

재밍 기반의 재전송 방식을 사용한 무선 LAN에서의 효율적인 실시간 트래픽 전송 방안의 성능 분석

학생회원 구도정*, 종신회원 윤종호*

Performance of an Efficient Backoff Retransmission Algorithm with a Proactive Jamming Scheme for Realtime transmission in Wireless LAN

Do-Jung Koo* Student Member, Chong-Ho Yoon* Lifelong Member

요약

본 논문에서는 무선LAN에서 실시간 트래픽의 효율적인 전송을 위해 새로운 재밍방식을 사용한 충돌 방지 방안을 제안하고 기존 MAC과의 성능을 비교 분석하였다.

기존의 무선LAN에서는 단말들간 프레임 전송 충돌을 방지하기 위하여 이진 지수 분포(BinaryExponential) 백오프 알고리즘을 사용하기 때문에, 망의 부하가 크거나, 망에 존재하는 무선 단말의 수가 많을수록 프레임 충돌이 발생할 확률이 증가하므로 실시간 트래픽 전송에 불리하다. 이 점에 착안하여 본 논문에서 제안한 재밍 기반의 재전송 방식은 실시간 트래픽의 전송 중 충돌이 발생하면, 충돌에 개입한 각 무선 단말이 동시에 충돌을 감지하고 자신의 채널 사용 횟수를 기록한 데이터 베이스를 참조하여, 서로 상이한 재밍 윈도우 기간 동안 재밍 신호를 송신함으로써, 다른 단말의 접근을 일단 차단시킨다. 이후, 자신의 재밍 윈도우 기간 만기시 채널이 비어있는 경우에만 자신의 프레임을 재전송하도록 함으로써 해당 프레임의 재충돌을 방지한다. 이 과정에서 송신단말이 동시에 충돌을 감지할 수 있도록 모든 연결의 실시간 프레임들은 고정된 길이를 가지도록 하여 전송한 프레임에 대한 응답 프레임을 수신하기까지 걸리는 시간은 동일한 것으로 가정하였다.

제안된 방식과 기존 MAC의 성능을 모의 실험으로 비교 분석한 결과, 제안 방식의 경우 프레임의 평균 충돌 횟수, 평균 백오프 시간 그리고 프레임의 평균 전송대기 시간이 기존 방식보다 우수하였다. 제안된 방식을 실시간 트래픽 양이 많은 무선랜에서 활용한다면, 실시간 트래픽의 전송 지연 시간을 단축시킴으로써, 무선LAN의 실시간 응용에 적절하게 적용될 수 있을 것이다.

Key Words : realtime transmission, IEEE 802.11, IEEE 802.11e, jamming, wireless Qos

ABSTRACT

In order to provide a realtime transmission over a wireless LAN, we here present a new jamming based retransmission mechanism. In a legacy wireless LAN system, all stations use the binary exponential backoff algorithm to avoid collisions among frames. It is well known that the backoff algorithm causes more collisions as the numbers of active stations increases. This makes transmission of real time traffic hard.

※ 본 논문은 한국항공대학교 인터넷정보검색연구센터(IRC) 및 한국 정보 통신 대학원 BcN 엔지니어링 연구센터의 지원에 의하여 수행되었습니다.

* 한국항공대학교 정보통신공학과 대학원 ({yoonch, dojung}@hau.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-04-178, 접수일자 : 2005년 4월 26일

In the proposed scheme, when each station senses collisions, it promptly allows to send a jamming signal during a unique jamming window period which is determined by its own channel access count database(CACDB). This jamming windows is chosen not to be overlapped each other by using of CACDB, and thus channel access of another station is prevented. Hereafter the station gets the ownership of the medium when the wireless medium becomes idle after sending the jamming signal and sensing carrier, and then sends frame in medium. In our proposal, repeating collisions is never happened. We here assume that real time traffic use a frame of fixed length in order to make the time for receiving its ACK frame same.

Comparing the proposed jamming-based retransmission scheme with the the 802.11 and 802.11e MAC by simulation, one can find that the proposed scheme have advantages in terms of delay, average backoff time, and average number of collisions per frame. One can find that the proposed scheme might be practically applicable to several applications of realtime traffic transmission in wireless LAN systems.

1. 서론

현재의 무선 통신 기술은 음성 통신이나 일부분의 멀티미디어 전송을 지원하고는 있으나 아직까지는 그렇게 만족할만한 수준까지 이르지 못하고 있다. 이로 인해, 현재 무선랜에서 급격히 증가하고 있는 멀티미디어 트래픽의 서비스 품질을 보장해 주지 못하고 있다. 따라서 무선랜 상에서 실시간 트래픽 전송을 위한 Quality of Service(QoS)를 보장하기 위한 방법이 절실히 요구된다.

기존의 IEEE 802.11 무선랜에서 사용하는 기본적인 채널 액세스 방법은 Distributed coordination function (DCF)이다. DCF에 의한 Carrier sense multiple access/collision avoidance(CSMA/CA)를 기반으로 데이터 전송을 시도하는 임의의 단말은 데이터를 전송하기 전에 채널이 사용 중인지 먼저 검사한다. 만약 채널이 비어있으면, 해당 단말은 바로 데이터를 전송할 수 있지만 채널이 사용 중이면 데이터의 전송 과정 중에 다른 단말의 데이터와 충돌이 일어날 수 있다. 이와 같은 충돌을 방지하기 위하여 이진 지수 분포(Binary Exponential) 백오프 알고리즘을 사용하여 전송하게 된다^[1-3].

