

충돌시 최대 경쟁 윈도우를 적용한 IEEE 802.11 DCF 성능분석

Performance Analysis of the IEEE 802.11 DCF on Applying Maximum Contention Window at Collision

임석구

백석대학교 정보통신학부

Seog-Ku Lim(sklim@bu.ac.kr)

요약

IEEE 802.11 WLAN의 MAC에서는 데이터 전송을 제어하기 위한 방법으로 DCF와 PCF를 사용하며, DCF는 CSMA/CA를 기반으로 BEB 백오프 알고리즘을 사용한다. BEB 백오프 알고리즘은 경쟁 스테이션이 적은 상황에서는 비교적 우수한 성능을 보이나 경쟁 스테이션의 수가 많은 경우 처리율, 지연 관점에서 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 패킷 전송 후 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 최대경쟁 윈도우로 증가시키고 패킷의 정상적인 전송 후에는 경쟁윈도우를 서서히 감소함으로써 패킷 충돌 확률을 낮추는 백오프 알고리즘을 제안하고 이를 수학적으로 분석한다. 제안하는 알고리즘의 효율성을 입증하기 위해 시뮬레이션을 수행하고 분석하였다.

■ 중심어 : | IEEE 802.11 | 무선랜 | 백오프 알고리즘 | 포화수율 | 재전송 한계 |

Abstract

The MAC of IEEE 802.11 WLAN to control data transmission uses two control methods called DCF and PCF. The DCF uses BEB backoff algorithm based on CSMA/CA. The BEB backoff algorithm shows excellent performance relatively in situation that competition between stations is less, but its performance is decreases as the competition increases. This paper proposes and analyses mathematically an enhanced backoff algorithm. To reduce the collision probability, the proposed algorithm increases the contention window to maximum after collision and decreases the contention window smoothly after successful transmission. To prove efficiency of proposed algorithm, simulations are conducted and analyzed.

■ keyword : | IEEE 802.11 | WLAN | Bckoff Algorithm | Saturation Throughput | Retry Limit |

I. 서론

IEEE 802.11은 무선 랜(Wireless LAN) 시장의 급격한 성장과 함께 현재 가장 널리 사용되고 있는 무선 랜의 표준 기술 중 하나다. IEEE 802.11 규격은 무선 랜을 위한 매체 액세스 제어(MAC, Medium Access Control) 계층과 물리계층(PHY)을 정의한다[1]. IEEE

802.11 MAC 프로토콜은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식을 기반으로 하며, DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)를 포함한다. DCF 규격은 모든 스테이션이 동등한 관계에서 경쟁을 통해 채널을 사용하게 된다. 반면, PCF는 AP(Access Point)와 같은 중앙제어 노드의 관리 하에 폴링

(Polling) 방식을 이용하여 스테이션들이 채널을 사용할 수 있게 관리하는 무경쟁 방식이다. DCF에는 데이터 패킷을 전송하기 위해 기본 액세스(Basic Access) 방식과 RTS/CTS (Ready To Send / Clear To Send) 방식이 있다.

IEEE 802.11 DCF의 백오프 알고리즘(Backoff Algorithm)은 BEB(Binary Exponential Backoff)라고 부르며, 기본 동작은 다음과 같다. 이전 프레임에서 패킷 전송에 실패한 경우에는 경쟁윈도우(CW , Contention Window)를 2배로 증가시켜서 충돌확률을 낮추며, 패킷 전송에 성공한 경우에는 경쟁윈도우를 CW_{min} 으로 급격하게 줄이는데, 이는 경쟁하는 스테이션의 수가 많을수록 충돌이 발생할 가능성이 증가되고 이로 인해 지연시간이 증가하여, 이를 해결하기 위한 많은 연구들이 진행되어 왔다[2-11].

