

공유대역에서 무선 LAN과의 공존을 위한 IEEE 802.16 WMAN의 MAC 프로토콜

(IEEE 802.16 WMAN MAC Protocol for
the Coexistence with WLAN in Shared Bands)

한 호 성 [†]	이 승 형 ^{††}	박 수 원 ^{†††}
(Ho Seong Han)	(Seung Hyong Rhee)	(Suwon Park)
한 기 영 ^{††††}	강 현 구 ^{††††}	윤 순 영 ^{†††††}
(Kiyong Han)	(Hyongoo Kang)	(Soonyoung Yoon)

요약 본 논문에서는 IEEE 802.11 WLAN과 IEEE 802.16 WMAN 무선 네트워크가 같은 공간에서 공유대역(shared band)을 사용하는 상황에서 공존이 가능하도록 802.16 MAC 프로토콜의 수정을 제안한다. 제안하는 WMAN MAC 프로토콜은 WLAN을 고려하여 BS(Base Station)와 SS(Subscriber Station)가 통신할 때 WLAN의 통신을 지연시켜 충돌을 피하는 방식으로 동작한다. 즉, BS에서 SS로 데이터를 전송하는 하향 서브 프레임(downlink subframe)에서는 SS가 할당받은 버스트(burst) 구간에서 CTS(Clear To Send)를 사용하여 WLAN의 전송을 막고, SS에서 BS로 데이터를 전송하는 상향 서브 프레임(uplink subframe)에서는 BS가 CTS를 사용하여 WLAN의 통신을 지연시킨다. 제안하는 프로토콜은 WLAN과의 충돌을 방지하여 전송효율을 높일 수 있으며, 이를 시뮬레이션에 의해 분석한다.

키워드 : 공존, WLAN, WMAN, 간섭, MAC

Abstract In this paper, we propose to modify the IEEE 802.16 MAC protocol in order to allow the coexistence of IEEE 802.11 and IEEE 802.16 wireless networks in shared bands. Our suggested protocol enables 802.16 WMAN to control WLAN devices for the coexistence. That is, in the downlink subframes(BS to SS), SS(Subscriber Station) prohibits WLAN to transmit by using CTS(Clear to Send) in order to protect it's burst. In the uplink subframes(SS to BS), on the other hand, BS(Base Station) sends CTS to block WLAN's communications. Our proposals enables the coexistence between WLAN and WMAN, and simulation results show that our protocols enhance the throughput of the entire system.

Key words : Coexistence, WLAN, WMAN, interference, MAC

· 본 연구는 광운대학교의 2008년도 교내연구비 지원 및 교육과학부의 2009년도 ^{†††††} 비 회 원 : 삼성전자 수석연구원
중견연구자 지원사업에 의하여 수행되었습니다. soon.young.yoon@samsung.com

[†] 정 회 원 : 광운대학교 전자융합공학과
user@kw.ac.kr

논문접수 : 2009년 5월 18일

심사완료 : 2010년 1월 19일

^{††} 총신회원 : 광운대학교 전자융합공학과 교수
rhee@kw.ac.kr

^{†††} 비 회 원 : 광운대학교 전자통신공학과 교수
spark@kw.ac.kr

^{††††} 비 회 원 : 삼성전자 책임연구원
kiyoung.han@samsung.com
hyongoo.kang@samsung.com

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이나 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 제37권 제2호(2010.4)

1. 서론

IEEE 802.16 WMAN 네트워크는 효율적으로 자원을 활용하기 위해서, 전통적인 데이터 통신망의 경쟁 기반의 채널 접근 방법을 사용하지 않고, 시간 분할 및 주파수 분할 다중 접속 방법(TDM: Time Division Multiplexing, FDM: Frequency Division Multiplexing)을 사용한다. 시간 분할 및 주파수 분할 다중 접속 방법을 사용하여, BS(Base Station)와 SS(Subscriber Station) 사이의 채널은 시간 및 주파수 대역에서 슬롯(Slot) 단위로 분할되며, 각각의 슬롯은 데이터 전송을 원하는 노드에게 독점적으로 할당되어, 데이터의 충돌과 이로 인한 자원의 낭비를 방지한다.

BS와 SS 사이의 채널은 먼저 프레임(Frame) 단위로 분할되며, 각 프레임은 BS에서 SS로 데이터 전송을 위한 하향 서브 프레임(Downlink Subframe)과 SS로부터 BS로 전송을 위한 상향 서브 프레임(Uplink Subframe)으로 구성된다. 각 서브 프레임은 실질적인 데이터 전송을 위한 슬롯으로 분할되어 할당된다. 각 슬롯의 할당 정보는 하향 서브 프레임의 가장 앞부분에 하향 서브 프레임 내의 슬롯들의 할당 정보를 담고 있는 하향 링크 맵(DL-MAP)과 상향 슬롯들의 할당 정보인 상향 링크 맵(UL-MAP)에 포함되어 있다. BS는 일반적으로 우선 링크로부터 전송된 SS로의 데이터를 우선 순위를 기반으로 스케줄링 하여 하향 서브 프레임 내에 위치시키고, 이에 대한 정보를 하향 링크 맵에 기록한다. 또한, 상향 링크의 슬롯을 각 SS에 할당하기 위한 스케줄링도 수행하며 이 결과를 상향 링크 맵에 기록한다. 각 SS는 매 프레임의 시작 부분에 위치한 맵 정보를 읽어서, 그 프레임의 나머지 부분을 접근하기 위해

사용한다.

