

# IEEE 802.11 무선 LAN에서 처리율 향상을 위한 백오프 방식

(A Backoff Scheme to Improve Throughput over IEEE  
802.11 Wireless LANs)

장길웅<sup>†</sup>

(Kil-Woong Jang)

**요약** 본 논문은 무선 LAN(Local Area Network) 상에서 단말간에 전송되는 트래픽의 처리율을 향상하기 위한 새로운 백오프 방식을 제안한다. 제안된 백오프 방식은 사용 중인 서비스 영역의 정보 중 하나인 단말의 수를 이용하여 충돌이 증가함에 따라 경쟁 윈도우를 변화시켜 백오프 절차를 수행한다. 본 논문에서는 제안된 백오프 방식을 분석하기 위해 마코프 모델을 이용한 수학적 분석으로 기존의 IEEE 802.11e 백오프 방식과 비교 분석한다. 수치적 결과에서 제안된 백오프 방식이 처리율에서 기존의 백오프 방식보다 성능이 우수함을 보여준다.

**키워드** : 백오프, 무선 랜, 마코프 모델, 처리율

**Abstract** This paper proposes a new backoff scheme to improve the throughput of stations over wireless local area networks. It is designed to carry out the proposed backoff scheme using information of basic service area, such as number of stations, in terms of the throughput. Basic idea of the proposed backoff scheme is that we change the contention window size for backoff time as collisions increase. We evaluate the performance of the proposed backoff scheme using Markov model analysis and compare it with the IEEE 802.11e backoff scheme. The numerical results indicate that the proposed backoff scheme may offer better performance than the conventional backoff scheme in terms of the throughput.

**Key words** : backoff, wireless local area network, Markov model, throughput

## 1. 서론

현재, 네트워크를 이용하는 사용자들은 빠른 전송 속도를 요구함과 동시에 언제 어디서나 사용할 수 있는 이동성 서비스를 요구한다. 또한, 무선 LAN 시장이 커짐에 따라 서비스 제공 업체에서는 보다 향상된 서비스를 가입자에게 제공하려고 한다. 전세계적으로 무선 LAN을 표준화하기 위해 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 각각 IEEE 802.11 [1,2]과 HIPERLAN(High Performance Radio LAN) Type 2 [3]를 규격화하였다.

특히, IEEE 802.11에서 효율적인 매체를 사용하기 위한 매체접근방식으로써 두 가지 방식을 제공한다. 기본

적으로 단말간에 경쟁을 해서 전송권을 획득하는 DCF(Distributed Coordination Function) 방식을 지원하고, 선택적으로 AP(Access Point)에서 폴링 방식을 이용한 PCF(Point Coordination Function) 방식을 사용한다. 경쟁 방식인 DCF는 기존의 무선 LAN에서 사용하는 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 방식을 변형한 방식으로 무선이라는 매체 특성상 충돌을 감지하기 어렵기 때문에 충돌을 회피하는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식을 사용한다. 폴링 방식을 사용하는 PCF는 실시간 데이터 전송이 필요한 단말에 대해서 충돌을 피하고 빠른 전송을 위한 방법으로 AP에서 폴링 테이블을 이용하여 라운드 로빈 방식으로 수행된다. 그러나, PCF는 충돌이 발생하지 않는다는 장점은 있지만 중앙 집중 방식을 사용하므로 성능이 많이 떨어진다는 단점을 가진다[4,5].

CSMA/CA 방식에서 데이터를 전송하고자 하는 단말

<sup>†</sup> 종신회원 : 한국해양대학교 수리정보반도체물리학부 교수  
jangkw@bada.hhu.ac.kr

논문접수 : 2003년 8월 7일

심사완료 : 2003년 11월 25일

은 현재 위치하고 있는 서비스 영역에서 다른 단말이 데이터를 전송하지 않는 상태에서 전송이 가능하다. 전송하고자 하는 단말은 경쟁 윈도우(Contention Window: CW)를 설정하게 되고 경쟁 윈도우 내에서 임의의 타임 슬롯을 선택한다. 이를 백오프 타임이라고 부른다. 이 중에서 가장 짧은 백오프 타임을 가진 단말이 전송권을 획득하게 되고, 나머지 단말들은 남은 백오프 타임을 중지하고 전송하는 단말이 전송 완료될 때까지 대기한다. 전송이 완료된 후에는 각 단말들은 다시 남은 백오프 타임을 가지고 경쟁을 하게 된다.