처음으로 BEB 백오프 알고리즘을 2차원 마르코프 체인을 이용하여 분석한 연구들이 있다[2][3]. EIED(Exponential Increase Exponential Decrease)는 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 2배씩 증가시키고, 전송에 성공하면 경쟁윈도우를 $1/\sqrt{2}$ 로 줄이는 방식이며[4], EILD(Exponential Increase Linear Decrease)는 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 2배씩 증가시키고, 전송에 성공하면 경쟁윈도우를 선형적으로 줄이는 방식이다[5]. MIMD(Multiplicative Increase and Multiplicative Decrease)는 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 2배씩 증가시키고, 전송에 성공하면 경쟁윈도우를 1/2로 줄이는 방식이다[6][7]. Slow CW 백오프 알고리즘은 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 2배씩 증가시키고, 전송에 성공하면 경쟁윈도우를 $\delta(=1/2^g)$ 만큼 줄이는 방식인데[8], $g=1$ 이면 MIMD 백오프 알고리즘과 같다. LILD(Linear Increase Linear Decrease)는 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 선형적으로 증가시키고, 전송에 성공하면 경쟁윈도우를 선형적으로 줄이는 방식이다[9]. 그리고 GDGF(Gentle DCF)는 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 2배씩 증가시키고, 연속적으로 c 회 전송에 성공해야만 경쟁윈도우를 1/2로 줄이는 방식이다[10]. 이러한 연구들은 2차원 마르코프 체인 모델을 이용하여 포화수율(Saturation Throughput) 관점에서 백오프 알고

리즘의 성능을 분석하였지만, 일차원 모델로 분석한 연구도 있다[11].

본 논문에서는 전송이 성공적으로 이루어졌을 경우 경쟁윈도우를 최소값인 CW_{min} 값으로 되돌리지 않고 현재 값의 반으로 줄이고 또한 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 최대값인 CW_{max} 값으로 증가시키므로써 충돌 확률을 적게 하여 무선자원의 효율을 높일 수 있는 백오프 알고리즘을 제안하고 이를 수학적인 모델링을 통해 분석하며, 시뮬레이션을 이용하여 그 성능을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II.장에서는 제안하는 알고리즘을 설명하고 이를 마르코프 체인 모델을 이용하여 해석적으로 분석한다. III.장에서는 해석적인 모델의 효율성을 입증하기 위해 시뮬레이션을 수행하여 포화수율 관점에서 BEB 백오프 알고리즘과 비교 분석하였고 마지막으로 IV.장에서 결론을 맺는다.

II. 해석적인 모델 분석

제안하는 알고리즘은 참고문헌 [2][3]과 동일한 가정 하에 분석하며, 세 개의 매개 변수, 즉 백오프 스테이지(Back-off Stage), 백오프 카운터(Back-off Counter), 경쟁윈도우를 사용하고 각 변수의 기능은 기본 DCF와 유사하다. [그림 1]에는 제안하는 알고리즘의 백오프 메커니즘을 나타내었다.

현재 전송할 패킷에 대한 백오프 스테이지는 이전 패킷의 백오프 스테이지 값과 전송 결과(성공 또는 충돌)에 따라 결정된다. 이전 패킷이 백오프 스테이지 i 에서 전송에 성공한 경우, 현재 전송할 패킷의 백오프 스테이지는 $(i-1)$ 로 감소하고 백오프 카운터를 재설정한다. 그러나 이전 백오프 스테이지 i 에서 시도한 패킷 전송이 실패(또는 충돌)한 경우, 전송할 패킷의 백오프 스테이지는 최대 백오프 스테이지인 m' 로 증가하고 백오프 카운터를 재설정한다. 즉, 충돌이 발생하면 다음 패킷 전송에서는 경쟁윈도우를 최대 경쟁 윈도우인 $CW_{max} = 2^{m'} CW_{min}$ 로 증가시켜서 각 스테이션이 중복된 백오프 카운터를 선택할 가능성을 줄임으로써 충돌 발생 확률을 최소화한다. 또한 백오프 스테이지 0에서

패킷 전송에 성공하면 백오프 스테이지 0에 머물고 경쟁 윈도우는 CW_{min} 이 된다. 반면에 최대 백오프 스테이지 m' 에 도달해서도 계속해서 전송에 실패하면 백오프 스테이지는 더 이상 증가하지 않으며 경쟁 윈도우는 최대 경쟁 윈도우 CW_{max} 로 설정된다. 여기서 동일 패킷에 대한 최대 허용 가능한 재전송 회수인 m 까지도 전송에 실패하면 해당 패킷은 폐기한다.

