

WiBro 상에서의 MAC Layer 멀티캐스팅 기법

이규설*, 김정태*, 윤희용*

성균관대학교 정보통신공학부

e-mail: {rinaco, harisu}@skku.edu, youn@ece.skku.ac.kr

Mac Layer Multicasting scheme in WiBro

Kyu-Seol Lee, Kyung-Tae Kim, Hee-Yong Youn

*School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

휴대 인터넷 기술은 모바일 환경에서 인터넷에 접근하기 위한 사용자들의 요구에서 시작되어 이를 위한 기술들이 끊임없이 연구되고 있다. 그 중 WiBro는 WiMax 포럼 안에 이동성을 지원하는 표준으로 채택된 국내표준이다. 최근 사용자들은 이동하면서 멀티미디어 정보를 이용하고자 하는 요구가 증가하고 이를 제공하기 위한 기술인 MobileTV의 다양한 표준들도 활발히 연구되고 있다. WiBro 또한 이러한 사용자의 요구를 수용하기 위해 멀티캐스팅과 브로드캐스팅 기술은 반드시 지원되어야 하며 본 논문에서는 WiBro에서 멀티캐스팅을 사용할 수 있도록 MAC Layer 멀티캐스팅을 제안하였다. 제안된 방법을 통해 기존 유니캐스팅 방법으로 멀티캐스팅을 제공하는 네트워크 비효율적 방법을 해결하였다.

1. 서론

요즘 우리의 생활에서 무선랜을 통한 인터넷 접속은 매우 보편적인 모습이 되어버린 지 오래다. 무선랜 기술은 곳곳마다 AP들이 설치되고 이를 통해 사용자들은 장소에 구애받지 않고 무선으로 고속 인터넷 서비스를 이용할 수 있게 되었다. 그리고 인터넷 사업자와 단말 개발업체들의 노력으로 무선랜 사용자가 급증하게 되었으며 이에 따라 무선랜이 지원하지 못하는 넓은 서비스 지원영역, 이동하면서 인터넷을 할 수 있는 이동성 등의 요구가 늘어나게 되었다. IEEE 802.16 규격은 광대역 무선 액세스(Broadband Wireless Access)가 가능하게 하는 기술로 보다 더 넓은 서비스 지원영역과 이동하면서도 서비스를 받을 수 있는 이동성을 보장하여 늘어나는 무선랜 사용자의 요구사항을 만족하게 하는 기술로 관심을 받고 있다. WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)는 이동하면서 초고속 인터넷을 가능하게 하는 기술이며 IEEE 802.16 규격을 기반으로 하는 Fixed WiMax와 이동성을 고려한 Mobile WiMax로 분류하여 기술개발이 이루어지고 있다[1]. 2003년 초부터 한국의 고유한 기술에 의한 Wibro 사업추진에 자극받은 WiMax 포럼은 Mobile WiMax 표준화 작업에 착수하였으며 2004년 3월 wibro 개발을 주도하는 국내 개발 기관과 Mobile Wimax 개발을 주도하는 Intel 간의 기술협약과 사업자의 동의 하에 WiBro 기술 규격과 Mobile WiMax 기술규격을 일치시키기로 합의하였다.

최근의 모바일 단말기 사용자들은 단말기를 통해 인터넷 뿐만 아니라 음악, 뉴스, 드라마, 스포츠 등의 방송서비스를 제공받거나 하는 사용자의 요구가 늘어남에 따라 이를 제공하기 위한 MobileTV 기술인 DMB, DVB, MediaFLO 기술

들이 앞 다투어 기술경쟁을 하고 있으며 3G 이동통신 서비스인 CDMA, WCDMA 에서도 MobileTV 서비스를 제공하기 위해 각각 BCMCS, MBMS 기술들을 사용하여 방송서비스 준비를 하고 있다. 이에 따라 휴대인터넷 기술인 WiBro도 멀티캐스트/브로드캐스트를 제공하기 위한 기술인 MBS(Multicast Broadcast Service)를 통해 Mobile TV 서비스를 제공할 것으로 보인다. 하지만 WiBro가 기반으로 하고 있는 IEEE 802.16e 규격 내에 정의된 기술인 MBS는 멀티캐스트와 브로드캐스트를 지원하기 위해 정의된 무선규격에서의 기술이며 현재 무선규격 외에서의 필요사항들이 기술되어 있지 않아 WiBro에서의 MBS서비스는 아직 상용화되기 어려울 것으로 보인다[2, 3].

