

# IEEE 802.11 DCF에서 충돌 상황을 이용한

## 새로운 충돌 해결 방안

최재혁<sup>o</sup> 김종권

서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 정보통신연구실

(jhchoi<sup>o</sup>, ckim)<sup>o</sup>@popeye.snu.ac.kr

### A Novel Collision Resolution Mechanism Using Collision Situation In IEEE 802.11 DCF

Jaehyuk Choi<sup>o</sup> Chongkwon Kim

Information, Networking and Computing Lab,

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

#### 요 약

IEEE 802.11 DCF에서는 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)를 통해 패킷들간의 충돌 확률을 줄여주고 있다. 하지만, 채널을 공유하는 station들이 증가할수록 충돌이 심해져 이를 해결하기 위해 많은 연구가 수행되고 있다. 그 대표적인 접근 방법으로 802.11표준의 backoff 방식을 개선하거나, DCF+[3]처럼 Data-ACK (혹은 RTS-CTS-Data-ACK)의 기존의 프레임 교환 방식을 수정하여 한 번 전송에 성공한 station이 채널을 오랫동안 소유하여 채널의 활용도를 높이는 방법을 제안하고 있다. 본 논문에서는 기존의 방법들과는 다르게 성공하였을 때가 아니라 충돌이 발생하였을 때의 상황을 역으로 이용하여 무선망에서 공정성(fairness)를 높이는 새로운 방법을 제시하고 있다.

#### 1. 서 론

무선망에서 동일한 채널을 공유하고 있는 station들 간의 충돌은 불가피하다. 이것은 station들이 자신과 경쟁하고 있는 다른 station들이 언제 전송을 시작할지 알 수 없으므로 여러 개의 station들이 동시에(propagation delay 이내의 시간에) 전송하는 상황이 발생할 수 있기 때문이다.

IEEE 802.11 표준에서는 이러한 충돌의 확률을 줄이기 위해서 임의의(random) backoff를 이용한 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) [1]를 사용하고 있다. 즉, 전송 전에 임의의 backoff 시간을 정하고, 그 시간을 채널이 idle하다고 판단되는 시간 동안 감소시켜 가장 먼저 0에 도달하는 station이 전송을 행하는 방식을 취하고 있다. 이 방법은 station들의 채널 점유율이 높지 않을 때 (station들의 분포가 sparse하고, 전송률이 낮을 때)는 충돌확률이 작지만, station들의 개수가 늘어나고, 전송해야할 데이터들이 많아질수록 충돌확률은 더욱 증가하게 된다.

패킷 충돌은 재전송을 필요로 하고, 충돌확률을 낮추기 위해 back-off 범위도 2배씩 늘려가게 하는 등 여러 가지 측면에서 채널의 비효율을 유발하는 원인으로 작용한다. 이런 바람직하지 못한 파급효과는 충돌된 패킷의 크기가 크면 클수록 더욱 큰 손해를 볼 수밖에 없다.

IEEE 802.11에 관련된 많은 논문들이 이러한 충돌을 줄여 채널의 활용도를 높이는 것을 목표로 연구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 여러 연구들을 소개하고 충돌이 발생했을 때에 새로운 충돌해결 방안을 제시하고 있

다.

#### 2. IEEE 802.11 MAC

IEEE 802.11 표준[1]의 MAC 계층의 구조는 그 특성에 의해 크게 DCF (Distributed Coordination Function)와 PCF (Point Coordination Function)로 나뉠 수 있다. 우선 DCF는 802.11의 기반이 되는 MAC 프로토콜로써 CSMA/CA 에 기반해 동등한 관계의 station들 간에 경쟁을 통해서 채널에 임의로(random) 접근하는 방식이다. 반면, PCF는 AP와 같은 중앙의 조절자에 의해 동작하는 MAC 프로토콜로써 Polling방식을 이용해 station들이 충돌이 없이 동작하며, QoS, Fairness등을 추구하기 위해 만들어진 프로토콜이다. 이러한 PCF의 여러 장점에도 불구하고, 실제 구현에서는 잘 쓰이지 않고 대부분 DCF를 이용한다. 이것은 PCF가 구현이 복잡하고, 실제 동작시 QoS등에서 실질적인 효과를 얻지 못하기 때문이다. 따라서, 본 논문에서도 DCF만을 고려하겠다.

IEEE 802.11DCF는 기본 동작인 Basic access mode와 선택적으로 사용되는 RTS/CTS access mode로 구성된다. 그림 1.(a)에 나타나 있듯 basic access mode는 2-way handshake 기법으로써 전송할 데이터가 발생한 station은 임의의 back-off 값을 정해 그 값을 채널이 idle한 동안 감소시켜 가장 먼저 0에 도달하는 station이 전송을 시작하고, 그 데이터가 성공적으로 전달 되었지는 ACK의 수신여부로 판단하는 방식으로 동작한다.

