

IEEE 802.11 WLAN에서 AP의 백오프 값에 따른 TCP성능 변화 연구

박상하*, 우희경**, 김종권*

*서울대학교 전기·컴퓨터 공학부

**상명대학교 소프트웨어학부

e-mail : shpark@popeye.snu.ac.kr

On the Performance Evaluation of the Backoff Selection of AP in an IEEE 802.11 WLAN

Sang-Ha Park*, Hee-Kyoung Woo**, Chong-Kwon Kim*

*School of Electrical Computer Science & Engineering, Seoul National
University

**College of Computer Software & Media Technology,
Sangmyung University

요 약

지금까지 IEEE 802.11 WLAN 에서 많이 연구되어진 주제는 노드들 간의 공평성(fairness)과 처리량(throughput)을 높이는데 중점이 맞추어진 것들이 대부분이었다. 성능을 높이기 위한 AP의 CW값에 관한 연구는 노드들 간에 관한 연구에 비하여 비교적 적은 편이다. 지금은 노드들과 AP가 충돌하게 되면 BEB(Binary Exponential backoff)방식으로 셋팅되어 사용하게 있기 때문에 1:N의 불공평한(unfairness) 상황이 발생한다. AP에서 노드들로 가는 하향링크(downlink) 전송이 많은 상황에서 AP가 다른 노드들과 똑같은 채널 접근확률을 가지는 것은 바람직하지 않기 때문에 AP에게 우선권(priority)을 주어 전체 성능을 높이는 것이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 AP의 CW(Contention Window)값이 변화함에 따라 전체 성능에 끼치는 영향과 노드 수의 변화에 따른 AP의 적절한 백오프 CW값을 분석해 보고자 한다.

1. 서 론

현재까지 IEEE 802.11 무선랜에서 많이 연구되어진 주제들은 대부분 노드들 간의 공평성을 동일하게 맞추거나 혹은 처리율을 증대시키는데 중점을 두었다. 하지만 AP가 있는 infrastructure상황에서 대부분의 data의 전송방향은 노드로부터 AP가 아니라 AP에서부터 노드들이 있는 방향이다.

AP와 노드들은 모두 IEEE 802.11 DCF(Distributed Coordinated Function)을 사용하기 때문에 채널을 점유하는데 자연히 1:N의 경쟁을 하게 되어 하향링크/상향링크가 불공평하게(unfairness) 되는 모순이 생긴고 충돌 발생 시에 BEB방식을 따르게 되어 AP가 충돌이 일어나게 되면 전송할 기회

가 더 낮아지게 된다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜 상황에서 AP가 다른 노드들보다 먼저 우선권을 가질 수 있도록 백오프 방식을 분석하고 또 CW값을 조절하여 전체 처리율에 미치는 영향을 분석하려고 한다.

2장에서는 IEEE 802.11 DCF와 관련논문에 대해 간단히 설명하고 3장에서는 다양한 백오프 방식과 CW값에 따른 시뮬레이션 결과와 분석을 하였다.

2. 관련 연구

2.1 IEEE 802.11 DCF

IEEE 802.11의 DCF는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용해서 노드들이 분산된 방식으로 채널을 공유

(sharing)한다. 한 노드가 전송을 하기 전에 채널이 비어있는지(idle) 알아보고, 비어있다고 감지되면 전송을 시작하고 그렇지 않다면 다른 전송이 끝날 때까지 기다린다.

노드는 전송을 시작하기 전에 채널이 일정한 간격동안(DIFS) 비어있는지 확인한다. 하지만 2개 이상의 노드가 동시에 채널이 비어있다는 것을 알게 되어 전송하게 되면 충돌이 발생하기 때문에 충돌이 발생할 확률을 줄이기 위해 노드는 전송을 하기 전에 백오프 절차를 수행한다. 이 백오프 기간을 CW라고 하고 처음에 CW_{min}으로 시작한다. 이 CW값은 [0, CW-1]의 범위에서 무작위로 슬롯(slot)의 개수를 선택하는데 사용된다. 전송이 성공하지 못하게 되면 이 CW가 2배씩 커지게 되고 최대 CW_{max}값을 가지게 된다. 이런 방식으로 충돌이 일어나는 경우에 다음번 전송 시도 시에 충돌이 일어날 확률을 더 줄여줄 수 있다.