반면, IEEE 802.11 WLAN의 무선 매체에 대한 접근은 조정 함수를 이용하며, 이더넷과 같은 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 접근은 분산 조정 함수(DCF: Distributed Coordination Function)에 의해서 제공된다. DCF는 이더넷과 마찬가지로 전송하기 전에 무선 링크가 깨끗한지 검사하며, 충돌을 피하기 위하여 스테이션들은 매체가 점유된 상태라면, 각 프레임의 종료 시점에서 임의의 지연(back-off)을 사용한다. 매체가 사용 중이면 스테이션은 채널을 사용하지 않을 때까지 기다려야 한다. 802.11은 기다리는 것을 접근 연기(access deferral)라고 한다. 접근이 연기되면, 스테이션은 DIFS(Distributed Inter frame Space)동안 사용되지 않을 때를 기다린다. DCF는 충돌의 가능성을 줄이고 Hidden Node Problem을 해결하기 위하여 RTS/CTS(Request to send/Clear to send) 기법을 사용한다. 전송의 권리를 가진 스테이션은 RTS 프레임을 먼저 전송한다. 그러면 수신측 스테이션이 CTS 프레임을 보내서 응답을 한다. 전송 스테이션은 데이터 프레임을 보낸다. 수신 스테이션은 받은 프레임에 오류가 없을 경우 ACK 프레임을 보내 수신에 성공적으로 이루어 졌다는 것을 알리게 된다. 전송되어진 RTS/CTS 프레임에는 NAV(Network Allocation Vector)라는 기간정보(Duration Information)가 포함되어 있다. 이런 RTS/CTS 과정에서 다른 주위의 스테이션들은 NAV를 생성, 유지시켜서 해당 시간 동안에는 아무것도 전송을 하지 않는다. 이 과정이 끝나고 DIFS 동안 전송이 발생하지 않으며 전송을 원하는 스테이션들은 다시 경쟁하기 시작하여 통신을 시작하게 된다.

전통적인 데이터 통신망이 경쟁 기반의 채널 접근 방

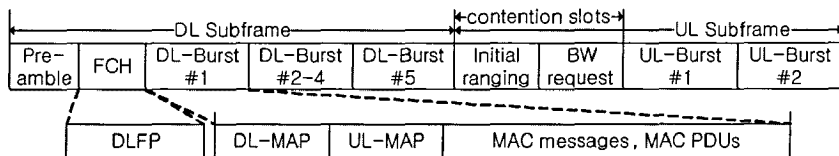


그림 1 IEEE 802.16 WMAN의 MAC 프로토콜 구조

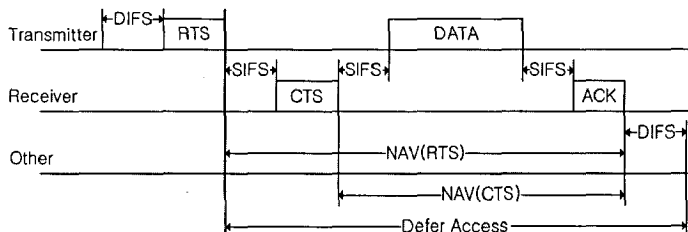


그림 2 802.11 WLAN의 RTS/CTS 기법

법을 사용하는 것과는 다르게 IEEE 802.16 WMAN은 무선 자원을 효율적으로 활용하기 위하여 시간 분할 및 주파수 분할 다중 접속 방법을 사용하는데 본 논문에서는 시간 분할 다중 접속 방법을 이용하는 WMAN이 경쟁 기반의 채널 접근 방법을 사용하는 IEEE 802.11 WLAN과 공존(Coexistence)하는 방법에 대해 기술한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.16 및 802.11의 공존에 관한 기존 연구에 대해 설명한다. 제3장에서는 본 논문에서 제안하는 MAC 프로토콜의 동작에 대해서 설명한다. 4장에서는 성능 평가를 위한 시뮬레이션의 구현과 그에 따른 결과를 분석한다. 마지막으로 본 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

2. 기존 연구 및 문제점

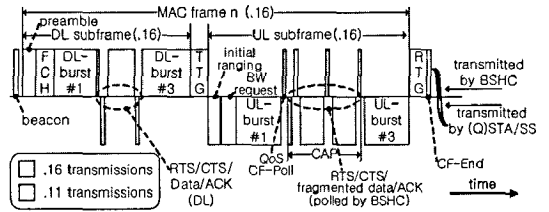
IEEE 802.16과 IEEE 802.11의 공존을 위한 기존의 관련 연구로는 IEEE 802.16과 IEEE 802.11e의 공존에 관한 연구와 IEEE 802.16과 IEEE 802.11a의 공존에 관한 연구가 있다.

