

AMC와 H-ARQ에 따른 시뮬레이션 기반의 WiBro 시스템 성능 평가

정희원 서원경*, 최재인*, 종신회원 조유제*

Performance Evaluation of WiBro System based on AMC and H-ARQ by Simulation

Won-Kyeong Seo*, Jae-In Choi* *Regular Members*, You-Ze Cho*^o *Lifelong Member*

요약

WiBro는 휴대 단말을 통하여 이동 중에도 고속의 데이터 전송이 가능한 이동 통신 시스템이다. 사용자들은 WiBro 시스템을 통하여 데이터, 음성, 영상 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공 받고 있으나, WiBro 시스템에 대한 보다 나은 서비스 품질 보장을 요구하고 있다. 하지만 다양한 멀티미디어 서비스를 위한 WiBro 시스템 성능 분석은 그 동안 많은 연구가 이론적으로 수행되어 왔으나, 시뮬레이션을 통한 체계적인 성능 평가 연구는 미흡한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 OPNET 시뮬레이터를 이용하여 WiBro 시스템의 대표 기술인 Adaptive Modulation and Coding (AMC)와 Hybrid-Automatic Repeat Request (H-ARQ) 따른 시스템 성능을 평가하였다. 변조와 채널 부호화 방식이 WiBro 시스템 성능에 미치는 영향을 분석하였으며, 이를 바탕으로 서비스 품질 요구 사항을 보장하기 위한 AMC 프로파일을 제시하였다. 또한 H-ARQ와 AMC 적용에 따른 시스템 성능을 분석하여 제안된 AMC 프로파일의 우수성을 검증하고 실제 시스템에 적용할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : WiBro, 휴대인터넷, AMC, H-ARQ, 멀티미디어 응용 서비스

ABSTRACT

WiBro is a wireless mobile communication system which supports a high data rate and high mobility in anywhere and anytime. Although WiBro system provides multimedia service including data, audio and video services, customers require better service quality in WiBro system. But, many researches have theoretically evaluated the performance of WiBro system without systematic studies by simulation. Therefore, in this paper, we evaluate a performance of WiBro system using OPNET simulator. We analyze system performance according to various modulation and coding schemes, and propose Adaptive Modulation and Coding (AMC) profile to support quality of services for user requirements. Also we evaluate the performance of WiBro system using AMC and Hybrid-Automatic Repeat Request (H-ARQ) technologies, and confirm that the proposed AMC profile can be applied to WiBro system with high performance.

I. 서론

WiBro 시스템은 휴대폰이나 노트북 등의 휴대 단

말을 이용하여 이동 중에도 고속의 데이터 전송을 지원하며 현재 국내외 상용화 서비스를 제공하고 있다. 사용자들은 WiBro 시스템을 통하여 데이터, 음성, 영

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)[KI001822]과 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업[NIPA-2010-(C1090-1011-0013)]의 일환으로 수행하였음

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 통신망연구실 (morglory, cji1206, yzcho@ee.knu.ac.kr), (°: 교신저자)
논문번호: KICS2010-08-428, 접수일자: 2010년 8월 31일, 최종논문접수일자: 2011년 1월 4일

상 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공 받고 있으나, WiBro 시스템에 대한 보다 나은 서비스 품질 보장을 요구하고 있다. 이에 따라 국제 표준화 단체에서 멀티미디어 응용 서비스 품질 기준을 제시하고 있으며, 다양한 환경에서의 WiBro 시스템 성능 분석 연구가 진행되고 있다^{1,2)}. 하지만 대부분의 연구들은 이론적으로 수행되고 체계적인 성능 평가는 미흡하여, 본 논문에서는 OPNET 시뮬레이터를 통하여 WiBro 시스템의 대표 기술인 Adaptive Modulation and Coding (AMC)와 Hybrid-Automatic Repeat Request (H-ARQ) 따른 시스템 성능 평가 연구를 수행하였다. 특히 변조와 채널 부호화 방식에 따른 시스템 성능을 분석하고 이를 향상시키기 위한 AMC 프로파일을 제시하였다. 또한 AMC와 H-ARQ에 따른 시스템의 성능을 평가하였다.

서론에 이어 2장에서는 관련 연구 동향을 분석하고, 3장에서는 시뮬레이터를 이용하여 WiBro 시스템 성능을 분석한다. 또한 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구 동향

WiBro 시스템은 무선 채널 상태 변화를 신속하게 반영하고 최적의 성능을 지원하기 위한 AMC 기술과 효율적인 오류 정정 및 재전송을 위한 H-ARQ 기술을 사용한다. 본 장에서는 WiBro 시스템의 AMC 기술과 H-ARQ 기술을 분석한다³⁻⁵⁾.