2. 2 관련 논문

[1]은 CSMA/CA 네트워크상황에서 노드들 중에서 이기적인(selfish) 노드, 즉 자신의 처리율을 높이려고 자신의 CW를 조절하는 노드가 있는 경우에 노드들 간의 처리율이 이기적인 노드의 CW값에 따라 어떻게 나오는지 보였다. 기본적으로 무선랜에서는 모든 노드들이 규약에 의해서 공평하게 BEB방식으로 백오프를 사용한다고 가정하지만 실제로는 자신의 설정을 쉽게 변경이 가능하기 때문에 항상 같은 백오프값을 선택하는 이기적인 노드가 생기기 쉽다고 설명하고 그러한 상황에 대한 결과를 보여주며 대책을 마련했다. 이 논문은 노드사이에서의 상황을 가정하였는데 이에 더 나아가 본 논문에서는 AP가 있는 상황에서 분석을 하려고 한다.

[2]에서 저자는 무선랜에서의 TCP(TCP over WLAN) 상황에서 마코브 체인(markov chain) 분석과 실험을 통해서 노드수가 증가해도 AP와 통신을 하는 노드는 ACK을 통해서 조절되기 때문에 대부분 2~4개의 활성화(active) 되어있는 노드가 존재하고 급격한 처리율의 증가나 충돌율이 늘지 않는 것을 보여주었다. 이 논문에서는 하향링크에서 실험을 진행했기 때문에 실제와 다소 차이가 날 것으로 판단된다.

3. 처리율 향상을 위한 AP의 백오프 연구

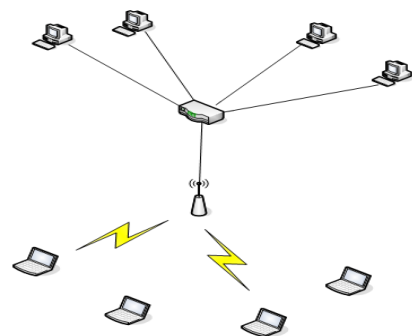
3. 1 접근방법

CSMA/CA 프로토콜은 공유된 무선을 효율적으로 사용하기 위해서 패킷 전송 시에 무작위성을 이용하는 방식을 사용하고 있다. 하지만 이 방식에서도 충돌을 완벽히 방지를 못한다. 이는 백오프가 동시에 0이 되는 상황이 존재하기 때문이며 이때 BEB방식으로 노드의 전송 시도 확률을 낮추는 방식으로 충돌을 해소한다. AP도 이 방식을 사용하고 있기 때문에 대부분 하향링크를 많이 필요로 하는 상황에서 전체 성능이 나빠 질수 있다. 그래서 여기서는 AP의 CW값에 따른 상향링크/하향링크 공평성과 무선랜 환경에서의 TCP 성능 변화를 확인해 보려고 한다. 그래서 AP의 백오프 전략을 기존의 BEB방식과 다른 방식으로 다양화 했을 경우의 성능 변화도 예상된다.

위 경우들에 대해 분석과 시뮬레이션을 통해 성능 변화를 확인하고 궁극적으로 AP가 취해야 할 바람직한 백오프 전략 혹은 최선의 CW값을 도출해 보고자 한다.

3. 2 BEB와 다른 방식비교

실험환경은 고정 노드에 대응하는 무선 노드와 자료를 주고 받을 수 있도록 양방향 전송으로 설정했으며 무선 노드는 CW_{min}=32인 BEB방식을 사용하며 AP는 각각 다른 방식들을 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다.



(그림 1) 시뮬레이션 환경

기타 설정값(parameter)는 표 1과 같으며 표 2에서는 AP가 사용한 여러 가지 방식을 표시하였다.