WiBro 망 내에 RAS(Radio Access Station)는 ACR(Access Control Router)로부터의 데이터를 2계층 스위칭을 통해 PSS(Portable Subscriber Station)에게 전달하는 장비이다. 2계층 스위칭은 물리적인 포트로 전달된 패킷의 2계층 헤더에 포함된 48Bit의 출발지, 목적지 MAC 주소를 통해 해당 MAC주소 방향의 인터페이스로 패킷을 전달한다. 하지만 RAS와 PSS간 MAC 계층에서의 통신은 48Bit MAC 주소를 대신하여 CID라는 16Bit 값을 통해 PSS를 식별하고 이를 사용하여 통신을 하게 된다. 따라서 RAS가 멀티캐스트 MAC 주소로 변환된 패킷을 받았을 때 멀티캐스트 MAC 주소와 CID와의 맵핑 메커니즘이 존재하지 않기 때문에 멀티캐스팅을 지원하지 못하고 유니캐스팅을 사용하여 멀티캐스팅처럼 지원하는 실정이다[4, 5].

본 논문에서는 앞에서 논의한 멀티캐스팅 문제를 해결하기 위해 CID를 사용하여 통신하는 RAS의 2계층에서도 멀티캐스트 MAC 주소를 통해 멀티캐스팅을 지원할 수

있도록 MCA-REQ 메시지 안에 예약된 필드를 사용하는 방법을 제안한다.

본 논문 구조는 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 멀티캐스팅을 위한 관련연구를 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 MAC Layer 멀티캐스팅을 위한 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 결론 및 향후연구로 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1. WiBro 어드레싱과 연결

IEEE 802.16e에서 단말(PSS)들은 초기 레인징을 거쳐 기지국(RAS)과의 적절한 연결을 설정한다. 이때 각각의 PSS는 48Bit의 총체적인 매체접근제어 계층 주소를 가진다. 이 주소는 모든 가능한 벤더들과 장치 종류들의 집합내에서부터 단말을 유일하게 정의하는 역할을 하며, 기지국과 단말이 상대의 신분을 검증하기 위하여 사용된다. 하지만 기지국과 단말의 연결은 16Bit CID에 의하여 식별된다. 단말 초기화시, 단말과 기지국 사이에는 각 방향(상향링크 및 하향링크)마다 2개의 관리 연결들이 설정되며, 각 방향의 3번째 관리연결을 이때 설정할 것인지의 여부는 시스템의 선택사항으로 한다. 이들 3개의 관리연결의 사용은 곧 3개의 상이한 QoS클래스에 속하는 관리 트래픽들이 존재함을 반영한다.

<표 1> RNG-REQ 메시지형식

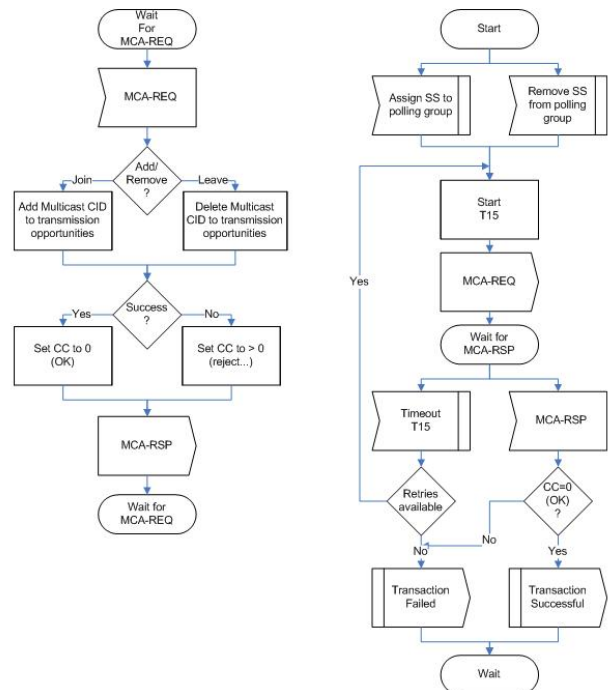
Syntax	Size	Notes
RNG-REQ 메시지 형식() {		
Management Message Type = 4	8 bits	
Downlink channel ID	8 bits	Reserved
TLV Encoded Information {	Variable	TLV Specific
MAC Version	TLV	Type = 148, Length = 1 Byte, Value = 1: Indicates conformance with IEEE Std 802.16-2001 2: Indicates conformance with IEEE Std 802.16c-2002 and its predecessors 3: Indicates conformance with IEEE Std 802.16a-2003 and its predecessors 4: Indicates conformance with IEEE Std 802.16-2004 (the PSS with TTAS.KO-06.0065R1 protocol shall set this value) 5-255: reserved
Requested Downlink Burst Profile	TLV	Type = 1, Length = 1 Byte, Value = DIUC of the required DLBP
PSS MAC address	TLV	Type = 2, Length = 6 Bytes, Value = PSS MAC address
Ranging Anomalies	TLV	Type = 3, Length = 1, Value = A parameter indicating potential error condition detected by the PSS during the ranging.
Serving RAS ID	TLV	Type = 4, Length = 6 Byte, Value = The serving RAS ID
CID	TLV	Type = 6, Length = 2Byte, Value = Basic CID allocated from the former Serving RAS