이렇게 CSMA/CA를 기반으로 하는 채널 경쟁 방식은 망의 부하가 클수록, 망에 존재하는 무선 단말의 수가 많을수록 프레임 충돌이 발생할 확률이 커지는 단점이 있다. 이러한 프레임 충돌에 의해 야기되는 프레임 전송 지연 시간의 증가, 불규칙한 지터 등은 실시간 트래픽의 전송에 큰 장애가 된다. 이는 기존의 무선 LAN에서는 오직 CSMA/CA에 의한 채널 경쟁을 통한 데이터 전송이 이루어지기 때문이다. 이와 같이, 기존의 무선랜이 오직 CSMA/CA에만 기반을 두는 한 무선랜에서의 실시간 전송은 여전히 불가능하다^[4].

하지만, 본 논문에서 제안하는 재밍을 사용한 프레임의 재전송 방식은 전송한 실시간 트래픽이 충돌에 의해 전송이 실패할 경우, 불규칙한 재밍 신호를 망에 전송하여 다른 단말의 채널 사용을 차단한 뒤 프레임을 재전송하도록 하여, 기존 방식에 비해 실시간 프레임의 지연 시간과 지터 특성을 향상시킨다. 제안하는 재밍 기반의 재전송 방식의 경우, 충돌된 프레임에 한해서는 기존의 CSMA/CA에 의한 채널 경쟁이 아닌, 단말이 스스로 채널 사용 우선 순위를 결정하도록 함으로써 재전송하는 프레임에 한해서는 재충돌이 발생하지 않도록 한다. 제안 방식과 기존 방식의 성능을 모의 실험으로 비교 분석한 결과, 제안 방식의 경우 한 프레임 당 평균 충돌 횟수, 한 프레임 당 평균 백오프 시간 그리고 프레임의 평균 시스템 시간이 기존 방식보다 우수한 결과를 보였다.

본 서론에 이어, 제2장에서는 기존의 무선 LAN의 동작방식을 분석하고 기존 방식이 실시간 트래픽을 전송하는데 있어서의 한계를 지적한다. 제3장에서는 무선랜에서의 효율적인 실시간 트래픽 전송 방안인 재밍 기반 재전송 방식을 기술하고, 제4장에서는 모의 실험을 통해, 프레임의 평균 전송 지연 시간, 한 프레임당 겪게 되는 평균 백오프 시간 등을 비교 분석하여 제안된 방식의 성능을 평가하였다. 마지막으로 제5장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존의 무선랜의 동작 원리와 문제점

2.1 IEEE 802.11 무선랜의 동작원리

2.1.1 Distribution Coordination unction(DCF)의 동작원리

IEEE 802.11 MAC에서의 모든 프레임 전송은 802.11의 DCF에 의한 CSMA/CA방식으로 운영된

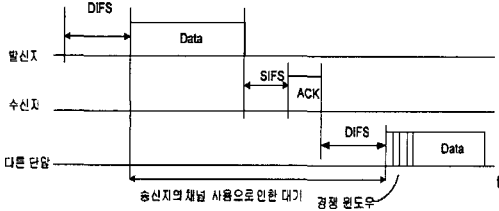


그림 1. DCF에 의한 채널 경쟁 방식

다. 즉, 채널사용이 종료될 때 <그림 1>과 같이 송신측은 DIFS(DCF Inter-frame spacing)기간 이후에 슬롯타임의 랜덤한 배수만큼을 더 지연한 후에도 여전히 채널이 비어있는 경우에만 프레임의 송신을 개시한다. IEEE 802.11b의 경우, SlotTime = 20usec, SIFS = 10usec, PIFS(SIFS + SlotTime) = 30usec, DIFS (SIFS + 2*SlotTime) = 10 + 2*20 = 50usec으로 설정되어 있다¹⁻³⁾.

이렇게 DIFS기간 이후에 슬롯타임의 랜덤한 배수기간을 기다리는 것은 이전의 충돌에 대한 재충돌확률을 감소시키기 위함이다. 즉, 충돌 발생시마다 경쟁 윈도우(contention window, CW)값에 의해 결정되는 랜덤한 값에 슬롯타임을 곱한 기간 동안 자신의 전송을 지연한다. DCF의 백오프 시간 계산식은 Backoff Time = Random() * aSlotTime이다. 여기서, Random()은 [0,CW]사이의 랜덤한 정수 값이다. 물론, 경쟁 윈도우 값의 초기값은 최소 경쟁 윈도우(CWmin)값이며, 충돌 발생시 그 값은 두 배씩 증가하게 된다. 하지만, 이러한 경쟁 윈도우 값은 무한히 증가하는 것이 아니라, 일정치 이상 증가할 경우, 더 이상 증가하지 않는데, 이 값을 최대 경쟁 윈도우 (CWmax)라 한다. 만약, 재전송시도가 성공하면, CW는 CWmin값으로 초기화된다.

2.1.2 Distribution Coordination function(DCF)의 문제점

DCF에 의한 CSMA/CA방식은 전송하는 프레임의 우선순위를 고려하지 않고, 모든 프레임을 동일한 기준으로 처리하는 단점이 있다. 이는 일반 최선형 트래픽(Best effort traffic)과 실시간 트래픽을 구분 없이 처리한다는 것을 의미한다. 이러한 DCF 방식에 의한 프레임 전송 방식은 망에 일반 최선형 트래픽 즉, 비 실시간 트래픽의 양이 증가할 경우, 이로 인한 프레임 충돌의 영향이 비실시간 트래픽 뿐만 아니라 실시간 트래픽에도 미치게 된다. 그 결과 기존의 DCF를 사용할 경우, 이러한 프레임 충돌에 대한 영향이 대역폭과 지터가 보장되어야

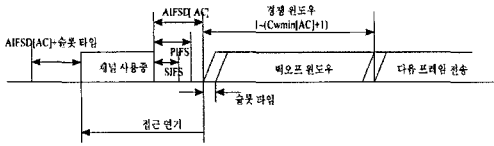
하는 실시간 트래픽에 끼치게 되어 실시간 전송이 불가능해진다. 이는 또한, 망의 트래픽 부하가 클수록 그리고 무선랜을 구성하는 단말의 수가 많을수록 전송된 실시간 트래픽에 대한 전송 지연시간과 지터가 더욱 커지게 된다. 이 모든 것이 IEEE 802.11 무선랜의 전송 방식이 CSMA/CA에 기반을 두고 있기 때문에, 트래픽 부하나 망을 구성하는 단말의 수가 증가할수록 프레임의 충돌 확률이 증가하기 때문이다⁵⁾.