2.1 IEEE 802.16과 IEEE 802.11e의 공존

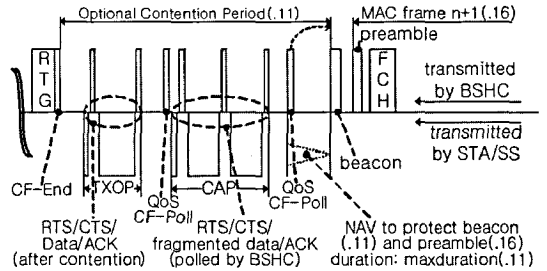
IEEE 802.16과 IEEE 802.11e의 공존에 관한 연구에서는 IEEE 802.16과 802.11e를 지원하는 BSHC(Base Station Hybrid Coordinator)를 이용한 공존 및 인터워킹 방법을 제안하였다.

Central coordinating 디바이스인 BSHC는 802.16의 BS와 802.11e의 HC(Hybrid Coordinator)의 결합으로 Dual-Stack으로 구성된다. BSHC는 802.16과 802.11 모드로 동작이 가능하며, 802.16의 SS는 BSHC를 BS로 인식하고 802.11e의 QSTA(QoS supporting 802.11e Station)는 HC로 인식한다. 할당된 time interval은 802.16 SS들은 하향 링크/상향 링크 서브프레임으로 여기고, 802.11e의 QSTA들은 802.11e MAC 프로토콜에 대응하는 TXOP(Transmission Opportunity)로 여긴다.

BSHC가 polling의 방법으로 802.11e 스테이션들이 802.16 WMAN MAC 프레임의 사용하지 않는 DL-burst와 UL-burst를 통해 통신하거나 802.16 WMAN MAC 프레임 사이에 선택적으로 경쟁구간(optional Con-



(a) 사용하지 않는 DL/UL-burst에서의 QSTA의 폴링



(b) 선택적 경쟁구간에서의 QSTA의 폴링

그림 3 BSHC 수퍼프레임의 구조

tention Period)을 설정해서 802.11e가 통신할 수 있는 방법을 제시하였다. 802.16과 802.11e 네트워크를 coordinate 하기 위해 BSHC는 하나의 주파수에서 동작하고 QoS를 지원하기 위한 802.11e의 QSTA와 802.16의 SS에 대한 컨트롤 권한을 갖는다.

2.2 IEEE 802.16과 IEEE 802.11a의 공존

IEEE 802.16과 IEEE 802.11a의 공존에 관한 연구에서는 하나의 IEEE 802.16 네트워크와 DCF를 사용하는 다수의 IEEE 802.11a AP(Access Point)와 MS(Mobile Station)들의 공존을 가능하게 하기 위한 방법으로 802.16 MAC 프레임이 전송될 때 802.11a의 매체 접근을 막는 방법을 제시하였다.

매체가 점유되지 않고 비어있는 시간이 802.11a의 DIFS 시간과 같거나 더 길게 되는 것을 방지하기 위해 blocking signal을 사용하여 802.11a AP나 MS들이 채널이 사용되고 있다고 판단하여 CSMA/CA 방식에 따라 매체에 접근하지 못하도록 하는 것이다.