이들 관리 연결을 나타내기 위한 CID 값들은 RNG-RSP 메시지와 RNG-RSP 메시지를 통해 할당되며, 각 관리 연결의 상향링크와 하향링크 연결 쌍에 대하여 동일한 CID값이 할당된다. RNG-REQ는 초기화시 그리고 기지국에 의한 주기적인 요청 시 망 지연시간을 결정하고 전력 및 하향링크 버스트 프로파일 변경을 요청하기 위해 단말에 의하여 전송되어야 한다. 표 1은 RNG-REQ 메시

지 형식이다. RNG-REQ 메시지 안에 MAC Version 필드는 TLV(Type, Length, Value)인코딩으로 표현되며 Value 값에 의해 각 IEEE 802.16 버전들을 식별할 수 있으며, PSS MAC address 필드를 통해 단말을 유일하게 식별할 수 있는 48Bit MAC address를 기지국으로 전송한다. 또한 CID필드는 현재 기지국과 연결된 Basic CID를 나타내며 PSS가 아직 등록되지 않았다면 Initial Ranging CID(=0x0000)로 전송한다. 기지국은 RNG-REQ의 응답으로 RNG-RSP 메시지로 응답한다. 이로써 단말과 기지국간에 연결이 설립되고 패킷들은 CID를 통해서 전송되어지게 된다. IP Multicasting을 위해서는 48Bit의 MAC 주소에 하위 23Bit를 멀티캐스트 IP 주소의 하위 23Bit로 맵핑하여 멀티캐스트 MAC 주소를 만들고 이를 통해 데이터 링크계층에서의 멀티캐스트 지원을 하게 되는데 현재 WiBro에서는 CID를 통해 패킷을 전달하기 때문에 데이터 링크계층에서의 지원이 이루어질 수 없어 멀티캐스트 패킷은 단말까지 유니캐스팅 방식으로 전달되게 된다. 이 필요성은 2.3절에서 다시 논의하기로 한다.

2.2. Multicast Polling Group

WiBro 상에서 폴링은 기지국이 대역 요청을 수행하기 위한 목적에 따라 PSS들에게 대역폭을 할당하는 과정이다. 이 할당은 개별적인 PSS들에 대한 것일 수도 있고 PSS들의 그룹에 대한 것일 수도 있으며 대역폭은 항상 CID 기반으로 요청되며 단말 기반으로 할당된다.



(그림 1) 멀티캐스트 폴링 Assignment

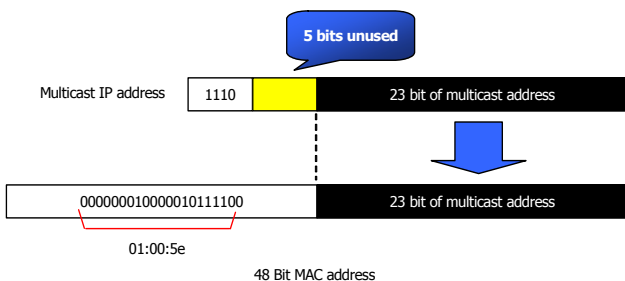
RAS와 PSS간에 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 IEEE 802.16e 표준에서는 하나의 멀티캐스트 그룹에 속하는 PSS마다 동일한 CID 값을 할당하는 것으로 멀티캐스트를 지원하며 16Bit의 멀티캐스트 CID는 0xFEAO에서

0xFFFF까지 범위를 사용한다. 동일한 CID를 할당하기 위해서 RAS는 MCA-REQ 메시지를 PSS에게 전송하여 PSS를 멀티캐스트 폴링 그룹에 가입시킨다. MCA-REQ 메시지는 PSS에게로 멀티캐스트 폴링 그룹에 해당 PSS를 할당하거나 멀티캐스트 폴링 그룹으로부터 해당 PSS를 삭제하기 위하여 발송된다.