이러한 기존의 IEEE 802.11 무선랜의 한계를 어느정도 벗어나고자 IEEE 802.11 TGe에서 실시간 트래픽의 전송을 지원하는 새로운 MAC을 정의하게 되었다. IEEE 802.11e MAC은 비실시간 트래픽에 비해서 실시간 트래픽의 전송을 우선시하여, 실시간 트래픽에 대한 대역과 지터를 어느정도 만족시켜 줄 수 있도록 한 것이다. 하지만 이러한 IEEE 802.11e 역시 앞서 소개한 문제점을 충분히 해결하지는 못한다.

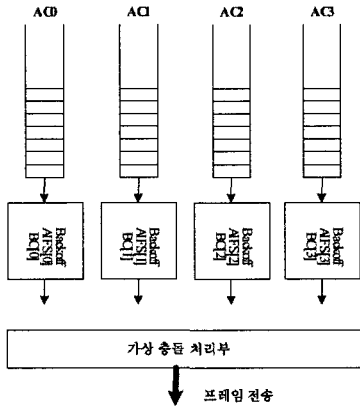
2.2 IEEE 802.11e 무선랜의 동작원리

2.2.1 Enhanced distribution coordination function(EDCF)의 동작원리

802.11e는 기존의 MAC 방식을 향상시켜 오디오 및 비디오와 같은 실시간 데이터의 QoS를 지원하기 위해 기존의 DCF 개념을 향상시킨 것으로, Enhanced Distributed Coordination Function(EDCF) MAC을 사용한다. 이러한 EDCF는 기존의 SIFS와 PIFS, 그리고 DIFS에 각각의 트래픽마다 다르게 주어진 우선권을 부여하고 Arbitration Inter-Frame Space(AIFS)를 다시 정의함으로써 트래픽 특성에 따라 차별화된 의해 랜덤한 백오프 시간을 지정하는 방식이다. DCF에서 사용되었던 DIFS는 고정된 시간 값인 반면, EDCF에서 사용되는 AIFS는 각 액세스 카테고리마다 우선순위를 고려하여, 서로 다른 값이 사용된다. 또한, DCF와 동일하게 이진 지수 백오프 알고리즘을 사용하기는 하나, 액세스 카테고리마다 서로 다른 값의 백오프 계수(Backoff Count,BC)를 사용한다. 참고로 DCF에서의 BC는 2이다. 즉, DCF에서는 경쟁 윈도우가 2배씩 증가하나 EDCF에서는 액세스 카테고리마다 서로 다른 BC를 사용하기 때문에, 꼭 2배씩 증가하지는 않는다. 일반적으로, EDCF에서는 실시간 트래픽의 경우, BC값을 2보다 작은 값을 사용한다. 이때 사용하는 AIFSD 시간 계산 공식은 AIFSD[AC] = AIFS[AC] * aSlotTime + aSIFSTime 이다^{4, 5)}. <그



(a) EDCF에 의한 채널 경쟁 방식



(b) IEEE 802.11e MAC

그림 2. EDCF에 의한 채널 경쟁 방식과 IEEE 802.11e MAC

림 2a>와 <그림 2b>는 802.11e MAC과 EDCF에 의한 채널 경쟁과정을 각각 도시한 것이다. EDCF에서는 각 클래스 큐 별로 서로 다른 백오프 처리부가 존재하여, 클래스 큐 별로 서로 다른 AIFS 시간과 경쟁 윈도우를 사용하도록 한다. 이때, 우연히 클래스 큐의 백오프 처리부에서 계산한 AIFS+Backoff Count(BC)*slot_time 값이 서로 같을 경우, 가상 충돌 처리부에서 단말 내부의 클래스 큐들 간의 충돌을 해소시킨다.

2.2.2 Enhanced distribution coordination function(EDCF)의 문제점

DCF와 마찬가지로, EDCF 역시 CSMA/CA에 기반을 둔 채널 경쟁 방식을 사용한다. 단지, 전송 우선순위가 높은 실시간 트래픽이 먼저 전송될 확률이 DCF보다는 조금 더 높을 뿐이다. 이처럼, EDCF가 CSMA/CA에 기반을 두는 한, IEEE802.11e 역시, 실시간 트래픽의 전송에는 한계가 있다.

또한 EDCF역시 다수의 단말이 실시간 트래픽을 전송할 경우, 이들 단말간에는 동일한 전송 우선순위 위로 채널 경쟁을 하기 때문에, 실시간 트래픽이라 하더라도 충돌을 회피할 수 없다. 즉 다시 말해서, 실시간 트래픽을 전송하는 단말들끼리는 동일한 프레임 전송 우선순위를 가지기 때문에 이들간에는 차등 서비스를 제공할 수가 없다. 게다가, 실시간

트래픽을 전송하는 단말이 아니라 비실시간 트래픽을 전송하는 단말의 수가 증가할 경우에도 EDCF가 CSMA/CA에 기반을 두는 한, 이들 단말들이 전송하는 비실시간 트래픽으로 인해 실시간 트래픽을 전송하는 단말의 프레임 충돌 현상 역시 증가하게 된다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 전적으로 CSMA/CA에 의존하고 있는 현 무선랜의 채널 경쟁 방식을 수정 할 필요가 있다.