802.16 MAC 프레임은 2.5~20ms의 길이를 갖고, 802.11

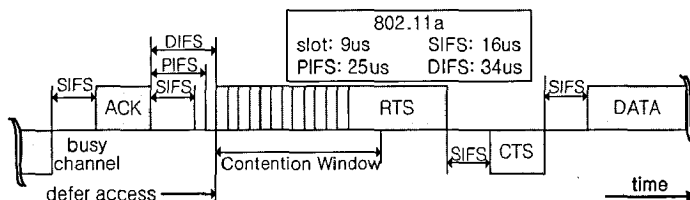


그림 4 IEEE 802.11a의 Interframe Space duration

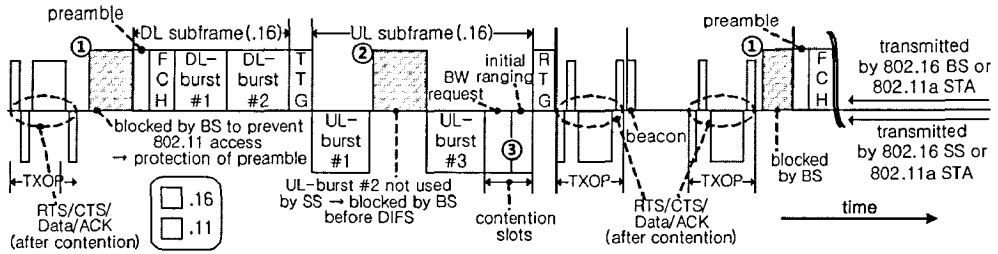


그림 5 Blocking signal을 사용하여 802.11a의 공존을 고려한 802.16 MAC 프로토콜

의 beacon interval(superframe)은 일반적으로 100ms의 길이를 갖는다. 연속되는 802.16 MAC 프레임 사이의 time interval에 공존하며 DCF를 사용하는 802.11a AP와 MS들의 접근을 그림 5에 나타내었다. 그림 5에 802.16과 802.11a의 공존에서 802.16 MAC에 영향을 줄 수 있는 3가지 문제점을 ①, ②, ③으로 나타내었다.

802.16 MAC 프레임은 연기(delay)되는 것을 허가하지 않는다. 따라서 802.16 MAC 프레임이 시작될 때 802.11a의 전송이 있으면 충돌이 일어나게 되므로 802.16 프레임이 전송될 때 802.11a의 전송이 있으면 안 된다. 충돌의 방지를 위해 802.11a의 매체 접근을 802.16 BS가 막아야 한다. 802.11a의 경우, robust PHY 모드에서 최대 데이터 패킷 크기인 2346 byte를 전송할 때 대략 2ms의 시간이 걸린다. 따라서 최악의 경우 802.16 BS가 802.11a 스테이션들의 접근을 막아야 할 blocking interval은 최대 2ms이다. 최대 Blocking interval 안에 들어가는 진행 중인 802.11a의 전송을 방해할 필요는 없고, blocking interval 안에서 새롭게 매체 접근을 시도하는 802.11a를 막아야 한다. 따라서, 그림 5의 ①의 blocking interval은 달라질 수 있다.

서브프레임에서는 배경받은 burst를 사용하지 않는 경우가 생겨 매체가 사용하지 않는 상태가 생길 수 있다. 이 경우에 BS는 사용되지 않는 burst 구간이 802.11a의 DIFS보다 길어지기 전에 blocking 해야 한다. 그림 5의 ②에 나타났듯이 802.11a 스테이션의 접근을 막아 뒤에 이어지는 burst를 보호한다.

802.16은 경쟁 슬롯인 BW request 슬롯과 initial ranging 슬롯을 상향 링크 서브프레임 끝에 배치할 수 있다.

BW request 슬롯은 DIFS보다 짧아 최소한 802.11a의 방해 없이 사용할 수 있다. 그러나 initial ranging

슬롯은 기본적으로 DIFS보다 길다. 그러므로 802.11a 스테이션들이 매체에 접근할 수도 있기 때문에 BS는 할당되지 않은 경쟁 슬롯이 사용되지 않는 ③과 같은 상황이라면 ②의 방법과 비슷한 방법으로 blocking을 해야 한다.

3. 제안하는 WMAN의 MAC 프로토콜

제안하는 IEEE 802.16 WMAN의 간단한 MAC 구조를 그림 6에 나타내었다. 제안하는 MAC 프로토콜은 IEEE 802.16 MAC과 같이 2.5~20ms의 가변적인 길이를 갖으며 하향 링크 서브프레임 구간에서의 DL-burst와 상향 링크 서브프레임 구간에서의 UL-burst도 비슷한 구조로 이루어진다. 다른 점이 있다면 IEEE 802.16 WMAN MAC 프로토콜에는 없는 IEEE 802.11 스테이션들을 위한 경쟁구간(Contention Period)을 설정하여 IEEE 802.11 WLAN이 통신할 수 있도록 고려하였다. 따라서 그림 6과 같은 기본적인 구조에서 WLAN을 위한 구간 외에 하향 링크 서브프레임과 상향 링크 서브프레임에서의 동작을 기술한다.

제안하는 MAC 프로토콜은 IEEE 802.16 WMAN의 BS와 SS에 IEEE 802.16 및 IEEE 802.11 모듈이 병치 형태(collocation)로 존재하는 것을 전제로 제안하였다. 기본적으로 IEEE 802.16 BS와 SS는 자신의 주변에 IEEE 802.11 WLAN 스테이션들이 존재하는지 IEEE 802.11 모듈을 통하여 알 수 있다. 따라서 802.16 BS와 SS가 통신을 할 때는 주변 IEEE 802.11 스테이션들을 인지하고 802.11 스테이션들의 통신을 지연시키으로써 IEEE 802.16 MAC 프레임이 방해받지 않을 수 있다.