2.1 Adaptive Modulation and Coding

AMC는 무선 채널 상태를 반영해 동적으로 변조와 채널 부호화 방식 (MCS : Modulation and Coding Scheme)을 변화시키는 링크 적응 기술로서, 비트 오류율을 최소화하고 최대의 수율 (throughput)을 지원한다. WiBro 시스템에서 AMC 동작 결정은 무선 자원을 할당하고 스케줄링을 수행하는 RAS (Radio Access Station)에서 수행한다. PSS (Portable Subscriber Station)는 주기적으로 CINR (Carrier to Interference Noise Ratio) 값을 RAS에게 알리며, RAS는 CINR 값을 양자화하고 AMC 프로파일을 참고하여 변조와 채널 부호화 방식을 결정한다^{3,4)}. 하지만 WiBro 표준 기술에서는 MCS 변경 기준이 되는 AMC 프로파일을 정의하고 있지 않고 각 사업자의 선택에 따르고 있다. 따라서 본 논문에서는 WiBro 시스템 성능을 향상시키고, 응용 서비스 품질을 보장하기 위한 AMC 프로파일을 제시한다. 또한 AMC 사용에 따른 WiBro 시스템 성능을 분석한다.

2.2 Hybrid-Automatic Repeat Request

오류 제어는 데이터 재전송 (ARQ : Automatic Repeat Request)과 오류 정정 (FEC : Forward Error Correction) 두 방식으로 분류되며, 일반적으로 데이터 재전송은 데이터 링크 계층에서, 오류 정정은 물리 계층에서 이루어진다. H-ARQ란 재전송과 오류 정정을 결합하여 오류를 제어하는 기술로 CC (Chase Combining) 방식과 IR (Incremental Redundancy) 방식이 있다. CC 방식은 오류가 발생한 패킷을 폐기하지 않고 재전송된 패킷과 결합하여 재전송 횟수를 줄이는 방식이고, IR 방식은 패킷을 재전송할 때 마다 채널 코딩 이득을 점차 증가시켜 재전송 횟수를 줄이는 방식이다^{3,5)}. 하지만 H-ARQ는 데이터 전송의 신뢰성은 개선시키지만 오류 제어를 위한 재전송으로 인하여 프레임 전송 지연은 증가시킨다. 따라서 본 논문에서는 H-ARQ 사용에 따른 WiBro 시스템 성능을 분석한다.

III. 시뮬레이션을 통한 WiBro 시스템 성능 평가

본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 WiBro 시스템의 대표 기술인 AMC와 H-ARQ에 따른 시스템 성능 분석을 수행한다. 이를 위하여 이동 단말의 수신 신호 세기 변화에 따른 시스템 성능을 분석하고, 이를 바탕으로 시스템 성능 향상을 위한 AMC 프로파일을 제시한다. 또한, AMC, H-ARQ에 적용에 따른 시스템의 성능을 평가한다.

3.1 WiBro 시스템 모델링

시뮬레이션에서 사용한 WiBro 시스템은 총 8.75MHz의 대역폭을 사용하며 1024개의 부전송과 중 720개를 데이터 부전송과, 120개를 파일럿 부전송과, 1개를 Data Carrier (DC) 부전송과, 나머지를 가드 대역을 위한 부전송과로 사용한다. 프레임 당 심볼 수는 42개로 구성하고 프레임의 길이를 5ms로 하였으며 프레임 내의 Transmit/receive Transition Gap (TTG)와 Receive/transmit Transition Gap (RTG)는 각각 121.2ms와 40.4ms로 구성하였다. 시뮬레이션을 위한 WiBro 시스템 파라미터는 표 1과 같다.

시뮬레이션을 위한 프레임 구조는 그림 1와 같으며, 사용된 프레임 구성 값은 표 2와 같다. 프레임의 하향링크에서는 시간 동기를 맞추기 위한 2개의 프리엠블 심볼과 제어 심볼 1개를 사용하였고, 상향링크에서는 Channel Quality Indication (CQI), Acknowledgment, Ranging 등을 위한 제어심볼 3개를 사용하

여 데이터 심볼을 기준으로 하향링크와 상향링크를 2:1로 구성하였다.

3.2 무선 채널 상태에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

WiBro 환경에서 변조 방식과 채널 부호화 방식은 비트 오류율과 데이터 전송률 등 서비스 품질에 큰 영향을 미친다. 따라서 본 절에서는 변조와 채널 부호화 방식에 따른 시스템 성능을 평가하기 위하여 단말의 이동에 따른 무선 채널 상태와 수율, 블록 오류율 등의 변화를 분석한다.

