

멀티캐스트와 브로드캐스트 서비스의 성능 향상을 위한 모바일 와이맥스 중계 시스템

(Multi-hop Relay System for Multicast and Broadcast Service over Mobile WiMAX)

조 치 현[†] 윤 희 용^{**}

(Chi Hyun Cho) (Hee Yong Youn)

요 약 무선 네트워크 기술 발달은 다양한 모바일 서비스 환경에서 시간과 장소에 상관없이 끊김 없는 고속의 무선 통신 서비스를 가능하게 해주었다. 하지만 이와 같은 무선 네트워크 기술은 유선 네트워크와는 달리 고가의 제한된 대역폭을 사용한다. IEEE802.16e 표준 기반의 모바일 와이맥스에서 지원하는 MBS(Multicast Broadcast Service) 기술은 다운링크 채널을 공유하여 다수의 사용자에게 효율적인 데이터 서비스를 지원할 수 있기 때문에 이러한 제한된 대역폭의 한계를 극복할 수 있게 해준다. 그럼에도 불구하고 서비스 커버지리나 채널의 상태에 따라 쉽게 영향을 받는 전송률에 관한 문제는 여전히 남아 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 모바일 와이맥스의 중계 시스템을 소개하고, AMC(adaptive modulation and coding)을 이용하여 MBS의 성능을 향상시킬 수 있는 중계 시스템을 제안한다. NS-2 컴퓨터 시뮬레이터를 이용한 실험 결과는 제안하는 MBS 중계 시스템의 성능이 기존의 시스템보다 전송률과 전송시간 측면에서 크게 향상됨을 보여준다.

키워드 : 멀티캐스트 브로드캐스트 서비스, 모바일 멀티 홉 중계 기술, 모바일 와이맥스, 적응 변조 및 부호화, 주파수 효율

Abstract The development of wireless network technology allows high data rate seamless communication irrespective of the place and time in various emerging mobile service environment. Unlike wired networks, however, wireless networks utilize expensive limited bandwidth. MBS (Multicast Broadcast Service), which is supported by mobile WiMAX system based on IEEE802.16e, overcomes this problem using a shared downlink channel for efficiently supporting a number of users. However, the coverage and throughput of the system are significantly affected by the channel condition. In this paper we propose on MBS system employing Mobile Multi-Hop Relay (MMR) and adaptive modulation and coding (AMC) scheme. The result of NS-2 computer simulation shows that the throughput and transmission time are substantially improved by the proposed approach compared to the existing MBS system.

Key words : Adaptive modulation and coding, Mobile multi-hop relay, Mobile WiMAX, Multicast broadcast service, Spectrum-efficiency

[†] 학생회원 : 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과
chcho79@skku.edu

^{**} 종신회원 : 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 교수
youn@ece.skku.ac.kr

논문접수 : 2007년 10월 16일

심사완료 : 2008년 3월 13일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 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 제3호(2008.6)

1. 서 론

무선 네트워크 시스템은 시간과 장소에 상관없이 다양한 종류의 끊김 없는 서비스들을 지원하기 위해 일정 수준 이상의 데이터 전송률을 보장해야 한다. 하지만 단말들의 이동성을 지원하는 IEEE 802.16e 표준[1] 규격의 시스템에서 단말의 위치와 채널 상태에 상관없이 일정한 데이터 전송률을 보장하는 것에는 어려움이 따른다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.16j 프로젝트 그룹에서는 MMR(Mobile Multi-hop Relay) [2] 기술을 연구하고 있다. 이 기술은 중계 노드를 통하

여 데이터 전송률을 향상시킬 뿐만 아니라 PMP(Point-to-Multi point) 프레임 구조를 사용하면서 서비스 커버리지 확장을 목표로 하고 있다. 이와 비슷한 중계 시스템을 구성하기 위해서 mesh 네트워크[3]와 ad-hoc 네트워크[4] 기술을 이용할 수 있다. 하지만 이 두 기술들은 PMP 프레임 구조를 지원하지 않기 때문에 IEEE 802.16e OFDMA(orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기반의 모바일 와이맥스 시스템에 적용하기 위해서는 단말 프레임 구조를 변경해야만 한다. 따라서 IEEE 802.16j 프로젝트 그룹은 시스템 프로토콜 연구와 함께 기지국과 중계기에 적용할 수 있는 프레임 구조를 개발 중이다.

모든 무선 네트워크 시스템은 데이터를 전송하기 위해 주파수 채널[5]과 대역폭을 사용한다. 주파수와 대역폭은 각 무선 통신 시스템들이 사용할 수 있는 영역으로 나누어지며, 매우 제한적인 시스템 자원이다. 따라서 효율적으로 시스템 자원을 사용하기 위한 방법 중의 하나로 멀티캐스트 기술이 이용된다. 멀티캐스트 기술은 다수의 유저가 시스템 자원을 공유하여 사용하기 때문에 유니캐스트 기술에 비해 주파수 활용 면에서 효율적이다. IEEE802.16e 표준에는 멀티캐스트 및 브로드캐스트 기술을 이용한 MBS(Multicast Broadcast Service) [6] 기술이 정의되어 있다.

MBS는 방송 형 서비스로서 MBS Zone 내에서 서비스에 가입한 모든 단말들에게 시스템 자원을 공유하여 동일한 데이터를 동기화하여 전송할 수 있는 기술이다. 이 기술은 시스템 자원을 효율적으로 사용할 수는 있지만, 유동적인 무선 채널 상태 변화에 대응하며 안정된 데이터 전송을 보장하기는 어렵다. 따라서 MBS 데이터 전송을 안정적으로 유지할 수 있는 기술 개발이 필요하다. IEEE 802.16j MMR 네트워크[7]의 도입은 이 문제를 해결할 수 있는 실마리를 제공한다. 그러나 단순한 MMR 네트워크 기술로는 무선 채널 상태에 따른 MBS 데이터의 전송 품질 저하를 막을 수 없다. 본 논문에서는 이와 같은 MBS 데이터 전송 품질 향상을 위하여 MMR 네트워크상에서 적응 변조 및 부호화(AMC; Adaptive Modulation and Coding) 기법을 적용한 시스템을 제안한다. 또한 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 NS-2 컴퓨터 시뮬레이터[8]를 이용하였으며 실험을 통하여 향상된 결과를 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 MMR 네트워크와 MBS에 관한 관련 연구를 다루며, 3장에서 제안하는 MBS 중계 시스템에 대하여 알아본다. 4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 제안하는 MBS 중계 시스템의 성능을 보여주고, 마지막으로 5장에서 이 글의 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 IEEE 802.16j MMR

IEEE802.16j 프로젝트 그룹에서는 IEEE802.16 표준 기반의 시스템 상에서 멀티 홉 중계 시스템을 이용하여 서비스 커버리지 확장과 데이터 전송률 향상을 위한 연구가 진행되고 있다[9]. 그림 1은 MMR 네트워크의 기본적인 구조를 보여준다. 프로젝트 그룹에서는 서비스 커버리지 확장과 관련하여 IEEE802.16e 표준에서 정의하고 있는 PMP 프레임 구조를 유지하는 기술과 데이터 전송률 향상을 위해 중계기를 통하여 변조 및 부호화(MCS, Modulation and Coding Scheme) 레벨의 이용을 효율적으로 적용시키는 기술이 연구되고 있다.

