

IEEE 802.11 DCF에서 평균폐기시간 비교분석

임석구*

*백석대학교 정보통신학부

e-mail: sklim@bu.ac.kr

Comparison Analysis on Average Drop Time in IEEE 802.11 DCF

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. IEEE 802.11 무선랜의 기본적인 액세스 방법으로 사용하는 DCF에서는 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, 패킷 지연 관점에서 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 MAC 계층 DCF 방식에서의 평균폐기시간에 여러 연구결과들을 비교분석한다.

1. 서 론

다양한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 증가함에 따라 무선랜(Wireless LAN)을 구현하기 위한 규격인 IEEE 802.11이 1999년에 처음 발표되었고[1], 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]-[4]. 랜덤한 백오프 시간을 결정하기 위해서 각 스테이션은 최소 경쟁 윈도우와 최대 경쟁 윈도우를 갖는다.

본 논문에서는 IEEE 802.11의 알고리즘을 기반으로 현재까지 제안된 패킷이 폐기되기까지의 평균시간에 관한 논문들의 결과를 비교 분석하고자 한다. 서론에 이어 2장에서는 IEEE 802.11 무선랜의 백오프 알고리즘을 간략하게 설명하고, 3장에서는 비교분석하려는 2가지 연구결과를 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 환경과 수행결과를 분석하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.11 백오프 방식

DCF는 IEEE 802.11 MAC의 기본적인 매체 접근 방

식으로서 CSMA/CA방식을 따른다. 전송할 데이터 패킷이 있는 스테이션은 전송하기 전에 채널상태를 조사한다. 채널이 DIFS (Distributed Interframe Space) 기간 동안 idle 상태이면 해당 스테이션은 패킷을 전송한다. 그러나 채널상태가 busy이면 다른 스테이션의 패킷전송이 완료될 때까지 대기한 후, DIFS 기간이 지나고 나서 랜덤한 백오프 기간을 가지게 되는데, 이는 다른 스테이션과의 충돌 가능성을 줄이기 위함이다.

DCF는 지수적으로 증가하는 백오프 윈도우를 사용한다. 초기에 백오프 스테이지 0에서 경쟁 윈도우(CW)를 최소 경쟁윈도우 크기(CW_{min})로 초기화하고 백오프 카운터를 $[0, CW_{min}]$ 의 범위에서 랜덤하게 선택한다. 1 슬롯시간 동안 채널이 사용되지 않음을 감지한 스테이션은 백오프 카운터를 1씩 감소시키고 슬롯의 시작시점에 백오프 카운터가 0인 스테이션은 패킷전송을 시작한다. 목적지 스테이션이 패킷을 올바르게 수신하면 SIFS(Short Interframe Space) 기간 동안 대기한 후, 송신측 스테이션에게 ACK 패킷을 보낸다. 패킷 전송에 성공한 송신 스테이션은 백오프 스테이지를 0으로, 경쟁윈도우를 CW_{min} 으로 초기화한다.

그러나 송신 스테이션이 타임아웃 시간 내에 ACK 패킷을 받지 못하면 충돌이 발생한 것으로 보고 그 스테이션은 백오프 스테이지를 1씩 증가시켜서 경쟁 윈도우를 두 배씩 증가시키고 백오프 카운터를 재설정 한다. 각 스테이션은 패킷 전송이 실패할 때마다 재전송 카운터 값을 1씩 증가시키고, 재전송 카운터 값이 임계값 m 에 도달하게 되면 해당 패킷은 폐기한다.

백오프 카운터는 $[0, W_i-1]$ 의 범위에서 랜덤하게 선택한다. $i(i \in [0, m])$ 는 백오프 스테이지이고, W_i 는 현재의 경쟁윈도우 크기이다. m 은 최대 백오프 스테이지이며, 아울러 최대 재전송횟수를 의미한다. 패킷 전송 초기에 경쟁윈도우는 $CW_{min} = W$ 로 설정된다. 패킷전송에 실패하면 경쟁 윈도우 크기는 두 배씩 증가시키고 최대값 $CW_{max} = 2^m W$ 까지 증가할 수 있다. 여기서 m' 는 지수적으로 증가할 수 있는 최대값이다.