3.2.1 변조 및 채널 부호화 방식 (MCS)

MCS는 변조 방식과 채널 부호화 방식을 나타낸다. 변조는 반송파의 진폭, 주파수, 위상 정보를 변경하여 데이터를 실어 전송하는 방식으로 심볼당 전송 비트 수를 결정한다. WiBro에서는 위상 정보를 변경하는 QPSK, 16QAM, 64QAM 변조 방식을 지원하고 있으며, 각 변조 방식에 따라 심볼 당 2bits, 4bits, 6bits의 정보를 전송할 수 있다^[1]. 또한 채널 부호화 방식은 전송 채널 상의 노이즈, 간섭 등에 의해 전송 도중에 발생할 수 있는 오류를 발견하고 손상된 신호를 복원할 수 있도록 송/수신측에서 정해진 임의의 신호를 더해 주는 기술이다. WiBro에서는 길쌈부호화 방식을 사용하고 있으며, 5/6, 3/4, 2/3, 1/2의 부호율을 지원하고 있다^[3].

WiBro 표준에서는 변조 방식과 채널 부호의 부호율에 따라 MCS 레벨 (64QAM 5/6, 64QAM 3/4, 64QAM 2/3, 64QAM 1/2, 16QAM 1/2, QPSK 2/3,

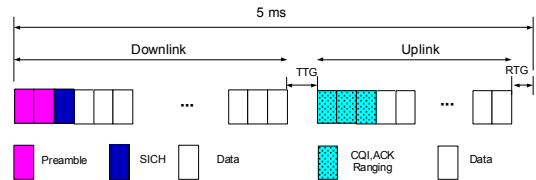


그림 1. 시물레이션을 위한 WiBro 프레임 구조

QPSK 1/2)을 나누고 있다. 64QAM 변조 방식을 사용하는 높은 MCS 레벨은 심볼 당 전송 비트수가 많아 빠른 속도로 데이터를 전송할 수 있지만 간섭에 민감하며, QPSK 변조 방식을 사용하는 낮은 MCS 레벨은 전송 속도는 느리지만 간섭에 강한 특징이 있다. 또한, 5/6 채널 코딩 부호율을 사용하는 경우가 3/4 부호율을 사용하는 경우에 비해 높은 수율을 지원할 수 있지만 오류 정정을 위한 비트 수가 작아 오류 복원에 어려움이 있다.

따라서 본 절에서는 MCS 레벨을 고정시킨 환경에서 무선 채널 상태 변화에 따른 WiBro 시스템 성능을 분석한다.

3.2.2 무선 채널 상태와 MCS 레벨에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

MCS 레벨에 따른 WiBro 시스템 성능 평가를 위하여 MCS 레벨을 고정시킨 환경에서 무선 채널 상태 변화에 따른 수율, 블록 오류율, 전송 지연 등 시스템 성능 변화를 분석하였다. 시물레이션은 시물레이터가 지원하는 기능을 고려하여 표 3의 환경에서 수행되었으며, 단말은 20Km/h의 속도로 RAS에서 멀어지는 방향으로 이동시켰다.

이동 단말과 RAS 사이의 다중 경로 페이딩, 경로 손실은 신호의 왜곡, 잡음, 수신 신호의 세기에 영향을 미치며, 이는 CINR 값으로 나타낼 수 있다. 그림 2은 CINR 값의 변화와 이에 따른 각 MCS 레벨에서의 WiBro 시스템 성능 변화를 보여준다. 이동 단말이

표 1. 시물레이션을 위한 WiBro 시스템 파라미터

파라미터	설정 값
시그널 대역	8.75MHz
샘플링 주파수, Fs	10MHz
총 부반송파 수 (DC 포함) (DL PUSC)	841 out of 1,024
데이터 부반송파 수 (DL PUSC)	720
파일럿 부반송파 수 (DL PUSC)	120
부반송파간 간격; Df = Fs / NFFT	9.77kHz
심볼 길이 (ms); Td	102.4ms
Cyclic Prefix 길이 (ms); Tg	12.8ms
OFDMA 심볼 길이; Ts = Tg + Td	115.2ms
TDD 프레임 길이 (ms)	5ms
프레임당 심볼의 수	42
송신/수신간의 TDD 보호 시간 (TTG)	121.2ms
수신/송신간의 TDD 보호 시간 (RTG)	40.4ms

표 2. 시물레이션을 위한 WiBro 프레임 구성 값

프레임 구성 (2:1 기준)		DL	UL
심볼수		27	15
프리앰블		2	0
전용제어 심볼		1	3
데이터 심볼 (2:1)		24	12
시간 구간	전송 구간 (TTrans)	3.1104ms	1.728ms
	TDD 보호 시간(Tguard)	121.2ms (TTG) + 40.4ms (RTG)	

표 3. 무선 채널 상태와 MCS 레벨에 따른 WiBro 시스템 성능 평가 시뮬레이션 파라미터

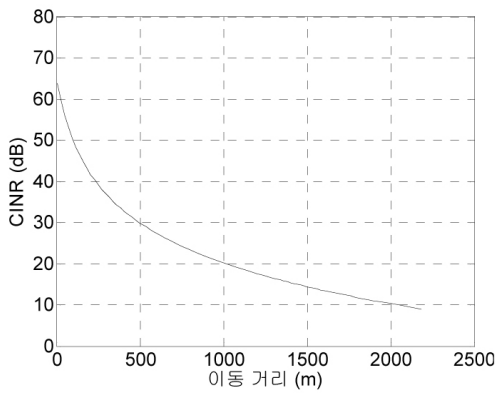
파라미터	설정 값
무선 채널 모델	ITU Vehicular A model
경로 손실 모델	Vehicular model
MCS 레벨	64QAM 3/4, 64QAM 2/3, 64QAM 1/2, 16QAM 1/2, QPSK 2/3, QPSK 1/2
단말의 이동	20Km/h로 RAS에서 멀어지는 방향으로 이동
응용 서비스	10Mbps CBR