현재 IEEE 802.16j MMR 기술에서 중계기의 형태는 고정형, 유목형, 이동형 중계기로 구분하고 있다. 첫째, 고정형 중계기(Fixed relay station)는 기지국과 수신이 잘 되지 않는 음영지역이나 수신 거리를 확장시켜야 하는 위치에 중계기를 고정시켜 사용하는 형태이다. 둘째, 유목형 중계기(Nomadic relay station)는 이벤트 장소처럼 일시적으로 서비스를 받는 사용자들이 모이는 장소에 중계기를 설치하여 시스템 부하를 방지하는 형태이다. 마지막으로 이동형 중계기(Mobile relay station)는 버스나 기차 등에 설치하여 이동 중인 서비스 이용자들에게 안정된 서비스를 제공하기 위한 형태이다. 이와 같이 MMR 시스템의 도입을 통해 모든 사용자들은 언제 어디서나 보장된 전송 품질로 서비스를 받을 수 있게 된다[10].

MMR 시스템은 자원을 효율적으로 사용하기 위한 Fairness 모델을 적용할 수 있다[11]. 이 모델은 고정 자원 할당 방법에 관한 것이며, 전송률을 향상시키기 위해서 사용된다. 고정 자원 할당 방법에서는 이용 가능한 주파수 대역이 충분한 셀과 부족한 셀 사이에 상호 보충 관계가 성립되지 않기 때문에 유니캐스트 방식의 모바일 와이맥스 서비스에서 시스템 자원 사용에 대한 효율성을 떨어뜨릴 수 있다. 하지만 MBS에서는 시스템 자원을 공유하고 MBS에 가입한 그룹 내의 모든 사용자들에게 동일한 데이터를 전송하기 때문에 다운로드 서비스를 위해 이 방식이 유용하게 사용될 수 있다.

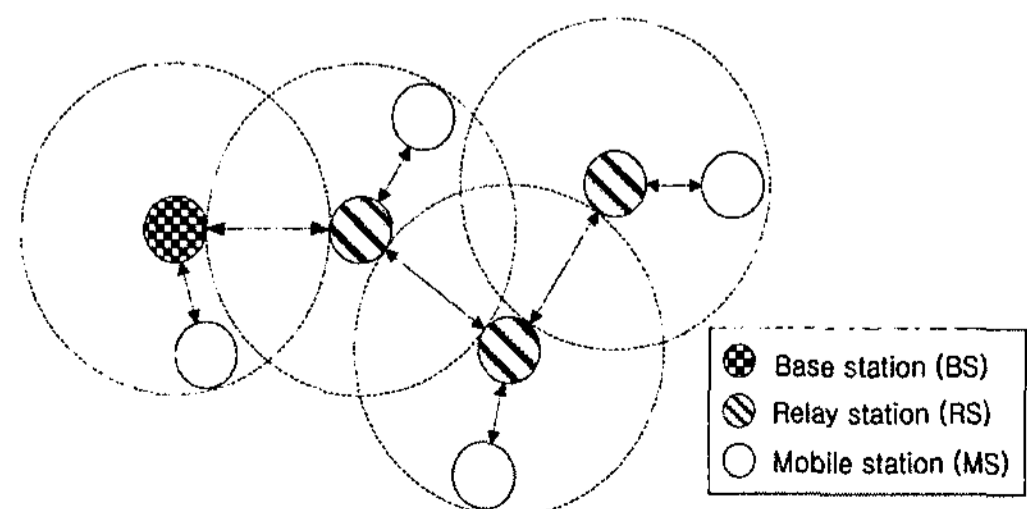


그림 1 MMR 네트워크

2.2 IEEE 802.16e MBS

MBS는 시스템 자원을 공유하여 다수의 사용자에게 방송 형 콘텐츠와 같은 데이터를 동시에 전달해 줄 수 있는 효율적인 메커니즘이며, 이동성을 보장하는 IEEE 802.16e 표준 문서[1]에 그 개념이 기술되어 있다.

MBS를 지원하기 위한 모바일 와이맥스 시스템은 다양한 정보를 제어하는 MBS 컨트롤러와 인코딩된 MBS 콘텐츠 데이터를 전송하는 MBS 콘텐츠 서버 등이 추가적으로 필요하다. 또한 MBS는 Single-BS-MBS와 Multi-BS-MBS 접속 방식에 의해 구현될 수 있다. 그림 2는 두 접속 방식에 따른 각각의 구조이며, 그 특징들은 표 1에서 보여준다.

MBS Zone은 동기화된 MBS 콘텐츠 데이터를 단말들에게 전송해주는 기지국(BS)들의 그룹이며 단일 주파수 네트워크 운용에 의해 MBS를 지원한다. 또한 여러 MBS Zone 구성도 가능하다[12]. 모바일 와이맥스 시스템은 MAC 계층에서 16bit-CID(connection ID)를 사용하여 해당 단말에게 데이터를 전송 할 수 있다. 또한 매크로 다이버시티를 제공하여 수신율 향상뿐 아니라 전력 소비와 간섭을 줄일 수 있다.

이러한 특징들을 갖는 MBS는 단말의 위치, 이동성, 채널 상태 등에 따라서 전송 품질에 영향을 주게 된다. 이를 극복하기 위해서는 AMC를 통하여 안정적으로 전

송률을 향상 시킬 수 있는 방법이 필요하다. 이렇게 향상된 전송률은 방송 형 데이터 서비스 품질을 높일 수 있게 된다.

다운링크 채널에서 모바일 와이맥스 시스템은 3가지 종류의 QPSK, 16QAM, 64QAM 변조 기법을 사용한다. 변조 기법은 부호화 기법과 함께 MCS 레벨로 사용되는데 이 레벨을 채널상태에 맞추어 변경하여 줌으로써 높은 데이터 전송률을 얻을 수 있고, 특정 BER(bit error ratio)을 유지할 수 있다. 하지만 무선 네트워크 시스템에서 높은 MCS 레벨은 데이터 전송률을 향상시킬 수는 있지만, 무선 채널 상태에 쉽게 영향을 받는 단점 때문에 안정적인 전송률을 보장하기 어렵다. 따라서 모바일 와이맥스 시스템은 AMC를 이용하여 수신 상태에 따라 적절한 데이터 전송률을 유지할 수 있는 방법을 사용하고 있다. 이때 수신 상태의 점검은 CQICH(Channel Quality Information channel)을 통하여 단말로부터 채널 상태를 보고 받아 이루어진다. 이는 CQICH control IE를 사용하는 단말에게 할당되며, 다운링크 CINR(carrier-to-interference-plus-noise ratio)을 보고하여 다이버시티 서브 채널이나 밴드 AMC 서브 채널을 사용한다. 기지국은 보고받은 채널 상태에 따라 다운링크 MCS 레벨을 결정하여 데이터를 전송할 수 있다[13].