III. 재밍 기반 재전송 방식을 사용한 무선랜에서의 효율적인 실시간 트래픽 전송 방안

제 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 새로운 채널 접근 방식을 기술한다. 이는 기존의 경쟁 방식에 의한 채널 접근 방식이 아니라, 충돌에 개입한 단말의 프레임 재전송 순서를 동적으로 결정하여, 충돌을 겪은 프레임의 재충돌을 방지한다.

3.1 재밍 기반 채널 경쟁 방식을 사용한 프레임의 재충돌 방지 방안

CSMA/CA에 기반을 두는 기존의 무선랜에서는 채널에서의 다중 충돌에 의해 프레임 전송 지연시간이 지수 증가하기 때문에, 대역폭과 지터가 보장되어야 하는 실시간 트래픽의 전송이 불가능하다. 이는 망에 존재하는 단말의 수가 많을수록, 전송하는 프레임 크기가 클수록 그리고 망의 트래픽 부하가 클수록 그 성능을 더욱 악화시킨다.

그러나 본 논문에서 제안하는 재밍 기반 채널 경쟁 방식은 충돌이 발생하기 이전에는 기존의 CSMA/CA 방식을 사용하여 채널 접근 경쟁을 한다. 하지만 일단 충돌이 발생하면 망에 불규칙한 재밍 신호를 전송하여 채널을 고의로 사용중인 상태로 만들어 다른 단말의 채널 사용을 차단함으로써, 재전송되는 프레임의 추가 충돌을 방지한다.

다음 <그림 3>는 단말이 재밍 방식을 사용할 때의 채널 사용 경쟁 과정을 도시한 것이다. 그림에서 Enhanced STA(ESTA)은 재밍 기반 채널 경쟁 방식을 사용하는 단말이고, Legacy STA는 기존의 DCF 방식을 사용하는 단말이다. 그림과 같이 총 4개의 단말이 동시에 프레임을 전송하는 경우, 충돌에 의해 모든 전송이 실패하게 된다. 참고로, 기존의 무선랜에서는 보낸 메시지에 대한 응답 메시지를 수신할 수 없을 때, 전송한 메시지가 충돌한 것으로 간주하고 재전송 절차에 들어간다.

하지만, 재밍 방식을 사용하는 ESTA 단말의 경우,

충돌을 감지한 즉시 망에 재밍신호를 전송한다. 그림에서 ESTA1의 재밍신호 전송이 완료되었지만, 망은 여전히 다른 단말들의 재밍신호 전송에 의해 사용 중인 것으로 보이므로 ESTA1는 충돌을 겪은 자신의 프레임을 재전송할 수 없다. 이는 ESTA2와 ESTA4 역시 마찬가지이다. 이와는 달리, ESTA3는 재밍신호 전송이 완료된 직후에 캐리어 감지를 한 결과 채널이 비어있으므로 충돌난 프레임을 재전송할 수 있다. 이때의 캐리어 감지 시간은 재밍 신호를 전송한 단말을 다른 단말들에 비해 채널 경쟁우위를 보장하기 위하여 DIFS보다 짧은 시간이어야 한다. 마지막으로, 그림에서 기존의 DCF 방식을 사용하는 legacy STA는 4개의 단말이 전송하는 재밍 신호와, 재전송하는 프레임의 전송으로 인해, 아주 긴 시간동안 대기하여야 한다.

<그림 3>에서처럼 충돌에 개입한 단말이 서로 동시에 충돌 감지를 할 수 있는 이유는 단말이 전송한 실시간 트래픽의 경우, 고정 길이 프레임을 사용하기 때문이다. 무선랜에서는 전송한 프레임의 응답 프레임이 수신되지 않을 경우, 충돌이 발생한 것으로 간주하는데, 고정 길이 프레임을 사용할 경우, 프레임을 전송한 뒤, 응답 프레임을 수신하는데 소요되는 시간이 동일하므로, 충돌 감지 시간 역시 동일하다.

재밍 기반 채널 경쟁에 있어서 가장 중요한 점은 각 단말이 전송하는 재밍 신호의 전송 시간인 재밍 윈도우(Jamming window, JW)를 결정하는 것이다. 재밍 기반 채널 경쟁 방식에서는 충돌을 감지한 단말은 프레임을 재전송하기 전에, 망에 재밍 신호를 전송하는데, 이때 재밍신호가 상대적으로 짧은 단말은 프레임을 송신할 수 없다. 이때, 만약 단말이 선택한 JW의 크기가 같다면, 또다시 충돌이 발생하게 될 것이다.

그러므로, 추가로 고려해야 할 사항은 재밍 방식을 사용하는 단말은 같은 크기의 JW를 결정하지 않도록 하는 것이다. 본 논문에서는 이를 위하여, 특별한 채널 접근 횟수 데이터 베이스(Channel Access

Count Database, CACDB)를 사용하여 단말마다 서로 다른 JW를 결정하도록 한다.

