

# IEEE 802.11에서 최소경쟁윈도우 변화에 따른 수율 및 지연시간 분석

임석구\*

\*백석대학교 정보통신학부

e-mail: sklim@bu.ac.kr

## Analysis of Throughput and Delay for variation of Minimum Contention Window in IEEE 802.11

Seog-Ku Lim\*

\*Div. of Information and Communications, BaekSeok University

### 요 약

CSMA/CA를 기반으로 하는 IEEE 802.11 무선랜의 MAC에서는 데이터 전송을 제어하기 위한 방법으로 DCF와 PCF를 사용한다. CSMA/CA는 스테이션간의 충돌을 줄이기 위해서 임의의 백오프 시간을 각 스테이션의 경쟁윈도우(Contention Window) 범위에서 결정한다. 스테이션은 패킷 전송 후 충돌이 발생하면, 윈도우 크기를 두 배로 증가시키며, 패킷을 성공적으로 전송하면 윈도우 크기를 최소 경쟁 윈도우(Minimum Contention Window)로 감소한다. DCF는 경쟁 스테이션이 적은 상황에서는 비교적 우수한 성능을 보이나 경쟁 스테이션의 수가 많은 경우 처리율, 패킷지연 관점에서 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 MAC 계층 DCF 방식에서 최소 경쟁 윈도우의 값이 포화수율 및 패킷지연에 미치는 영향을 시뮬레이션에 의해 분석한다.

### 1. 서 론

IEEE 802.11은 무선랜(Wireless LAN) 시장의 급격한 성장과 함께 현재 가장 널리 사용되고 있는 무선랜의 표준 기술 중 하나이다. 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 증가함에 따라 무선랜[1]을 구현하기 위한 규격인 IEEE 802.11이 1999년에 처음 발표되었고 2.4GHz대와 5GHz대의 무선 주파수를 사용하여 다양한 전송 속도를 지원하는 제품이 출시되었다. 이중 현재는 Direct Sequence(DS) 대역 확산 기법을 이용하여 최대 11Mbps를 지원하는 IEEE 802.11b 표준이 가장 많은 시장을 구축하고 있다.

IEEE 802.11 무선랜 MAC에서는 무선채널을 액세스하기 위한 방법으로 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)를 사용한다. IEEE 802.11 무선랜의 기본적인 액세스 방법으로

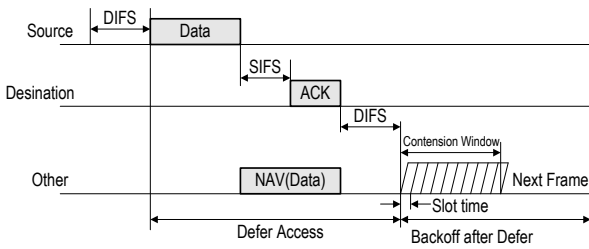
사용하는 DCF의 경우 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 기반으로 하여 모든 스테이션(Station)이 동등한 관계에서 경쟁을 통해 채널을 사용하게 된다. CSMA/CA는 각 스테이션간의 충돌을 줄이기 위해서 랜덤한 백오프 시간(Random Backoff Time)을 사용하고 있다[2]-[7]. 랜덤한 백오프 시간을 결정하기 위해서 각 스테이션은 최소 경쟁 윈도우(Minimum Contention Window,  $CW_{min}$ )과 최대 경쟁 윈도우(Maximum Contention Window,  $CW_{max}$ )을 갖는다.

본 논문에서는 최소 경쟁윈도우 값인  $CW_{min}$  과 경쟁 스테이션 수를 변화시켜 IEEE 802.11 무선랜의 백오프 알고리즘의 성능을 분석하고자 한다. 서론에 이어 2장에서는 IEEE 802.11 무선랜의 백오프 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션 환경과 수행결과를 통해

포화수율과 패킷지연 관점에서 성능을 분석하며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. IEEE 802.11 백오프 방식

DCF는 IEEE 802.11 MAC의 기본적인 매체 접근 방식으로서, CSMA/CA방식을 따른다. (그림 1)은 DCF 기본액세스(Basic Access) 방법에서 스테이션의 동작을 보여준다.