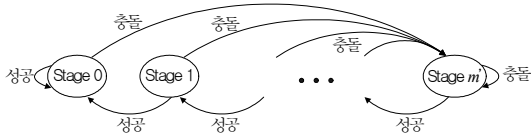


그림 1. 제안 알고리즘의 백오프 메커니즘

따라서 백오프 스테이지 i 에서의 경쟁 윈도우 크기 W_i 는 다음과 같이 결정된다.

$$W_i = \begin{cases} CW_{max} & \text{if collision} \\ \max(W_{i-1}/2, CW_{min}) & \text{if success} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, CW_{min} 과 CW_{max} 는 각각 최소 및 최대 경쟁 윈도우 크기를 나타낸다. 각 스테이션은 전송할 패킷의 백오프 카운터를 $[0, W_i-1]$ 에서 균등하게 선택하여 설정하고, 휴지 상태인 백오프 슬롯을 감지할 때 마다 1씩 감소시키고 백오프 카운터 값이 0이 되면 패킷을 전송한다.

포화상태에서의 수율을 분석하기 위해 n 개의 스테이션이 존재하고 각 스테이션은 패킷 전송을 성공적으로 마친 시점에 전송하고자하는 새로운 패킷을 가지고 있다고 가정한다. $s(t)$ 와 $b(t)$ 를 임의의 시간 t 에서 스테이션의 백오프 스테이지와 백오프 카운터 값을 나타내는 랜덤 프로세스라고 하면, 알고리즘에 대한 동작은 2차원 마르코프 체인 $\{s(t), b(t)\}$ 으로 나타낼 수 있으며, 이를 식(2)와 같이 정의하면 정상 상태에서의 마르코프 체인(Markov Chain) 모델은 [그림 2]와 같이 나타낼 수 있다[2].

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P[s(t) = i, b(t) = j] = b_{i,j} \quad (2)$$

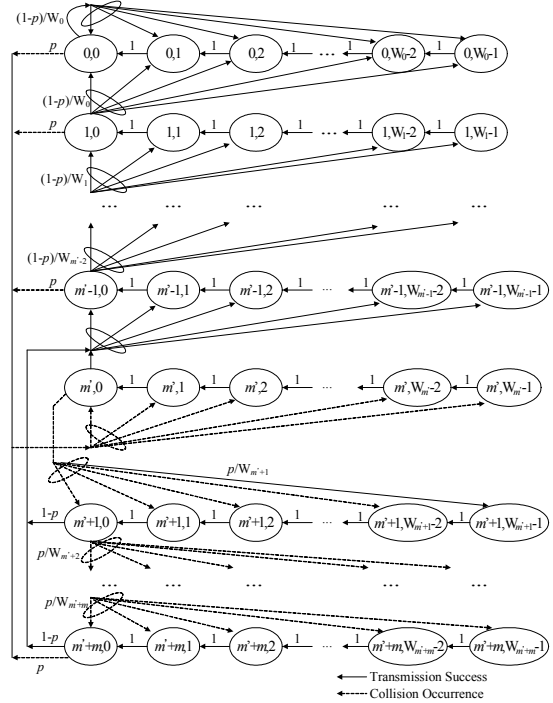


그림 2. 제안 알고리즘의 마르코프 체인 모델

전송한 패킷이 충돌할 확률을 p 라 하면, 마르코프 성질을 이용하여 다음과 같이 조건부 확률을 이용하여 상태 천이 확률을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} P[i, k|i, k+1] &= 1 \\ & k \in (0, W_i - 2), i \in (0, m' + m) \\ P[0, k|0, 0] &= (1-p) / W_0 \\ & k \in (0, W_0 - 1) \\ P[i-1, k|i, 0] &= (1-p) / W_{i-1} \\ & k \in (0, W_{i-1} - 1), i \in (1, m') \\ P[m'-1, k|i, 0] &= (1-p) / W_{m'-1} \\ & k \in (0, W_{m'-1} - 1), i \in (m'+1, m'+m) \\ P[m', k|i, 0] &= p / W_{m'} \\ & k \in (0, W_{m'} - 1), i \in (0, m' - 1) \\ P[i+1, k|i, 0] &= p / W_{i+1} \\ & k \in (0, W_{i+1} - 1), i \in (m', m'+m-1) \\ P[m', k|m'+m, 0] &= p / W_{m'} \\ & k \in (0, W_{m'} - 1) \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)에서 첫 번째 식은 각 슬롯의 시작점에서 백오프 카운터가 감소함을 나타내고, 두 번째 식은 백오프 스테이지 0에서 패킷 전송에 성공하면, 새로운 패킷을 백오프 스테이지 0에서 시작하며, 백오프 카운터 값은 $(0, W_0-1)$ 사이의 임의의 값이 선택된다. 세 번째 식은 백오프 스테이지 i 에서 패킷 전송에 성공하면, 백오프 스테이지는 감소하고 새로운 백오프 카운터 값은 $(0, W_{i-1}-1)$ 사이의 임의의 값이 선택된다. 네 번째 식은 $m'+1$ 이상의 백오프 스테이지 i 에서 패킷 전송에 성공하면, 백오프 스테이지는 $m'-1$ 로 감소하고 새로운 백오프 카운터 값은 $(0, W_{m'-1}-1)$ 사이의 임의의 값이 선택된다. 다섯 번째 식은 백오프 스테이지 i 에서 패킷 전송에 실패하면, 백오프 스테이지는 m' 로 증가하고 새로운 백오프 카운터 값은 $(0, W_m-1)$ 사이의 임의의 값이 선택된다. 여섯 번째 식은 m' 이상의 백오프 스테이지 i 에서 패킷 전송에 실패하면, 백오프 스테이지는 증가하고 새로운 백오프 카운터 값은 $(0, W_{i+1}-1)$ 사이의 임의의 값이 선택된다. 마지막 식은 백오프 스테이지 $m'+m$ 에서 패킷 전송에 실패하면, 백오프 스테이지는 m' 로 변경하고 새로운 백오프 카운터 값은 $(0, W_{m'}-1)$ 사이의 임의의 값이 선택된다.