또한 모든 mobile 노드는 서로의 전송 거리

(transmission range)안에 있어서 2개 이상의 노드가 동시에 데이터를 전송하게 되면 collision이 발생하도록 설계하였다.

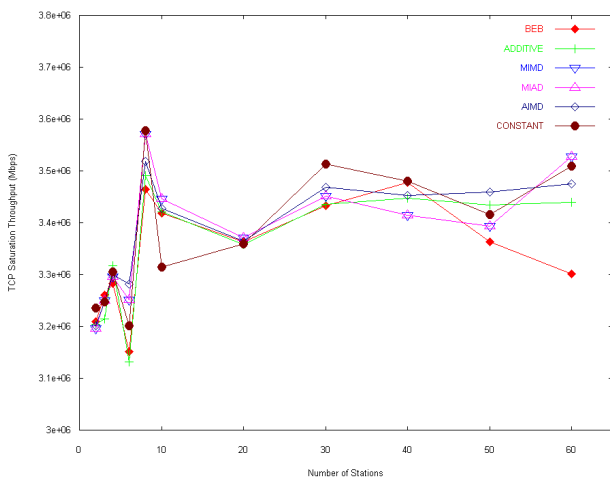
<표 1> 시뮬레이션 설정값

하향링크 패킷	1500 byte
상향링크 패킷	100 byte
시뮬레이션 시간	10 second
노드 개수	2 ~ 60

<표 2> AP의 전략

종류	충돌 발생시	전송 성공시
BEB	$CW = 2 \times CW$	$CW = CW_{min}$
ADDITVE	$CW = CW + 32$	$CW = CW_{min}$
MIMD	$CW = 2 \times CW$	$CW = CW / 2$
MIAD	$CW = 2 \times CW$	$CW = CW - 32$
AIMD	$CW = CW + 32$	$CW = CW / 2$
CONSTANT	$CW = CW_{min}$	$CW = CW_{min}$

Multiple방식은 기본적으로 2배씩 증가/감소를 적용하였으며 CW최대값은 1024로 제한을 두었다. 위와 같은 다양한 방식의 백오프 방식을 사용한 결과 그림2와 같은 결과를 얻을 수 있었다.



(그림 2) 여러 가지 방식의 결과

서로 다른 방식을 사용했을 때 처리율의 차이가 많이 발생하거나 다른 패턴이 나올 것으로 예상했으나 의외로 커다란 차이점이 발견되지 않았다. 다만 BEB방식이 다른 방식에 비해 노드수가 많아질수록

처리율이 급격히 떨어지는 것은 전송을 성공 후에 바로 CW를 CWmin까지 낮춤으로써 다른 노드들과 collision이 일어날 확률이 커지기 때문으로 판단된다. 다른 방식들은 전송을 성공한 후에 CW를 비교적 완만히 줄여주기 때문에 BEB에 비해 충돌 확률이 줄어든다.

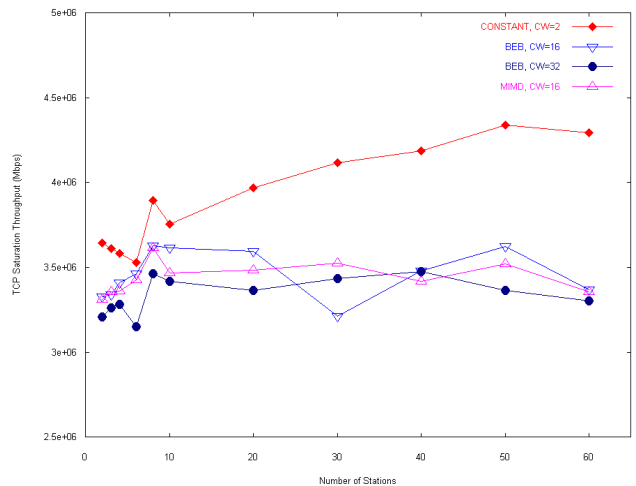
이번 시뮬레이션에서 BEB 및 각각의 방식이 비교적 큰 값으로 CW값이 같을 때에는 성능이 별 차이가 나지 않음을 볼 수 있었다. 이러한 이유는 다음 장에 설명할 충돌을 때문으로 인한 것으로 충돌이 심하게 발생하지 않아서 결과가 비슷하게 나옴을 알 수 있다.

