802.16e 표준은 멀티캐스트/브로드캐스트 전송을 위해서 Multicast and Broadcast Service (MBS) 를 포함하고 있다. 하지만 표준에서는 MBS 를 위한 데이터 전송 시 변조 및 코딩 기법 (Modulation and Coding rate Scheme, MCS) 을 결정하는 방법이 명시되어 있지 않으며, 일반적으로 가장 견고한 MCS 를 선택한다. 하지만 이 방법은 희소한 무선 대역폭을 낭비하는 단점이 있다. 따라서 우리는 효율적인 MBS 데이터 스케줄링 기법을 제안한다. 우리가 제안하는 기법은 가장 견고한 MCS 를 선택하는 기법에 비해서 대역폭을 30% 절약한다.

1. 서론

이동 환경에서도 인터넷 서비스를 하고자 하는 광대역 무선(broadband wireless) 네트워크들이 빠르고 널리 보급되면서 이런 기술을 기반으로 하는 새로운 응용(application)에 대한 기대가 점점 높아지고 있다. 이러한 응용 가운데에서도 가장 주목을 받고 있는 응용 중의 하나는 멀티미디어 스트리밍 서비스(multimedia streaming service)이다. 많은 사용자들이 동시에 똑같은 멀티미디어 서비스(예. 뉴스, 스포츠 생중계)를 받는 상황을 생각해 보자. 각각의 멀티미디어 서비스 사용자들에게 멀티미디어 데이터를 전송하기 위하여 point-to-point 채널을 이용한다면, 많은 양의 대역폭을 가진 무선 자원을 요구하게 될 것이다.

자원과 비용의 측면에서 효율적으로 동시에 수 많은 사용자들에게 멀티미디어 서비스를 전송하기 위해서 대부분 관련 표준화 연구 단체들이 네트워크 수준에서의 효율적인 멀티캐스트/브로드캐스트 서비스를 지원하기 위한 기능 구조(functional architecture)를 정의하도록 요구하고 있다. 그 예로 3GPP, 3GPP2 표준화 단체에서는 이미 multimedia broadcast/multicast service (MBMS) architecture 와 broadcast/multicast service (BCMCS) architecture 를 각각 정의하고 있다[1][2].

한편, IEEE 802.16 기술[3][4] 기반의 광대역 무선 접속망(broadband wireless access network)을 위한 네트워크 구조(network architecture)를 정의하는 WiMAX forum[5]에서도 멀티캐스트 브로드캐스트 서비스(Multicast Broadcast Service, MBS)를 위한 architecture 정의를 진행하고 있다[6][7][8]. 하지만, MBS architecture 에서는

단지 필요한 기능을 기술하고 그에 따라 필요한 기능에 대한 요구 수준에서 구성 요소와 단순한 프로파일(profile) 및 개념 정의만을 하고 있을 뿐, 상세한 동작에 대한 정의는 아직 진행 중에 있다.

주목할 점으로, MBMS, BCMCS 와 마찬가지로 MBS 에서도 동시에 수 많은 MBS 사용자가 같은 MBS 데이터를 성공적으로 수신해야 한다는 요구사항을 가지고 있다. 이를 충족하기 위하여 기지국(base station, BS)에서는 기지국의 서비스 지역 내에 있는 모든 MBS 사용자들이 MBS 데이터를 받을 수 있도록 스케줄링을 해야 한다. 일반적으로 생각할 수 있는 방법은 기지국에서 최악의 채널 환경을 가정해서 가장 견고한 변조 및 코딩 기법(modulation and coding scheme)을 사용하여 스케줄링(scheduling)을 하는 것이다. 우리는 이 논문에서는 위의 스케줄링 기법을 보수적 스케줄링(conservative scheduling) 기법이라고 부른다.

보수적 스케줄링 기법은 가장 견고한 변조 및 코딩 기법(modulation and coding scheme)을 항상 사용하여 사용자에게 네트워크에서 처리할 수 있는 최선의 전송 성공률을 가지고 서비스를 할 수는 있으나, MBS 단말의 실제 채널 환경을 반영하지 않음으로 인하여 귀중한 무선 자원을 비효율적으로 사용한다. 그래서 본 논문에서는 MBS 사용자의 채널 환경을 반영한 적응적인 스케줄링(adaptive scheduling) 기법을 제안한다.