RAS로부터 멀어지는 방향으로 이동하면 무선 채널의 상태는 악화되어 그림 2 (a), (b)와 같이 CINR 값이 감소하고 비트 오류가 증가하여 CINR 10dB 수준에서는 모든 MCS 레벨 환경에서 약 2Mbps 수준의 수율만 지원함을 알 수 있다.

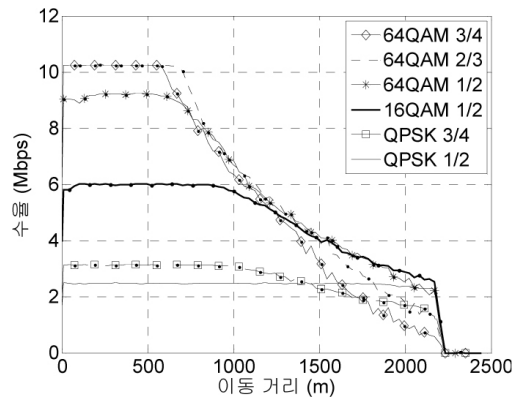
특히 그림 2 (b)에서 보여지 듯 높은 MCS 레벨을

사용하는 경우에는 심볼당 전송하는 데이터 비트 수가 많아 높은 수율로 멀티미디어 응용 서비스의 품질을 지원할 수 있음을 알 수 있다. 하지만 심볼당 오류 검출 및 복구를 위한 비트 수는 적기 때문에 무선 채널 상태가 악화됨에 따라 그림 2 (c), (d)와 같이 블록 오류와 프레임 전송 지연이 증가하며, 이로 인해 수율이 감소하여 결국에는 낮은 MCS 레벨을 사용하는 경우보다도 멀티미디어 응용 서비스를 지원하는데 어려움이 생긴다.

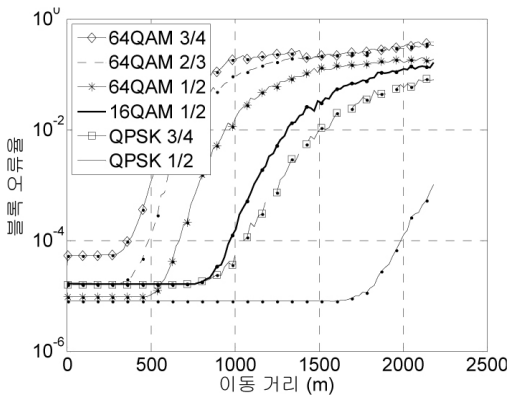
반면 낮은 MCS 레벨을 사용하는 경우에는 양호한 무선 채널 환경에서는 상대적으로 낮은 수율을 지원하지만, 무선 채널 변화에 따른 수율, 블록 오류, 전송 지연의 변화가 적어 지속적인 서비스의 품질을 제공할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 응용 서비스 품질 보장을 위해서는 무선 채널의 상태에 따라 MCS 레벨을 적절히 변화시키는 AMC 기술이 필요하다.



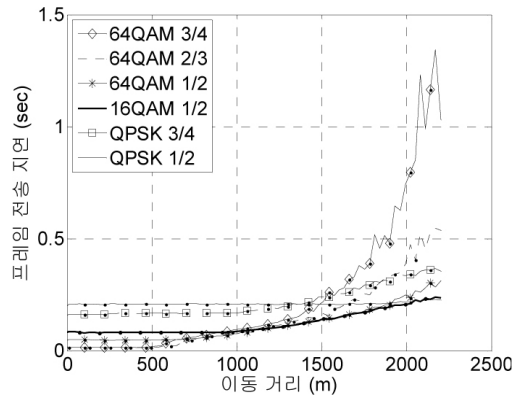
(a) CINR



(b) 수율



(c) 블록 오류율



(d) 프레임 전송 지연

그림 2. 무선 채널 상태와 MCS 레벨에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

3.3 AMC에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

본 절에서는 ITU-T G.1010에서 권고하는 서비스 품질 보장 기준을 바탕으로 WiBro 시스템을 위한 AMC 프로파일을 제시하고, 시물레이션을 통하여 AMC 기술에 따른 시스템 성능 분석을 수행한다⁶⁾.