(그림 1) DCF의 기본액세스 방법

Busy Medium이 끝나고 DIFS 동안 매체가 유향 상태이면, 임의의 백오프 시간을 생성하여 매체에 대한 접근을 연기한다. 이 때 백오프 시간은 0부터 경쟁 윈도우 (Contention Window,  $CW$ )라고 불리는  $CW$  사이의 값을 임의로 취한다. 즉, 다음의 같은 식으로 설명할 수 있다.

$$Backoff\ Time = Rand(0, CW) \times aSlotTime \quad (1)$$

매체에 대한 접근을 연기한 스테이션들은 매체의 상태를 확인하면서 동시에 자신의 백오프 타이머를 감소시켜 나간다. 만약 어떤 스테이션의 백오프 타이머가 0이 될 때까지 매체가 Idle 상태이면 그 스테이션은 매체에 접근하게 되고, 0이 되기 전에 매체를 다른 스테이션이 사용하게 되면 백오프 타이머를 줄이는 것을 멈추고 다음 DIFS 후에, 남아있는 백오프 타이머를 사용한다. 따라서 이 스테이션은 처음 백오프 타이머를 생성한 스테이션보다 더 작은 백오프 타이머를 가지게 될 확률이 높으므로 매체에 접근할 가능성 또한 높다. 그러다가 백오프 타이머가 0이 되면 패킷을 전송하게 되며, ACK를 통해 패킷 전송에 대한 성공여부를 결정한다. 패킷이 성공적으로 전송 되었을 경우  $CW$  값을  $CW_{min}$  값으로 감소시키며, 충돌로 감지했을 경우  $CW$  값을 2배로 증가시킨다.

RTS/CTS 방법은 채널에 대한 예약 정보를 알리는 방식으로, 실제 데이터를 전송하기 전에 짧은 길이의 RTS(Ready To Send)와 CTS (Clear To Send)를 교환하여 채널의 예약을 알리는 방식이다.

## 3. 시뮬레이션 수행 및 성능 평가

IEEE802.11 DCF 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 포화수율과 패킷지연시간의 관점에서 분석하였다. 시뮬레이션은 SLAM II을 사용해서 Event-Driven 방식으로 구현하였다[8].

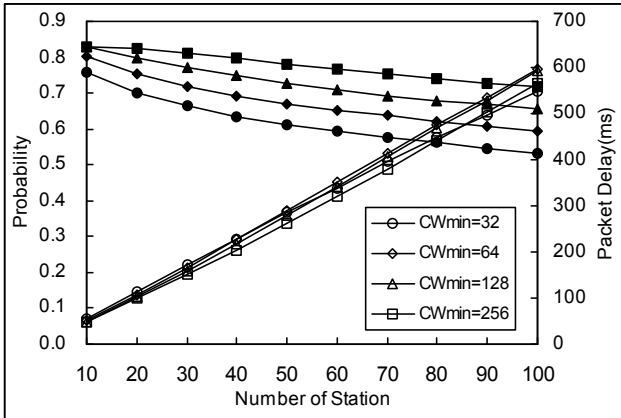
시뮬레이션 수행에 필요한 파라미터는 DSSS(Digital Sequence Spread Spectrum)를 가정하였으며, <표 1>과 같다[1],[4]. 패킷 Payload 크기를 8184bit로 고정하였고 채널 속도는 2Mbps로 가정하였다. 또한 시뮬레이션을 위해 CW의 최소값( $CW_{min}$ )과 최대값( $CW_{max}$ )은 각각 32, 1024로 하고 재전송 한계값을 7로 설정하였다. 시뮬레이션 환경은 각 스테이션이 항상 전송할 데이터를 가지고 있는 포화상태를 가정하였으며, 전송에러에 의한 재전송은 고려하지 않았다.

<표 1> 시스템 파라미터(IEEE 802.11 DSSS)

파라미터	값
Packet payload	8184 bits
MAC overhead	272 bits
PHY header	128 bits
ACK	112bit+PHYhdr
RTS	160bit+PHYhdr
CTS	112bit+PHYhdr
채널 전송속도	2 Mbps
전파지연시간	1 $\mu$ sec
Slot Time	20 $\mu$ sec
SIFS	10 $\mu$ sec
DIFS	50 $\mu$ sec
$CW_{min}$	32
$CW_{max}$	1024
Short Retry Limit	7