관련 연구로 WCDMA 에서 MBMS 서비스를 하는데 있어서 링크 품질을 고려하여 스케줄링을 하려는 연구가 있었다[9]. 하지만 WiMAX 에서 MBS service 를 지원하기 위하여 채널 환경을 고려한 스케줄링 연구는 처음이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 배경지식으로 WiMAX 에서 정의하고 있는 MBS 를

소개하며, 3 장에서는 저자들이 제안하는 MBS rate adaptation 스케줄링 기법을 설명한다. 4 장에서는 제안한 기법의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 결과를 제시한다. 마지막 5 장에서 결론을 맺는다.

2. MBS in WiMAX

2.1 MBS 의 정의

WiMAX 에서는 사용자의 이동 환경을 고려한 기능을 추가하기 위하여 IEEE 802.16 기술에 이동성 기능이 추가된 IEEE 802.16e 기술 (핸드오프, idle/sleep mode, MBS)을 적용하여 표준화를 진행하고 있다. 핸드오프는 기지국 사이에서 사용자의 이동을 지원하기 위한 기능이고, idle/sleep mode 는 사용자 단말기의 전력 소모를 줄이기 위한 기능이다. 한편 MBS 는 동시에 같은 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 기능이다. 즉, MBS 를 통하여 여러 사용자들이 공유하는 라디오(radio) 자원을 효율적으로 이용하여 같은 정보를 원하는 사용자들에게 그 정보를 전송하는 네트워크 서비스이다.

그림 1 은 MBS service 를 제공하는 구성도를 보여주고 있다. MBS Source 는 MBS 데이터를 제공하는 객체로서 MBS 사용자들에게 같은 정보를 제공해주는 콘텐츠 서버로서의 기능을 갖는다. ASN-GW 는 기지국과 IP Core Network 사이의 게이트웨이 역할을 한다. Mobile station (MS)는 사용자들이 가지고 있는 단말기로서, 여러 개의 기지국 영역에 걸쳐서 분포가 되어 있다.

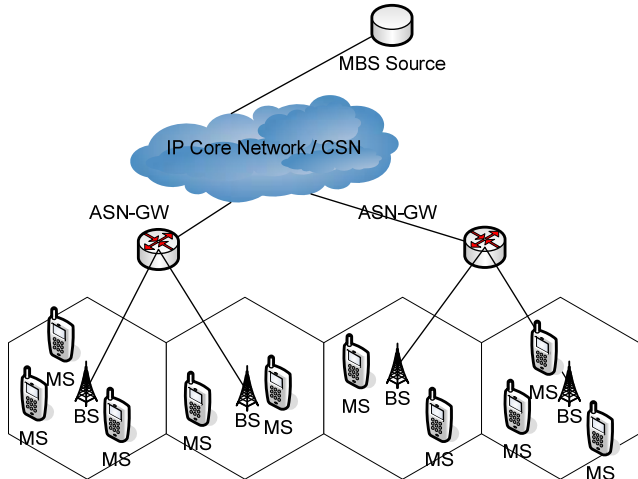


그림 1. WiMAX MBS service 구성도

MBS source 에서 생성된 MBS 데이터는 IP Core Network 을 거쳐서 ASN-GW 까지 IP layer 의 multicast 를 이용하여 도달하게 된다. 그리고, ASN-GW 에서 기지국까지는 터널링을 통하여 전송을 한다. BS 에서는 MBS 데이터를 MS 에게 전송하기 위하여 MBS 데이터를 위한 별도의 무선 자원을 할당하여 보내는 것이 아니라, VoIP 데이터, FTP 데이터와 같은 일반적인 데이터가 사용하는 무선 자원을 공유하여 WiMAX 데이터 프레임 만들고 그 프레임 안에 일반적인 데이터들과 함께 실려서 전송된다.

2.2 MBS 를 위한 요구사항

MBS service 는 사용자들로부터 별도의 요금을 받고 멀티미디어 콘텐츠를 제공할 것이다. 따라서 가입된 사용자가 서비스를 받을 수 있는 최소한의 QoS 를 제공해야 한다. 따라서 기지국은 MBS 데이터 전송 시에 기지국의 영역내의 가입자들이 모두 MBS 데이터를 성공적으로 받을 수 있도록 스케줄링을 해야 한다.