3.3.1 서비스 품질 보장을 위한 AMC 프로파일 제시

MCS 레벨에 따른 WiBro 시스템 성능 평가를 통하여 MCS 레벨을 고정시킨 환경에서는 효율적으로 응용 서비스의 품질을 보장할 수 없음을 확인하였다. 따라서 본 논문에서는 무선 채널의 상태를 반영해 적절한 MCS 레벨을 선정하기 위한 AMC 프로파일을 제시한다.

멀티미디어 응용 서비스 품질 기준을 정의하는 국제 표준화 단체에서는 대부분의 멀티미디어 응용 서비스 품질 보장을 위해서 데이터 오류율 1% 이내 지원을 권고하고 있다⁶⁾. 이에 따라 본 논문에서는 시물레이션을 통하여 MCS 레벨 별 1% 이내의 블록 오류율을 보장하는 CINR값을 도출하고, 그를 기준으로 AMC 프로파일을 제시하였다. 시물레이션은 다양한 MCS 레벨에서 단말이 RAS에서 멀어지는 방향으로 이동하며 수행하였다.

시물레이션을 통하여 그림 3에서는 MCS 레벨 별로 CINR 변화에 따른 블록 오류율을 비교하였다. 높

표 4. 제안된 AMC 프로파일

Mandatory Exit Threshold (dB)	Minimum Entry Threshold (dB)	Modulation and Coding Scheme
0	14	QPSK 1/2
15	16	QPSK 3/4
17	21	16QAM 1/2
22	25	64QAM 1/2
26	28	64QAM 2/3
29	31	64QAM 3/4

은 데이터 전송률을 가지지만 비트 오류에 민감한 64QAM 변조와 3/4 코딩 방식을 사용하는 경우에는 약 CINR 28dB 이상에서 1% 이내의 블록 오류율을 보장하지만, 데이터 전송률은 낮지만 비트 오류에 강한 QPSK 변조와 3/4 코딩 방식을 사용하는 경우에는 약 CINR 14dB 이상에서 1% 이내의 블록 오류율을 보장하였다. 이를 바탕으로 멀티미디어 서비스 품질 보장을 위한 AMC 프로파일을 표 4와 같이 제시하였다.

3.3.2 AMC에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

본 항에서는 AMC에 따른 WiBro 시스템 및 응용 서비스 성능 평가를 수행한다. 이를 위한 시물레이션은 표 4에서 제시된 AMC 프로파일을 적용하여 그림 4와 같이 20Km/h의 속도의 단말이 RAS에서 멀어지는 방향으로 이동하는 시나리오로 수행되었으며,

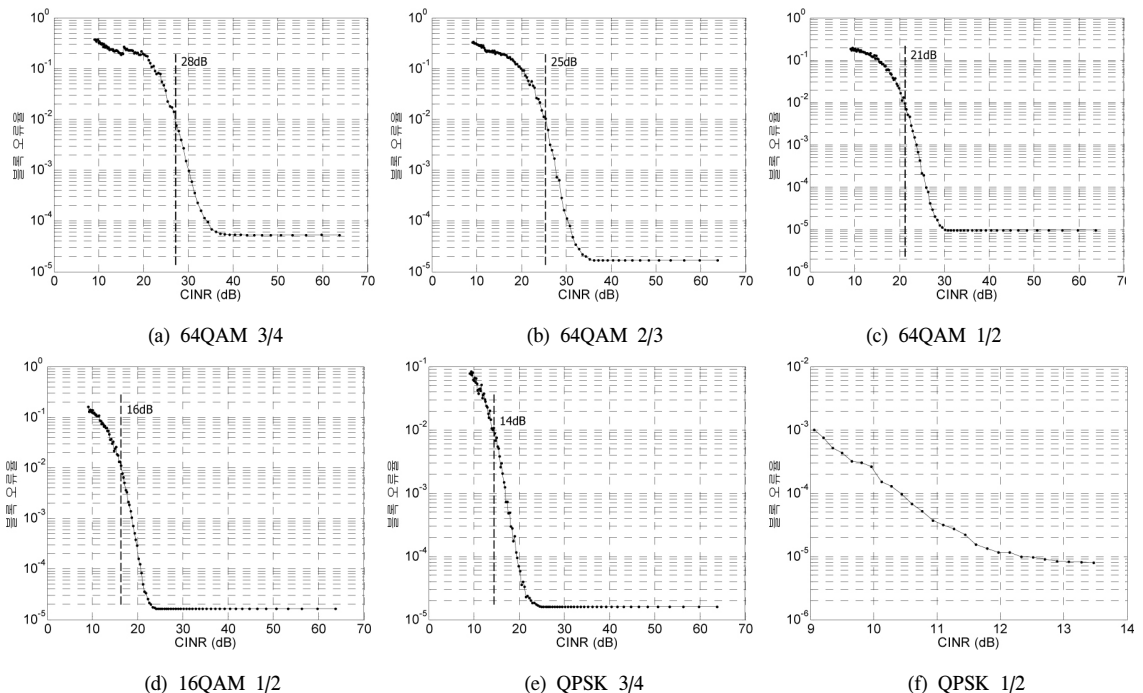


그림 3. MCS 레벨 별 CINR vs. 블록 오류율

AMC에 따른 응용 서비스 성능은 이동 단말의 수율, 블록 오류율을 통하여 분석하였다.