이를 바탕으로 마르코프 체인으로부터 정지확률 $b_{i,0}$ 를 구하면 다음과 같다.

$$b_{i,0} = \begin{cases} \frac{p}{(1-p)^i} b_{0,0} & (0 < i < m'-1) \\ \frac{p}{(1-p)^2 (1-p)^{m'-1}} b_{0,0} & (m' \leq i < m'+m) \\ \frac{p^2}{(1-p)^2 (1-p)^{m'-1}} b_{0,0} & i = m'+m \end{cases} \quad (4)$$

마르코프 체인의 규칙성에 따라 각 $k \in (0, W_i-1)$ 에 대해서 $b_{i,k}$ 는 다음과 같은 관계식을 갖는다.

$$b_{i,k} = \frac{W_i - k}{W_i} \begin{cases} (1-p)(b_{0,0} + b_{1,0}), & (i = 0) \\ \frac{1}{1-p} b_{i-1,0}, & (0 < i < m') \\ p \sum_{j=0}^{m'-1} b_{j,0} + p b_{m'+m,0}, & (i = m') \\ b_{i-1,0}, & (m' < i \leq m'+m) \end{cases} \quad (5)$$

식(4)를 이용하여 식(5)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$b_{i,k} = \frac{W_i - k}{W_i} b_{i,0} \quad i \in (0, m'+m), \quad k \in (0, W_i - 1) \quad (6)$$

따라서 식(4)와 식(6)에 의해서 $b_{i,k}$ 의 모든 값들은 $b_{0,0}$ 와 조건부 충돌확률 p 의 함수로 표현된다. 마지막으로 $b_{0,0}$ 는 모든 구간에서의 확률값을 더하면 1이 된다. 이는 조건을 이용하여 구하면 식(7)과 같다.

$$1 = \sum_{i=0}^{m'+m} \sum_{k=0}^{W_i-1} b_{i,k} = \sum_{i=0}^{m'+m} b_{i,0} \frac{W_i + 1}{2} \quad (7)$$

식(7)에서 $b_{i,0}$ 는 식(4)를 사용하여 산출할 수 있으며, W_i 는 IEEE 802.11b 표준에 의하면 DSSS인 경우 $m' = 5, m = 7$ 이며, 다음과 같다.

$$W_i = \begin{cases} 2^i W_0 & i \leq m' \\ 2^{m'} W_0 & i > m' \end{cases} \quad (8)$$

여기서, $i(i \in [0, m'+m])$ 는 백오프 스테이지, m 은 재전송 회수를 나타낸다. $W_0 = CW_{\min}$ 는 최소 경쟁원도우 크기, $2^m W_0 = CW_{\max}$ 는 최대 경쟁원도우 크기, $m' = \log_2(CW_{\max}/CW_{\min})$ 는 백오프 스테이지의 개수를 나타낸다. 식(7)에 식(4)와 식(8)를 대입하여 정리하면 식(9)와 같다.

$$b_{0,0} = \frac{2(1+p)(1-p^2)(1-p)^{m'-1}}{(1+p)(1-p^2)\{W(1-p)^{m'-1} + 1\} - 2Wp(1-p^2)\{(1-p)^{m'-1} - 2^{m'-1}\} + (m+p-1)p(1+p)(2^{m'}W+1)} \quad (9)$$