그림1의 왼쪽은 PSS를 멀티캐스트 폴링 그룹에 가입시키기 위해 MCA-REQ 메시지를 PSS에게 보냈을 때 PSS가 수행하는 절차이며 오른쪽은 RAS가 PSS에게 MCA-REQ를 보내는 절차이다. RAS는 메시지를 전송한 뒤 T15(20ms)의 시간을 기다린 뒤 응답이 없으면 다시 메시지를 전송한다. MCA-RSP를 수신하면 CC 값을 체크하여 0이면 응답이 성공적으로 처리되었음을 0이 아니면 응답이 실패되었음을 알린다.

2.3. 데이터링크 계층에서의 물리적 Multicast

네트워크계층에서 IGMP 메시지는 IP 패킷에 의해 캡슐화 되고 IP패킷과 같이 처리된다. 그러나 IP 패킷은 멀티캐스트 IP 주소를 가지고 있으므로 ARP 프로토콜은 이 패킷을 전달할 MAC(물리) 주소를 데이터링크 계층에서 찾을 수 없다. 다음에 무슨 일이 발생하는지는 하위의 데이터링크계층이 물리적 멀티캐스트 주소를 지원하는가에 달려있다. 대부분의 LAN은 물리 멀티캐스트 주소를 지원한다. 이더넷도 이중 하나이며 이더넷의 물리주소(MAC 주소)는 48Bit 길이이다. 이더넷 주소의 처음 25Bit는 000000010000000010111100 이고 TCP/IP 프로토콜을 위한 물리 멀티캐스트 주소임을 정의한다. 나머지 23Bit는 그룹을 정의하기 위해 사용될 수 있으며 IP 멀티캐스트 주소를 이더넷 주소로 변화하기 위하여 멀티캐스트 라우터는 D클래스 IP 주소에서 하위 23Bit를 추출하여 이더넷의 멀티캐스트 물리주소에 삽입한다. 그러나 D 클래스 IP 주소의 그룹 식별자는 28Bit 이므로 5Bit는 사용되지 않는다. $2^5 = 32$ 개의 멀티캐스트 주소는 한 개의 멀티캐스트 주소로 변환되는 것을 알 수 있다. 이것은 수신측에서 IP 주소를 점검하여 자신의 IP 주소에 해당하지 않는 패킷은 폐기하여야 한다[7].



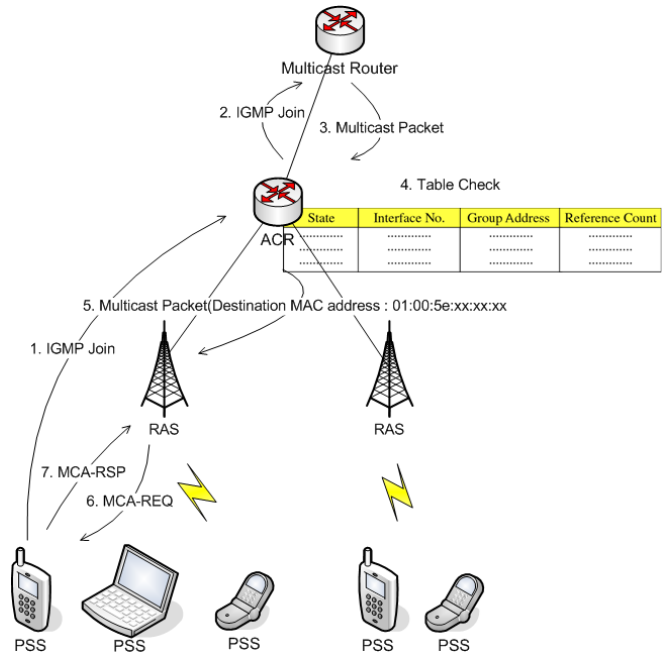
(그림 2) 멀티캐스트 MAC 주소 변환

WiBro에서는 RAS와 PSS간에 통신을 위해서는 MAC 주소 대신 CID를 사용한다. 이러한 메커니즘을 적용하여 ACR과 PSS간 유니캐스팅을 사용하여 멀티캐스팅을 구현

하는 비효율성을 피하기 위해 멀티캐스트 MAC 주소를 RAS와 PSS간에 적용할 수 있는 새로운 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 멀티캐스트 MAC 주소를 WiBro에 적용하는 방법을 제안한다.

