

경쟁 기반 MAC에서의 반복적 톤 기반 경쟁 기법

정희원 안재현*, 윤정균**, 박세웅***

Tone-Based Access Scheme with Repetitive Contention in Contention-Based Medium Access Control

Jaehyun Ahn*, Jeongkyun Yun**, Saewoong Bahk*** *Regular Members*

요약

IEEE 802.11의 DCF는 경쟁 기반 방식으로 폴링 기반 방식의 PCF에 비해 알고리즘이 단순하고 나쁘지 않은 성능을 보여주기 때문에 실질적으로 많이 쓰이고 있다. 하지만 DCF는 경쟁을 통하여 채널을 할당받기 때문에 데이터 전송 시에 다른 노드들과 충돌의 위험이 있다. 이러한 충돌을 줄이기 위해서 CSMA/CA의 충돌 회피 방식을 사용하지만 그 성능에는 한계가 있다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 톤을 사용한 새로운 경쟁 기법 TAR(Tone-based Access scheme with Repetitive contention)를 제안한다. TAR에서는 데이터 전송 채널(data transmission channel)외에도 적은 구간의 경쟁 채널(contention channel)을 두어 데이터 전송과 경쟁을 병렬적으로 처리함으로써 기존의 CSMA/CA가 가지고 있는 충돌에 대한 문제를 줄이고자 하였다. 경쟁 기법의 큰 개념은 기존의 CSMA/CA 기법을 이용하지만 경쟁 채널이라는 개념을 도입하여 반복적인 경쟁을 통해 데이터 전송 채널에서의 충돌 확률을 크게 줄이는 장점이 있다. 제안한 TAR 기법은 모의실험을 통해 기존의 기법에 비해 크게 좋은 성능을 보임을 확인하였다.

Key Words : Contention, CSMA/CA, IEEE 802.11, DCF, MAC

ABSTRACT

There are two coordination functions in IEEE 802.11 standard. One is PCF, polling based function, and the other is DCF, contention based function. DCF is simpler than PCF but the performance is similar with the latter. That's the reason why DCF is more popular than PCF. However, DCF has a risk of collision with other nodes in the network because the function is a distributed contention based one. CSMA/CA of DCF has collision avoidance algorithm in it, but the performance of avoidance algorithm has limitations. In this paper we proposed a new scheme called TAR(Tone-based Access scheme with Repetitive contention). In TAR, there is narrow contention-only channel other than original data transmitting channel, so that both a data transmission and the contention can be performed simultaneously. The TAR uses the same contention concept with the CSMA/CA, but it has the originality for the narrow contention channel and the repetitive contention scheme which greatly reduce the collision probability. We proved the performance of TAR by some simulations, and it showed good results.

I. 서론

무선 환경에서는 여러 사용자가 하나의 개방된

자원을 공유하기 때문에 접근 방식에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. IEEE 802.11의 경우에는 특별히 로컬 영역(local area)에 대한 접근 방식을 정

※ 본 연구는 삼성전자의 지원 과제 (IMT-advanced system의 nomadic 모드를 위한 상위 레이어 설계방안 연구)로 수행되었습니다.

* POSDATA FLYVO R&D Center (goodajjh@posdata.co.kr) ** 서울대학교 전기컴퓨터공학부, 뉴미디어통신공동연구소 (jyun@netlab.snu.ac.kr)

*** 서울대학교 전기컴퓨터공학부, 뉴미디어통신공동연구소 (sbahk@netlab.snu.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-10-427, 접수일자 : 2006년 10월 13일, 최종논문접수일자 : 2007년 2월 16일

의하고 있다^[1]. 802.11b (11Mbps)^[2]와 802.11g (54 Mbps)는 현재 상용화까지 마치고 정착된 상태이며, 무선 랜을 이용한 고속 데이터 통신이 가능한 802.11n (100Mbps)은 활발하게 연구가 진행중이다. 또 802.11e와 같이 QoS(quality of service)를 고려한 확장 표준도 존재하고 있다. 802.11 표준이 많이 사용되는 이유는 비인증 대역의 주파수에서 다른 노드들에 대한 특별한 정보가 없이도 다중 접속이 가능하며 최고 60% 정도의 실질 수율(throughput)을 얻을 수 있다는 점이다.

