

# 무선 랜 상에서 지연 QoS 보장을 위한 백오프 방식

장길웅<sup>0</sup> 한기준  
경북대학교 컴퓨터공학과  
jangkw<sup>0</sup>@netopia.knu.ac.kr, kjhan@bh.knu.ac.kr

## Backoff Schemes for Guaranteeing Delay QoS in Wireless Local Area Networks

Kil-Woong Jang<sup>0</sup> Ki-Jun Han  
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

본 논문은 무선 랜 상에서 전송 지연을 보장하기 위한 백오프 방식을 제안한다. 이 방식은 전송되는 트래픽의 종류에 따라 백오프 시간을 할당하도록 설계되었으며, 기존의 IEEE 802.11 매체접근제어 방식을 그대로 유지하며, 보다 향상된 서비스 품질을 지원한다. 제안된 백오프 방식에서는 모든 트래픽을 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분하여 처리된다. 실시간 트래픽은 제안된 백오프 방식으로 처리되고, 비실시간 트래픽은 기존의 IEEE 802.11 방식에 의해 처리된다. 본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 제안된 백오프 방식을 성능 평가하였으며, 시뮬레이션 결과는 전송지연 관점에서 기존의 IEEE 802.11e 방식보다 성능이 향상됨을 보여준다.

### 1. 서 론

무선 랜 (Wireless Local Area Network)은 제한된 지역에서 사용자에게 높은 대역폭을 지원하기 위한 기술이다. 현재, 무선 랜 기술은 두 가지 표준에 의해 지원되고 있다. 그 하나는 IEEE 802 표준기구에서 표준화한 IEEE 802.11 표준 [1,2]이고, 다른 하나는 ETSI (European Telecommunication Standard Institute)에서 정의된 HIPERLAN Type 1 [3]이다. IEEE 802.11 매체접근제어(Media Access Control: MAC) 프로토콜은 단말간의 경쟁으로 트래픽을 전송하는 경쟁 방식과 폴링을 사용한 비경쟁 방식을 사용한다. IEEE 802.11 MAC은 기본적인 접근 방식으로 경쟁 방식인 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식을 사용한다. CSMA/CA는 각 단말이 경쟁 윈도우 (Contention Window: CW) 내에서 임의의 타임 슬롯을 선택하여 매체를 접근하는 경쟁 방식 프로토콜이다. 최소의 백오프 시간을 가진 단말은 전송 기회를 얻게 되며, 나머지 단말들은 전송이 끝날 때까지 대기하게 된다. 무선 랜 상에서 모든 단말은 공유된 매체를 접근하기 위해 경쟁을 하게 된다. 따라서, 경쟁은 충돌에 의해 높은 전송 지연과 낮은 처리율을 야기하게 된다. 이러한 경쟁 방식에서 높은 전송 품질(Quality of Service: QoS)을 요구하는 단말은 낮은 전송 지연을 보장되어야 한다.

### 2. IEEE 802.11

IEEE 에서는 54 Mb/s 를 지원하는 IEEE 802.11a 와 11

Mb/s 를 지원하는 IEEE 802.11b를 표준화하고 있다 [1]. 그러나, 이 두 가지 표준은 트래픽에 따른 전송 지연과 같은 QoS를 지원하지 않는다. 현재, QoS를 지원하는 무선 랜 표준화가 진행 중이며, 이를 IEEE 802.11e로 명명하고있다 [2]. IEEE 802.11e 네트워크에서는 QoS를 지원할 수 있는 단말(QoS station: QSTA)이 지원되며, 기존의 단말도 지원된다. 일반적으로, QSTA는 DCF (Distributed Coordination Function)에서 동작되며, DIFS (DCF Interframe Space) 와 다른 대기 시간을 가지며 동작한다.