앞에서 언급했듯이 기지국에서 MBS 데이터는 일반적인 서비스의 데이터와 함께 WiMAX 데이터 프레임을 통하여 전송된다. 즉, 한정된 무선 자원을 다른 서비스들과 공유하여 사용한다. 그러므로 한정된 자원을 효율적으로 사용하기 위한 스케줄링 기법이 요구된다. 만약 MBS 데이터가 지나치게 많은 자원을 사용한다면 그와 반비례하여 일반적인 데이터의 자원 사용량은 감소하게 될 것이다.

3 장에서는 다음과 위와 같은 요구사항을 바탕으로 사용자들의 채널 환경에 따라 적응하는 스케줄링 기법을 제안한다.

3. Rate Adaptation 스케줄링 기법

3.1 CINR feedback

WiMAX 의 접속망(access network) 기술에 이용되는 IEEE 802.16e 표준에 사용자들의 채널 환경에 대한 정보(channel quality information, CINR)를 얻을 수 있는 3 가지 방법이 제시 되어 있다. WiMAX 접속망에서 이루어지는 모든 전송은 기지국에 의한 데이터 스케줄링을 통하여 이루어진다. 따라서 위와 같이 사용자 단말기의 CINR 정보를 얻을 수 있는 방법을 정의해 둔 이유는 기지국이 사용자 단말기의 채널환경에 대한 고려를 하지 않고 임의로 스케줄링을 하게 될 경우, 사용자 단말기가 해당 데이터를 디코딩할 수 없을 수 있기 때문이다.

이번 절에서는 MBS 데이터를 효율적으로 스케줄링하기 위하여 각각의 사용자의 채널 환경을 기지국에게 보고할 수 있는 3 가지 방법에 대해서 먼저 기술한다. 그리고 나서, 이 정보를 바탕으로 어떻게 CINR 을 이용하여 스케줄링할 것인지에 대하여 3.2 장에서 설명하겠다.

첫 번째는 REP-REQ/REP-RSP 메시지를 이용하는 방법이다. REP-REQ 메시지는 기지국이 사용자 단말기에게 보내는 메시지로, 기지국이 사용자 단말기에게 보낼 데이터가 있을 때 어떤 변조 및 코딩율(modulation and coding rate)을 적용하여 보낼 지에 대한 결정을 해야 한다. 이때, 사용자 단말기가 자신이 받고 싶은 변조 및 코딩율이 무엇인지 보고하도록 요청하기 위하여 보내는 메시지가 REP-REQ 메시지다. 반면에, 기지국이 REP-REQ 메시지를 사용자 단말기에게 보내면, 이에 대한 응답으로 사용자 단말기는 REP-RSP 메시지에 자신이 원하는 변조 및 코딩율 정보를 담아서 경쟁 과정을 거쳐서 기지국에게 보내게 된다.

두 번째는 bandwidth request 메시지를 이용하는 방법이다. 사용자 단말기는 자신이 보낼 데이터가 있을 경우, bandwidth request 메시지에 자신이 업링크(uplink)로 보낼 바이트 수를 적어서 보낼 수 있다. 이때, payload 없이 CINR report header 를 추가하여 bandwidth request 메시지와 함께 CINR 정보를 보낼 수 있다. CINR 정보는 단말기에서 측정된 값으로, -16.0dB 에서부터 47.5dB 까지의 측정치를 0.5dB 단위로 나누어서 번호를 붙여서 만든다.

세 번째는 fast feedback channel (CQICH)을 이용하는 방법이다. CQICH 는 주기적으로 사용자 단말기가 기지국에게 자신의 채널 환경에 대한 보고를 할 수 있도록 사용자 단말기별로 할당을 해둔 별도의 채널이다. 따라서 앞의 두 방법과는 다르게 가장 빠르게 사용자 단말기가 자신의 채널 환경을 보고할 수 있다. 사용자 단말기는 전원을 켜면, 사용자 단말기가 지원할 수 있는 모든 채널 환경에 대한 정보를 탐색하고, 그 정보를 기지국과 서로 공유한다. 이 과정이 끝나자 마자

기지국은 사용자 단말기에 주기적인 CINR 보고를 할 수 있도록 CQICH을 할당해 줄 수 있다.