802.11은 크게 두 가지의 방식으로 나눌 수가 있다. 폴링 기반 방식(polling based protocol)과 경쟁 기반 방식(contention based protocol)이 그것이다. IEEE 802.11 표준에서는 각각의 방식으로서 PCF(point coordination function)와 DCF(distributed coordination function)를 정의하고 있다^[1]. PCF에서는 AP(access point)의 PC(point coordinator)에서 각각의 노드를 폴링(polling)하여 데이터를 전송할 수 있는 기회를 준다. 때문에 충돌의 위험은 적지만, 구현상의 복잡성과 폴링 오버헤드와 같은 문제가 있다. DCF에서는 AP의 도움이 없이도 각각의 노드들이 분산적으로 동작하게 된다. 각각의 노드들은 전송을 위해서 경쟁을 하고 경쟁에서 승리한 노드가 채널을 통해 다른 노드들의 방해 없이 데이터를 전송하게 된다.

DCF는 기본적으로 CSMA/CA를 바탕으로 하고 있다. DCF 에서 모든 노드들은 일정 경쟁창 안에서 난수를 발생하여 한 슬롯(slot time)이 지남에 따라 노드들은 자신의 백오프 카운터(backoff counter)를 줄여 나간다. 그리고 이 카운터가 0이 되면 데이터를 전송하게 된다. 각각의 노드는 상대방의 백오프 카운터에 대한 정보를 알 수 없기 때문에 동시에 데이터 전송 시도가 발생할 수 있고 여기서 충돌이 발생할 수 있다. 충돌이 발생하게 되면 충돌의 확률을 줄이기 위해서 더 넓은 경쟁창 내에서 난수를 발생시켜 경쟁을 시도한다. 하지만 경쟁창이 너무 커지게 되면 시스템 전체적으로 낭비되는 시간이 많아지게 되어 수율(throughput)을 떨어뜨리게 된다. 때문에 802.11 DCF에서는 경쟁창이 너무 커지는 것을 막기 위해 그 최대값을 정의하고 있다(CWmax). 경쟁창이 이 값으로 한정되어 있기 때문에 많은 수의 노드들이 경쟁하게 될 경우 충돌 확률은 상당히 커질 수 있다.

본 논문에서는 기존 DCF의 성능을 향상시키는 새로운 기법을 제안한다. 제안한 기법에서는 데이터

전송을 위한 채널과 경쟁을 위한 채널을 따로 두고 있다. 데이터 전송을 위한 채널에서 데이터의 전송이 이루어지고 있을 때 전송과 관련이 없는 노드들은 다음 번의 데이터 전송을 위해서 경쟁 채널을 이용해 경쟁을 하게 된다. 기존의 DCF에서는 데이터의 전송과 경쟁 모두가 하나의 채널에서 발생하게 되므로 경쟁을 위한 지연(backoff) 시간만큼의 시간의 낭비가 발생하지만 새로 제안하는 기법에서는 데이터의 전송과 경쟁이 병렬적으로 다른 채널에서 발생하므로 시간의 낭비가 발생하지 않게 된다. 더군다나 기존의 DCF에서는 한 번의 경쟁을 통해 데이터 전송을 시도했는데 반해 제안하는 방법에서는 경쟁 채널을 통해서 여러 번의 경쟁을 이룸으로써 충돌이 생길 확률을 크게 떨어뜨릴 수가 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 이어지는 2장에서는 새로 제안하는 TAR 기법에서 쓰이는 채널 및 프레임 구조를 보이고, 3장에서는 제안하는 TAR 기법에 대한 세부적인 설명이 이어진다. 4장에서는 모의 실험을 통해 성능을 검증하고, 이를 바탕으로 5장에서는 분석 및 비교를 통해 적합한 경쟁 라운드의 수에 대해서 논한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

II. TAR의 채널과 프레임 구조

본 단원에서는 TAR에서 쓰이는 채널 구조 및 프레임 구조가 기존의 802.11에서 쓰이는 구조들과 어떻게 다른지에 대해서 기술한다.