3. 평균 패킷폐기 시간

3.1 Chatzimisios 모델

기본 액세스나 RTS/CTS 액세스인 경우에 대한 단순한 모델은 Chatzimisios에 의해 개발되었다[3]. 평균적으로 패킷이 폐기될 때까지의 지연시간은 다음과 같이 주어진다.

$$E_C[T_{drop}] = E[slot] \cdot \sum_{i=0}^m \frac{W_i+1}{2} \quad (1)$$

여기서 $(W_i+1)/2$ 는 패킷이 i 번째 스테이지에서 지연되는 시간을 slot 타임의 개수로 나타낸 것이며, 다음 식으로 주어진다.

$$= \begin{cases} \sum_{i=0}^m \frac{W_i+1}{2} & m \leq m' \\ \frac{W(2^{m+1}-1)+(m+1)}{2} & m \leq m' \\ \frac{W(2^{m'+1}-1)+2^{m'}W(m-m')+(m+1)}{2} & m > m' \end{cases} \quad (2)$$

$E[slot]$ 은 평균 슬롯시간이며 다음 식과 같다.

$$E[slot] = (1-P_{tr}) \cdot \sigma + P_{tr} \cdot P_s \cdot T_s + P_{tr} \cdot (1-P_s) \cdot T_c \quad (3)$$

p 를 패킷 충돌확률이라 하면, 스테이션이 패킷 전송을 시도할 확률 τ 는 다음과 같다.

$$\tau = b_{0,0} \cdot \frac{1-p^{m+1}}{1-p} \quad (4)$$

식(4)로부터 패킷전송 확률 τ 는 패킷충돌확률 p 의 함수이다. 하나의 전송 패킷이 충돌할 확률 p 는 나머지 $(n-1)$ 개의 스테이션 중에서 적어도 하나 이상이 전송을 시도할 확률과 같으며 다음 식과 같이 표현된다.

$$p = 1 - (1-\tau)^{n-1} \quad (5)$$

식(4)과 (5)는 두 개의 미지수를 갖는 비선형 시스템이며, 수치해석적인 방법을 이용하여 해를 구할 수 있다. 이 해는 유일한 해를 갖는다는 것은 입증되었다[2].

P_{tr} 을 임의의 슬롯시간에 최소한 하나 이상의 스테이션이 패킷을 전송할 확률이라고 하면, 무선채널 상에서 n 개의 스테이션이 경쟁하고 있기 때문에 각 스테이션은 확률 τ 로 전송을 시도한다.

$$P_{tr} = 1 - (1-\tau)^n \quad (6)$$

확률 P_s 는 적어도 하나 이상의 스테이션이 패킷을 전송할 조건에서 성공적으로 패킷을 전송할 확률이라고 하면 다음과 같다.

$$P_s = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{1-(1-\tau)^n} \quad (7)$$

3.2 Kang 모델

패킷의 폐기는 연속적으로 $(m+1)$ 번 전송에 실패하면 패킷은 폐기되므로 Kang 모델에서 패킷이 폐기될 때까지의 지연시간은 다음과 같이 주어진다[4].

$$E_K[T_{drop}] = \delta + E[slot] \cdot \left(\frac{W-1}{2} + \sum_{i=1}^m \frac{W_i}{2} \right) + (m+1) T_C \quad (8)$$

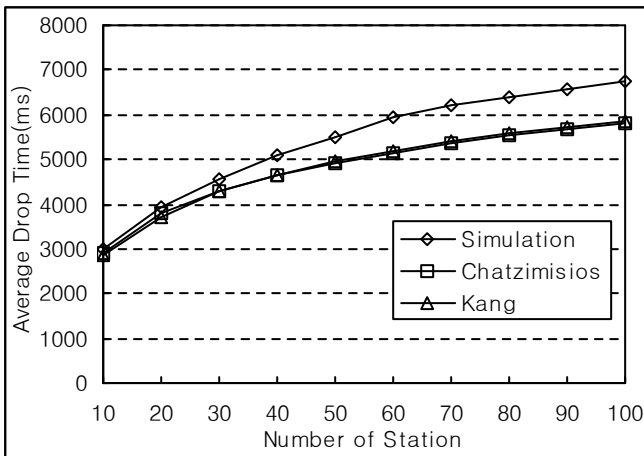
4. 시뮬레이션 수행 및 성능 평가

IEEE802.11 DCF 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 포화수율과 패킷지연시간의 관점에서 분석하였다. 시뮬레이션은 SLAM II를 사용해서 Event-Driven 방식으로 구현하였다[5].