현재 표준화된 IEEE 802.11 프로토콜은 모든 트래픽에 대하여 같은 조건 하에서 경쟁에 의해서 전송하게 된다. 따라서, 서로 우선순위가 다른 트래픽에 대해서 서비스 품질(Quality of Service: QoS)을 보장하지 못한다는 단점이 발생된다. 일반적으로 모든 단말이 DCF 방식에서는 공유 매체에서 전송권을 획득하기 위해 경쟁방식을 채택함으로써 전송 대기과 전송 충돌에 의한 전송 지연 시간이 늘어나고 처리율이 떨어진다. 본 논문에서는 트래픽 특성에 따라 경쟁 윈도우의 크기를 변화 시킴으로써 트래픽에 대한 처리율을 높이기 위한 백오프 방식을 제안한다.

**2. IEEE 802.11e 백오프 방식**

IEEE에서는 무선 LAN을 크게 두 부분으로 표준화 중이다. 즉, 최대 54 Mbps로 전송하는 IEEE 802.11a와 11 Mbps로 전송하는 IEEE 802.11b로 구분된다. 이 두 가지 표준은 경쟁 방식을 이용하는 DCF 방식을 필수적으로 지원하고, 폴링 방식인 PCF 방식을 선택적으로 사용한다. 그러나, 두 방식 모두 트래픽 우선순위와 같은 트래픽 특성에 따른 차별 전송을 지원하지 않는다. 모든 데이터를 똑같은 우선순위에 두고 전송을 함으로써 실시간 트래픽과 같은 시간에 민감한 트래픽에 대해서는 서비스 품질을 보장하지 못한다. 이러한 단점을 극복하기 위해 IEEE에서는 서비스 품질을 보장하는 IEEE 802.11e를 표준화 작업 중에 있다. IEEE 802.11e 표준

에서는 차별화 된 서비스를 제공할 수 있는 단말(QoS Station: QSTA)과 액세스 포인트(QoS Access Point: QAP)를 정의하고, 각 트래픽은 우선순위를 가지며 경쟁하는 EDCF(enhanced DCF) 방식을 사용한다. 각 트래픽에 부여되는 우선순위는 IEEE 802.1d에 권고된 우선순위에 따라 적용되며 총 8개로 구분된다[6]. 기본적으로 우선순위 7이 가장 높은 우선순위를 가지며, 우선순위 2가 가장 낮은 우선순위를 가진다. 우선순위 0은 베스트 에포트(best effort) 트래픽에 적용되며, 우선순위 1은 여분(spare)으로 남겨둔다. 우선순위 0과 1은 우선순위 2와 3사이에 위치하며, 전체 우선순위는(7, 6, 5, 4, 3, 0, 1, 2) 순서로 이루어진다.

하나의 QSTA 내에서는 우선순위에 따라 다른 출력 큐를 가지며, 각 출력 큐는 EDCF의 규칙에 따라 동작을 하게 된다. 각 출력 큐는 기존의 IEEE 802.11에서 사용된 DIFS(DCF Interframe Space) 대신에 각 우선순위에 따라 서로 다른 AIFS(Arbitration Interframe Space)를 사용하여 트래픽을 전송한다. 또한, QSTA내에서 같은 시간에 서로 다른 우선순위를 가진 트래픽을 전송해야 될 경우에는 우선순위가 높은 트래픽부터 전송함으로써 단말 내에서의 충돌을 방지한다. 그림 1은 IEEE 802.11e의 EDCF에서 트래픽을 전송하기 위한 접근 방식을 나타낸다.

백오프는 다음과 같은 상황에서 발생한다. 단말에서 프레임 전송할 경우 전송 충돌이 발생하여 재전송이 필요한 경우에 사용된다. 백오프를 시작하기 위해 단말은 식 (1)을 이용하여 임의의 백오프 시간을 백오프 타임에 설정한다.

$$T_b[i] = Random(i) \times SlotTime \tag{1}$$

여기서  $Random(i)$ 는 균등분포 (uniform distribution)를 사용하여 0과  $CW[i]$  사이의 임의의 정수를 발생하는 함수이다.  $CW[i]$ 는 최소 경쟁 윈도우  $CW_{min}[i]$  과 최대 경쟁 윈도우  $CW_{max}[i]$  사이의 경쟁 윈도우이고,  $i$ 는 트래픽 우선순위를 나타낸다.