2.1 채널 구조

제안하는 TAR 기법에서는 데이터 전송을 위한 채널과 경쟁을 위한 채널이 각각 따로 존재하게 된다. 데이터 전송 채널은 오직 데이터를 전송하는 데에만 쓰이게 되고 경쟁은 경쟁 채널에서 톤(tone)을 사용해 시도하게 된다. 그림 1의 (ㄴ)은 TAR의 채널 구조를 나타낸다. 무선 랜에서는 하나의 송수신 기만을 사용하기 때문에 데이터 채널과 경쟁 채널을 동시에 사용할 수는 없다. 즉, 데이터를 전송하고 있는 노드들은 경쟁 채널에 대한 신호를 들을 수가 없고 경쟁 채널에서 경쟁하고 있는 노드들 또한 데이터채널의 신호를 들을 수가 없다. 경쟁 채널에서는 정보가 들어있는 신호가 아니라 톤을 통한 통신이 이루어지므로 상당히 작은 대역폭을 이용하

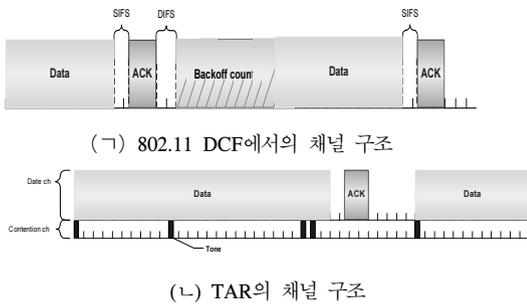


그림 1. 채널 구조



그림 2. 프레임 구조

게 된다^[3]. 때문에 경쟁 채널의 크기는 데이터 전송 채널에 대해 무시할 만큼 작다는 것을 가정할 수 있다.

2.2 프레임 구조

기존의 802.11에는 프레임의 오류를 측정하는 부분이 프레임의 가장 뒤에 위치하기 때문에 MAC 헤더 부분의 정보에 대한 무결성을 알아보기 위해서는 MAC 헤더를 수신한 이후에도 페이로드(payload)가 모두 수신될 때까지 기다려야 한다. 따라서 MAC 프레임이 모두 수신될 때 까지 MAC 헤더의 정보를 사용하는 것에 많은 위험이 따르게 된다. 하지만 TAR에서는^[4]에서 제안한 프레임 구조를 사용하여 그림 2와 같이 MAC 헤더 부분의 바로 뒤에 헤더에 대한 오류를 체크하는 부분으로써 HCS(header check sum)를 따로 두어 본래의 페이로드 부분의 내용을 모두 수신하기 전에 MAC 헤더 부분만을 수신하고도 헤더 부분의 오류를 판단할 수 있게 한다.

경쟁에 참여하고 있는 노드는 데이터 채널을 수신할 수가 없기 때문에 데이터 채널이 비는 시점을 알기가 어렵다. 따라서 HCS에 의한 신뢰할 수 있는 MAC 헤더의 데이터 전송시간에 대한 정보(duration)를 이용하여 경쟁 채널을 사용하면서도 데이터 전송이 완료되는 시점을 파악할 수 있게 한다.

Ⅲ. 제안하는 TAR 기법

3.1 경쟁 채널

기본적으로 경쟁 채널에서의 경쟁은 데이터 전송

채널이 busy인 경우에 전송에 참여하지 않는 노드들에 한해서 데이터 전송과 동시에 병렬적으로 수행된다. 경쟁 채널에서는 각각의 노드들이 2회 이상의 라운드(round)를 통해서 경쟁을 하게 된다. 각 라운드에서 승리하지 못한 경우 백오프 카운터는 다음 번 경쟁까지 고정(freezing)된다.

3.1.1 반복적 경쟁

경쟁에 참여하는 모든 노드들은 경쟁 카운터가 0이 되면 경쟁 채널을 통하여 톤을 발생시킨다. 톤을 듣는 노드들은 자신이 승리하지 못한 것을 인식하고 백오프 카운터를 고정시키고 다음번 경쟁을 기다린다. 톤에 대해서는 다른 노드가 응답을 하지 않기 때문에 톤을 발생시킨 노드는 그 충돌 여부를 알 수가 없다. 때문에 한 번의 라운드만을 가지게 된다면 승리하게 된 노드들은 기존의 802.11과 동일한 충돌 확률을 가지게 된다. 이런 충돌의 확률을 떨어뜨리기 위해서 TAR에서는 반복적으로 경쟁을 한다. 앞서 언급한 라운드는 이 각각의 경쟁을 의미하는 것이다. 마지막 라운드가 끝나기 전까지 각 라운드에서 승리한 노드들을 중간승리자(semi-winner)라고 칭한다. 오직 중간승리자만이 다음 라운드로 들어갈 수 있게 된다.