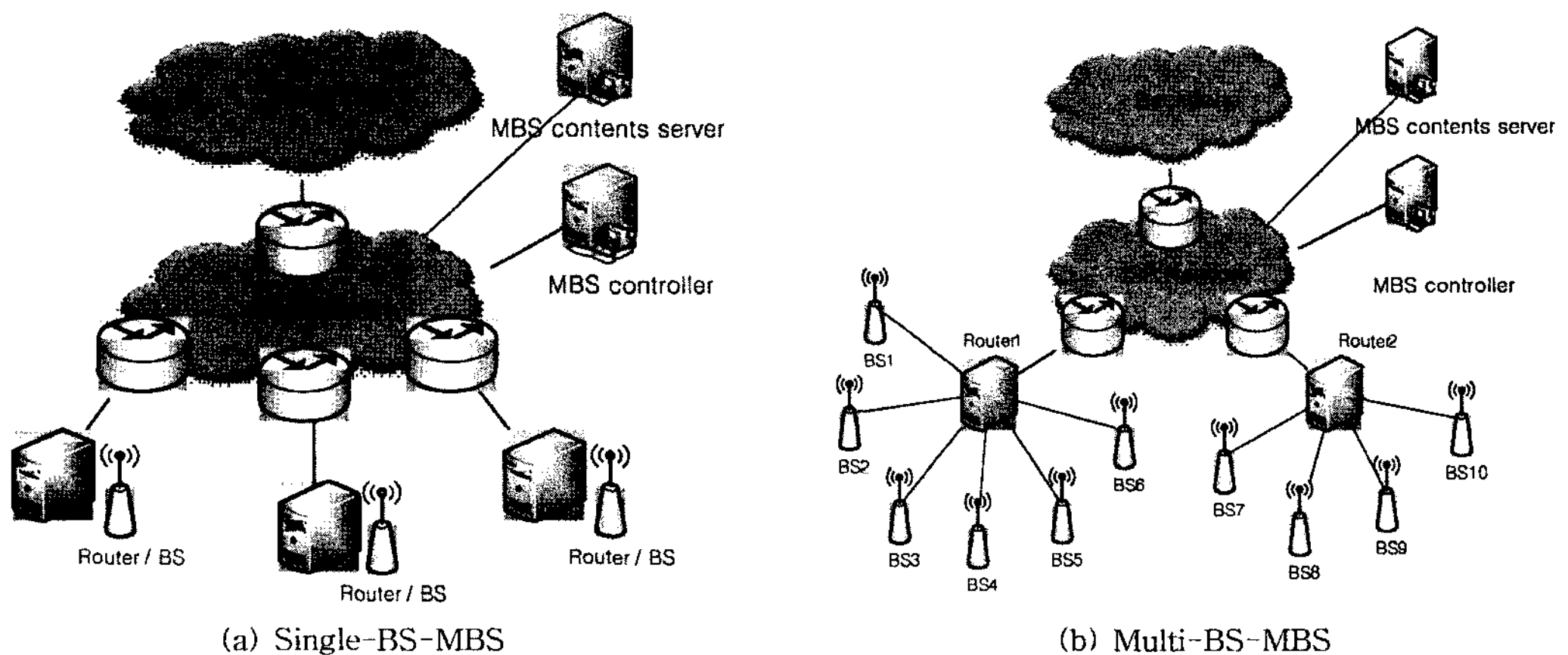


그림 2 접속 방식에 따른 MBS 구조

표 1 접속 방식에 따른 MBS 특징

특징	Single-BS-MBS	Multi-BS-MBS
차이점	하나의 BS에 의한 MBS 구성	다수의 BS에 의한 동기화된 MBS 구성
	MBS zone 없음	MBS zone 있음
	Transport CID 사용	Multicast CID 사용
	Macro-diversity 사용 안함	Macro-diversity 사용
공통점	ARQ 지원 안함	
	Encryption과 Decryption 지원	

하지만 MBS에서는 이동 중인 다수의 단말들이 셀 전체 영역에 분포되어 있을 수 있기 때문에 AMC를 적용하기에 어려움이 있다. 따라서 가장 채널 상태가 나쁜 단말을 수시로 파악하여 MCS 레벨을 적용해야 하지만 일반적으로 MBS에서는 가장 낮은 MCS 레벨을 고정하여 적용시키고 있다.

3. 제안하는 MBS 중계 시스템

이 장에서는 제안하는 AMC를 이용하는 MMR 네트워크를 통해 MBS의 데이터 전송률을 향상시킬 수 있는 모바일 와이맥스 시스템을 소개한다. 이는 IEEE 802.16e 표준 기술과 IEEE802.16j MMR 네트워크 기술을 기반으로 하며, 다운링크에서 중계기를 이용하여 주파수 효율과 MCS 레벨을 다룬다.

3.1 동작 기술

MBS를 위한 MMR 네트워크의 도입은 기지국에서 단말까지의 수신 거리가 중계기를 이용하면서 단축될 수 있다는 이점을 활용하여 MBS의 MCS 레벨 적용의 한계를 극복할 수 있게 해준다. 그림 3은 이를 적용한 모바일 와이맥스 네트워크의 구조를 보여준다. 중계기는 기지국의 모든 MCS 레벨에 의해 안정적으로 데이터를 전송할 수 있는 거리에 고정하여 위치하게 된다. 기지국은 AMC를 이용하여 중계기와의 무선 채널 상태에 따라 적절한 MCS 레벨을 결정하게 되며, 중계기를 향한 데이터 전송을 위해 사용한다. 이는 기존의 MBS 기술에서 기지국과 단말간에 QPSK로 고정하여 사용해야만 하는 MCS 레벨을 기지국과 중계기 간의 채널 상태에 따라 다양한 레벨을 선택하여 사용할 수 있게 해준다. 따라서 단말 사용자는 단축된 수신 거리와 함께 높은 전송률로 MBS 데이터를 전송 받을 수 있게 된다. 그림 3은 MBS 성능 향상을 위한 중계 시스템 구조로서 기지국과 중계기 간에 제안하는 AMC 기술의 도입을 보여준다.

기존의 AMC 기술은 수신 측이 현재 채널의 MCS 레벨과 CINR을 바탕으로 데이터를 수신 받기 원하는 MCS 레벨을 요구하는 방식이다. 하지만 이러한 동작

방식에서는 MCS 레벨의 CINR 측정만으로 현재 채널에 가장 적합한 MCS 레벨을 찾을 수가 없다. 그 이유는 기존의 AMC 기술에서는 측정된 CINR로부터 MCS 레벨을 상대적으로 높이거나 낮추는 동작은 가능하지만, 최적의 MCS 레벨을 한번의 동작으로 결정하는 데에는 어려움이 따르기 때문이다.