3.2 채널 접근 횟수 데이터 베이스(CACDB)

Basic Service Set(BSS)내부의 모든 단말들은 망에 전송되는 모든 프레임을 자신의 MAC 계층에서 모니터링한다. 이는 전송된 프레임의 송신지, 목적지 주소 그리고 채널 사용 시간 등을 확인하기 위함이다. 기존 무선랜의 Request to Send(RTS)/Clear to Send(CTS) 방식을 예로 들면, 채널 사용을 요청하는 단말이 RTS 프레임을 AP로 전송할 경우, AP를 포함한 망의 모든 단말들은 RTS 프레임을 모니터링하여, RTS 프레임의 송신자 주소와 목적지 주소 그리고 Duration 영역 값을 검사하여, 송신자의 채널 사용 시기와 채널 사용 기간을 알아차리게 된다. RTS 프레임을 수신한 AP는 CTS 프레임을 전송하여 채널 사용을 요청한 단말의 주소와 채널 사용 기간 등을 망에 존재하는 다른 단말에게 알린다.

이때, 단말이 프레임을 모니터링한 후, 이 중에서 JW를 결정하는데 필요한 정보만을 데이터베이스에 저장한다면, 각 단말의 JW를 서로 겹치지 않게 결정할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 테이블을 채널 접근 횟수 데이터 베이스라고 정의한다. <표 1>은 CACDB의 내용의 예로써, 3개의 단말로 구성된 무선랜에서 각 단말이 채널을 사용한 횟수가 기록된 것이다.

표 1. CACDB의 내용

결합 ID(Association ID)	채널 사용 횟수
STA1	1
STA2	2
STA3	3

송신자는 CACDB에서 자신의 채널 사용 횟수를 데이터 전송 시마다 1씩 증가시킨다. 송신자를 제외한 나머지 모든 단말들은 송신자가 전송한 프레임을 MAC에서 감시하기 때문에, 자신의 CACDB에서 송신자의 채널 사용횟수 값을 1씩 증가시킬 수 있다. 이런 방식으로 모든 단말은 동일한 CACDB를 가질 수 있게 된다.

또한, 인프라 스트럭처 네트워크 상의 모든 단말은 통신을 하기 이전에, AP와의 결합 설정을 맺는다. 단말은 AP에게 결합 요청을 하고, AP는 단말의 결합 요청에 대한 응답 메시지를 전송한다. AP가 전송하는 응답 메시지에는 단말이 사용할 결합

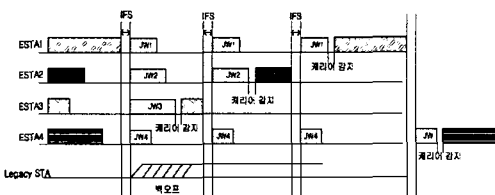


그림 3. 재밍 기반 채널 경쟁

ID(Association ID)정보가 실려 있기 때문에 망의 모든 단말은 다른 단말들의 결합 ID를 알 수 있다.

여기서 CACDB에 채널 사용 횟수를 기록하는 이유는, 단말이 자신의 JW를 결정할 때, 채널 사용 횟수를 참조하여, 프레임 전송 우선순위를 스스로 결정하도록 하기 위함이다. 즉, 채널 사용 횟수가 많은 단말이 높은 우선순위를 가지게 된다.

하지만 특정 단말의 우선순위 독점을 방지하기 위해, 테이블의 각 항목을 유지할 수 있는 시간을 한정한다. 또한, 망에 새로운 단말이 가입하거나 기존의 단말이 탈퇴할 경우, AP가 이러한 사실을 BSS내부에 방송하여, 모든 단말이 항상 같은 데이터 베이스를 유지하도록 한다.

3.3 채널 사용 횟수 데이터 베이스에 의한 재밍 윈도우의 결정

CSMA/CA를 사용하는 기존 단말의 경우, 망을 구성하는 단말의 수가 많을수록, 전송하는 프레임의 크기가 클수록 그리고 망의 트래픽 부하가 클수록 프레임의 충돌 확률이 커지기 때문에, 프레임의 전송 지연 시간이 크게 증가한다. 따라서 기존의 무선랜에서는 적은 전송 지연 시간과 일정한 지터를 요구하는 실시간 트래픽의 전송이 불가능하다.

기존 방식의 경우, 충돌을 감지한 단말이 프레임을 재전송할 때 재충돌을 피하기 위해, 경쟁 윈도우의 값을 2배 증가시키기 때문에 프레임의 전송 지연 시간이 크게 증가하지만, 제안 방식의 경우, 충돌을 감지한 단말은 자신의 CACDB를 참조하여, 서로 다른 JW를 결정할 수 있기 때문에 재충돌 확률을 크게 줄일 수 있다. CACDB를 사용한 단말의 JW 계산식은 다음과 같다.

$$JW = \{(단말 수 + 1) - (테이블에서의 순서 - 1)\} * (재전송 횟수)$$

예를 들어 AP를 포함하여 총 5개의 단말로 구성된 무선랜에서 특정 기간 동안의 채널 사용 횟수가 기록되어 있는 경우, 각 단말이 결정하는 JW값은 <표 2>와 같다. 여기서 AP는 데이터를 전송하지 않는다고 가정한다. 표 에서 STA3의 경우, 특정 기간 동안 채널을 사용한 횟수가 3회이므로, 재밍 윈도우 결정 공식에 의하여 $JW = \{(4+1) - (1-1)\} * (1) = 5$ 이고, STA2의 경우, $JW = \{(4+1) - (2-1)\} * 1 = 4$ 이다. 이런 방식으로 나머지 STA에 대한 재밍 윈도우 값을 계산하면, STA1과 STA4의 JW는 각각 3과 2가 된다. 이렇게 충돌을 감지한 모든 단말은 자신의 테이블 정보를 바탕으로 서로 다른 JW를 결정하여,

표 2. CACDB를 사용하여 계산한 JW

결합 ID (Association ID)	채널 사용횟수	재밍 윈도우
STA3	3	5
STA2	2	4
STA1	1	3
STA4	0	2

충돌이 발생한 프레임의 재충돌을 방지할 수 있다.