IEEE 802.16의 통신에서 하향 링크 서브프레임에서는 BS가 송신측이 되고 SS가 수신측이 된다. 반대로 상향

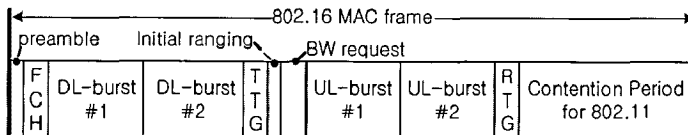
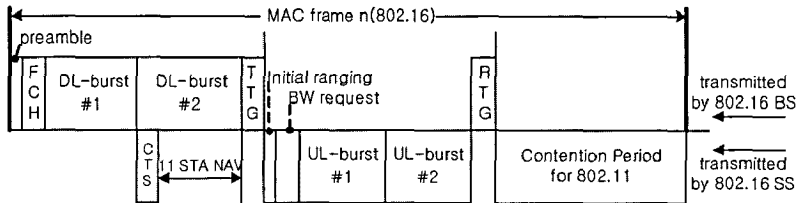
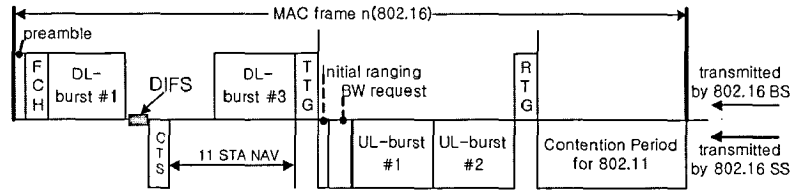


그림 6 제안하는 802.16 WMAN의 MAC 프로토콜



(a) 이전 burst가 사용 중일 때의 CTS 사용



(b) 이전 burst가 비었을 때의 CTS 사용

그림 7 하향 링크 서브프레임에서의 동작

링크 서브프레임에서는 SS가 송신측이 되고 BS가 수신측이 된다. 공유 밴드를 사용하는 IEEE 802.16 및 IEEE 802.11 상호간의 간섭 및 충돌은 수신측에서 신호를 수신할 때 다른 무선 네트워크의 신호가 들어 올 때이다. 따라서 802.16의 통신에서 수신하는 BS나 SS 주변의 802.11의 통신을 막고 802.16의 통신을 보장하여 서로 공존이 가능하다.

3.1 하향 링크 서브프레임에서의 동작

그림 7은 기본적인 구조에서처럼 간략한 구조가 아닌 하향 링크 서브프레임에서의 동작을 나타낸다. 하향 링크 서브프레임에서는 BS가 신호를 보내고 SS는 신호를 수신하므로 신호를 보내는 BS쪽에서는 충돌이나 간섭을 고려하지 않아도 상관없다. 그러나 신호를 수신하는 SS에서는 주변에 IEEE 802.11 스테이션들이 인접거리에 존재한다면 802.11 스테이션들의 통신이 충돌이나 간섭을 야기할 수 있기 때문에 802.11 스테이션들의 통신을 지연시켜야 한다. 이럴 경우 SS가 802.11 모듈을 사용하여 CTS를 802.11 스테이션들에게 전송하면 1홉(hop)거리의 802.11 스테이션들은 CTS를 수신하고 NAV값을 설정하여 통신을 멈추게 된다. 802.11 스테이션들이 통신을 멈춤으로써 802.16 MAC 프레임을 보호할 수 있다.

두 번째 DL-burst를 수신하는 SS의 주변에 802.11 스테이션이 존재할 때 그림 7의 (a)는 두 번째 DL-burst 이전에 첫 번째 DL-burst가 사용되므로 두 번째 DL-burst 안에서 SS가 주변의 802.11 스테이션에 CTS 전송하는 방식을 나타낸다. 반면, 그림 7의 (b)는 SS가 할당받은 DL-burst의 이전 burst가 비었을 경우의 CTS 전송 방식을 나타낸다. 이전 burst가 비어있

으면 802.11 스테이션들은 DIFS 이후에 매체에 접근을 시도하여 SS가 수신하는 DL-burst #3 구간에서 충돌을 야기할 수 있다. 따라서 SS는 비어있는 burst 구간에서 매체가 비어있는 시간이 DIFS보다 길어지기 전에 CTS를 사용하여 802.11 스테이션들의 통신을 지연시키는 방법으로 동작한다.