스테이션이 패킷 전송을 시도할 확률 τ 는 $b_{i,0} (i \in [0, m' + m])$ 에 있을 확률을 모두 더하면 되므로 τ 는 식(10)과 같다.

$$\tau = \sum_{i=0}^{m'+m} b_{i,0} = \frac{1+p(m-1)}{(1-p^2)(1-p)^{m'-1}} b_{0,0} \quad (10)$$

하나의 전송 패킷이 충돌할 확률 p 는 나머지 $(n-1)$ 개의 스테이션 중에서 적어도 하나 이상이 전송을 시도할 확률과 같으며 다음 식과 같이 표현된다.

$$p = 1 - (1-\tau)^{n-1} \quad (11)$$

식(10)과 식(11)은 두 개의 미지수를 갖는 비선형 시스템이며, 수치해석적인 방법을 이용하여 해를 구할 수 있다.

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.

$$P_{tr} = 1 - (1-\tau)^n \quad (12)$$

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

$$P_s = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{P_{tr}} = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{1 - (1-\tau)^n} \quad (13)$$

$E[P]$ 를 평균 패킷 크기라고 하면, 성공적으로 패킷을 전송하는데 소요되는 슬롯시간의 평균은 $P_{tr}P_sE[P]$ 로 나타낼 수 있다. 슬롯이 비어 있을 확률은 $1 - P_{tr}$, 전송에 성공할 확률은 $P_{tr}P_s$, 충돌이 발생할 확률은 $P_{tr}(1 - P_s)$ 이다. 정규화 수율 S 는 전송성과 충돌, 그리고 백오프 시간이 차지하는 시간과 페이로드 전송시간의 비율로 정의할 수 있으므로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S = \frac{P_s P_{tr} E[P]}{(1 - P_{tr})\sigma + P_{tr} P_s T_s + P_{tr} (1 - P_s) T_c} \quad (14)$$

여기서 T_s 는 패킷을 성공적으로 전송하는 데 소요되는 평균 시간이며, T_c 는 패킷 충돌에 의해 낭비되는 평균 시간을 나타낸다. σ 는 빈 슬롯시간의 길이이다.

패킷의 헤더를 $H = PHY_{hdr} + MAC_{hdr}$ 로 나타내고 δ 를 전파지연이라고 하면 기본액세스 방식에서 성공적으로 전송한 패킷의 평균시간 T_s 와 충돌에 의해 소비된 평균시간 T_c 는 식(15)와 같다.

$$\begin{aligned} T_s &= H + E[P] + SIFS + \delta + ACK + DIFS + \delta \\ T_c &= H + E[P] + DIFS + \delta \end{aligned} \quad (15)$$

III. 시뮬레이션 및 성능 평가

해석적 모델의 평가와 시뮬레이션 수행에 필요한 시스템 파라미터는 IEEE 801.11b DSSS(Digital Sequence Spread Spectrum)를 가정하였으며, [표 1]과 같다[1]. 패킷 크기를 8184bit로 고정하였고 채널 속도는 2Mbps로 가정하였다. 또한 경쟁윈도우의 최소값(CW_{min})과 최대값(CW_{max})은 각각 32, 1024로 하고 재전송 한계값 m 은 7로 설정하였다. 각 스테이션은 항상 전송할 데이터를 가지고 있는 포화상태를 가정하였으며, 전송에러에 의한 재전송은 고려하지 않았다.

표 1. 시스템 파라미터(802.11 DSSS)

파라미터	값
Packet payload	8184 bits
MAC overhead	272 bits
PHY header	128 bits
ACK	112bit + PHY header
RTS	160bit + PHY header
CTS	112bit + PHY header
채널속도	2 Mbps
전파지연시간	1 μ sec
Slot Time	20 μ sec
SIFS	10 μ sec
DIFS	50 μ sec
CWmin	32
CWmax	1024
ACK_Timeout, CTS_Timeout	300 μ sec
재전송 한계값(m)	7

시뮬레이션은 SLAM II을 사용해서 Event-Driven 방식으로 구현하였으며[12], 시뮬레이션 수행은 seed number를 변경하면서 10회의 결과에 대한 평균값을 사용하였다.