본 논문에서 제안하고 있는 재밍 기반 채널 경쟁 방식을 사용한 새로운 프레임 재전송 방안은 CACDB를 기록해야 한다는 점과, AP가 주기적으로 테이블 정보를 망에 방송하여야 한다는 점에서 기존 방식에 비해 복잡성이 증가한다. 하지만, 기존 방식에 비해 프레임 전송 지연 시간을 크게 단축시킬 수 있다는 점을 미루어볼 때, 제안 방식은 실시간 트래픽의 전송에 효과적임을 알 수 있다.

IV. 모의실험 및 성능 분석

4.1 모의 실험 모델

본 논문에서 제안하는 재밍 기반 채널 경쟁 방식을 사용한 무선랜에서의 효율적인 실시간 트래픽 전송 방안에 대한 성능 분석을 위한 모의 실험 모델은 <그림 4>와 같다. AP를 제외한 단말의 수는 총 5개이며, 각 단말은 프레임 생성기와 버퍼로 구성된다. 그리고 각 단말의 버퍼는 CSMA/CA 방식에 의해 스케줄링되며, 충돌 감지, 재밍 신호 감지 기능을 가지는 서버에 연결된다.

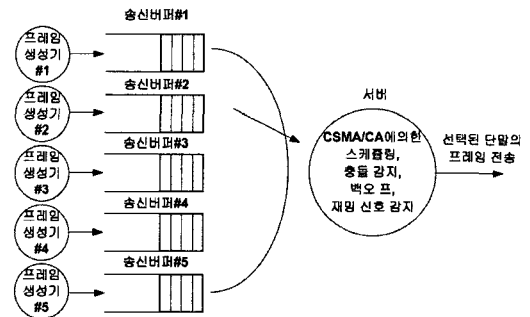


그림 4. 모의 실험 모델

모의 실험에 사용된 파라미터 값은 <표 3>과 같다.

4.2 제안 방식과 기존 방식의 성능 비교 분석
재밍 방식을 사용하는 제안 방식과 CSMA/CA를 사용하는 기존 방식은 다음에서 그 성능의 차이가

표 3. 모의 실험 파라미터

파라미터	값
채널 대역	11Mbps
트래픽 부하	0~0.9(단말마다 1000바이트의 프레임이 랜덤하게 발생시킨다.)
단말 수	5
프레임 길이	1000바이트
CWmin	7
CWmax	1024
Slot time	20usec
DIFS	50usec
AIFS	30usec
DCF 백오프 카운터 (Backoff counter,BC)	2
EDCF 백오프 카운터 (Backoff counter,BC)	1.5
CACDB 유지 시간	14ms
모의 실험 툴	SIMULA

뚜렷하다.

단말의 평균 시스템 시간.

단말의 한 프레임 당 겪는 평균 충돌 횟수.

단말의 한 프레임 당 겪는 평균 백오프 시간

<그림 5>는 5개의 단말이 모두 DCF와 EDCF와 같은 기존 방식과 제안된 방식에 의해 각각 동작할 경우의 평균 시스템 시간을 비교한 것이다. CSMA/CA를 사용하여 채널 사용 경쟁을 하는 기존 방법의 경우, 망의 트래픽 부하가 증가하면 충돌횟수가 증가하기 때문에 단말의 평균 시스템 시간도 증가함을 알 수 있다. 하지만 제안된 재밍방식의 경우, 기존 방식에 비해 월등히 적은 충돌 횟수를 가지기 때문에 상대적으로 짧은 평균 시스템 시간을 가지게 된다.

<그림 5>에서 DCF에 비해 EDCF의 평균 시스템 시간이 더욱 크게 나온 이유는, 5개의 단말이 모두 DCF에서 사용하는 DIFS(50usec)와 BC(1.5)값보다 작은 AIFS(30usec)와 BC(1.5)값을 사용하여 채널 경쟁을 하기 때문이다. 이로 인해, 더욱 잦은 충돌이 야기되어 시스템 지연시간이 더욱 크게 증가하게 된 것이다. 이는 모의 실험에서 모든 EDCF 단말이 실시간 트래픽을 전송하도록 하여 이러한 결과가 나온 것이다.

그러나 EDCF 단말이 실시간 트래픽 뿐만 아니

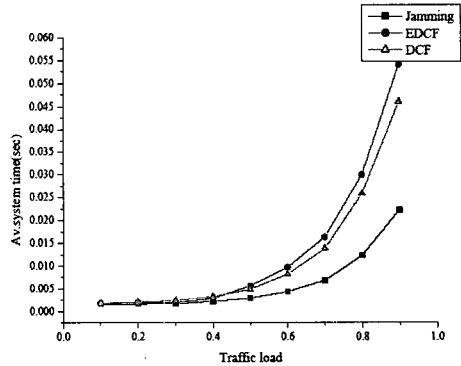


그림 5. 기존 방식과 제안 방식의 평균 시스템 시간 비교

라 비실시간 트래픽도 함께 전송할 경우, 단말 내부에서는 상대적으로 높은 우선순위를 가지는 실시간 트래픽의 전송이 우선시되어, 각 단말의 비실시간 트래픽의 시스템 지연시간은 기존 DCF보다 더욱 커진다. 그렇지만 실시간 트래픽의 경우는 각 단말 내부에서 비실시간 트래픽에 비해 높은 전송 우선순위를 가지므로 기존 DCF에 비해 적은 시스템 지연시간을 가진다. 또한, 무선랜이 DCF와 EDCF 단말들의 조합으로 구성될 경우, EDCF 단말의 시스템 지연시간이 DCF 단말에 비해 적을 것이다. 이에 대한 모의 실험 결과는 <그림 8>에 도시하였다.