따라서 제안하는 시스템에서는 기지국이 CQICH를 통해 중계기의 수신 상태를 주기적으로 점검하면서, 채널 상태의 변화에 따라 MCS 레벨의 변경이 필요할 경우에만 6개의 MCS 레벨(QPSK1/2, QPSK3/4, 16QAM1/2, 16QAM3/4, 64QAM2/3, 64QAM3/4)로 측정 패킷을 각각 전송함으로써 최적의 레벨을 결정하게 된다. 이처럼 제안하는 AMC 기술은 현재 채널 상태에 가장 적합한 MCS 레벨을 결정하기 위한 방안으로서 측정을 위해서만 동일한 패킷을 다른 MCS레벨로 한번씩 전송하고, 그 품질을 보고 받음으로써 한번의 동작으로 최적의 MCS 레벨을 결정할 수 있다.

중계기들은 기지국의 수신 반경 안에 위치하지 않을 수 있다. 그림 3과 같이 멀티 홉 연결을 통하여 상호 정보교환이 가능한 구조로 연결되고 자신의 무선 채널 상태를 중계하여 기지국에게 보고할 수 있다. 따라서 멀티 홉 중계기의 경우 각 중계기마다 6개의 MCS 측정 패킷들(중계기의 수 * 6개)을 모두 보낼 필요는 없다. 측정 프레임이 중계기를 통하여 전달될 경우에는 각 MCS 당 1개씩의 측정 프레임만 보내면 된다. 예를 들어 그림 3에서는 기지국이 6개의 MCS 측정 패킷들만 보내고 각 중계기는 그 측정 패킷들을 하위 노드의 중계기에게 전달하여 결국 모든 중계기들에게 전달하게 된다.

위와 같은 동작을 위한 운영 과정은 다음과 같다. 먼저 최적의 MCS 레벨을 결정하기 위해 6개의 레벨로 측정 패킷을 전송시킨다. 이 패킷들을 받은 중계기는 각각의 레벨에 의한 품질을 기지국에게 보고한다. 이 응답을 통하여 기지국에서는 현재 MCS 테이블을 작성하는데 그 내용은 현재 무선 채널상태의 MCS 레벨과 그에 따른 전송률 그리고 현재 채널상의 주파수 효율이다. 이 테이블에 있는 6개의 레벨 중에서 가장 주파수 효율이 높은 레벨이 중계기를 향한 MBS 데이터 전송에 사용된다. 하지만 이때 결정된 레벨은 테이블 갱신이 발생할 때 다른 레벨로 바뀔 수 있다.

주기적인 보고에 의해 채널 상태에 따라 측정된 주파수 효율이 현재 사용 중이지 않은 다른 MCS 레벨의 주파수 효율보다 낮아질 경우 테이블 갱신을 해야 한다. 이를 위해 변경된 채널 상태에서 최적의 MCS 레벨을 파악하기 위하여 6개의 레벨에 따른 패킷들을 다시 전송시키고 최적의 MCS 레벨이 결정되면 테이블 갱신 작업을 하게 된다. 테이블이 갱신된 이후 기지국은 MCS