3. 제안하는 MAC Layer 멀티캐스팅 기법

3.1 PSS와 ACR간 멀티캐스팅 설정 과정



(그림 3) 멀티캐스팅 설정 과정

PSS는 IGMP 메시지를 통해 ACR에게 멀티캐스트 그룹 가입을 하게 된다. ACR은 자신의 멀티캐스트 그룹 테이블에 존재하는 PSS의 MAC 주소와 해당 멀티캐스트 IP 주소를 저장하게 된다. 그 후 ACR은 멀티캐스트 서버가 존재하는 방향의 멀티캐스트 라우터로부터 멀티캐스트 패킷을 수신하게 되고 수신된 패킷의 멀티캐스트 IP 주소를 자신의 그룹 테이블에서 확인한 뒤 해당 MAC 주소 쪽으로 전송하게 된다. 이때 MAC 주소 쪽으로의 목적지 MAC 주소는 멀티캐스트 MAC 주소(01:00:5e:xx:xx:xx)로 변환되어 전송되고 이를 수신한 RAS는 멀티캐스트 CID를 생성하여 이를 멀티캐스트 MAC 주소와 맵핑을 한 뒤 멀티캐스트 폴링 그룹에 해당 PSS를 등록시키기 위해 MCA-REQ를 전송한다. 이를 수신한 PSS는 MCA-RSP를 보내 멀티캐스트 폴링 그룹에 추가되고 멀티캐스트 패킷을 수신하게 된다. 이로써 ACR과 PSS간 멀티캐스팅을 지원하기 위해 유니캐스트로 패킷을 전달하여 자원 비효율적인 전송이 이루어지는 것을 해결 할 수 있다. 기존의 유니캐스팅으로 멀티캐스팅을 지원하는 방식이라면 멀티캐스트 그룹에 가입한 단말이 늘어날수록 ACR에서 PSS까지의 네트워크 트래픽은 엄청난 양으로 늘어나게 될 것이며 그에 따라 멀티캐스트 패킷을 수신하는 응용 프로그램들은 심각한 영향을 받게 될 것이다. 하지만 멀티캐스트 패킷은 ACR에서 RAS까지 단지

1개의 멀티캐스트 패킷만이 전송될 것이며 RAS에서 PSS까지는 멀티캐스트 폴링 그룹에 가입된 PSS들에게 동일한 CID를 사용하여 전송하게 되어 이더넷에서와 같이 효율적인 멀티캐스팅이 이루어질 것이다.

3.2 CID와 멀티캐스트 MAC 주소 맵핑

RAS는 ACR로부터 멀티캐스트 패킷을 수신한다. 이때 멀티캐스트 패킷 안에 목적지 MAC 주소는 멀티캐스트로 변환된 MAC주소를 가질 것이다. RAS는 이 멀티캐스트 MAC주소를 가지고 멀티캐스트 폴링그룹에 해당 PSS를 가입시키기 위해 MCA-REQ를 전송한다. 기존 IEEE 802.16e 표준에서는 MCA-REQ 메시지 안에 멀티캐스트 MAC주소를 PSS에게 전송하지 않았다. 따라서 IGMP Join을 통해 ACR에게 멀티캐스트 그룹에 가입한 단말이 2계층의 물리적 멀티캐스팅 지원이 없이는 패킷을 수신하여 IP 계층에서 멀티캐스트 IP를 확인할 때 까지는 패킷이 자신의 가입한 멀티캐스트 패킷인지를 확인할 수가 없었다. PSS에서 자신이 가입한 멀티캐스트 그룹을 2계층에서 확인할 수 있게 하는 방법으로 MCA-REQ 메시지 전송 시 RAS는 멀티캐스트 MAC 주소를 MCA-REQ 메시지에 추가하는 방법을 제안하며 이를 위해 MCA-REQ 메시지의 예약된 필드를 사용한다.