3.2 상향 링크 서브프레임에서의 동작

상향 링크 서브프레임에서는 SS가 신호를 보내고 BS는 신호를 수신하므로 신호를 보내는 SS에서는 간섭이나 충돌을 고려하지 않아도 상관없다. 그러나 신호를 수신하는 BS에서는 주변에 IEEE 802.11 스테이션들이 1홉 거리에 존재한다면 802.11 스테이션들의 통신이 충돌이나 간섭을 일으킬 수 있기 때문에 802.11 스테이션들의 통신을 지연시켜야 하는 상황이 생긴다. 이럴 경우에도 하향 링크 서브프레임의 경우와 마찬가지로 BS가 802.11 모듈을 사용하여 CTS를 IEEE 802.11 스테이션들에게 전송한다. 1홉거리의 802.11 스테이션들은 CTS를 수신하고 NAV값을 설정하여 통신을 멈추게 된다. 802.11 스테이션들이 통신을 멈춤으로써 802.16 MAC 프레임을 보호할 수 있다. 상향 링크 서브프레임의 경우에는 하향 링크 서브프레임의 경우와 다르다. 하향 링크 서브프레임에서는 burst를 할당 받은 SS가 수신을 하게 되지만 상향 링크 서브프레임에서는 항상 BS가 수신을 한다. 따라서 하향 링크 서브프레임의 경우처럼 이전 burst가 사용 중일 때와 비어있을 경우를 생각하지 않고 802.16 MAC 프레임을 보호하기 위하여 수신측인 BS에서는 제일 처음의 UL-burst전에 CTS를 한번만 사용하여 802.11 스테이션들의 매체 접근을 막는다.

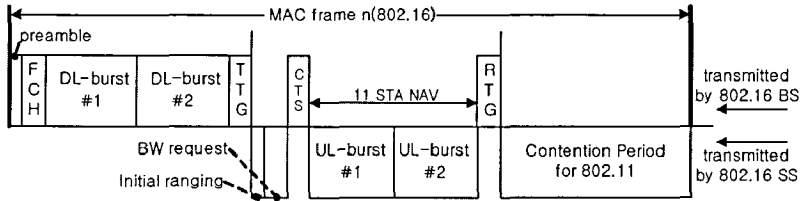


그림 8 상향 링크 서브프레임에서의 동작

4. 시뮬레이션

IEEE 802.16과 IEEE 802.11의 공존을 위한 시뮬레이션을 NS-2를 사용하여 구현하여 성능 평가를 실시하였다[8].

4.1 시뮬레이션 환경

그림 9와 같이 IEEE 802.16과 IEEE 802.11이 공존하는 가운데 하나의 802.16 BS와 SS가 존재하고 SS 주변에 하나의 802.11 AP와 MS가 존재한다. IEEE 802.16 WMAN MAC의 superframe의 길이는 2.5~20ms로 가변적이지만 시뮬레이션에서는 10ms로 고정하였다. 또한 superframe은 2개의 DL-burst와 2개의 UL-burst, 한 개의 802.11을 위한 경쟁 구간으로 이루어져 있다. 각 burst의 길이는 2ms로 고정하였으며 경쟁구간도 2ms로 설정하였다.

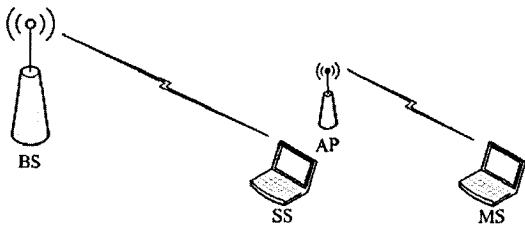


그림 9 시뮬레이션 토폴로지

하향 링크 서브프레임 구간에서만 충돌이 발생하게 하였으며 802.11 트래픽은 DL-burst 구간에서 0.5ms~1.5ms구간이 겹치도록 시뮬레이션 하였고, 또한 802.11을 위한 경쟁 구간에서도 트래픽이 발생하게 하였다. 좀 더 확실한 throughput의 비교를 위해 상향 링크 서브프레임 구간의 트래픽은 고려하지 않았다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

Attribute	Value
Node 개수	802.16 BS:1, SS:1, 802.11 AP:1, MS:1
Traffic 종류/개수	UDP / 2
CBR packet size	1000 bytes
트래픽 rate	10MHz
채널 대역폭	20MHz
시뮬레이션 시간	10 sec

제안한 MAC은 BS에서 SS로 전송하는 하향 링크 서브프레임에서 하나의 burst를 할당하여 표 1의 파라미터로 SS에게 UDP로 전송할 때 주변의 802.11 스테이션들에게 CTS를 전송하여 802.11 스테이션들의 통신을 막게 된다. 이러한 환경일 때 기존의 802.16 MAC 프로토콜과 제안한 MAC 프로토콜과의 throughput을 비교한다.

4.2 시뮬레이션 결과

그림 10은 제안한 MAC 프로토콜과 기존의 MAC 프로토콜의 전체 throughput 비교 결과이다. 충돌구간의 발생이 0.5ms~1.5ms일 때 전체 throughput의 차이를 나타내며 표 2에 정리했다. 전체 throughput의 결과와 같이 제안한 MAC 프로토콜이 높은 성능을 보임을 알 수 있다.

그림 11은 802.11 WLAN의 전체 throughput의 결과 그래프이다. 충돌구간이 0.5ms~1.5ms의 경우나 제안한 MAC프로토콜의 결과를 비교했을 때 전체 throughput은 비슷함을 볼 수 있다. 이는 802.16과 802.11이 공존할 때 CSMA/CA 방식으로 접근하는 WLAN의 경우 매체 접근이 성공하더라도 802.16의 전송으로 충돌이 발생하며, 802.11의 전송 역시 랜덤 back-off 등의 동작으로 경쟁 구간 내에서만 throughput이 나오며 그 외 구간에서는 throughput이 거의 발생하지 않는다는 것을 나타낸다.