3.2 스케줄링 동작 과정

같은 MBS 데이터를 원하는 여러 사용자들이 존재하고, 각각의 사용자들은 다른 채널 환경에 놓여 있을 수 있다. MBS 데이터 패킷은 여러 사용자들이 성공적으로 수신할 수 있도록 해야 하기 때문에, 기지국의 스케줄러는 자신의 영역 안에 있는 모든 MBS 사용자들을 고려해야 한다. 또한 기지국에 있는 스케줄러가 하나의 WiMAX 데이터 프레임 안에 있는 어떤 슬롯을 이용하여 누구에게 서비스할 지를 정할 때, MBS 사용자들의 QoS를 보장하도록 해야 한다. 그러므로 기지국 스케줄러는 보수적으로 가장 견고한 변조 및 코딩율을 이용하여 MBS 사용자들을 위한 MBS 데이터 패킷을 스케줄링 할 수 있다. 이러한 보수적 스케줄링은 기지국에서 지원할 수 있는 가장 높은 전송 성공률로 MBS 단말들이 MBS 데이터 패킷을 받을 수 있도록 한다. 하지만, 모든 사용자들의 채널 환경이 더 높은 변조 및 코딩율을 이용할 수 있을 정도로 좋은 상황에 있을 경우에도 보수적 스케줄링을 한다면, bandwidth 측면에서 낭비를 야기하게 된다. 그러므로, 위와 같은 상황에서의 불필요한 bandwidth 낭비를 막기 위하여 우리가 제안하는 기법은 MBS 데이터 스케줄링에 각각의 MBS 사용자들로부터 보고 받은 CINR 정보를 이용한다.

기지국은 3.1 장에서 설명했던 방법을 통하여 자신의 영역 내에 있는 사용자 단말기들로부터 CINR 정보를 받는다. 그 CINR 정보들은 MBS 데이터의 변조 및 코딩율을 결정하는데 이용한다. 이를 위해서 기지국은 MBS 데이터 packet을 받을 MBS 사용자들의 CINR 정보를 유지한다. 그리고 기지국이 MBS 데이터 packet을 전송할 때, 관리하고 있는 모든 MBS 사용자들의 채널 환경 정보를 바탕으로 모든 MBS 사용자들에게 유효한 변조 및 코딩율을 결정한다.

예를 들어, 그림 2에서와 같이 기지국이 MS1, MS2, MS3의 3명의 MBS 사용자들 가지고 있다고 가정하자. 그리고 기지국이 이용할 수 있는 가장 견고한 변조 및 코딩율은 QPSK 1/12이라고 가정하자. 각각의 MS로부터 보고 받은 CINR 정보에 따라 변조 및 코딩율을 MS1은 16QAM 1/2, MS2는 64QAM 3/4 그리고 MS3는 16QAM 1/2으로 각각 정한다. 기지국은 이 정보를 저장하고 유지하고 있다. 그러면 기지국이 MBS 사용자들에게 MBS 데이터를 전송하려고 할 때, 유지하고 있던 정보를 기초로 변조 및 코딩율을 결정한다. 따라서 이 경우에 기지국은 MBS 데이터 패킷을 전송하기 위하여 가장 견고한 변조 및 코딩율인 QPSK 1/12 대신에, 16QAM 1/2로 스케줄링을 한다. 그 결과, bandwidth 자원이라는 면에서 효율적인 스케줄링을 수행할 수 있게 되고, 기지국에서의 전체 처리량(throughput)도 증가하게 된다.