한 station의 전송하는 데이터를 다른 station들이 듣게 되면 자신의 NAV (Network Allocation Vector)를 해당 데

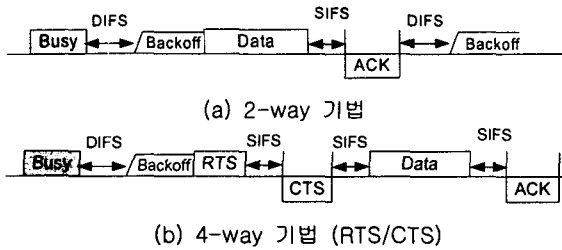


그림 1. IEEE 802.11 DCF

이더 프레임의 duration field에 적혀 있는 시간-공 데이터의 전송+ACK수신의 시간-만큼 설정하여 그 시간동안은 전송을 하지 않는다. 만약, 자신도 backoff를 수행 중이었다면, 이 NAV가 설정되어 있는 동안에는 채널이 busy한 것으로 처리하여 backoff도 멈추고 있게 된다.

그림 1.(b)는 DCF에서 선택적으로 사용되는 RTS/CTS를 이용한 4-way 교환 기법 (4-way exchange mechanism)을 나타내고 있다. 프레임 전송 전 해당 데이터의 길이가 특정 값(threshold)보다 클 때 RTS라는 작은 프레임을 먼저 보내고, 그의 성공시에 본래 데이터를 보내는 방식이다. 이 때의 RTS/CTS 프레임은 채널을 "예약"하는 역할을 하며, 이들이 충돌로써 전송에 실패하더라도 큰 손해를 보지 않는 잇점이 있다. 또한, 숨은 노드(hidden terminal) 문제도 해결해 준다. 하지만, 실제의 우선순위는 RTS/CTS가 거의 쓰이지 않는다. 이유는 4-way 기법이 2-way에 비해 오버헤드가 커서 채널의 성능이 저하되는 문제가 있기 때문이다.

3. 관련 연구

서론에서 언급하였듯이 충돌은 DCF의 가장 큰 문제점이다. 그에 따라 이를 해결하기 위한 많은 연구들이 활발하게 진행 되고 있다.

그 대표적인 접근 방법들 중 하나가 backoff 알고리즘을 개선하거나, DCF의 2-way 접근 방식을 변형하는 것이다. [3]에서는 802.11표준의 backoff 알고리즘을 수정하여 한번 채널을 성공적으로 소유한 station의 CW값을 작게 설정하여 다른 station들이 전송하기 전에 채널을 여러 번 연속적으로 잡게 함으로써 채널의 성공 전송 비율을 높이는 방식을 제안하고 있다.

[4]에서는 [3]처럼 backoff 방식을 수정한 것은 아니지만, 채널을 한번 소유했을 때 그 시간을 오래 갖고 있게 하는 원리는 비슷하다. 그림 2.가 [4]에서 제안하는 DCF+ 방법으로, 성공적으로 ACK을 받으면 다음 번 경쟁(contention) 없이 (따라서 충돌 없이) 다시 CTS를 보내 데이터를 반대 측으로 보내는 형태로 채널의 성공적인 전송시간을 늘려주고 있다. 하지만, 이 방법은 TCP에는 적합하지만, 상위 계층에서 UDP를 사용할 때는 실효성이 떨어진다는 단점이 있다.

4. 제안

[3],[4]의 방식들을 비롯한 많은 제안들은 전송이 성

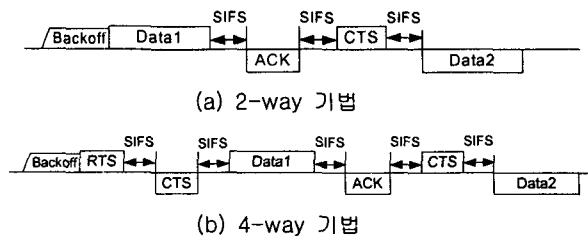


그림 2. DCF+

공적으로 이뤄졌을 때 그를 이용해서 경쟁(contention)을 잠시 동안 없애고, 채널의 소유권을 의도된 station에게 바로 넘겨주는 방식으로 채널의 활용도를 높이는 방식이다. 하지만, 이러한 방식에는 공정성(fairness)이나 기존의 DCF와 호환성의 문제가 제기되고 있다.

이 논문에서는 이와는 다르게 성공적으로 채널을 소유했을 때가 아니라 충돌이 발생했을 때의 상황을 역으로 이용해서 한번 충돌 뒤에는 충돌 없이 전송을 행할 수 있는 방식을 제안한다.

충돌이 발생하면 그림 3.과 같이 ACK-timeout이 지난 후에 CWMax값 이내에서 CW값을 2배로 늘리고, 새로운 backoff 값을 선택한다.

그런데, 실제로 충돌하는 패킷은 길이가 다른 경우가 대부분이다. 그림 4.는 1500byte와 1000byte 길이가 다른 두 패킷이 충돌할 때를 나타내고 있다. A같은 경우는 그림 3.과 같지만, 짧은 데이터를 전송하는 B입장에서 볼 경우에는 전송이 끝나더라도 A는 여전히 전송을 행하기 때문에 B는 ACK-timeout 이후에 바로 채널이 busy하다고 인식하게 된다.