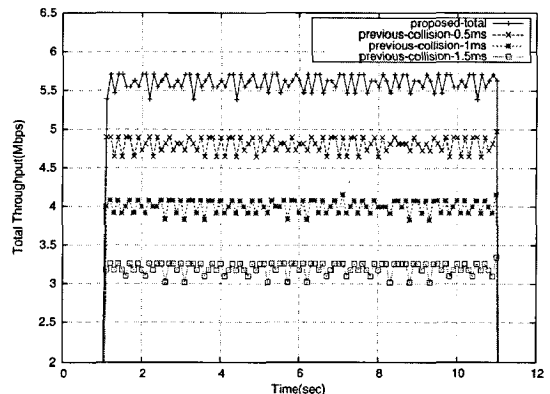


그림 10 전체 throughput 비교

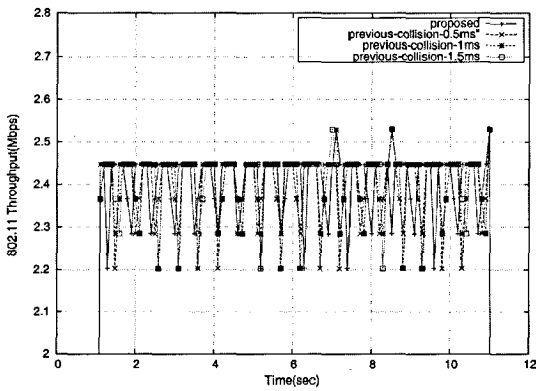


그림 11 802.11 WLAN의 throughput

그림 12는 기존의 MAC 프로토콜에서 충돌구간이 0.5ms, 1.0ms, 1.5ms만큼 발생했을 경우와 제안한 MAC 프로토콜의 throughput을 802.11 및 802.16의 트래픽 별 throughput과 전체 throughput을 나타낸다. 802.16과 802.11의 충돌로 인하여 결과적으로 802.16의 through-

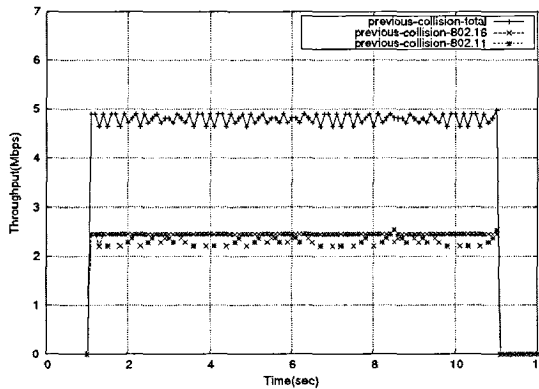
표 2 MAC과 충돌구간에 따른 전체 평균 throughput

MAC type / collision duration	Average throughput
제안한 MAC	5.61 Mbps
기본 MAC / 0.5ms	4.80 Mbps
기본 MAC / 1.0ms	4.00 Mbps
기본 MAC / 1.5ms	3.20 Mbps

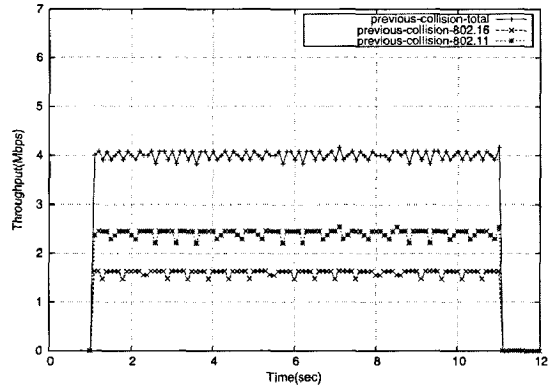
put이 감소한다. 따라서 (a)~(c)에서 802.11과 802.16이 공존하는 전체 네트워크의 throughput이 감소하는 것을 볼 수 있다. 반면, (d)의 제안한 MAC 프로토콜의 throughput의 경우 802.11과 802.16의 충돌을 방지하여 더 높은 성능을 보임을 알 수 있다.