[그림 3]은 기본 액세스 방식인 경우 스테이션의 수의 증가에 따른 포화수율(Saturation Throughput)을 802.11 DCF의 BEB와 제안하는 백오프 알고리즘을 비교하여 나타낸 그래프이다. 여기서 기호는 시뮬레이션 결과를, 실선은 해석적인 결과를 나타낸다. 먼저 해석적인 모델은 시뮬레이션 결과와 매우 정확하게 일치함을 보여주고 있으며, 제안 알고리즘의 포화수율이 802.11 DCF(BEB 알고리즘)에 비해 높음을 알 수 있다. 또한 802.11 DCF인 경우 스테이션 수가 증가할수록 포화수율이 급격히 감소하지만, 제안 알고리즘의 수율은 상대적으로 서서히 감소한다. 그 원인은 식(14)로부터 설명할 수 있다.

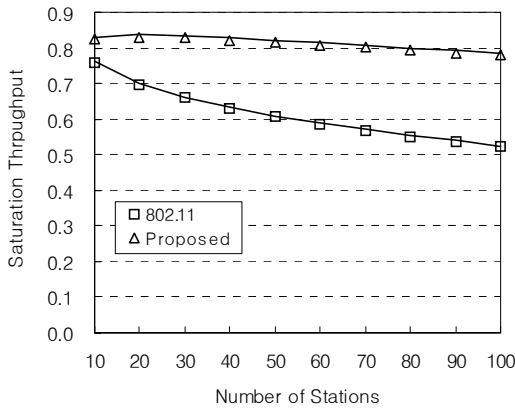


그림 3. 기본 액세스에서의 포화수율

식(14)의 분모와 분자를 $P_{tr}P_s$ 로 나누고 정리하면 다음과 같다.

$$S = \frac{P_s P_{tr} E[P]}{(1 - P_{tr})\sigma + P_{tr} P_s T_s + P_{tr} (1 - P_s) T_c} \quad (16)$$

$$= \frac{E[P]}{T_s + \sigma \frac{1 - P_{tr}}{P_s P_{tr}} + T_c \left(\frac{1}{P_s} - 1 \right)}$$

식(16)의 분모는 하나의 패킷을 성공적으로 전송하는

데 채널 상에서 소비하는 시간의 평균을 나타낸다. 이것은 3가지 구성요소로 이루어져 있는데, 식(16) 분모의 첫 번째 항인 T_s 는 하나의 패킷을 성공적으로 전송하는데 소요되는 시간이며, 식(15)를 이용하면, $T_s = 4482$ 이다. 두 번째 항은 액세스 방식과는 무관하며, 패킷의 성공적인 전송 당 채널이 유희인 시간의 양을 나타낸다. 여기서 $1/(P_{tr}P_s)$ 는 전송에 성공할 때까지 소비하는 슬롯타임의 평균 개수를 의미한다. 이러한 슬롯타임 중에 $(1 - P_{tr})$ 부분은 비어있고, 각 빈 슬롯타임의 길이는 σ 이다. 세 번째 항은 충돌에 의해 채널에서 소비되는 시간을 나타낸다. $(1/P_s - 1)$ 는 전송성공 당 평균 충돌수를 나타내고, 여기에 T_c 를 곱하면 충돌에 의해 소비되는 시간을 나타낸다. 그림 4에는 기본 액세스인 경우, 식(16) 분모의 두 번째 항과 세 번째 항을 슬롯타임의 길이 σ 로 정규화하여 나타내었다.

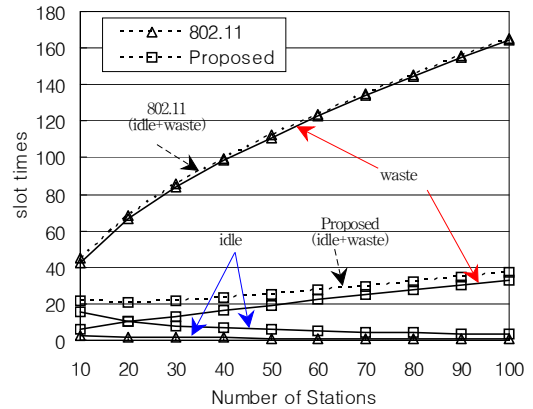


그림 4. 패킷 전송 성공 당 평균 Idle 슬롯타임과 충돌에 의해 낭비되는 평균 슬롯타임 개수

[그림 3]에 의하면 기본 액세스인 경우 제안 알고리즘의 포화수율이 IEEE 802.11 DCF에 비해 높는데, 그 이유는 [그림 4]에서 설명 가능하다. 즉, IEEE 802.11 DCF는 스테이션의 개수가 증가함에 따라 Idle 시간은 매우 완만하게 감소하지만, 충돌에 의해 낭비되는 시간은 매우 급격하게 증가한다. 이에 비해 제안 알고리즘은 스테이션의 개수가 증가함에 따라 Idle 시간은 완만하게 감소하며, 충돌에 의해 낭비되는 시간도 상대적으로 완만하게 증가한다. 따라서 Idle 시간과 충돌에 의해