3.3 각 방식에서 CWmin값에 변화에 따른 비교

전 장에서 AP의 백오프에 각기 다른 방식을 사용하였지만 특별히 개선되는 점은 찾을 수 없었다.

그래서 여기서는 대표적인 세 가지 방식(CONSTANT, BEB, MIMD)에 CW값을 2~32로 변화시키며 실험을 하였다.

그림 3은 방식별로 다른 CW값을 적용했을 때 가장 좋은 성능을 가지는 결과만을 도출하여 표시한 것이다.



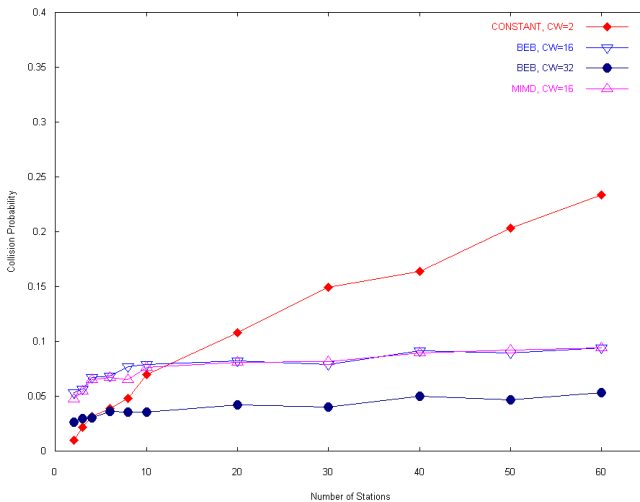
(그림 3) 각 방식별 최선의 결과

BEB와 MIMD의 결과들 중 여기에 표시하지 않은 것은 표시한 것보다 처리율은 조금 낮고 거의 유사한 패턴을 보여주었다.

가장 좋은 성능을 보여준 것은 CW=2로 고정시킨 CONSTANT한 방법을 사용하였을 때이다. 이는

CW값이 작아서 노드가 많을수록 충돌이 많이 나게 되지만 하향링크 패킷 크기가 상향링크보다 크기 때문에 전체 처리율이 높아졌다. 실제 상황에서도 하향링크 패킷 크기가 훨씬 크고 많기 때문에 유효한 시뮬레이션 결과값 이라고 할 수 있다.

각 결과값의 충돌 확률을 나타내는 그림4에서는 CW값을 2로 고정시킨 CONSTANT한 방법이 충돌이 가장 많이 일어났다. 하지만 그것을 상쇄할 만큼 많이 재전송 회수를 가지기 때문에 다른 방식값 보다 성능이 더 좋게 나타난 것으로 분석된다.



(그림 4) 최선의 결과 그래프의 충돌율

4. 결론 및 향후 연구 계획

802.11 무선랜 상황에서는 AP가 BEB방식을 사용하지 않고 CONSTANT한 방법으로 적은 CW값을 가지고 있는 노드들에 비해 우선권을 가지는 것이 전체 성능이 더 좋다는 것을 알 수 있었다.

위의 결과들을 종합하여 성능에 영향을 끼치는 다른 요인들을 연구하고 실제에 적용할 수 있는 방안을 강구하고자 한다.

참고문헌

- [1] Mario Cagalj, Saurabh Ganeriwal, Imad Adad and Jean-Pierre Hubaux "On Selfish Behavior in CSMA/CA Networks", INFOCOM 2005
- [2] Sunwoong Choi, Kihong Park, Chong-kwon Kim " On the Performance Characteristics of

WLANs: Revisited", SIGMETRICS 2005

- [3] Giuseppe Bianchi " Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", IEEE JSAC 2000