Name	Type (1byte)	Length	Value
Multicast CID	1	2	
Assignment	2	1	0x00 = Leave multicast group 0x01 = Join multicast group
reserved	3-255	n	Reserved for future use



Name	Type (1byte)	Length	Value
Multicast CID	1	2	
Assignment	2	1	0x00 = Leave multicast group 0x01 = Join multicast group
Multicast MAC	3	6	Multicast MAC address
reserved	4-255	n	Reserved for future use

(그림 4) MCA-REQ 메시지 인코딩 사용

예약된 필드의 Type 3은 48Bit 멀티캐스트 MAC 주소를 의미하며 이는 PSS에게 보내진다. PSS는 자신이 IGMP 그룹가입을 통해 ACR에게 등록한 멀티캐스트 IP주소와 MCA-REQ의 멀티캐스트 MAC주소를 비교한다. 이는 32Bit IP주소와 멀티캐스트 MAC으로 변환된 23Bit MAC주소가 비교될 것이다. 이 때문에 $2^5 = 32$ 개의 멀티캐스트 주소가 중복될 수 있는 문제가 발생하게 된다. 이 문제는 MCA-RSP로 멀티캐스트 폴링 그룹에 가입한 뒤 수신되는 첫 번째 멀티캐스트 패킷내의 멀티캐스트 IP와 자신이 IGMP를 통해 가입한 IP주소를 비교하여 다른 주소라면 MCA-REQ에서 할당받은 멀티캐스트 CID를 삭제하여 더 이상의 패킷을 수신하지 않는 것으로 문제를 해결 할 수 있다.

4. 결론 및 향후연구

WiBro 망 내에 2계층 장비인 RAS는 PSS와 통신하기 위해 MAC 주소대신 CID라는 식별자를 통해 통신하기 때문에 이더넷에서와 같이 IP 멀티캐스팅을 지원 할 수가 없다. 따라서 ACR과 PSS간 멀티캐스팅을 지원하기 위해 유니캐스팅을 사용하여 모든 멀티캐스트 그룹에 포함된 PSS들에게 멀티캐스트 패킷을 전달하는 방식은 ACR과 RAS간, 그리고 RAS와 PSS간에 네트워크 자원의 비효율적인 사용이 이루어질 것이며 멀티캐스트 그룹에 사용자가 늘어남에 따라 네트워크의 트래픽은 크게 증가될 것이다. 이는 이와 같이 2계층에서의 멀티캐스팅을 위한 지원이 없다면 딜레이에 민감한 멀티미디어 응용들에게 영향을 미치게 될 것이다.

본 논문에서는 WiBro 상에서 ACR과 PSS간 멀티캐스팅을 지원하기 위해 RAS의 MAC 계층에서는 멀티캐스트 MAC주소를 MCA-REQ 메시지 내에 포함시키는 방법을 통해 멀티캐스팅을 지원 할 수 있었고 기존 방식에서의 자원 비효율적인 문제점과 딜레이에 민감한 멀티미디어 응용들에게 미치는 문제점을 해결 할 수 있었다. 그 결과 네트워크 트래픽의 감소로 인한 jitter, end-to-end delay, packet loss들은 줄어들고 절감된 유니캐스트 만큼의 대역폭은 네트워크의 Throughput을 높이는 결과를 가져올 것으로 기대된다.

향후 본 논문에서 제안한 메커니즘을 통해 jitter, end-to-end delay, packet loss, 그리고 Throughput 등의 성능평가와 이동환경에서의 멀티캐스팅을 방법을 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] IEEE 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", IEEE, 2004
- [2] IEEE P802.16e/D5-2004, "Draft Amendment to IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems", IEEE, 2004
- [3] TTA, "TTAS.KO-06.0065/R1-Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service(Medium Access Control Layer)", Telecommunications Technology Association, 2004
- [4] Sun-Mi Jun, "IGMP proxy for multicast services in wireless mobile networks" Vehicular Technology Conference, 2005
- [5] Shweta Jain, "MAC Layer Multicast in Wireless Multihop Networks" Communication System Software and Middleware, 2006
- [6] Behrouz A. Forouzan, "TCP/IP Protocol Suite", 2nd Ed. McGraw Hill