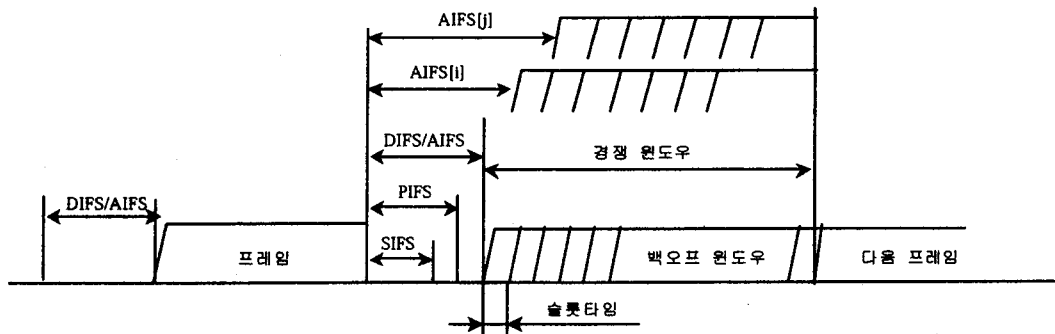


그림 1 IEEE 802.11e에서 EDCF를 이용한 접근 방식

충돌이 날 때마다 새로운 경쟁 윈도우  $CW_{new}[i]$  이전 윈도우  $CW_{old}[i]$ 를 이용하여 식 (2)를 이용하여 계산된다.

$$CW_{new}[i] = ((CW_{old}[i] + 1) \times PF) - 1 \quad (2)$$

여기서  $PF$ 는 IEEE 802.11e 표준에 정의된 절차에 따라 계산된다[2].  $CW_{min}[i]$ 과  $AIFS[i]$ ,  $PF$  값은 관리 프레임인 QoS parameter set element를 이용하여 QAP에서 전송된다.

### 3. 제안된 백오프 방식

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 LAN 상에서 트래픽에 대한 처리율을 높이기 위한 새로운 백오프 방식을 제안한다. 제안된 백오프 방식은 QoS를 제공하는 서비스 지역(QoS Basic Service Set: QBSS)에서 단말의 수에 따라 경쟁 윈도우의 크기를 재설정하여 프레임을 재전송을 한다. IEEE 802.11e 표준에서는 QSTA를 지원하기 위해 관리 프레임을 정의하고 있다. 이 프레임 중에 QBSS load element 관리 프레임은 현재 QBSS 내의 단말 수에 대한 정보를 가진다. QBSS load element 관리 프레임의 Station Count 필드는 QBSS내에서 QoS를 지원하지 않는 단말(station: STA)과 QSTA의 총 수를 나타낸다. 각 QBSS내의 QAP는 이 프레임의 정보를 이용하여 현재 전송상태를 알 수 있다.

제안된 백오프 방식을 설명하기 위해 전송 트래픽을

실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 가정하여 백오프 방식에 적용한다. 실시간 트래픽은 IEEE 802.11d에 정의된 우선순위 7, 6, 5, 4를 가진 트래픽으로 가정하고, 비실시간 트래픽은 우선순위 3, 0, 1, 2을 가진 트래픽으로 가정한다. 이 때, 각 단말의 트래픽 우선순위는 IEEE 802.11e의 관리 프레임인 Traffic Specification element 프레임을 사용하여 구분된다.

제안된 백오프 방식의 절차는 다음과 같다. 우선, 제안된 방식은 전송하려는 단말이 QoS를 지원하는지를 식별한다. 만일 단말이 QoS를 지원하지 못하는 단말일 경우 기존의 IEEE 802.11의 백오프 방식을 적용한다. 즉, 최소 경쟁 윈도우 크기를 사용하여 백오프를 시작하여 충돌이 발생할 때마다 최대 경쟁 윈도우가 될 때까지 2의 지수승으로 증가한다. 단말이 QoS를 지원하는 단말일 경우 제안된 백오프 방식을 수행한다. 전송하려는 트래픽이 실시간 트래픽이면 임계치 ( $\phi$ )를 설정하여 임계치에 따라 두 가지 상태로 동작한다. 본 논문에서는 두 가지 상태를 IDLE상태와 BUSY상태로 정의한다. 경쟁하는 단말의 수가 임계치보다 낮을 경우 IDLE상태로 정의하고, 높을 경우 BUSY상태로 정의한다. IDLE 상태에서는 백오프 절차동안 전송지연을 줄이기 위해 실시간 트래픽과 같은 우선순위가 높은 단말에서는 기본  $PF$ 값보다 작은  $PF$ 값을 설정한다. 전송지연을 낮춤으로써 처리율을 증가시킨다. 그러나 트래픽이 증가할 경우 경쟁 윈도우가 작을 경우 충돌이 발생할

표 1 제안된 백오프 방식

INPUT	
• $R_c$	// Retransmission count
• $R_m$	// Maximum retransmission count
• $P_r$	// Priority
• $n$	// Number of active stations
• $\phi$	// Threshold
• $CW_{min}$ , $CW_{max}$	
• Default PF	
OUTPUT	
• $CW_{new}$	
PROCEDURE	
1	if (IsQSTA() == True) // if a station is QSTA
2	if ( $R_c > 1$ ) // if retransmission
3	if ( $R_c \leq R_m$ )
4	if ( $CW_{old} < CW_{max}$ ) {
5	if ( $P_r == \text{Real-time Traffic}$ )
6	if ( $n < \phi$ ) Set $PF$ ; // $PF < \text{Default PF}$
7	else Set $PF$ ; // $PF > \text{Default PF}$
8	else Set $PF = \text{Default PF}$ // for a non-real-time traffic
9	$CW_{new} = ((CW_{old} + 1) * PF) - 1$ ; }
10	else $CW_{new} = CW_{max}$ ;
11	else Discard Packet; // if over $R_m$
12	else $CW_{new} = CW_{min}$ // if first transmission
13	else IEEE 802.11 backoff procedure; // if a station is not QSTA