다음 <그림 6>은 5개의 단말이 모두 IEEE 802.11 DCF와 IEEE 802.11e EDCF와 같은 기존 방식과 제안된 방식에 의해 각각 동작할 경우의 한 프레임 당 겪는 평균 충돌 횟수를 비교한 것이다. 기존 DCF나 EDCF의 경우, 망의 트래픽 부하가 클수록 잦은 충돌이 발생함을 알 수 있다.

하지만 제안 방식의 경우, 프레임 충돌이 발생하면, 자신의 CACDB를 참조하여, 서로 다른 JW를

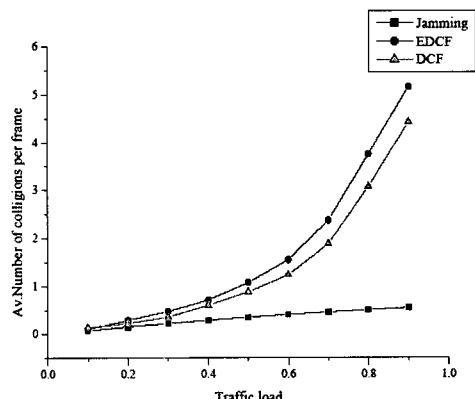


그림 6. 한 프레임당 평균 충돌 횟수 비교

설정된 후, 채널 사용 순서를 결정하기 때문에 프레임의 재충돌이 발생하지 않게 되므로 한 프레임당 평균 충돌 횟수는 1보다 작은 값을 가지게 된다. <그림 6>에서도 <그림 5>과 마찬가지로 EDCF 곡선이 더욱 높은 충돌 발생 횟수를 가지는데, 이유는 <그림 5>에서와 동일하다.

다음 <그림 7>은 5개의 단말이 모두 IEEE 802.11 DCF와 IEEE 802.11e EDCF와 같은 기존 방식과 제안된 방식에 의해 각각 동작할 경우의 한 프레임당 겪는 평균 백오프 시간을 비교한 것이다. 기존 DCF나 EDCF의 경우, 망의 트래픽 부하가 클수록 잦은 충돌이 발생하여, 단말이 한 개의 프레임을 전송하는데 겪게 되는 백오프 시간이 크게 증가함을 알 수 있다. 하지만 제안 방식의 경우, 자신의 CACDB를 사용하여, 서로 다른 JW를 사용하여, 채널 사용 순서를 결정하기 때문에 프레임의 재충돌이 발생하지 않게 되므로 한 프레임당 평균 백오프 시간은 일정한 값을 가지게 된다. <그림 7>역시 DCF보다 EDCF에서 보다 큰 백오프 시간 값이 나타난다.

<그림 8>은 모의 실험 시나리오와 같이, 5개의 단말로 구성된 망에서 3개의 단말은 제안 방식을 사용하고, 한 개의 단말은 DCF방식을 사용하며, 나머지 한 개의 단말은 EDCF를 사용할 경우에 각 단말에서의 평균 시스템 시간 곡선을 도시한 것이다. 3개의 단말은 재밍 방식을 사용하기 때문에, 트래픽 부하가 증가하더라도, 기존 방식에 비해 평균 시스템 시간의 증가율이 낮으나, 기존 DCF나 EDCF단말은 재밍 방식을 사용하는 단말로 인해, 프레임을 전송하기 위해 대기하는 시간이 길어지게 된다. <그림 8>에서는 DCF에서보다 EDCF에서 낮은 평균 시스템 시간을 가지는데, 이는 무선랜에 DCF를 사용하

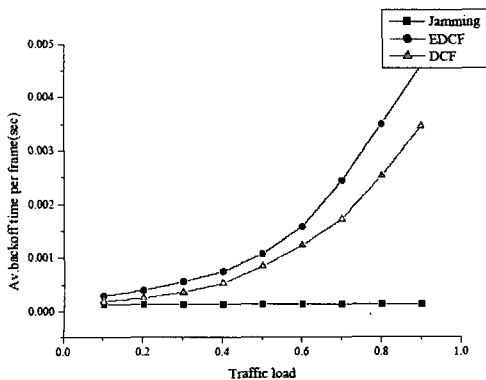


그림 7. 한 프레임당 겪는 평균 백오프 시간 비교

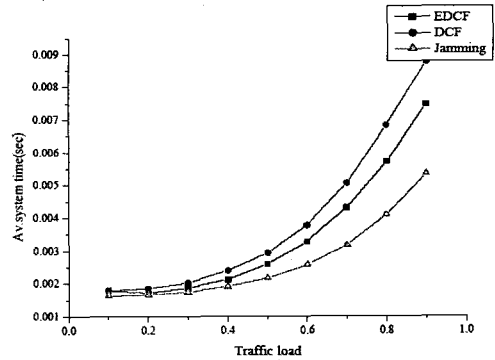


그림 8. 네 개의 ESTA와 한 개의 기존 단말로 구성된 망에서의 평균 시스템 시간 비교

는 단말과 EDCF를 사용하는 단말이 함께 섞여 있기 때문이다. EDCF의 경우, DIFS(=50usec)보다 짧은 값인 AIFS(=30usec)와 DCF에서의 BC(=2)보다 짧은 BC(=1.5)값으로 인해 이들 두 단말간의 채널 경쟁에 있어서 EDCF를 사용하는 단말이 평균적으로 경쟁에 우위에 있기 때문이다. 그러므로 EDCF를 사용하는 단말에서 보다 적은 평균 시스템 시간을 갖게 되는 것이다.