여기서 중요한 사실을 하나 발견하게 된다. 길이가 다른 두 프레임이 충돌하였을 때 길이가 짧은 쪽 station은 다음과 같은 조건을 만족시키면, '충돌이 일어났는데 내가 더 짧은 프레임을 전송하였다'라고 인식할 수 있다.

- ① 전송 종료 후 SIFS 후에 채널 busy
- ② ACK\_Transmission 시간 동안 ACK이 아닌 다른 데이터를 받음 (Busy)
- ③ ACK-Timeout 발생

이렇게 되었을 때 802.11 표준에서는 그림 3.의 (a)지점에서 CW를 CW<sub>Max</sub>값 이내에서 2배로 늘리고, [0,CW]에서 임의로 선택하였지만, 본 논문에서 제안하는 방식은 위와 같이 인식된 station은 CW를 2배로 늘리는 과정은 동일하나 다음 backoff 값을 0으로 설정해주는 방식을 제안한다. 여기서 0을 취하는 이유는 DIFS후의 이 해당 슬롯은 (다른 backoff를 수행 중인 station들은 최소한의 값이 1보다 크기 때문에) 다른 station들이 전송을 시도 하지 않는 슬롯이기 때문이다.

따라서, 충돌된 패킷 중 자신의 길이가 작다는 것을

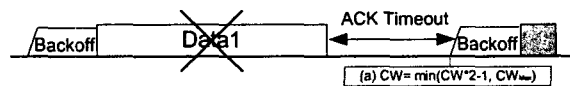


그림 3. DCF의 프레임 전송 실패 인식 과정

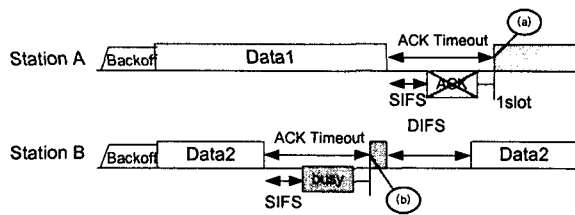


그림 4. 길이가 다른 두 패킷의 충돌 상황시 새로운 접근 방법

알게 된 station은 다른 station들과의 경쟁을 피하고 매우 작은 충돌확률을 갖고 재전송을 시도할 수 있게 된다. 그림4. 와 같은 상황에서는 station B가 충돌을 하였지만, 다시 전송을 성공적으로 행할 수 있게 된다.

결국, 충돌되어 낭비되었어야 하고, CW값도 커져 다음 재전송까지의 시간도 오래 걸려 다른 station들에 비해 fairness가 저하될 상황을 위와 같은 방법으로 극복을 시켜주는 역할을 하게 된다.

그렇다면, 위와 같이 자신이 자신과 충돌난 패킷보다 짧다는 것을 인식하면 어느 정도의 패킷 길이 차이가 나야 하는지는 결국 ACK Timeout 시간동안에 보낼 수 있는 데이터량이 되므로, 데이터를 1Mbps로 전송하고 ACK\_Timeout이 300 $\mu$ s 상황에서는 다음과 같은 식에 의해 약 90byte 정도 차이가 나는 상황이다.

$$300 \mu s \times 1Mbps \times 1/8 \text{ byte/bits} \approx 90\text{byte}$$

결국, 충돌 되는 패킷의 길이가 90byte정도만 차이가 나도 둘 중 작은 패킷을 보낸 station은 자신이 보다 짧은 패킷을 전송한 것을 인식할 수 있어 채널 활용도를 높일 수 있을 것이다.

또한, 이 방식은 DCF와 큰 차이가 없기 때문에 기존의 DCF들과도 완벽하게 호환하여 혼합하여 동작이 가능하다.

## 5. 결론

본 논문에서는 이제까지 제안되었던 기존의 방법들과는 다르게 충돌이 발생하는 상황을 역으로 이용하여 충돌로 인한 피해를 줄여주는 방법을 제시하고 있다. 기존 DCF에서 충돌로 인해 station간의 CW값의 불균형을 통해 발생하였던 공정성(fairness)문제 해결에 기여할 것이라 예상된다. 단지, 동시에 3개 이상의 패킷이 충돌되는 상황들이 발생할 수 있으므로, 이에 대한 보완책을 앞으로의 연구 과제로 삼을 예정이다.

## 6. 참고 문헌

[1] IEEE, "International Standard [for] Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific Requirements- Part 11: Wireless LAN Medium

Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications," IEEE 802.11-1999, 1999.

- [2] P. Karn, "MACA A New Channel Access Method for Packet Radio," in *Proc. ARRL/CRRR Amateur Radio 9th Computer Networking Conference*, pp. 134-140, April 1990.
- [3] Younggoo Kwon, Yuguang Fang, and Haniph Latchman, "A Novel MAC Protocol with Fast Collision Resolution for Wireless LANs," in *Proc. IEEE INFOCOM'03*, San Francisco, U.S.A., April 2003.
- [4] Haitao Wu, Yong Peng, Keping Long, Shiduan Cheng, Jian Ma, "Performance of Reliable Transport Protocol over IEEE 802.11 Wireless LAN: Analysis and Enhancement" in *Proc. IEEE INFOCOM'02*, NewYork, U.S.A., June 2002.