확률이 높아지고 동시에 처리율이 떨어진다. 즉, BUSY 상태에서는 PF값을 증가시킴으로써 경쟁 윈도우의 크기를 증가시킨다. 충돌을 줄임으로써 처리율을 증가시킨다. 표 1은 제안된 백오프 방식의 절차를 나타낸 것이다. 제안된 백오프 방식의 특징은 다음과 같다.

- 1) 제안된 백오프 방식의 중요한 특징은 QBSS내에서 전송 상태에 따라 경쟁 윈도우의 크기를 변화시킨다. 즉, 충돌이나 전송 에러에 의해 트래픽 수가 증가하거나 전송 실패율이 증가할 경우, 실시간 트래픽에 대하여 경쟁 윈도우의 크기를 재설정함으로써 비실시간 트래픽보다 우선적으로 선택이 될 수 있도록 백오프 시간을 조정한다.
- 2) 제안된 백오프 방식은 기존의 IEEE 802.11 표준을 수정 없이 사용 가능하다. 실시간 트래픽에 대하여 향상된 처리율을 지원함과 동시에, 제안된 백오프 방식을 수행함에 있어 기존의 IEEE 802.11e 표준에 정의된 관리 프레임들을 그대로 지원한다.

#### 4. 성능 분석

이 장에서는 제안된 백오프 방식에 대한 성능 분석을 위해 마코프 모델을 사용하여 처리를 관점에서 분석한다. IEEE 802.11 백오프 방식의 성능 분석을 위한 마코프 모델이 기존의 논문에서 제시되었다[7-9]. 본 논문에서도 제안된 백오프 방식의 정확한 분석을 위해 기존의 마코프 모델을 기반으로 하여 제안된 방식에서 변화된 내용을 기존 모델에서 수정하여 재사용하였다. 그림 2는

제안된 백오프 타임에 대한 마코프 체인을 나타낸다. 제안된 마코프 체인은 포화상태(saturation condition)에서 동작한다. 여기서, 포화상태란 각 단말의 전송 큐가 항상 비워있지 않은 상태를 말한다.

우선 백오프 방식의 분석을 위한 마코프 모델은 2차원 요소로 이루어진다. 첫번째 요소는 특정 시간  $t$ 에서 단말의 재전송 단계를 나타내며, 두 번째 요소는 특정 시간  $t$ 에서 단말의 남은 백오프 시간을 나타낸다. 여기서는 각각  $c(t)$ 와  $s(t)$ 로 표기한다. 이 때  $c(t)$ 의 최대 크기는 최대 재전송 단계가 되며,  $m$ 으로 표기한다. 전송된 프레임에서 충돌이 일어날 확률을  $P_c$ 로 두었을 때, 두 요소  $\{c(t), s(t)\}$ 는 전이 확률을 가진 이산 마코프 체인을 이룬다. 이 때  $P_c$ 는 상수 값을 가지고 독립적인 확률을 가진다. 이 마코프 체인에서  $P(i_i, j_i | i_0, j_0) = P(c(t+1)=i_i, s(t+1)=j_i | c(t)=i_0, s(t)=j_0)$ 로 둔다.

위 가정 하에서 마코프 체인에 대한 설명은 다음과 같다. 매체상에 전송되는 프레임이 없을 경우 백오프 절차에 있는 단말이 백오프 타임을 1씩 줄이는 부분은 식 (3)과 같다.

$$P(i, j | i, j+1) = 1 \quad (0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq W_i - 2) \quad (3)$$

성공적으로 프레임이 전송되면 새로운 프레임은 첫번째 백오프 절차를 시도하게 된다. 첫번째 백오프 단계는 마코프 체인의  $s(t)$ 의 범위  $(0, W_0-1)$ 에서 백오프는 일정한 확률로 선택된다. 이 상태를 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