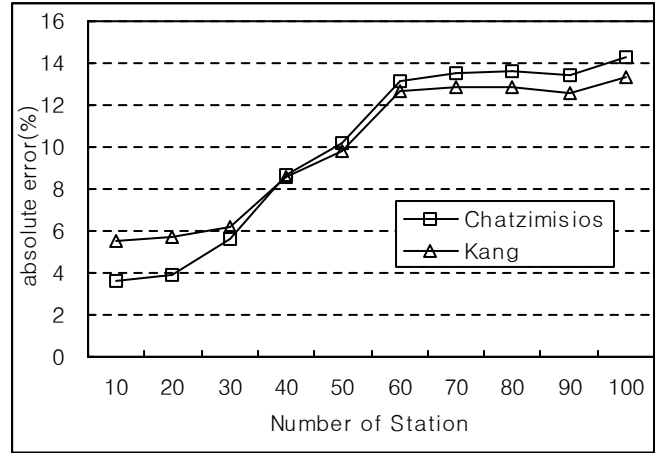
시뮬레이션 수행에 필요한 파라미터는 DSSS(Digital Sequence Spread Spectrum)를 가정하였다[1]. 패킷 Payload 크기를 8184bit로 고정하였고 채널 속도는 2Mbps로 가정하였다. 또한 시뮬레이션을 위해 CW의 최소값(CW_{min})과 최대값(CW_{max})은 각각 32, 1024로 하고 재전송 한계값을 7로 설정하였다. 시뮬레이션 환경은 각 스테이션이 항상 전송할 데이터를 가지고 있는 포화 상태를 가정하였으며, 전송에러에 의한 재전송은 고려하지 않았다.

(그림 1)은 기본 액세스(Basic Access)인 경우 스테이션의 수의 증가에 따른 평균 패킷지연시간(Average Packet Delay)을 3절에서 설명한 2가지를 시뮬레이션 결과와 비교하여 나타낸 그래프이다. 스테이션 수가 증가함에 따라 충돌확률이 증가하므로 패킷폐기시간도 증가하는 것을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과와 2가지 방식간의 차이점을 분명하게 보이기 위해 (그림 2)에는 시뮬레이션 결과와 각 방식간의 절대오차를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 스테이션 수가 증가함에 따라 상대오차도 증가함을 알 수 있다. 스테이션 수가 10~40에는 Chatzimisios 모델의 오차가 작은 반면에 50~100인 경우에는 Kang 모델의 오차가 작음을 알 수 있다.



(그림 1) 기본 액세스에서의 패킷 폐기 시간



(그림 2) 패킷 폐기 시간의 절대오차(기본 액세스)

5. 결론

본 논문에서는 패킷폐기 지연에 관해 현재까지 해석적으로 연구된 결과들을 비교 분석하였으며, 이를 시뮬레이션을 이용하여 검증하였다. 분석 결과 스테이션 개수가 작은 경우에는 Chatzimisios 모델이 우수하였으며, 스테이션 개수가 큰 경우에는 Kang 모델이 우수한 것으로 분석되었다. 본 논문의 연구결과를 바탕으로 향후 연구 과제로는 시뮬레이션 결과와 잘 일치하는 모델을 제안하고 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] P. Chatzimisios, A. C. Boucouvalas and V. Vitsas, "IEEE 802.11 Packet Delay - A Finite Retry Limit Analysis", IEEE GLOBECOM, vol. 2, pp. 950-954, Dec. 2003.
- [4] K. Kang and X. Lin, "An Accurate MAC Delay Model for IEEE 802.11 DCF", Proc. of IEEE ICT, pp. 654-657, May 2007.
- [5] A. Alan B. Pritsker, "Introduction to Simulation and SLAM II", John Wiley & Sons, 1986.