AMC를 적용한 환경에서는 무선 채널 상태의 변화가 있으면 이를 반영하여 능동적으로 변조 및 채널 부호화 방식을 변경한다. 단말의 이동으로 그림 5 (a)와 같이 CINR 값이 감소하면, RAS는 AMC 프로파일을 바탕으로 심볼당 전송 비트 수 (MCS 레벨)를 그림 5 (b)와 같이 감소시킨다. 이에 따라 전체 수율은 그림 5 (c)와 같이 저하되지만, 수율 저하는 비트 오류에 의한 것이 아니라 심볼당 전송 데이터 비트 수의 감소에 따른 결과로 그림 5 (d)과 같이 대부분 1% 이내의 오류율을 지원할 수 있다. 이를 통해 제안된 AMC 프로파일이 ITU-T 멀티미디어 응용 서비스 품질 기준을 보장할 수 있음을 검증하였으며, 실제 WiBro 시스템에 적용할 수 있음을 확인하였다.

반면, 대표적인 멀티미디어 응용 서비스인 IPTV, VoIP 등의 스트리밍 서비스들이 1% 이내의 오류만을 허용하고 있다는 점을 고려할 때, AMC를 적용한 시

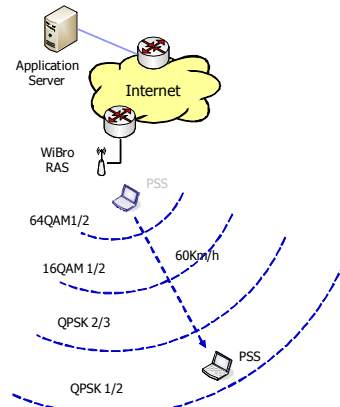


그림 4. AMC에 따른 응용 서비스 성능 분석을 위한 시뮬레이션 시나리오

스템에서의 서비스 품질 보장은 어려움이 없다. 그러나 MCS 레벨이 64QAM 3/4에서 QPSK 1/2로 변경되면서 감소한 수율은 기존 유선 망을 바탕으로 한