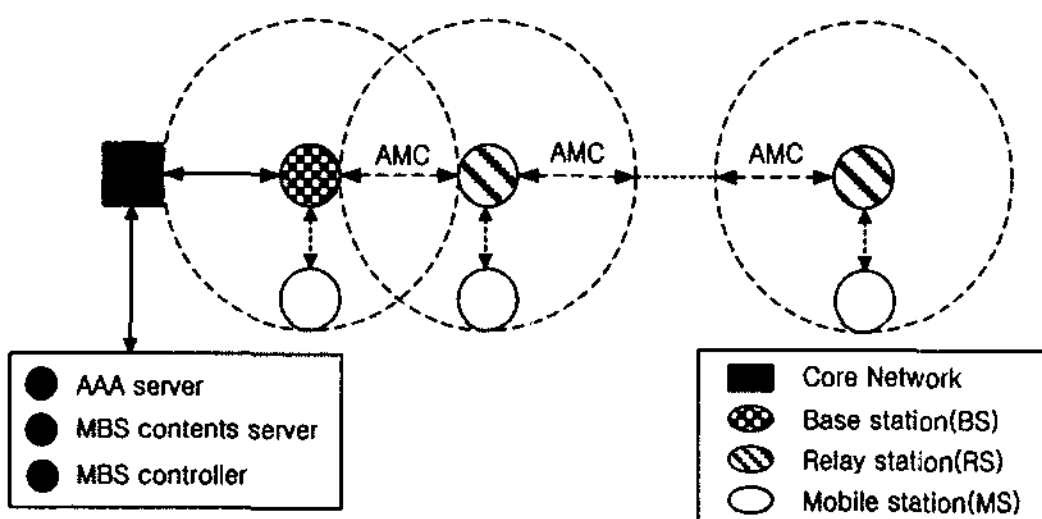


그림 3 제안하는 MBS 중계 시스템 구조

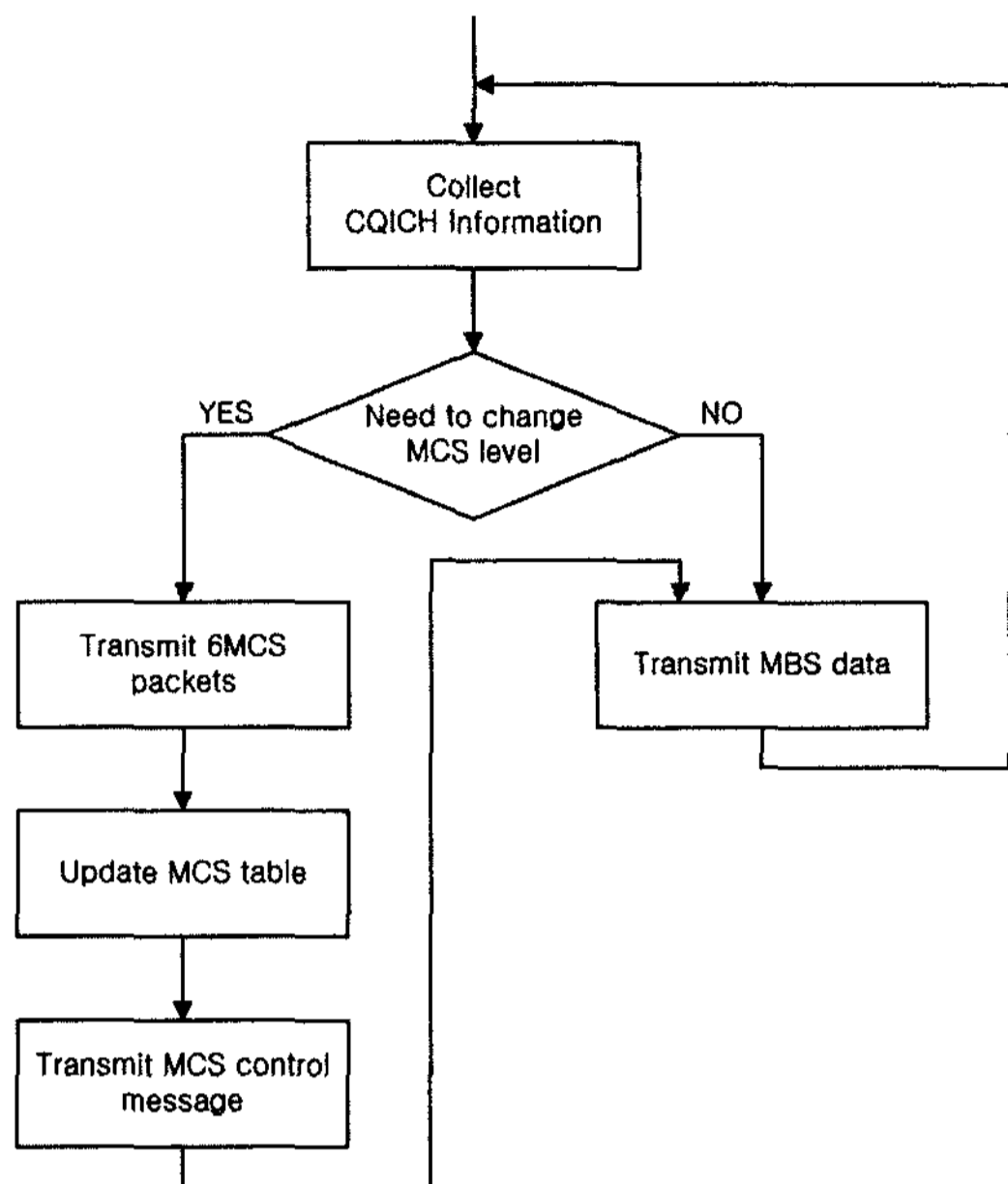


그림 4 제안하는 MBS 동작 흐름도

레벨을 변경시킬 중계기에게 MCS 제어 메시지(MCS Control Message)를 보낸다. MCS 제어 메시지는 중계기에게 적용되는 MCS 레벨을 변경시켜야 할 경우, 그 중계기에게 변경될 MCS 레벨 정보를 알려주는 역할을 한다. 이 메시지를 받은 중계기는 변경될 MCS 레벨로 데이터를 받을 준비를 하게 되며, 그 중계기의 상위 노드(기지국 또는 상위 노드의 중계기)는 변경될 MCS로 데이터를 전송하게 된다.

변경된 MCS 레벨을 통한 MBS 데이터 전송은 다시 테이블 갱신이 발생하기 전까지 지속된다. 그림 4는 이 과정을 통하여 MCS 레벨을 결정하는 절차를 보여준다.

3.2 기술 분석

MMR 네트워크상에서 MBS의 전송률 향상을 위한 모델을 위해서는 멀티캐스트와 브로드캐스트의 특징을 고려할 필요가 있다. 중계기는 트래픽을 중계 할 수 있는 기능과 사용자의 접속과 제어 및 관리 메시지의 송수신을 지원할 수 있는 기능을 가지고 있다. 기지국은 MBS를 수신하는 모든 단말에게 동일한 전송률로 데이터를 전송시킨다.

그림 3에서 보이는 네트워크 구조에서 OB 는 전체 대역폭을 나타낸다. 중계기의 개수는 n 개로 구성하며 RB_i 는 $i-1$ 번째 중계기와 i 번째 중계기 사이의 대역폭을 나타낸다. 단, RB_0 는 기지국과 첫 번째 중계기 사이의 대역폭을 의미한다.

MB 는 단말들과의 대역폭을 나타내지만 MBS에서는 하나의 주파수 대역을 공유하기 때문에 단말의 수와 무

관하게 일정한 대역폭을 사용한다.

여기서 MBS를 위한 전체 대역폭(OB)은 식 (1)과 같은 관계식으로 표현될 수 있다.

$$OB = \sum_{i=0}^{n-1} RB_i + MB \quad (1)$$

기지국에 접속하여 MBS의 동일한 콘텐츠 서비스를 받는 모든 단말들은 하나의 주파수 대역을 사용하여 서비스를 받게 된다. 그러나 중계기는 AMC를 사용하여 MBS 데이터를 전송하기 때문에 시스템 자원을 공유하지 않으며, 주파수 대역은 각각 할당되어야 한다.

무선 네트워크 시스템에서 주파수 효율은 사용되는 대역폭으로 전송될 수 있는 최대 데이터 량을 의미하며, 그 값은 bit/s/Hz로 계산된다. 현재 주파수 효율은 기지국에서 중계기로 전송된 패킷들에 의해 계산될 수 있으며 이는 현재 채널 상태를 측정하기 위해 사용된다. RE_i 는 i 번째 중계기의 현재 주파수 효율이며, ME 는 단말의 현재 주파수 효율을 나타낸다. MBS를 위한 중계기에서의 대역폭(RB_i)은 식 (2)와 같은 관계식으로 표현될 수 있다.

$$RB_i = \frac{OB}{\frac{1}{ME} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{RE_i}} \times \frac{1}{RE_i} \quad (2)$$

식 (2)으로부터 전체 대역폭(OB)과 주파수 효율과의 관계는 다음과 같이 표현된다. 여기서 MBS_{thr} 은 MBS 데이터 전송률이다. 또한 중계기에서의 특정 MCS 레벨은 현재 주파수 효율에 의해 결정된다.

$$OB = MBS_{thr} \times \left(\frac{1}{ME} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{RE_i} \right) \quad (3)$$

n 홉 MMR 네트워크에서 고정 주파수 할당 기법[11]을 통하여 주파수 효율은 $FE = \left(\sum_{i=0}^{n-2} \frac{1}{FE_i} \right)^{-1}$ 와 같이 표현될 수 있음을 알 수 있다. 여기서 FE_i 는 i 번째 노드와 $i+1$ 번째 노드 사이의 주파수 효율이다. 따라서 식 (3)은 다음과 같이 주파수 효율과 MBS 데이터 전송률과의 비례식으로 나타낼 수 있다.

$$MBS_{thr} \propto \left(ME + \sum_{i=0}^{n-1} RE_i \right) \quad (4)$$

위 관계식에서 RE_i 는 중계기에서 측정되어 기지국으로 보고되는 현재 주파수 효율이며, 기지국을 통해 이 중계기에서 MBS 데이터 전송에 사용할 적절한 MCS 레벨을 결정하기 위해 이용된다. 제안하는 MBS 중계 시스템에서 단말의 주파수 효율과 전체 대역폭은 고정되지만, 중계기의 현재 주파수 효율은 MBS의 전송률을 제어할 수 있는 요소로 사용된다. 일반적으로 MCS 레벨이 커질수록 높은 전송률로 높은 주파수 효율을 제공한다. 하지만 항상 높은 전송 품질을 보장하는 것은 아

니다. 높은 주파수 효율을 지원하는 MCS 레벨일수록 무선 채널 상태에 쉽게 영향을 받기 때문이다. 따라서 MBS의 높은 전송률을 위한 MCS 레벨을 결정하기 위해서는 현재 채널 상태에서의 높은 주파수 효율이 필요하다.