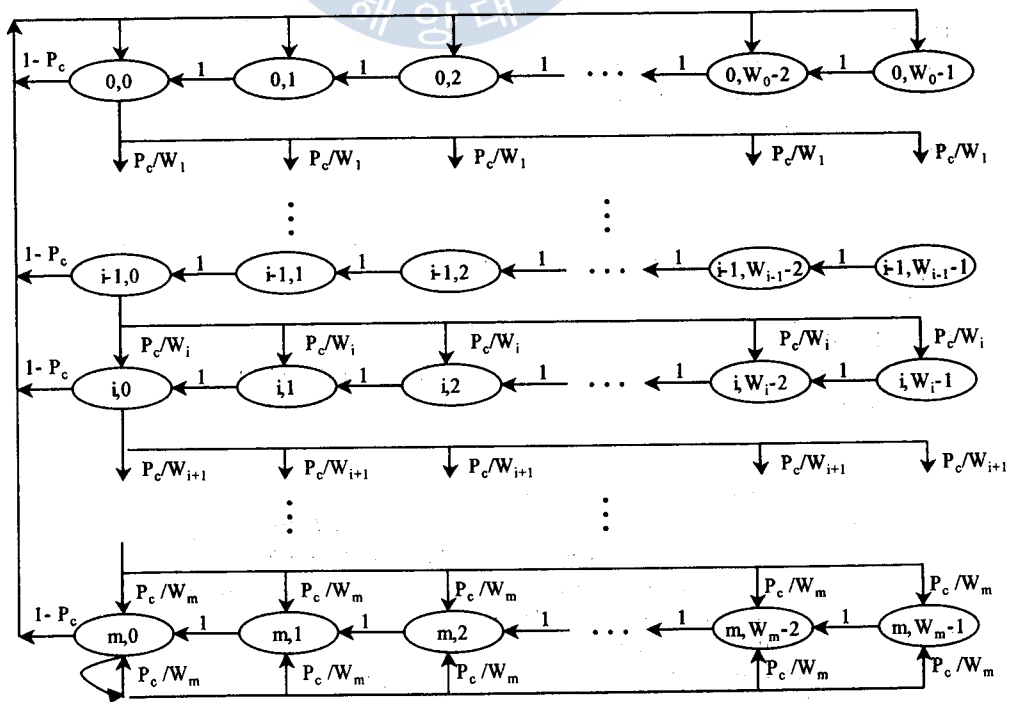


그림 2 제안된 백오프 방식에 대한 마코프 체인

$$P\{0, j | i, 0\} = \frac{1 - P_c}{W_0} \quad (0 \leq i \leq m, \quad 0 \leq j \leq W_0 - 1) \quad (4)$$

프레임 전송이 백오프 단계  $i-1$ 에서 실패했을 때, 새로운 백오프 초기값이 마코프 체인  $s(t)$ 의 범위  $(0, W_i-1)$ 에서 일정하게 선택될 확률은 식 (5)와 같다.

$$P\{i, j | i-1, 0\} = \frac{P_c}{W_i} \quad (1 \leq i \leq m, \quad 0 \leq j \leq W_i - 1) \quad (5)$$

백오프 단계가 최대 재전송 단계인  $m$ 일 때, 전송이 실패할 경우에는 경쟁 윈도우는 최대 백오프 크기를 유지하고, 전송이 성공이 되면 새로운 프레임에 대하여 백오프 절차가 수행된다. 따라서 마코프 체인  $s(t)$ 의 범위  $(0, W_m-1)$ 에서는 식 (6)과 같다.

$$P\{m, j | m, 0\} = \frac{P_c}{W_m} \quad (0 \leq j \leq W_m - 1) \quad (6)$$

본 논문에서는 마코프 체인의 모든 상태에 대한 평형 상태의 분포를 식 (7)과 같이 표현한다.

$$c_{i,j} = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{c(t) = i, s(t) = j\} \quad (0 \leq i \leq m, \quad 0 \leq j \leq W_i - 1) \quad (7)$$

마코프 체인의 규칙성을 이용하여 마코프 체인에 대한 평형 방정식을 구할 수 있다.

$$c_{i,0} = P_c c_{i-1,0} \rightarrow c_{i,0} = P_c^i c_{0,0} \quad (0 < i < m) \quad (8)$$

$$P_c c_{m-1,0} = (1 - P_c) c_{m,0} \rightarrow c_{m,0} = \frac{P_c^m}{1 - P_c} c_{0,0}$$

마코프 체인  $s(t)$ 의 범위  $(1, W_i-1)$ 에서의 평형 방정식은 다음과 같다.

$$c_{i,j} = \frac{W_i - j}{W_i} \begin{cases} (1 - P_c) \sum_{k=0}^m c_{k,0} & (i=0) \\ P_c c_{i-1,0} & (0 < i < m) \\ P_c (c_{m-1,0} + c_{m,0}) & (i=m) \end{cases} \quad (9)$$