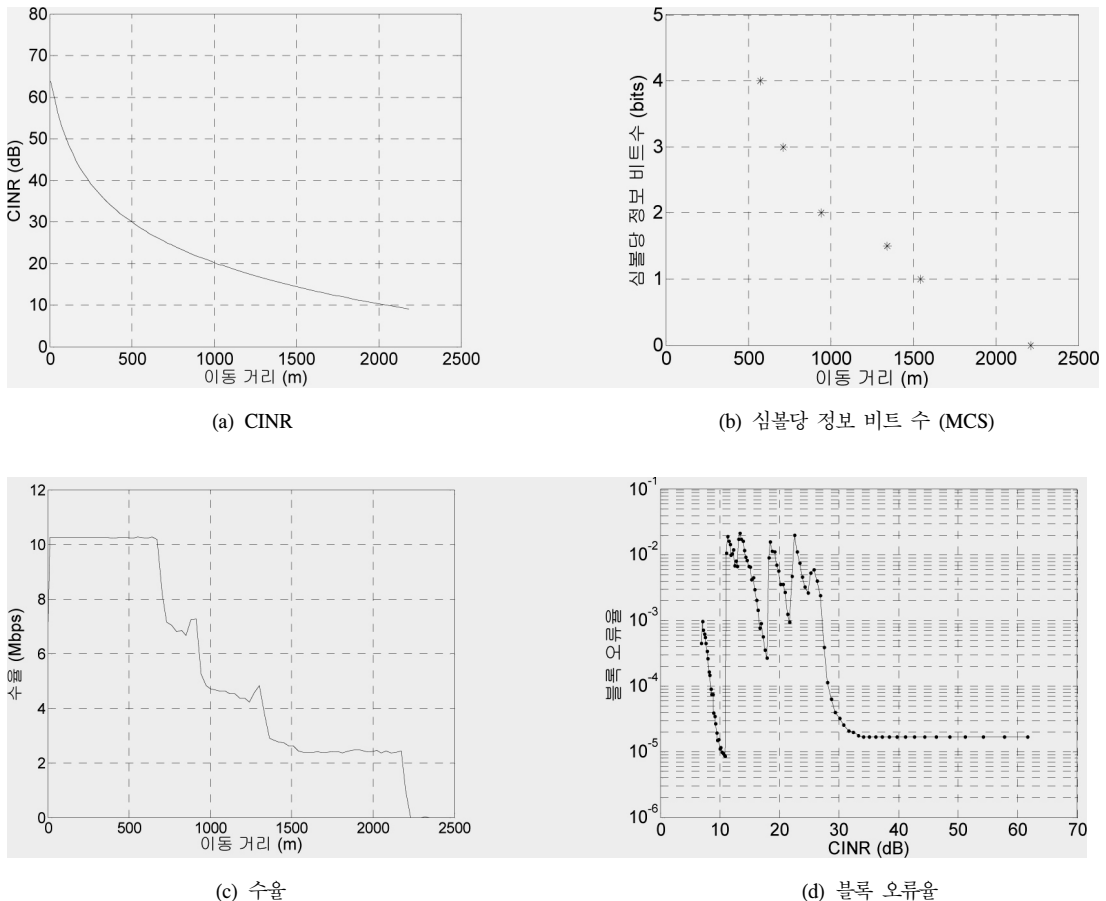


그림 5. AMC에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

HD급 IPTV 서비스의 품질 (약 10Mbps 전송률)은 보장할 수 없는 제약이 있다. 따라서 WiBro 단말이 작은 이동 장비라는 점을 고려한다면, 기존 HD급 IPTV 서비스를 그대로 적용하기에는 적절하지 않으며, 디바이스의 성능에 따른 최적의 서비스 정책이 필요하다.

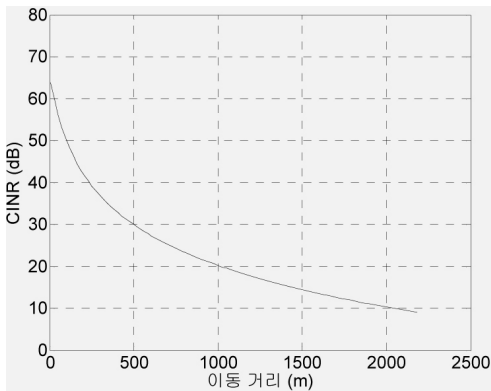
3.4 H-ARQ에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

본 절에서는 H-ARQ에 따른 WiBro 시스템 성능을 평가한다. 시물레이션은 제시된 AMC 프로파일을 적용한 환경에서 단말이 RAS에서 멀어지는 방향으로 이동시키며 수행하였으며, H-ARQ CC 모드 적용 여부에 따른 성능 변화를 비교 분석하였다.

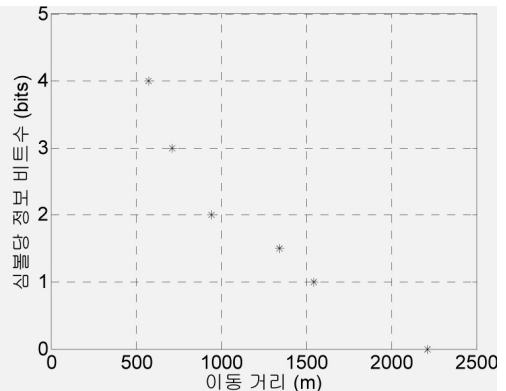
H-ARQ를 사용 여부에 따른 시물레이션 결과는 그림 6과 같다. 그림 6 (c)를 보면 CINR값이 약 28dB 이상인 무선 채널 상태가 좋은 환경, 즉 기지국과 단말 사이의 거리가 600m 이내인 경우에는 적은 비트

오류로 H-ARQ와 관계없이 높은 수율을 지원한다. 또한 H-ARQ가 무선 채널 악화에 따른 비트 오류를 효율적으로 복원하기 때문에 CINR값이 30dB에서 15dB로 떨어지면 (단말과 기지국 사이의 거리 약 600m~1600m), H-ARQ를 지원하는 경우 상대적으로 더 높은 수율을 가진다. CINR값이 15dB 이하 (단말과 기지국 사이의 거리 약 1600m 이상)가 되면 AMC 동작으로 인하여 그림 6(b)와 같이 MCS 레벨이 비트 오류에 강한 QPSK 3/4, QPSK 1/2으로 변경되면서 H-ARQ에 의한 성능 향상이 크게 나타나지 않았다.

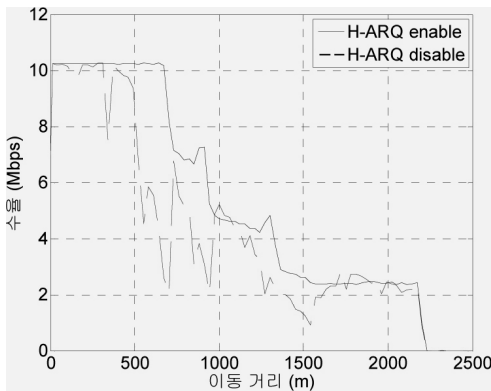
H-ARQ 사용 유/무에 따른 서비스의 프레임 전송 지연은 그림 6 (d)와 같다. H-ARQ를 사용하는 경우에는 최소한의 재전송으로 비트 오류를 효율적으로 복원함으로써 높은 수율을 지원하지만 프레임 재전송으로 인해 상대적으로 긴 지연을 가진다. 따라서 지연