4. 실험

제안하는 MBS 중계 시스템과 기존의 시스템에서의 데이터 전송에 관한 실험을 하기 위해 컴퓨터 시뮬레이터 NS-2(Network Simulator 2) 버전 2.29를 이용하였으며, 그 결과를 비교하였다. 실험은 IEEE 802.16j MMR 프로젝트 그룹에서 연구되고 있는 기술과 IEEE 802.16e 표준을 기반으로 한 모바일 와이맥스 시스템을 기반으로 수행되었다. 또한 MBS 성능 향상을 위한 중계기의 도입을 위해 그 형태는 고정형 중계기(Fixed Relay Station)를 이용한다. 채널 상태가 빠르게 변할 수 있는 이동형 중계기(Mobile Relay Station)를 이용할 경우에는 채널 상태가 변할 때마다 6개의 측정 패킷을 보내야 하기 때문에 기존의 AMC 기술 보다 비 효율적일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 MBS의 성능 향상을 위한 목적으로 중계기를 이용하기 위해 현재 IEEE802.16j MMR 프로젝트 그룹에 의해 연구되고 있는 WiMAX MMR의 여러 중계기의 형태 중에서 고정형 중계기(Fixed Relay Station)를 도입하고 있다. 이는 고정형 중계기가 기지국과의 채널 상태 변화가 심각하지 않다는 실험적 결과를 바탕으로 제안하는 AMC 기술의 적용을 통한 MBS 성능 평가에 사용된다.

그림 5는 단말이 다운링크 채널을 이용해 MBS 데이터를 전송 받기 위한 실험 환경을 보여준다.

첫 번째 그림은 중계기 구성이 없는 기존의 MBS 시스템에서 실험하기 위한 환경이고, 두 번째 그림은 AMC를 이용하는 MBS 중계 시스템에서 데이터 전송을 실험하기 위한 구성이다. 그림에서 보이는 기존의 MBS 시스템에서 사용되는 MCS 레벨이 QPSK1/2로 사용되는 이유는 단말의 위치와 상관없이 안정적인 데이터 전송을 하기 위한 선택이지만 전송률이 낮다는 단점을 가지고 있다. 하지만 제안하는 시스템에서는 중계

기를 통한 커버리지의 이득으로 인해 MCS 레벨을 선택적으로 사용할 수 있다는 장점을 활용하여 보다 높은 전송률을 얻을 수 있다.

실험 위해 시스템은 1개의 기지국과 1개의 중계기 그리고 20개의 단말들로 구성되며, 단말들은 두 그룹으로 나뉜다. 한 그룹은 MBS에 참여하는 10개의 단말들로 구성되며 나머지는 각각 개인적인 서비스를 받고 있는 단말들의 그룹이다.

실험에서 중계기와 기지국간의 거리는 시스템이 64QAM3/4을 이용하여 데이터를 안정적으로 전송할 수 있는 거리인 500으로 설정한다. 기지국과 중계기는 그 위치에 고정되도록 설계하였고 단말들은 1000×1000 영역에서 이동하도록 하였다.

실험의 Sink Node에서 시작한 CBR 트래픽은 MBS 채널을 통하여 MBS 그룹에 전송되며 사용된 시스템 설정 값들은 표 2와 같다. 여기서 Sink Node는 MBS 콘텐츠 서버로 대응되며 CBR 트래픽은 MBS 트래픽과 대응된다.

표 2 실험에 사용된 시스템 파라미터

파라미터	값
System Frequency	3.5GHz
System bandwidth	7MHz
RTG	20us
TTG	20us
Frame duration	5ms
Channel bit rate	15Mbps
Routing protocol	DSDV
Wireless MAC	IEEE802.16e
RS frame structure	Transparent relay
Modulation and coding	QPSK1/2,QPSK3/4,16QAM1/2, 16QAM3/4,64QAM2/3,4QAM3/4

실험에서 기지국은 MBS 데이터를 전송하기 전에 MCS 레벨을 초기화 하는데 기지국은 이를 위해 6개의 MCS 레벨 패킷들을 각각 전송시켜 중계기의 채널 상태 정보를 수집하고, 이 결과를 표 3과 같이 MCS 테이블로 작성한다. 이때 중계기에서 측정된 전송률은 채널 대역폭으로 나누어 현재 주파수 효율을 구하게 되며, 이는 기지국에서 MCS 레벨을 결정하는데 사용된다. 예를 들어, 표 3에서 64QAM3/4 레벨은 현재 전송률 12843.1 Kbps을 채널 대역폭 7MHz로 나눈 주파수 효율 1.83과 대응하고 있다.

MCS 테이블에서 64QAM3/4은 주파수 효율이 가장 높기 때문에 현재 사용할 MCS 레벨로 결정되어 MBS 데이터 전송이 이루어진다. 만약 전송 과정 중에 채널 상태가 변하여 측정된 주파수 효율이 0.4로 낮아질 경우, MCS 레벨이 변경 될 수 있으며 최적의 레벨을 결

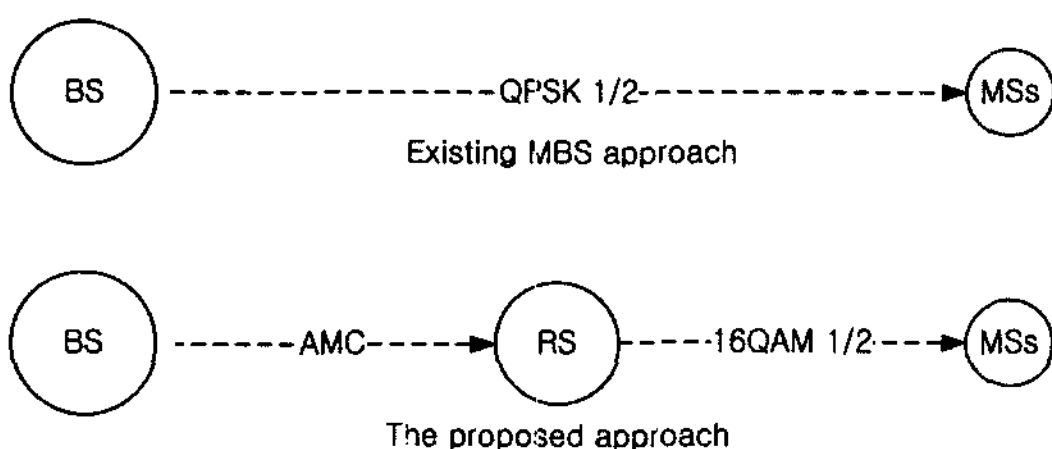


그림 5 실험에 사용된 MBS 시스템 환경

표 3 MCS 테이블

MCS 레벨	전송률	주파수 효율
QPSK1/2	1210.65	0.17
QPSK3/4	2711.11	0.38
16QAM1/2	4415.14	0.63
16QAM3/4	7894.16	1.12
64QAM2/3	11068.7	1.58
64QAM3/4	12843.1	1.83

정하기 위해 현재 주파수 효율을 다시 측정하게 된다. 이때 다시 6개의 MCS 레벨의 패킷들을 전송시켜 MCS 테이블을 갱신한다. 갱신된 테이블에 의해서 다시 가장 주파수 효율이 높은 MCS 레벨을 결정하고 MBS 데이터를 전송한다.