계속되는 라운드에서는 중간승리자들만이 반복적으로 첫 번째 라운드와 동일하게 경쟁에 참여하게 된다. 모의 실험 결과 이어지는 라운드에서 경쟁창의 크기를 유지하는 것이 효과적이었다. 따라서 TAR에서는 반복되는 라운드에서 경쟁창의 크기를 유지하는 방법을 선택한다. 이런 식으로 지정된 수만큼의 라운드를 통해서 경쟁을 치루고 나면 최종라운드까지 남아 있는 노드가 있게 된다. 최종적으로 승리한 노드들은 승리자(winner)로 칭한다. 반복적인 라운드를 통해서 승리자가 하나일 가능성이 상당히 높아지게 된다. 즉, 충돌 확률은 상당히 낮아지게 된다.

3.1.2 전송시간을 초과한 경쟁

TAR에서는 여러 번의 경쟁을 통해서 승리자를 구별하게 된다. 라운드 길이가 2일 때에 대해서는 데이터 길이와 상관없이 경쟁 채널에서의 경쟁이 이루어질 수 있게 된다. 하지만 라운드의 길이가 3 이상일 경우에는 데이터 전송 시간 동안 경쟁을 충분히 이룰 수가 없을 수도 있다. 물론 라운드의 길이가 길어도 데이터의 길이가 상당히 길 경우에는

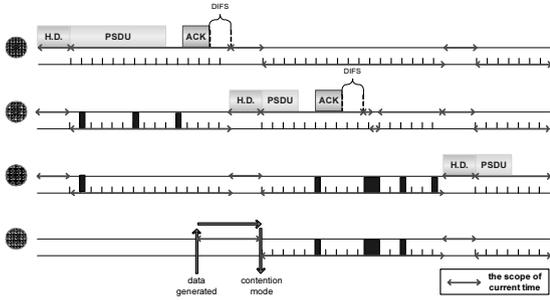


그림 3. 경쟁 및 데이터 전송

문제가 발생하지 않지만 데이터의 길이가 짧은 경우에는 데이터 전송에 대한 NAV 값을 참조하여 경쟁 라운드를 수행하는데 걸리는 시간을 알아낼 수 있다.

경쟁이 데이터 전송보다 길어지는 경우, TAR에서는 일반적인 톤 전송 길이보다 긴 2 슬랏의 톤을 발생시킨다. 이렇게 하는 이유는 현재 데이터를 전송하고 있는 노드이거나 새롭게 추가되는 노드의 경우 무선 랜 장치가 데이터 채널을 사용하고 있어서 다른 노드들이 경쟁 채널에서 경쟁하는 상황을 제대로 인식할 수가 없기 때문이다. 따라서 데이터 채널에서 경쟁 채널로 시선을 옮기려고 할 때 기존에 경쟁 채널에서 경쟁하고 있던 노드들은 현재 경쟁 채널에서는 경쟁 과정이 진행 중이라는 사실을 알려줄 수 있는 신호가 필요하게 되는 것이다.

만약에 경쟁 채널로 시선을 돌릴 때에 긴 톤이 발생되고 있는 것을 듣게 되면 진행 중인 경쟁 과정이 있음을 인식하고 데이터 채널에서 다음 차례의 데이터 전송이 발생하는 것을 기다리게 되는 것이다. 경쟁 중이었던 노드들은 경쟁이 모두 끝나고 나서 반송파 인식(carrier sensing)을 수행 후 채널이 비어있는 것을 확인하고 바로 데이터 전송을 시작한다.

그림 3은 경쟁에 대한 예를 보여 주고 있다. 노드 A가 데이터 전송 채널을 통해 데이터를 전송을 하고 있고 동시에 노드 B와 노드 C는 경쟁 채널을 통해 경쟁을 하고 있다. 여기서는 노드 B와 C가 각각 백오프 카운터 1로 같은 수를 발생시킨 경우이다. 둘 다 톤을 발생시켰으므로 중간승리자가 되어 다음 라운드로 들어가게 된다. 두 번째 라운드에서는 노드 B의 카운터가 작았기 때문에 중간 승리자가 되는 것을 볼 수 있고, 노드 C는 다음 경쟁을 위해서 백오프 카운터를 고정시킨다. 노드 B는 최종 라운드에서 승리하였기 때문에 최종승리자가 되

고, 데이터를 전송할 수 있게 된다.