본 논문에서 제안하는 재밍 기반 재전송 방식의 한계는 망에 불필요한 재밍 신호를 전송함으로써, 채널 이용율(channel utilization)이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 하지만, CSMA/CA에 의존하고 있는 기존 무선랜의 특성상, 기존의 무선랜에서는 프레임 전송 지연과 지터가 보장되어야 하는 실시간 트래픽의 전송이 불가능하기 때문에, 실시간 트래픽의 효과적인 전송을 위해서라면 채널 이용율이 떨어지는 현상 정도는 감안해야 할 것이다.

V. 결론

QoS가 지원되지 않는 802.11망의 경우, 망에 일반 최선형 트래픽 즉 비실시간 트래픽의 양이 증가하게 되면 발생하는 잦은 프레임 충돌의 영향이 비실시간 트래픽 뿐만 아니라 실시간 트래픽에도 미치게 된다. 그 결과 기존의 DCF를 사용할 경우, 대역폭과 지터가 보장되어야 하는 실시간 트래픽의 전송이 불가능해

진다. 이는 망의 트래픽 부하가 클수록 그리고 무선랜을 구성하는 단말의 수가 많을수록 성능이 더욱 나빠진다.

어느 정도의 QoS를 지원하는 IEEE 802.11e EDCF역시 다수의 단말이 실시간 트래픽을 전송할

경우 이들 단말간에는 동일한 전송 우선순위로 채널 경쟁을 하기 때문에, 실시간 트래픽의 충돌을 회피할 수는 없다. 다시 말해서, 실시간 트래픽을 전송하는 단말들끼리는 동일한 프레임 전송 우선순위를 가지기 때문에 이들간의 차등 서비스를 제공할 수가 없다. 뿐만 아니라, 실시간 트래픽을 전송하는 단말이 아니라 비실시간 트래픽을 전송하는 단말의 수가 증가하더라도 CSMA/CA에 기반을 두는 한, 이들 단말들이 전송하는 비실시간 트래픽으로 인해 실시간 트래픽의 충돌 현상 역시 증가하게 된다. 이러한 특징은 DCF와 마찬가지로 망에 실시간 트래픽을 전송하는 단말의 수가 많거나, 실시간 트래픽을 전송하는 단말의 수가 많을수록 성능은 더욱 나빠진다.

하지만 본 논문에서 제안하는 재밍 기반 재전송 방식은 이러한 기존 방식의 문제점을 해소할 수 있다. 재밍 방식을 사용하는 제안 방식의 경우는, 자신의 CACDB를 참조하여 서로 다른 재밍 윈도우를 설정하고 채널 사용 순서를 결정하기 때문에, 최초의 충돌에 이은 프레임의 재충돌이 발생하지 않기 때문에 가능하다.

그러므로, 본 논문에서 제안하는 재밍 기반의 재전송 방식을 사용한 무선랜에서의 효율적인 실시간 트래픽 전송 방안은 무선랜에서 실시간 트래픽의 비율이 클 경우 트래픽의 신속한 전송을 가능하게 할 수 있으므로, 이는 현재 무선 망에서 다양하게 늘어나고 있는 멀티미디어 트래픽을 효과적으로 서비스할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC 8802-11;ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 edn, 20 "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications" Aug. 1999.
 [2] ISO/IEC 8802-11:1999/Amd; IEEE Std 802.11a, 1999 "Supplement to IEEE standard for Information technology: High-speed Physical Layer in 5 GHZ Band".
 [3] I.Aad and C.Castelluccia, "Differentiation Mechanisms for IEEE 802.11," *Proc. IEEE INFOCOM*, vol. 1, 2001.
 [4] Sunghyun Choi and Kang G.Shin "A Unified Wireless LAN Architecture for Real-Time and Non-Real-Time Communication Service," *IEEE/ACM Transaction on Networking*, vol.8, no. 1, Feb., 2000.
 [5] Wen-Tsuen Chen, Jun-Jia Dai, and Shou-

Chih Lo, "A MAC Protocol with Qos Guarantees for Multiclass Traffics in Wireless LANs," *Proc. The 13th international Conference on Wireless Communications (Wireless 2001)*, July 9-11 2001,vol. 2.

[6] 3GPP, "3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Services and System Aspects; QoS Concept and Architecture".
 [7] M.Benveniste, "Summary of Features Proposed for the Enhanced-DCF Wireless MAC Protocol," IEEE Document, 802.11-01/003, January 2001.
 [8] Jin-Meng Ho, Khalid Turki and Sid Schrum, et al, "ECA Overview," IEEE Document, 802.11-01/086, January 2001.
 [9] G.Chesson, A. Singla, W. Diepstraten, and H.Tenniussen, et al, "VDCF State Machine Description," IEEE Document, 802.11-01/131, Mar. 2001.
 [9] G.Chesson, A. Singla, W. Diepstraten, and H.Tenniussen, et al, "VDCF State Machine Description," IEEE Document, 802.11-01/131, Mar. 2001.
 [10] 이재연, 김중원, "IEEE 802.11 무선랜 상에서의 비디오 전송을 위한 차등적인 네트워크 적응화 기법," *JCCI 2004*, session VI-C-3 WLAN I, April. 2004.

구도정 (Do-jung Koo)

학생회원



2002년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 공학사
 2003년 8월 한국항공대학교 통신정보공학과 공학석사
 2003년 8월~현재 한국항공대학교 통신정보공학과 박사과정
 <관심분야> Wireless LAN, Wibro, Metro Ethernet, Real-time-Multimedia Service.

윤종호 (Chong-Ho Yoon)

중신회원



1984년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
 1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
 1991년 9월~현재 한국항공대학교 항공전자정보통신공학부 교수
 <관심분야> 유무선통신망 설계 및 성능분석