5. 결론

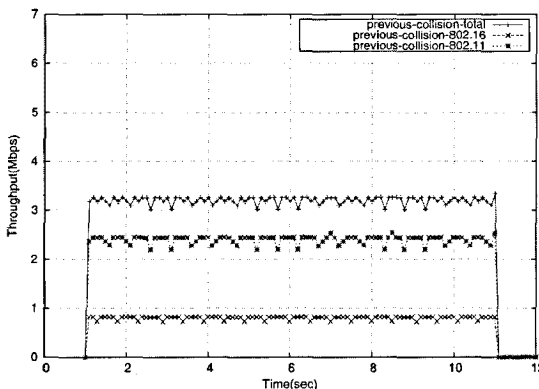
본 논문에서는 shared band를 사용하는 IEEE 802.11과 IEEE 802.16의 공존을 위한 개선된 IEEE 802.16 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안한 MAC 프로토콜은 BS 및 SS에 IEEE 802.16모듈 및 IEEE 802.11 모듈이



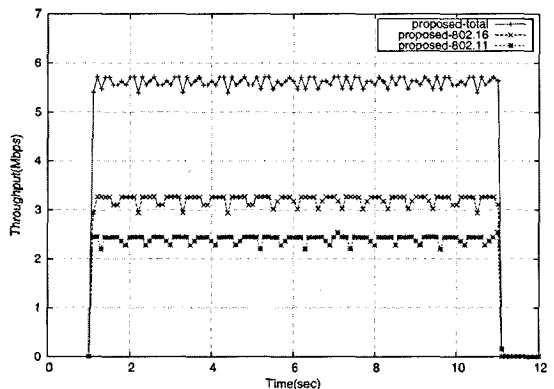
(a) 충돌 구간이 0.5ms일 경우의 throughput



(b) 충돌 구간이 1ms일 경우의 throughput



(c) 충돌 구간이 1.5ms일 경우의 throughput



(d) 제안한 MAC 프로토콜의 throughput

그림 12 시뮬레이션 결과

병치형태(collocation)로 있는 경우에 BS에서 SS로 통신하는 하향 링크 구간에서는 SS가 DL-burst에서 CTS를 사용하여 SS의 주변에 존재하는 IEEE 802.11 스테이션들의 통신을 막아주게 되고, 상향 링크 구간에서는 BS가 UL-burst에서 CTS를 이용하여 BS 주변의 IEEE 802.11 스테이션들이 통신하는 것을 지연시켜 충돌을 방지하는 방식으로 동작한다. 즉 제안하는 IEEE 802.16 MAC 프로토콜은 IEEE 802.11과 802.16이 혼재된 환경에서 기존의 802.16 MAC 프로토콜보다 서로의 통신을 보장해서 전체 네트워크의 throughput을 높이는 결과를 가져온다. 본 논문에서는 간단한 경우의 시뮬레이션만을 진행했지만 앞으로 제안한 MAC 프로토콜을 보다 발전시키는 방법에 대해 연구를 진행하고, 다양한 시뮬레이션을 통한 성능 검증을 이후 목표로 한다.

참고 문헌

- [1] IEEE Std 802.16-2004, "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," 1 October 2004.
- [2] IEEE Std 802.16e-2005, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," 28 February 2006.
- [3] IEEE Std 802.11-1999, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," IEEE, 1999.
- [4] IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access, <http://www.ieee802.org/16/>
- [5] Jing Zhu, Hujun Yin, "Enabling Collocated Coexistence in IEEE 802.16 Networks via Perceived Concurrency," IEEE Communications Magazine, 2009.
- [6] Berlemann, L., Hoymann, C., Hiertz, G. R., Mangold, S., "Coexistence and Interworking of IEEE 802.16 and IEEE 802.11(e)," IEEE, 2006.
- [7] Berlemann, L., Hoymann, C., Hiertz, G., Walke, B., "Unlicensed Operation of IEEE 802.16: Coexistence with 802.11(A) in Shared Frequency Bands," IEEE, 2006.
- [8] NS-2 Network Simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>



한 호 성

2007년 2월 광운대학교 전자통신공학과 공학사. 2009년 2월 광운대학교 전자융합공학과 공학석사



박 수 원

1994년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학사. 1996년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학석사. 2003년 2월 KAIST 전자전산학과 공학박사. 2002년 6월~2006년 2월 삼성전자 통신연구소책임연구원. 2006년 3월~현재 광운대학교 전

자통신공학과 교수



이 승 형

1988년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사. 1990년 8월 연세대학교 전자공학과 공학석사. 1999년 5월 Univ. of Texas at Austin 공학박사. 2002년~현재 국가정보원/국방연구원 기술자문. 2000년~현재 광운대학교 전자융합공학과 교수



한 기 영

1997년 서울대학교 전기공학부 공학사. 2000년 서울대학교 전기공학부 공학석사. 2004년 서울대학교 전기공학부 공학박사. 2004년~현재 삼성전자 통신연구소 책임연구원



강 현 구

1996년 KAIST 수학과 이학사. 1998년 KAIST 산업공학과 공학석사. 2003년 KAIST 산업공학과 공학박사. 2003년~현재 삼성전자 DMC연구소 시스템연구원



윤 순 영

1988년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사. 1990년 2월 카이스트 전기및전자공학과 공학석사. 1995년 2월 카이스트 전기및전자공학과 공학박사. 1995년 3월~현재 삼성전자 통신연구소 수석연구원