노드 B가 데이터를 전송할 때 노드 C와 노드 D가 경쟁 채널을 통해 경쟁을 시도한다. 그림 3에서 노드 D는 중간에 경쟁에 참여하여 노드 B의 헤더를 인식하고 경쟁 상태로 들어가는 모습을 보여 주는 것이다. 노드 C와 D의 경쟁은 노드 B의 데이터 전송보다 늦게 끝나게 되었고, 프로토콜에서 정의된 대로 길이가 긴 톤을 발생시켜 경쟁이 지속되고 있음을 노드 B에게 알리고 있다.

3.2 데이터 전송

노드가 데이터 전송을 처음 시도하기 위해서는 일단 데이터 전송 채널에서 채널이 busy 상태인지를 판단한다. 만약에 채널이 busy라면 데이터 전송 채널이 idle이 될 때까지 기다린다. 데이터 전송 채널이 데이터를 모두 전송하고 나서 DIFS 시간 동안 비어 있고 또 다른 데이터 전송이 발생한다면 헤더 부분에서 데이터 전송 시간 정보를 확인하고 나서 경쟁 채널로 시선을 옮겨 다른 노드들과 경쟁을 실행한다.

하지만 DIFS 후에 아무런 데이터의 전송이 없게 된다면 다음의 2 가지 경우로 나누어 질 수 있다. 첫째는 실제로 데이터의 전송이 끝나 idle한 상태이고 두 번째는 그림 3의 노드 B의 경우처럼 경쟁채널의 경쟁이 끝나지 않아 다른 노드가 전송을 못 하는 경우이다. 이 때는 그림 3에서처럼 노드 B는 경쟁 채널의 긴 신호를 확인하고 데이터 전송채널로 돌아가 다음 데이터의 헤더 전송을 기다리게 된다.

데이터 전송 시 충돌이 발생한다면 헤더의 HCS에 의해 다른 노드들도 충돌을 미리 인식할 수 있게 된다. 이 경우에는 경쟁을 시도할 수가 없고 모든 노드들이 데이터 전송 채널이 idle해 질 때까지 기다린 후 다음 경쟁을 시도하도록 한다. 경쟁 채널에서 경쟁을 하기 위해서는 전송 중인 데이터의 헤더 정보가 필요하게 되는데, 헤더에서의 충돌이 발생했을 경우에는 이 정보를 알 수가 없기 때문에 경쟁 채널에서 경쟁을 하지 못하고 데이터 채널을 주시하는 것이다.

IV. 모의 실험

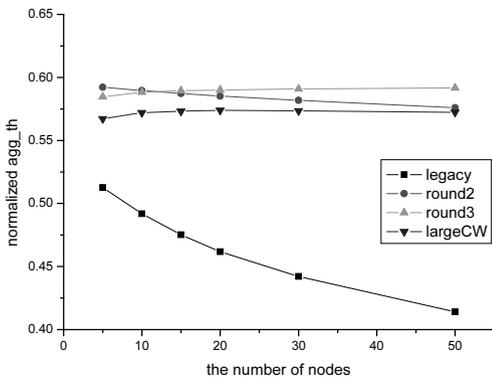
여기서는 모의실험을 통해 TAR의 성능을 검증하도록 한다. 모의 실험 환경은 IEEE 802.11b⁽²⁾의 환

표 1. 모의 실험 환경

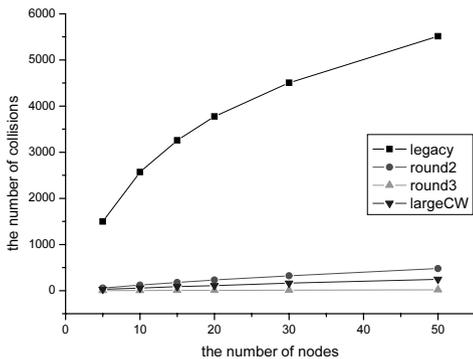
Packet payload	300, 500, 1000, 2000 bytes
MAC header	34 bytes
PHY header	16 bytes
ACK	30 bytes
Channel bit rate	1, 2, 5.5, 11 Mbps
Slot time	20 μ s
SIFS	10 μ s
DIFS	50 μ s
CWmin	31
CWmax	1023

경을 따라 표 1과 같이 설정하였다. 단일 홉(single hop)을 가정하였고, 트래픽은 포화 상태(saturation)를 가정하기로 한다^[5].