그림 6은 AMC를 이용한 MBS 중계 시스템(MMR AMC)과 기존의 MBS 시스템(existing)의 데이터 전송률에 대한 성능을 보여준다. 이는 기존 시스템의 MBS 데이터 전송률에 비해 제안하는 시스템의 MBS 데이터 전송률이 크게 향상되었음을 보여준다.

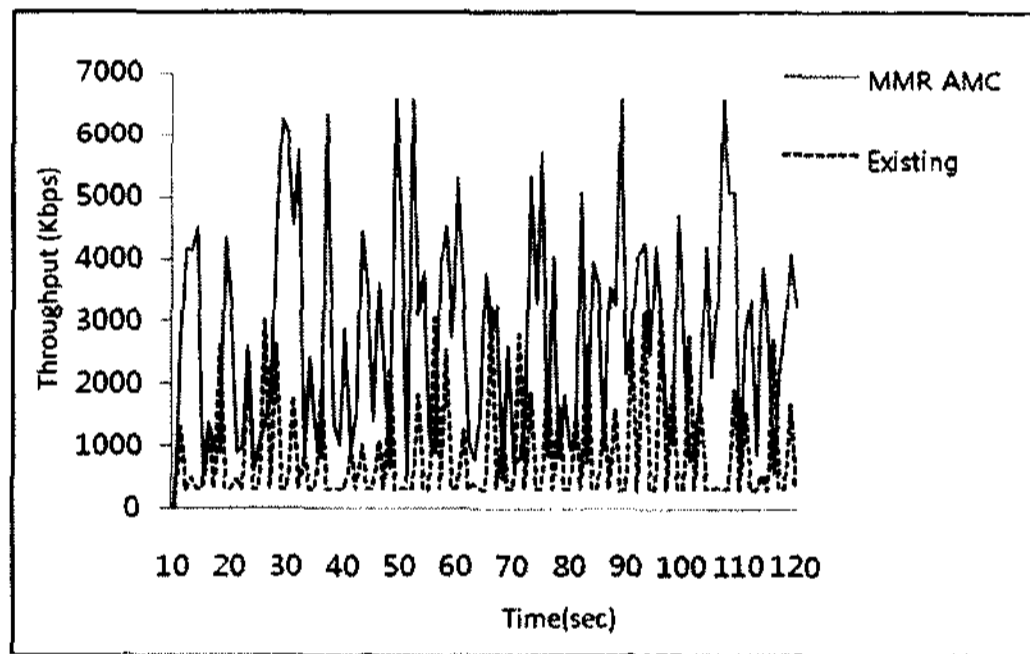


그림 6 MBS 시스템에 따른 전송률 비교

두 시스템의 평균 전송률은 각각 2759Kbps와 889 Kbps이다. 즉, 제안하는 MBS 중계 시스템의 성능이 기존의 시스템보다 약 3배 정도 향상되었음을 보여준다.

그림 7은 두 시스템에서 MBS 데이터 크기를 100Mb 까지 증가시키기에 따라 전송이 완료된 시간을 비교한 것이다. 여기서 제안하는 MBS 중계 시스템이 기존의 시스템보다 더 짧은 전송 시간을 보이며, 데이터의 크기가 커질수록 두 시스템의 전송이 완료된 시간의 간격 차이가 증가함을 볼 수 있다. 이 간격 차이의 증가는 동일한 크기의 데이터를 전송할 때 측정한 결과로서 제안하는 MBS 중계 시스템이 기존의 MBS 시스템 보다 높은 전송 효율을 얻을 수 있음을 보여준다.

그림 8은 동일한 MBS 데이터를 전송 시켰을 경우, 단말 수의 증가에 따라 전송률을 비교한 것이다. 두 시스템 모두 단말의 수와 상관없이 전송률이 일정한 결과