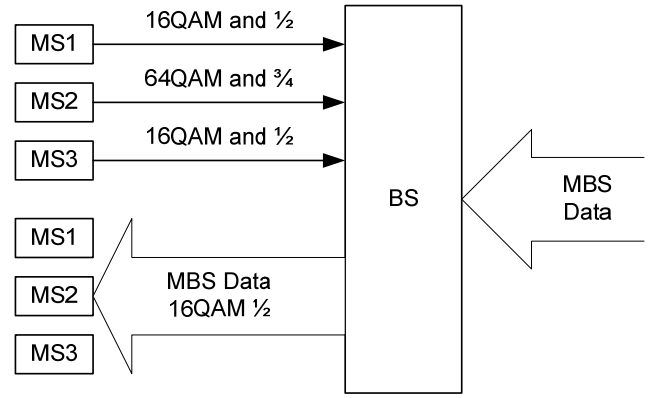


그림 2. MBS 데이터 스케줄링 예제

4. 성능 평가

4.1 실험 환경

제안한 rate adaptation 스케줄링 기법의 성능을 평가하기 위하여 NS2[10]를 이용하여 실험을 하였다. WiMAX의 MAC/PHY layer 구현은 NIST에서 구현한 IEEE 802.16 모델[11]을 이용하여 수정하였다. 각 단말의 채널 환경은 기지국으로부터의 거리에 따라 채널 환경이 변한다고 가정을 하였다. 따라서 CINR 값은 기지국으로부터의 거리로 대체되고, 거리에 따라 사용자가 지원할 수 있는 최소한의 변조 및 코딩율이 결정이 된다. 표 1은 실험에서 사용된 거리에 따른 변조 및 코딩율을 나타낸 것이다.

사용자 단말기의 채널 환경 보고를 위해서 사용한 방법은 CQICH을 이용한 방법을 사용하였다. 사용자의 이동 모델은 random-way point 모델을 사용하였다. 표 2는 실험에서 사용된 그 밖의 parameter 값을 나타낸다. 표 2에서 언급하지 않은 parameter는 NS2의 기본 설정값을 사용하였다.

변조 및 코딩율	기지국으로부터의 거리
QPSK 1/2	500m
QPSK 3/4	450m
16QAM 1/2	300m
16QAM 3/4	250m
64QAM 2/3	100m
64QAM 3/4	50m

표 1. 변조 및 코딩율 정의표

사용자 이동 속도	0-5 m/s
사용자 정지 시간	10-30 s
기지국내의 MBS 사용자 수	10
MBS Source의 전송률	CBR 1024 bytes, 384 Kbps
트래픽 시작 시간	10 s
트래픽 종료 시간	310 s

표 2. 실험에 사용된 parameter 값

다음 장에서는 위의 실험 환경을 바탕으로 사용자의 이동 속도에 따른 bandwidth 사용률 (bandwidth occupancy)과 전송 성공률 (delivery ratio)을 척도로 하여 결과를 보여준다. 대조군으로는 QPSK 1/2 변조 및 코딩율을 사용하는 보수적 스케줄링 기법을 이용하였다. Low mobility, mid mobility, high mobility는 각각 30, 20, 10초의 정지시간을 가지고 이동하는 사용자들을 나타낸다.

4.2 실험 결과

그림 3의 그래프는 QPSK 1/2 변조 및 코딩율을 이용하는 보수적 스케줄링 기법에서 사용한 bandwidth 사용량을 1로 했을 때, rate adaptation 스케줄링 기법을 사용하여 low mobility, mid mobility, high mobility 일 때의 bandwidth 사용량을 나타낸 것이다. 그 결과 rate adaptation 스케줄링 기법이 보수적 스케줄링 기법보다 상대적으로 30% 정도의 bandwidth 사용량을 아낄 수 있는 것을 볼 수 있다. 즉, 더 좋은 bandwidth 이용률을 보이고 있다.

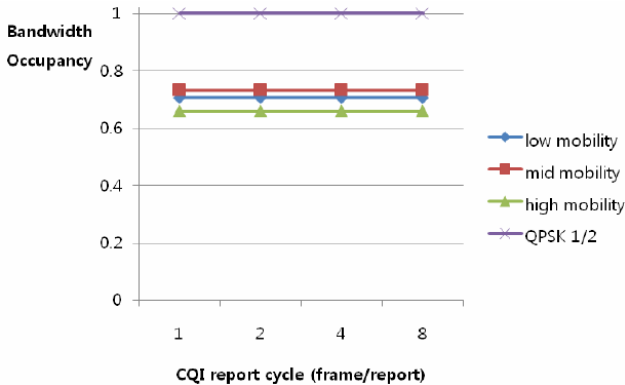


그림 3. 이동 속도에 따른 Bandwidth 사용률

하지만, bandwidth를 효율적으로 사용하는 것만으로는 MBS를 효과적으로 서비스한다고 단정 지을 수는 없다. 오히려 bandwidth의 낭비가 있더라도 모든 MBS 사용자에게 MBS 데이터를 성공적으로 전송하는 것이 더 중요하다. 그림 4는 rate adaptation 스케줄링 기법의 패킷 전송 성공률에 대한 결과를 그래프를 나타낸다. 그 결과값이 거의 1임을 통해서 rate adaptation 스케줄링 기법을 적용하더라도 전송 성공률이 나빠지지 않음을 확인할 수 있었다.