식 (9)에서 재전송 횟수가 0일 때 상태 확률은 식 (8)을 이용하여 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{k=0}^m c_{k,0} = \sum_{k=0}^m P_c^k c_{0,0} = \frac{1 - P_c^{m+1}}{1 - P_c} c_{0,0} = \frac{1 - P_c^{m+1}}{1 - P_c} c_{0,0} \quad (10)$$

$$c_{i,j} = \frac{W_i - j}{W_i} \left\{ (1 - P_c) \left( \frac{1 - P_c^{m+1}}{1 - P_c} c_{0,0} + \frac{P_c^m}{1 - P_c} c_{0,0} \right) \right\} = \frac{W_i - j}{W_i} c_{0,0} \quad (11)$$

따라서, 식 (9)를 정리하면 다음과 같다.

$$c_{i,j} = \frac{W_i - j}{W_i} c_{0,0} \quad (0 \leq i \leq m, \quad 0 \leq j \leq W_i - 1) \quad (12)$$

일반화 조건을 이용하여 마코프 체인의 첫번째 상태

인  $c_{0,0}$ 를 구할 수 있다.

$$1 = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{W_i-1} c_{i,j} = \sum_{i=0}^m c_{i,0} \sum_{j=0}^{W_i-1} \frac{W_i - j}{W_i} = c_{0,0} \left[ \frac{W_0}{2} \sum_{i=0}^m (PF \cdot P_c)^i + \frac{1 - P_c^{m+1}}{1 - P_c} \right] \quad (13)$$

$$c_{0,0} = \frac{2(1 - PF \cdot P_c)(1 - P_c)}{W_0(1 - (PF \cdot P_c)^{m+1})(1 - P_c) + (1 - PF \cdot P_c)(1 - P_c^{m+1})} \quad (14)$$

식 (14)에서 구해진  $c_{0,0}$ 를 이용하여 마코프 체인의 각 상태에 대한 확률을 구할 수 있다. 하나의 슬롯 타임에서 단말이 전송하는 확률은 다음과 같다.

$$\xi = \sum_{i=0}^m c_{i,0} = \frac{c_{0,0}}{1 - P_c} = \frac{2(1 - PF \cdot P_c)}{W_0(1 - (PF \cdot P_c)^{m+1})(1 - P_c) + (1 - PF \cdot P_c)(1 - P_c^{m+1})} \quad (15)$$

하나의 슬롯 타임에서 전송된 프레임이 충돌이 날 확률은 다음 식 (16)으로 계산된다.

$$P_c = 1 - (1 - \xi)^{n-1} \quad (16)$$

여기서,  $n$ 은 사용중인 단말의 수를 나타낸다. 식 (15)와 (16)을 수치적으로 계산하여  $P_c$ 와  $\xi$ 를 구할 수 있다. 하나의 슬롯 타임 내에서 적어도 한번의 전송이 있을 확률을  $P_t$ 로 두고 하나의 프레임이 성공적으로 전송될 확률을  $P_s$ 로 두었을 때,  $P_t$ 와  $P_s$ 는 다음과 같다.

$$P_t = 1 - (1 - \xi)^n \quad (17)$$

$$P_s = \frac{n\xi(1 - \xi)^{n-1}}{1 - (1 - \xi)^n} = \frac{n\xi(1 - \xi)^{n-1}}{1 - (1 - \xi)^n} \quad (18)$$

하나의 슬롯 타임에 전송되는 프레임 페이로드의 평균길이를  $L_f$ 로 두고, 하나의 슬롯 타임 평균길이를  $L_s$ 이라고 한다면 처리율은 다음과 같이 구해진다.

$$\gamma = \frac{L_f}{L_s} = \frac{P_s P_t L_p}{(1 - P_t)S_t + P_s P_t T_s + (1 - P_s)P_t T_c} \quad (19)$$

여기서,  $L_p$ 는 프레임 평균길이를 나타내고,  $S_t$ 는 빈 슬롯 타임 길이를 나타낸다. 또한,  $T_s$ 는 전송 성공에 따른 평균 채널 사용 시간이며,  $T_c$ 는 충돌에 의한 평균 채널 미사용 시간을 나타낸다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 프로토콜 방식에서 채널 효율을 높이기 위해 사용되는 RTS/CTS(Request to Send/Clear to Send) 방식을 가정한다. 이 경우에는 RTS에서만 충돌이 발생한다. 따라서,  $T_s$ 와  $T_c$ 는 다음과 같은 값을 가진다.

$$T_s = RTS + 3SIFS + 4\delta + CTS + H + L_p + ACK + AIFS[i] \quad (20)$$

$$T_c = RTS + SIFS + 2\delta + AIFS[i] \quad (21)$$

여기서  $H$ 는 PHY 헤더 ( $H_p$ )와 MAC 헤더 ( $H_M$ )를 포함한 프레임 헤더 길이를 나타낸다.