낭비되는 시간의 합(idle+waste)은 IEEE 802.11 DCF가 제안 알고리즘보다 매우 크므로 제안 알고리즘의 포화수율이 IEEE 802.11 DCF보다 높게 나타나는 이유가 된다. 따라서 충돌확률을 줄이는 것이 백오프 알고리즘의 포화수율을 높일 수 있는 방안을 알 수 있다.

포화수율과 초기경쟁윈도우 간의 연관성을 조사하기 위해 기본액세스 방식인 경우 W_0 의 변화에 따른 포화수율의 변화를 $n=10, 20, 50$ 인 경우에 대해 그림 5에 나타내었다. 여기서 백오프 스테이지 개수는 m' 은 W_0 에 따라 다르며, 최대 재전송 회수는 $m=7$ 로 가정하였다. [그림 5]에서 보면 포화수율은 W_0 와 매우 밀접하게 연관되어 있음을 보여주고 있으며, 최적의 W_0 값은 스테이션의 개수에 따라 다르다. 예를 들어, IEEE 802.11 DCF인 경우 스테이션의 개수가 증가함에 따라 수율은 증가하다가 감소한다. 이에 비해 제안 알고리즘인 경우에는 $W_0 \leq 128$ 까지는 수율은 스테이션의 개수에 민감하지 않음을 알 수 있다. $W_0 \leq 1024$ 인 경우 IEEE 802.11 DCF와 제안 알고리즘의 포화수율이 같은데, 이는 제안 알고리즘에서 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 CW_{max} 로 증가시켰기 때문이다.

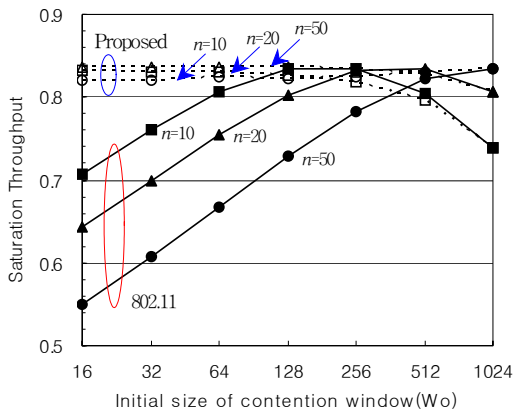


그림 5. 초기 경쟁윈도우 크기에 따른 포화수율

식(9)~식(11)에서 τ 는 스테이션 개수 n , 시스템 파라미터인 m' , W_0 에 따라 다르다는 것을 보여주고 있다. IEEE 802.11 표준에서 m' 과 W_0 는 물리계층(PHY)에서 고정된 값이고, n 은 직접적으로 제어할 수 있는 파라미터

가 아니다. [그림 6]에는 기본액세스 방식인 경우 스테이션의 개수 n 의 변화에 따른 최대 재전송 회수 m 의 변화를 나타내었다. IEEE 802.11 DCF인 경우, $m=3$ 이면 수율에 큰 영향을 주고 있으며, $m=5$ 이상이면 영향은 상대적으로 작다. 반면에 제안 알고리즘인 경우에는 m 에 따른 영향이 크지 않음을 알 수 있어서 제안 알고리즘의 우수성을 확인할 수 있었다.