실험은 크게 노드의 갯수, 패킷의 길이, 데이터 전송률에 따라 각각 수율(throughput)과 충돌 횟수에 대해서 비교했다. 수율은 정규화(normalization)하여 사용하였다.



(㉠) Normalized Throughput



(㉡) 20초 동안의 총 충돌 횟수

그림 4. 노드 수에 따른 성능 비교

실험에 사용된 시스템은 기존의 802.11과 라운드 개수가 각각 2개와 3개인 TAR, 그리고 경쟁창을 2배로 늘려서 다음 라운드를 갖는 TAR 이렇게 4가지이다. 실험 결과에는 경쟁창을 2배로 늘리는 군은 largeCW로 표기가 될 것이다.

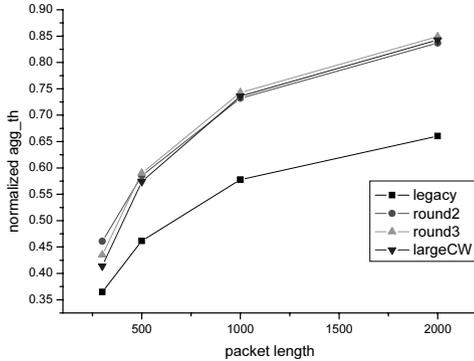
톤으로만 구성되어 있는 경쟁 채널은 거의 10kHz 영역의 대역폭만 가져도 가능하다는 것이 알려져 있다^[3]. 때문에 22MHz에 달하는 전체 채널에 대해서 거의 무시해도 될 만한 값이 된다. 여기서는 데이터 전송 채널과 경쟁 채널 간의 비율을 99:1로 설정하였다.

모의 실험에서는 RTS와 CTS 옵션은 사용하지 않았다. RTS와 CTS 프레임은 충돌에 의한 성능 저하의 영향을 감소 시켜 주는 역할을 하기 때문에 실험 결과 노드의 수에 따른 충돌의 영향에 대한 효과 보다는 경쟁 채널에서 백오프에 따른 오버헤드에 대한 성능 향상만이 관측되기 때문이다. 백오프에 대한 오버헤드 성능 향상 효과는 노드 수가 적은 경우에 이미 관찰할 수 있는 내용이고, 실제로 RTS와 CTS 프레임은 잘 사용되지 않기 때문에 본 실험에서는 RTS/CTS 옵션을 사용하지 않은 것이다.

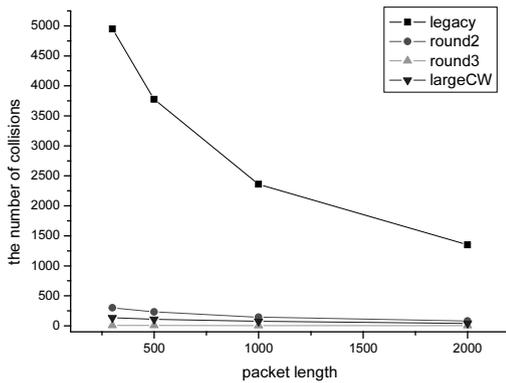
4.1 노드 수에 따른 성능 비교

이 실험에서는 500bytes의 패킷과 5.5Mbps의 데이터 전송률을 사용하였다. 그림 4의 (㉠)에서 볼 수 있듯이 TAR의 수율은 기존의 802.11 DCF에 대해서 적어도 10% 이상의 성능 향상이 있었다. 특히 노드의 개수가 많아져 부하가 커질수록 더욱 큰 성능 향상이 보이게 된다. 그림 4의 (㉡)에서 노드의 개수가 50개인 경우 기존의 802.11 DCF에 비해서 라운드 3개를 갖는 TAR의 충돌 횟수가 대략 1/300 정도까지 떨어지는 것을 볼 수가 있다. 라운드가 2개인 TAR도 거의 1/10의 수준까지 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 충돌률이 크게 떨어지기 때문에 부하가 커질수록 큰 성능 향상을 얻을 수 있는 것이다.