표 2 OFDM 시스템 파라미터

항목	기호	값
전송률	$T_r$	54 Mbps
전송지연시간	$\delta$	$\ll 1 \mu s$
슬롯타임	$S_t$	$9 \mu s$
Short Interframe Space	$SIFS$	$16 \mu s$
DCF Interframe Space	$DIFS$	$34 \mu s$
Arbitration Interframe Space	$AIFS[i]$	$SIFS + PF(7-i) S_t$
MAC 헤더 길이	$H_M$	272 bits
PHY 헤더 길이	$H_P$	128 bits
RTS 길이	$RTS$	288 bits
CTS 길이	$CTS$	240 bits
ACK 길이	$ACK$	240 bits
프레임 길이	$L_P$	4095 bits
최소 경쟁 윈도우	$CW_{min}$	15
최대 경쟁 윈도우	$CW_{max}$	1023

본 논문에서는 제안된 백오프 방식을 성능 분석하기 위해 기존의 IEEE 802.11e 백오프 방식과 비교하였다. 비교 결과를 얻기 위해 IEEE 802.11e 방식도 앞서 기술한 마코프 모델을 이용하였으며, 표 2에서 제시된 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템 파라미터를 사용하여 결과 값을 얻었다. 분석 과정에서 각 단말에 발생하는 트래픽은 일정한 확률로 우선순위를 가진다. 즉, 모든 트래픽 우선순위는 평균 1/8의 확률로 발생한다고 가정하였다. 또한, 전송 프레임의 평균 길이는 4095 bits의 고정 길이를 사용하였다.

그림 3과 4는 IEEE 802.11e와 제안된 백오프 방식에서 수학적 분석으로 나타나는 처리율을 나타낸 것이다. 이 그림에서 사용중인 단말의 수가 증가함에 따라 IEEE 802.11e 방식보다 제안된 백오프 방식이 전반적으로 처리율이 높음을 볼 수 있다. 제안된 백오프 방식은 하나의 임계치( $\phi$ )에 따라 경쟁 윈도우의 크기를 변화시키는 방식을 취하였기 때문에 그림에서 나타나는 것처럼 임계치 부분에서 처리율이 전환되는 것을 볼 수 있다. 또한, 임계치를 중심으로 기존의 IEEE 802.11e

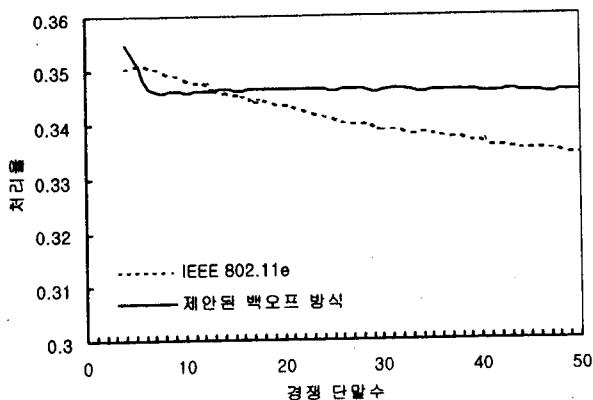


그림 3 처리율 (경우 1,  $\phi=6$ )

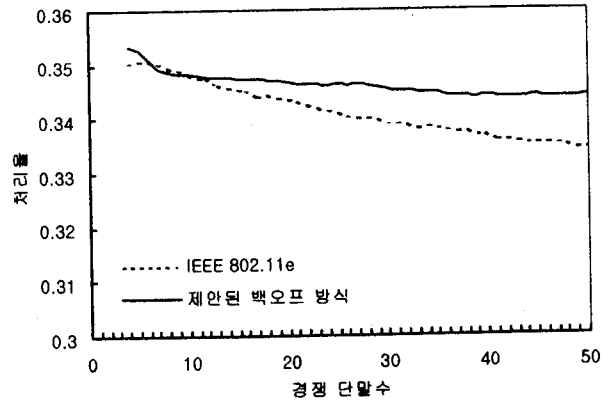


그림 4 처리율 (경우 2,  $\phi=7$ )

방식보다 처리율이 다소 낮아짐을 볼 수 있다.

일반적으로  $PF$  값을 기본  $PF$  값보다 작은 값으로 설정했을 때, 설정된  $PF$ 를 이용한 경쟁 윈도우의 크기는 줄어든다. 따라서, 경쟁하는 단말이 적을 경우에 처리율은 올라가지만 경쟁하는 단말이 많아지면 처리율이 떨어진다. 반대로  $PF$  값을 기본  $PF$  값보다 높은 값으로 설정했을 때, 설정된  $PF$ 를 이용한 경쟁 윈도우의 크기는 늘어난다. 따라서, 경쟁하는 단말이 많을 경우에 처리율은 올라가지만 경쟁하는 단말이 적어지면 처리율이 떨어진다. 따라서, 본 논문에서 적용된 방식은 하나의 임계치를 두고 동적으로 경쟁 윈도우를 변화시켰기 때문에 전환부분에서 기본  $PF$ 를 사용하는 경쟁 윈도우에 비해 처리율이 떨어지는 부분이 발생한다.