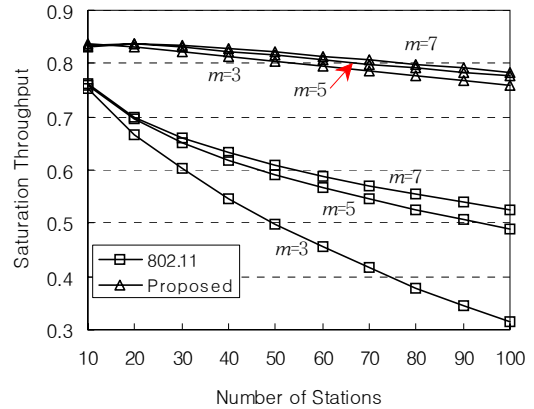


그림 6. 최대 재전송 회수에 따른 포화수율

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 IEEE 802.11 DCF에서 성공적인 패킷 전송 후에 경쟁윈도우를 CW_{min} 으로 급격히 감소시키는 것에 따라 성능이 떨어지는 문제점을 개선하기 위해 충돌이 발생하면 경쟁윈도우를 CW_{max} 로 증가시키고, 패킷 전송에 성공하면 경쟁윈도우를 반으로 감소하는 알고리즘을 제안하고 이를 해석적으로 분석하였다. 제안한 알고리즘은 시뮬레이션 결과와 일치함을 알 수 있었고, 기존 IEEE 802.11 DCF보다 포화수율 관점에서 성능이 우수함을 확인하였으며, 충돌확률을 줄이는 것이 백오프 알고리즘의 포화수율을 높일 수 있는 방안을 알 수 있었다.

초기경쟁윈도우와 포화수율 간의 연관성도 조사하였다. IEEE 802.11 DCF인 경우 스테이션의 개수가 증가함에 따라 수율은 증가하다가 감소하지만, 이에 비해 제안 알고리즘인 경우에는 $W_0 \leq 128$ 까지는 수율은 스

테이션의 개수에 민감하지 않음을 알 수 있었다. 또한 제안 알고리즘에서 최대 재전송 회수 m 의 영향은 크지 않지만 기존 IEEE 802.11 DCF는 그 영향이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 결론적으로 제안하는 백오프 알고리즘은 IEEE 802.11 DCF의 BEB보다 성능이 우수함을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] IEEE standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Std: 802.11b-1999 /Cor 1-2001, 2001.

[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," Proc. of IEEE GLOBECOM, Vol.2, pp.950-954, 2003(12).

[4] N. Song, B. Kwak, J. Song, and L. E. Miller, "Enhancement of IEEE 802.11 distributed coordination function with exponential increase exponential decrease backoff algorithm," Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference, Vol.4, pp.2775-2778, 2003(4).

[5] V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, "MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LAN's," Proc. of SIGCOMM'94, pp.212-225, 1994.

[6] W. K. Kuo and C. C. Jay Kuo, "Enhanced backoff scheme in CSMA/CA for IEEE 802.11," Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference, Vol.5, pp.2809-2813, 2003(10).

[7] H. Wu, S. Cheng, Y. Peng, K. Long, and J. Ma, "IEEE 802.11 Distributed Coordination Function (DCF): Analysis and Enhancement," Proc.

ICC2002, New York, pp.605-609, 2002.

[8] Q. Ni, I. Aad, C. Barakat, and T. Turletti, "Modeling and analysis of slow CW decrease IEEE 802.11 WLAN," Proc. of PIMRC 2003, Vol.2, pp.1717-1721, 2003(9).

[9] V. Vitsas, "Throughput analysis of linear backoff scheme in wireless LANS," Electronics Letters, Vol.039, No.1, pp.99-100, 2003.

[10] C. Wang, B. Li, and L. Li, "A New Collision Resolution Mechanism to Enhance the Performance of IEEE 802.11 DCF," IEEE Transaction on Vehicular Technology, Vol.53, No.4, pp.1235-1246, 2004(7).

[11] I. Vukovic and N. Smavatkul, "Delay Analysis of Different Backoff Algorithms in IEEE 802.11," Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference(VTC), Vol.7, pp.4553-4557, 2004(9).

[12] A. Alan and B. Pritsker, "Introduction to Simulation and SLAM II," John Wiley & Sons, 1986.

저 자 소 개

임 석 구(Seog-Ku Lim)

중신회원



- 1983년 2월 : 한국항공대학교 전 자공학과(공학사)
- 1987년 2월 : 서울대학교 전자공 학과(공학석사)
- 1999년 2월 : 한국항공대학교 전 자공학과(공학박사)

- 1987년 1월 ~ 1992년 2월 : LG전자 중앙연구소
 - 1992년 2월 ~ 1994년 2월 : 한국전자통신연구원
 - 1994년 3월 ~ 2001년 2월 : 주성대학
 - 1994년 7월 ~ 2008년 4월 : 한국전자통신연구원 초 빙연구원
 - 2001년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부
- <관심분야> : 트래픽 엔지니어링, 시뮬레이션, 이동 통신시스템 성능분석, BcN, WLAN