또 라운드가 2개일 때와 3개일 때를 비교해보면 부하가 커질수록 라운드 3개일 때 수율이 좋아지는 것을 볼 수 있다. 하지만 부하가 작을 때는 오히려 라운드가 2개일 때의 성능이 더 좋은 것을 볼 수 있는데 그 이유는 작은 부하에서는 충돌의 개수가 적기 때문에 충돌 확률 감소에 따른 성능 향상에 비해서 경쟁 채널에서의 백오프에 따른 오버헤드의 영향이 더 커지기 때문이다.



(ㄱ) Normalized Throughput



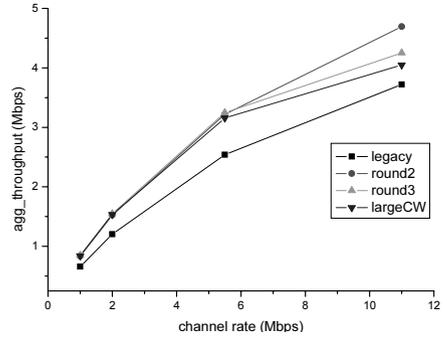
(ㄴ) 20초 동안의 총 충돌 횟수

그림 5. 패킷 길이에 따른 성능 비교

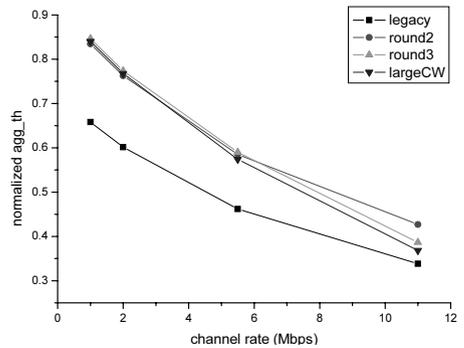
4.2 패킷 길이에 따른 성능 비교

패킷의 길이는 300, 500, 1000, 2000 bytes에 대해 실험을 하였다. 패킷의 길이가 길어질수록 시스템의 작업처리량은 커지게 되고 일정 시간 내에서의 충돌 횟수는 적어지게 된다. 노드의 개수는 20개, 채널 전송률은 5.5Mbps로 정한다.

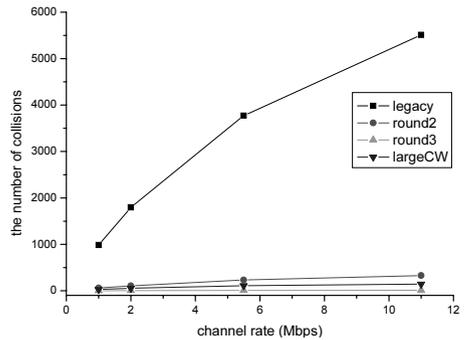
그림 5의 (ㄱ)에서 보면 패킷 길이가 짧을 때에는 라운드의 개수가 2개일 때가 다른 것에 비해서 성능이 좋은 것을 볼 수 있고, 패킷 길이가 길 때에는 라운드의 개수가 3개일 때가 다른 것에 비해서 성능이 좋은 것을 볼 수 있다. 이렇게 되는 이유는 패킷 길이가 클 때에는 앞서 언급되어진 것과 같이 경쟁 채널에서 경쟁을 하는데 걸리는 총 시간이 데이터의 전송 시간을 잘 넘지 않기 때문에 라운드를 늘려 충돌의 확률을 줄여주는 것이 성능 향상에 유리하게 작용하는 것이다. 하지만 패킷의 길이가 줄어들게 되면 데이터 전송 시간이 경쟁을 하기에 충분하지 않기 때문에 라운드가 많은 기법이



(ㄱ) 실질 전송률(Throughput)



(ㄴ) Normalized Throughput



(ㄷ) 20초 동안 총 충돌 횟수

그림 6. 데이터 전송률에 따른 성능 비교

불리하게 되는 것이다.

그림 5의 두 그래프에서도 역시 제안된 TAR가 기존의 802.11보다 성능이 훨씬 좋은 것을 볼 수 있다.