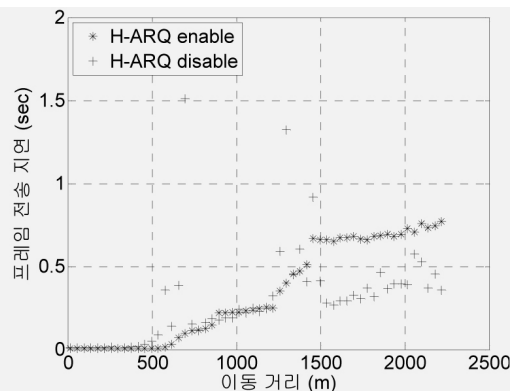
(a) CINR



(b) 심볼당 정보 비트 수 (MCS)



(c) 수율



(d) 프레임 전송 지연

그림 6. H-ARQ에 따른 WiBro 시스템 성능 평가

에 민감한 서비스 혹은 데이터 손실에 민감한 서비스 등 응용 서비스의 종류와 QoS 특성에 따른 선택적인 H-ARQ 사용이 필요하다.

IV. 결 론

본 논문에서는 OPNET 시뮬레이션을 통하여 WiBro 시스템의 대표 기술인 AMC와 H-ARQ에 따른 시스템 성능을 평가하였다. MCS 레벨이 고정된 환경에서는 무선 채널 상태를 잘 반영하지 못해 채널 상태가 악화되면 수율의 저하, 블록 오류율과 전송 지연의 증가 등의 문제가 발생하였다. 따라서 국제 표준화 단체의 멀티미디어 응용 서비스 품질 보장 권고를 바탕으로 1% 이내의 오류를 보장하는 AMC 프로파일 일을 제시하였으며, AMC 적용에 따른 WiBro 성능 개선을 확인하였다. 제안한 AMC 프로파일은 1% 오류율을 만족하는 경계의 CINR을 도출하여 구성하였으며, 이는 최적의 수율로 1% 이내의 오류율을 지원하며 효율적으로 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있음을 검증하였다.

또한 H-ARQ 따른 성능 평가에서는 H-ARQ가 효율적으로 오류를 복원하여 신뢰성을 보장할 수 있으나, 프레임 전송 지연을 증가시킴을 확인하였다. 이는 실시간성을 요구하는 서비스에는 전송 지연을 증가시켜 품질 저하를 품질 저하를 야기할 수 있으나, 데이터 손실이 민감한 서비스의 경우에는 효율적인 오류 복원으로 서비스 품질을 보장하여 서비스 유형에 따른 적절한 H-ARQ 사용이 중요하다.

참 고 문 헌

- [1] P. Mach and R. Bestak, "WiMax Performance Evaluation," In *proceeding of International Conference on Networking*, 2007.
- [2] T. Theodoros and V. Kostantinos, "WiMax Network Planning and System's Performance Evaluation," In *proceeding of IEEE Wireless Communication and Networking Conference*, 2007.
- [3] TTAS. KO-06.0082R1, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 물리 계층 및 매체접근제어 계층," 2005.
- [4] D. Marabissi, D. Tarchi, R. Fantacci, and F. Balleri, "Efficient Adaptive Modulation and Coding," in *proceeding of International Conference on Communications*, 2008.

- [5] E. W. Jang, J. Lee, H. Lou, J. M. Cioffi, "On the Combining Schemes for MIMO Systems with Hybrid ARQ," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2009.
- [6] ITU-T Recommendation G.1010, "End-user multimedia QoS categories," 2001.

서 원 경 (Won-kyeong Seo)

정회원



2005년 2월 경북대학교 전자
전기컴퓨터학부 졸업
2007년 2월 경북대학교 전자
공학파(석사)
2007년 3월~현재 경북대학
교 전자전기컴퓨터학부 박
사과정

<관심분야> 이동통신, 차세대 통합망, 망 기반 이동
성 관리 기술, 이종망간 핸드오버

최 재 인 (Jae-In Choi)

정회원



2006년 2월 경북대학교 전자전
기컴퓨터학부 졸업
2008년 2월 경북대학교 전자공
학과(석사)
2008년 3월~현재 경북대학교
전자전기컴퓨터학부 박사과정

<관심분야> 망 기반 이동성 관리 기술, Mobile
multicast

조 유 제 (You-ze Cho)

중신회원



1982년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업

1983년 2월 한국과학기술원 전기전자공학(석사)

1988년 2월 한국과학기술원 전자전기공학 전기전자공학(박사)

1989년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

2002년 2월~2003년 1월 미국 국립표준연구소 (NIST), 객원 연구원

1992년 8월~1994년 1월 Univ. of Toronto, 객원교수
<관심분야> 차세대 이동네트워크, BcN, 무선 메쉬 네트워크, 센서 네트워크, 이동성 관리 기술