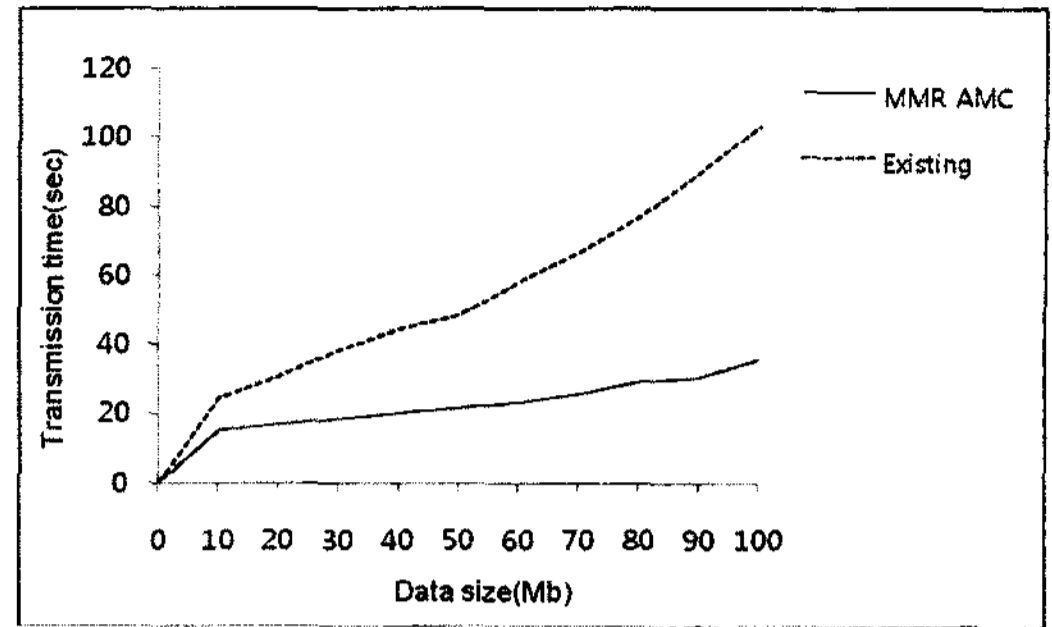


그림 7 MBS 데이터 크기에 따른 전송 시간 비교

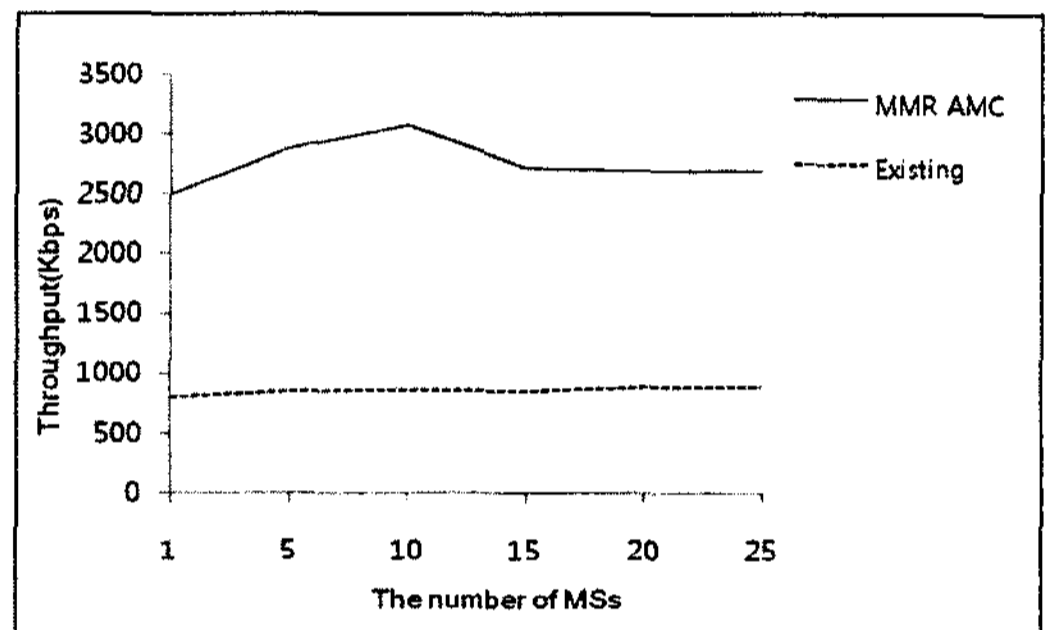


그림 8 사용자 수에 따른 평균 전송률 비교

를 보이며, 제안하는 MBS 중계 시스템에서의 전송률이 더 높음을 알 수 있다.

5. 결론

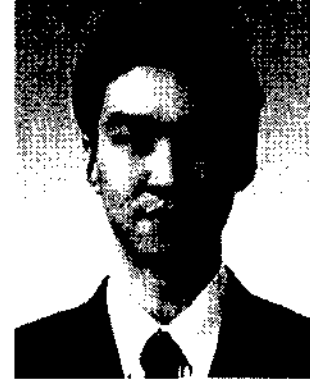
본 논문에서는 적응적 MCS 레벨 할당이 어려운 MBS의 성능을 향상시키기 위해서 IEEE 802.16j MMR 네트워크의 도입과 함께 제안하는 AMC 기술을 이용하여 MBS 전송률 향상 방안을 제안한다. 제안하는 MBS 중계 시스템은 CQICH를 사용하여 중계 노드의 무선 채널 상태에 따른 현재 주파수 효율을 파악하고 최적의 MCS 레벨을 선택하게 함으로서 다운링크 상에서 향상된 MBS 데이터 서비스를 제공할 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이터 NS-2를 이용한 실험의 결과는 제안하는 MBS 중계 시스템의 성능이 기존의 MBS 시스템보다 크게 향상되었음을 보여준다. 따라서 기존의 IEEE 802.16e 표준 기반의 모바일 와이맥스의 MBS와 IEEE 802.16j MMR 네트워크 기술이 실용화 되는 시점에서 제안하는 MBS 중계 시스템은 중요한 이슈가 될 것이다.

향후 과제는 MBS 데이터 전송 품질의 향상에 관한 연구가 될 것이다. 또한 멀티 홉 환경에서 효율적인 주파수 대역 사용에 관한 연구를 수행할 것이다.

참고 문헌

- [1] IEEE, "IEEE Std 802.16e-2005, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Amendment2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1," Feb. 2006.
- [2] C. Hoymann, K. Klagges, and M. Schinnenburg, "Multihop Communication in Relay Enhanced IEEE 802.16 Networks," in Proc. the 17th IEEE PIMRC, Helsinki, Finland, Sep 2006.
- [3] J. Chen, W. Jiao, P. Jiang and Q. Guo, "A Multicast Mechanism in WiMAX Mesh Network," in Proc. IEEE Communications, 2006. APCC, Aug. 2006.
- [4] Chen. J and Sheu. S.T, "A Reliable Broadcast / Multicast Scheme for Multihop Mobile Ad Hoc Networks," in Proc. IEICE Transactions on Communications, Vol.E89-B(3), pp. 867-878, 2006.
- [5] R. Srinivasan, S. Timiri, A. Davydov and A. Papathanassiou, "Downlink Spectral Efficiency on Mobile WiMAX," in Proc. VTC2007-Spring, IEEE 65th, Apr. 2007.
- [6] T. Jiang, W. Xiang, H. Chen and Q. Ni, "Multicast Broadcast Services Support in OFDMA-Based WiMAX Systems," in Proc. IEEE Communications Mag., Vol.45, pp. 78-86, Aug. 2007.
- [7] Tao. Z, Koon, Teo K.H and Zhang. J, "Aggregation and Concatenation in IEEE 802.16j Mobile Multihop Relay (MMR) Networks," in Proc. IEEE Mobile WiMAX Symposium, pp. 85-90, Mar. 2007.
- [8] The network Simulator-ns-2, <http://www.wisi.edu/nsnam/ns>.
- [9] C. Hoymann, M. Dittrich, and S. Goebbels, "Dimensioning Cellular Multihop WiMAX Networks," In Proc. IEEE Mobile WiMAX, pp. 150-157, Mar. 2007.
- [10] D. M. Shrestha. S. H. Lee, S. C. Kim, and Y. B. Ko, "New Approaches for Relay Selection in IEEE 802.16 Mobile Multi-hop Relay Networks," in Proc. Euro-Par 2007, pp. 950-957, Aug. 2007.
- [11] Erwu. L, Dongyao. W, Jimin. L, Shen Gang and Jin Shan, "Performance Evaluation of Bandwidth Allocation in 802.16j Mobile Multi-hop Relay networks," in Proc. VTC2007-Spring, IEEE 65th, Apr. 2007.
- [12] ATDI "Mobile WiMax From OFDM-256 to S-OFDMA," radio planning software Resources White Paper, January. 2007.
- [13] Taesoo. K, Howon. L, Sik. C, Juyeop. K and Dong-ho. C, "Design and Implementation of a Simulator Based on a Cross-Layer Protocol between MAC and PHY Layers in a WiBro Compatible IEEE 802.16e OFDMA System," in Proc.

IEEE Communications Mag., Vol.43, pp. 136-146, Dec. 2005.



조치현

2007년 성균관대학교 정보통신공학부(학사). 2007년~현재 성균관대학교 전기전자 컴퓨터공학과(석사과정). 관심분야는 무선 네트워크, 모바일 IPTV, 모바일 컴퓨팅



윤희용

1977년 서울대학교 전기공학과(학사). 1979년 서울대학교 전기공학과(석사). 1988년 Univ. of Massachusetts at Amherst 컴퓨터공학과(박사). 1988년~1991년 Univ. of North Texas. 조교수. 1991년~1999년 Univ. of Texas at Arlington 부교수. 1999년~2000년 ICU 교수. 2000년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수 및 유비쿼터스 컴퓨팅기술연구소 소장. 관심분야는 모바일 컴퓨팅, 분산처리, 유비쿼터스컴퓨팅