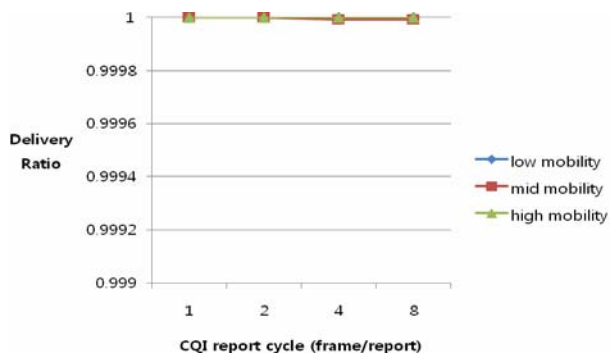


그림 3. 이동 속도에 따른 전송 성공률

5. 결론

본 논문에서 저자들은 WiMAX 접속망에서 최근 각광을 받고 있는 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위한 응용을 지원하기 위한 MBS service에 대하여 살펴 보았다. 그리고 WiMAX에서는 기지국에서 일반적인 데이터와 함께 MBS 데이터를 전송해야 하기 때문에 한정된 bandwidth 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 rate adaptation 스케줄링 기법을 제안하였다.

NS2를 이용하여 보수적 스케줄링 기법과 rate adaptation 스케줄링 기법의 성능을 비교한 결과 더 효율적인 bandwidth를 이용하는 것을 확인하였고, 동시에 전송 성공률에서도 보수적 스케줄링 기법과 같은 수준의 성능을 유지하는 것을 보였다.

WiMAX에서 CQICH의 할당에 있어서 그 수가 제한되어 있기 때문에, 모든 사용자의 채널 환경을 빠르고 완벽하게 고려할 수 없을 수 있다. 향후 연구로 보다 많은 사용자들이 기지국에 있을 경우 CINR 보고를 효과적으로 하는 기법에 대한 연구를 진행할 계획이다.

6. 참고문헌

- [1] 3GPP, "Multimedia broadcast/multicast service; architecture and functional description (Release 6)," 3GPP Tech. Specification TS 23.246, v6.9.0, Dec. 2005.
- [2] 3GPP2, "Interoperability Specification (IOS) for Broadcast Multicast Service (BCMCS)," 3GPP2 TSG-A Specification A.S0019-0, v1.0, Nov. 2004.
- [3] IEEE Std. 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", 2004
- [4] IEEE Std. 802.16e-2005 and IEEE Std 802.16-2004/Cor1-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems-Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1", 2004
- [5] <http://www.wimaxforum.org/>
- [6] "WiMAX End-to-End Network Systems Architecture (Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points)," WiMax Forum Network Working Group (NWG), under revision, www.wimaxforum.org/technology/documents/, April 2006.
- [7] "WiMAX End-to-End Network Systems Architecture (Stage 3: Detailed Protocols and Procedures)," WiMax Forum Network Working Group (NWG), under revision, www.wimaxforum.org/technology/documents/, August 2006.
- [8] "WiMAX ForumTM Mobile System Profile Release 1.0 Approved Specification (Revision 1.2.2: 2006-11-17)," WiMAX Forum Technical Working Group (TWG), under revision, www.wimaxforum.org/techonolgooy/documents/, November 2006.
- [9] Stefan Parkvall, Eva Englund, MagnusLundevall, and Johan Torsner, "Evolving 3G Mobile Systems: Broadband and Broadcast services in WCDMA", IEEE Communications Magazine, Feb. 2006, Vol. 44, Issue. 2, 68-74
- [10] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [11] <http://www.antd.nist.gov/seamlessandsecure/toolsuite.html>, IEEE 802.16 model for NS-2, NIST, Oct 2006.