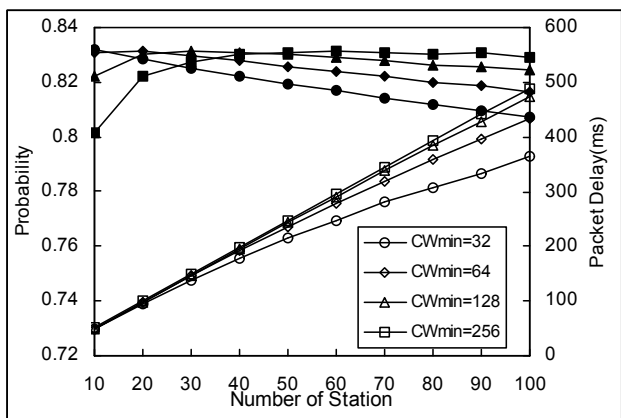
(그림 2)에는 기본 매체접근방식에서  $CW_{min}$  값을 32에서 256까지 변화하였을 경우 포화수율과 패킷지연의 변화를 나타내었다.  $CW_{min}=32$ 에서는 스테이션의 수가 증가할수록 충돌확률이 높아지고, 충돌시 재전송에 의한 지연으로 인하여 포화수율이 감소하는 것을 알 수 있다. 일반적으로 스테이션 개수가 적을 경우에는  $CW_{min}$  값이 작은 것이 높은 수율을 나타내지만 스테이션의 개수가 증가할수록 큰  $CW_{min}$  값을 적용한 경우가 높은 포화수율을 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 포화수율을 향상시키기 위해서는 스테이션의 개수가 증가할수록  $CW_{min}$  값도 증가시켜 여러 스테이션들이 선택하는 백오프 시간이 중복되는 것으로 선택될 확률을 낮추는 것이 포화수율을 증가시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있

다. 패킷 지연시간은  $CW_{min}$  값에 커다란 영향을 받지 않음을 알 수 있다.



(그림 2) 기본 액세스에서의 포화수율 및 지연

(그림 3)에는 RTS/CTS 방식을 사용한 경우의 시뮬레이션 결과로서  $CW_{min}$  값에 따른 포화수율의 변화를 나타내었다. 이 경우에는 기본 액세스 방식과는 다르게  $CW_{min}$  값이 클수록 포화수율이 낮게 나오는 것을 알 수 있는데, 이것은 RTS와 CTS가 이미 충돌을 방지하는 역할을 하여  $CW_{min}$  값이 크면 스테이션이 RTS/CTS 전송이 가능한 상태까지 걸리는 지연시간이 길어져 성능에 좋지 않은 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 RTS/CTS를 사용하는 방식은 스테이션이 미리 채널을 예약하여 충돌확률을 낮추어주므로 스테이션 개수의 증가에 따라  $CW_{min}$  값을 증가시켜도 성능향상에는 영향이 적음을 알 수 있다. 또한 패킷지연은  $CW_{min}$  값이 크면 증가함을 알 수 있다.



(그림 3) RTS/CTS 액세스에서의 포화수율 및 지연

#### 4. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜에서 DCF 방식의

백오프 시간 설정 변수 중  $CW_{min}$  값의 변화에 따른 성능의 향상을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 스테이션의 증가로 인한 혼잡상황 발생하는 경우 상대적으로 큰 값의  $CW_{min}$ 이 포화수율과 충돌 부분에 있어 우수한 성능을 입증하였다. 또한  $CW_{min}$  값의 증가로 인한 백오프 스테이지가 감소함을 또 하나의 원인으로 추정할 수 있다. 본 논문의 연구결과를 바탕으로 향후 연구 과제로는 수학적 분석 및 검증 절차를 수행할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] The Editors of IEEE 802.11. IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, Nov. 1997.
- [2] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", IEEE J. Selected Areas in Communications, Vol. 18, No. 3, pp. 535-547, 2000.
- [3] Y. Xiao, J. Rosdahl, "Throughput and Delay Limits of IEEE 802.11," IEEE Communication Letters. Vol. 6, No 8, pp. 355-357, Aug. 2002.
- [4] C. Wang and Bo Li, "A New Collision Resolution Mechanism to Enhance the Performance of IEEE 802.11 DCF", IEEE Transaction on Vehicular Technology, Vol. 53, No. 14, July 2004.
- [5] P. Chatzimisios, A. C. Boucouvalas, V. Vitsas, "Effectiveness of RTS/CTS handshake in IEEE 802.11a wireless LANs," IEEE Electronic Letters, Vol. 40, No. 14, pp. 915-916, July 2004.
- [6] B. Raffaele, C. Marco, "IEEE 802.11 Optimal performances: RTS/CTS mechanism vs. basic access," Personal, indoor and mobile radio communication, the 13th IEEE International symposium on, Vol. 4, Sept. 2002.
- [7] L. Kleinrock and F. Tobagi, "Packet switching in radio channels, Part-II The Hidden Terminal Problem in Carrier Sense Multiple Access Models and the Busy Tone Solution", IEEE Trans. Communication, Vol. 23, No. 12, pp. 1417-1433, Dec. 1975.
- [8] A. Alan B. Pritsker, "Introduction to Simulation and SLAM II", John Wiley & Sons, 1986.