제안된 백오프 방식은 QAP에서 적용하는  $PF$  값에 영향을 받는다. 제안된 백오프 방식은 트래픽 종류와 전송 상태에 따라 경쟁 윈도우 크기에 서로 다른  $PF$ 를 적용한다. 본 논문에서 적용되는  $PF$ 는 크게 3가지로 구분된다. 실시간 트래픽이며 전송 상태가 IDLE 상태이면  $\omega_1$ , 실시간 트래픽이며 전송 상태가 BUSY 상태이면  $\omega_2$ , 비실시간 트래픽인 경우는  $\omega_3$ 를 적용한다. 본 논문에서는 아래와 같이 두 가지 경우로 구분하여 결과를 비교하였다.

- 경우 1:  $\omega_1 = 1, \omega_2 = 3, \omega_3 = 2$
- 경우 2:  $\omega_1 = 1.5, \omega_2 = 2.5, \omega_3 = 2$

그림 3과 4에 나타나는 것처럼 경우 1과 2 모두 제안된 백오프 방식에서 처리율이 높음을 볼 수 있다. 특히, 단말의 수가 증가함에 따라 처리율의 차이가 많이 난 것을 볼 수 있다. 즉, 하나의 QBSS내에서 경쟁하는 단말이 많을 수록 제안된 백오프 방식이 좋은 성능을 낸다고 볼 수 있다.

결론적으로 성능평가 결과에서  $\phi$ 와  $PF$  값을 사용하여 단말의 수에 따라 경쟁 윈도우를 변환하는 백오프 방식이 기존의 백오프 방식보다 전반적으로 처리율이 높음을 볼 수 있었고, 특히 트래픽이 많은 시점에서는

처리율이 좋음을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11e 무선 LAN에서 트래픽에 대한 처리율을 향상시키기 위한 백오프 방식을 제안하였다. 제안된 백오프 방식은 하나의 QBSS에서 미리 정의된 임계치하에서 경쟁윈도우의 크기를 변화시킴으로써 프레임 처리율을 증가시키는데 목적이 있다. 경쟁윈도우의 크기를 변화시키기 위해 QAP에서 네트워크의 단말 수를 이용하였으며, 기존에 정의된 관리 프레임용을 이용하여 단말에게 백오프 타임과 관련한 정보를 알려 줌으로써 경쟁 윈도우의 크기를 변화시켰다.

제안된 백오프 방식에 대한 성능 분석은 마코프 모델을 이용하였으며, 여기에 적용되는 파라미터 값은 IEEE 802.11의 표준을 따랐다. 또한, 성능 비교를 위해 기존의 IEEE 802.11e 백오프 방식과 비교하였다. 수치적으로 비교한 결과 전반적으로 제안된 백오프 방식이 기존의 방식보다 처리율이 높음을 볼 수 있었고, 특히 트래픽이 많은 경우에는 처리율이 더 향상됨을 볼 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] IEEE Standard for Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications, Aug. 1999.
- [2] IEEE 802.11e/D2.0, Draft Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications: Medium Access Control Enhancements for Quality of Service, Nov. 2001.
- [3] Broadband Radio Access Networks HIPERLAN Type 2, Apr. 2000.
- [4] W. K. Kuo, C. Y. Chan and K. C. Chen, "Time bounded services and mobility management in IEEE 802.11 wireless LANs," *Proc. 1997 IEEE Int. Conf. Personal Wireless Commun.*, pp. 157-161, 1997.
- [5] J. Sanchez, R. Martinez and M. W. Marcellin, "A survey of MAC protocols proposed for wireless ATM," *IEEE Network*, vol. 11, pp. 52-62, Nov. 1997.
- [6] IEEE Standard for Media Access Control Bridges, June 1998.
- [7] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 18, no. 3, pp. 535-547, Mar. 2000.
- [8] S. T. Sheu, T. F. Sheu, "A bandwidth allocation/sharing/extension protocol for multimedia over IEEE 802.11 ad hoc wireless LANs," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 19, no. 10, pp. 2065-2080, Oct. 2001.
- [9] T. S. Ho and K. C. Chen, "Performance evaluation and enhancement of the CSMA/CA MAC protocol for 802.11 wireless LAN's," *Proc. IEEE PIMRC*, pp. 392-396, Oct. 1996.



장길웅

1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사  
1999년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
2002년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
2003년 3월~현재 한국해양대학교 수리정보반도체물리학부 전임강사. 관심분야는 이동통신, 네트워크 프로토콜