4.3 데이터 전송률에 따른 성능 비교

802.11b에서 쓰이는 데이터 전송률은 1, 2, 5.5, 11 Mbps이다. 이번 모의 실험에서는 이렇게 데이터 전송률이 달라짐에 따른 영향을 알아 본다. 노드의 개수는 20개, 패킷의 길이는 500bytes로 실험하였

다. 그림 6의 (ㄱ)에서 볼 수 있듯이 데이터 전송률이 커지면 시스템의 실질 전송률(수율: throughput)은 커지게 된다. 하지만 그림 6의 (ㄴ)에서 볼 수 있듯이 정규화를 시켜서 시스템의 수율을 보게 되면 오히려 데이터 전송이 커질수록 결과가 작아지는 것을 볼 수 있다. 이런 현상은 데이터 전송률이 커질수록 데이터 전송을 위한 시간은 짧아지는데 반해 슬롯의 크기에는 변화가 없어 지연이나 충돌에 따른 시간의 비율이 더 높아지기 때문이다. 또한 데이터 전송률이 커지게 되면 TAR의 경쟁 채널에서의 시간이 줄어들기 때문에 라운드가 많아질 경우 성능이 더 떨어지는 것을 볼 수가 있다. 때문에 그림 6의 (ㄱ)과 (ㄴ)에서 볼 수 있듯이 데이터 전송률이 낮을 때에는 라운드 3의 TAR가 성능이 가장 좋고 데이터 전송률이 클 때는 라운드 2의 TAR가 좋은 성능을 보여주는 것을 확인 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 효율적인 경쟁 기법으로서 TAR 기법을 제안하였다. TAR에서는 두 개의 채널이 존재해 하나의 채널은 데이터 전송을 위해 쓰고 다른 하나는 데이터 전송을 위한 경쟁에만 쓰이게 된다. 데이터 전송 채널에서 전송이 이루어지고 있는 동안 경쟁 채널에서는 다음 전송을 위한 경쟁이 일어나게 되는 것이다. 경쟁 채널에서 경쟁을 이룰 때에는 정해진 수만큼의 라운드를 통해 반복적으로 경쟁을 하기 때문에 충돌의 확률이 크게 떨어지게 된다. 데이터 전송과 동시에 작은 채널을 통한 반복적인 경쟁은 한 채널을 통해서 CSMA/CA를 이루는 기존의 802.11 DCF에 비해서 경쟁으로 소비되는 시간을 크게 줄일 수가 있다. 따라서 시스템의 수율(throughput)을 크게 향상시킬 수 있게 된다. 이러한 성능 향상은 모의 실험을 통해 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] IEEE Std 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications," 1999 Edition
 [2] IEEE Std 802.11b, "Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band," 1999 Edition

[3] F. A. Tobagi, L. Kleinrock, "Packet switching in radio channels: Part II-the hidden terminal problem in carrier sense multiple access and the busy tone solution," *IEEE Transactions on communications*, vol. 23, no. 12, pp. 1417-1433, Dec. 1975
 [4] G. Holland, N. Vaidya and P. Bahl, "A Rate-Adaptive MAC Protocol for Multi-Hop Wireless Networks," *MOBICOM*, July 2001
 [5] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE802.11 Distributed Coordination Function," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.18, no.3, PP.535-547, Mar. 2000

안 재 현 (Jaehyun Ahn) 정회원
 2004년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 졸업
 2006년 2월 : 서울대학교 전기.컴퓨터 공학부 석사
 2007년 현재 : POSDATA FLYVO R&D Center 연구원
 <관심분야> 차세대 무선 네트워크

윤 정 균 (Jeongkyun Yun) 정회원

 2001년 2월 : 서울대학교 전기공학부 졸업
 2003년 2월 : 서울대학교 전기.컴퓨터공학부 석사
 2007년 현재 : 서울대학교 전기.컴퓨터공학부 박사과정
 <관심분야> 차세대 무선 네트워크

박 세 웅 (Saewoong Bahk) 정회원

 1984년 2월 : 서울대학교 전기공학부 졸업
 1988년 2월 : 서울대학교 전기공학부 석사
 1991년 : University of Pennsylvania 박사
 <관심분야> 차세대 무선 네트워크, 네트워크 보안