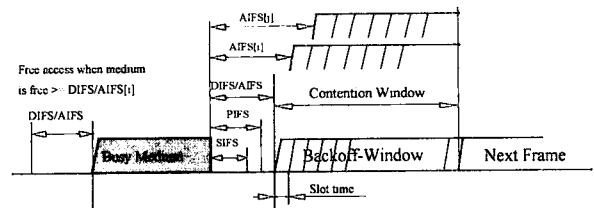


그림 1. IEEE 802.11e 매체접근 방식

IEEE 802.11e에서 트래픽 우선순위 값은 최대 8개로 나뉘어 진다. 기본적으로 우선순위는 7이 가장 높으며, 2가 가장 낮다. 기본적인 우선 순위는 {7,6,5,4,3,0,1,2}로 구성되며, 이는 IEEE 802.1D [4]에 명시된 우선순위를 사용한다. QSTA는 분리된 출력 큐를 사용하여 DCF에 정의된 일반적인 방식에 따라 동작하며, 각 큐마다 기존의 DIFS와는 다른 AIFS (Arbitration Interframe Space)와 최소 CW를 적용하여 동작한다. QSTA 내에서의 각 큐

간의 경쟁은 그 단말 내에서 해결된다. 기본적인 접근 방식은 그림 1과 같다. QSTA이 프레임 전송하고자 하거나 센싱에 의해 매체가 사용 중이라고 판단될 때 백오프 방식은 수행된다. 또한, 전송 단말이 전송이 실패되었다고 판단될 때 야기된다. 백오프 방식을 시작하기 위해 QSTA는 다음과 같은 식에 의해 임의의 백오프 시간을 계산하여 백오프 타이머를 동작시킨다.

$$T_{backoff}[i] = \text{Random}(i) * \text{SlotTime} \quad (1)$$

여기서  $\text{Random}(i)$ 는  $[1, CW[i]+1]$ 에서 일정(Uniform) 분포를 따른 임의의 정수를 나타내며,  $CW[i]$ 는  $CW_{\min}[i]$ 와  $CW_{\max}[i]$  사이에 존재하는 정수를 나타낸다. 충돌이 발생했을 경우, 이전의  $CW[i]$  값에서 새로운  $CW[i]$  값을 계산하기 위해 각 단말은 아래의 방식으로 새로운  $CW[i]$ 을 선택한다.

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

여기서 PF는 [2]에서 기술된 절차에 따라 계산된다.

### 3. QoS 보장 백오프 스킴

본 논문에서는 전송 지연에 민감한 트래픽의 전송 지연을 줄이기 위한 새로운 백오프 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안한 백오프 방식(QoS Guaranteeing Backoff Scheme: QGBS)은 트래픽을 두 가지 종류로 구분한다. 하나는 실시간 트래픽(우선순위 7,6,5)이고 다른 하나는 비실시간 트래픽(우선순위 4,3,0,1,2)으로 구분한다. 실시간 트래픽은 QGBS 방식을 적용하고 비실시간 트래픽은 IEEE 802.11e 방식을 적용한다.

충돌이 발생하거나 비트 오류가 발생하여 프레임 전송이 실패할 경우 재전송은 두 가지 백오프 방식에 따라 수행된다. 충돌은 하나 이상의 단말이 같은 타임 슬롯을 선택함으로써 발생하게 된다. 충돌된 단말들은 새로운 CW 값으로 경쟁을 시작하며, 재전송을 위해 백오프 시간은 다음과 같은 식에 의해 생성된다.

$$T_{backoff}[i] = \lfloor CW[i] * \text{Ranf}() \rfloor * \text{SlotTime} \quad (3)$$

여기서  $\text{Ranf}()$ 는 (0,1) 사이의 일정 확률 변수이고,  $\lfloor x \rfloor$ 는  $x$ 와 같거나 작은 최대 정수를 나타낸다.

충돌이 발생하는 무선 랜 상에서 경쟁 윈도우의 최적 크기를 결정함으로써 트래픽 전송 지연을 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안하는 QGBS의 기본 개념은 경쟁 윈도우의 크기를 적절히 조절함으로써 전송 지연을 줄이는 방식이다. QGBS는 우선 QoS를 지원하는 단말과 그렇지 않은 단말로 구분한다. QoS를 지원하지 않는 단말은 기존의 백오프 절차에 따라 백오프를 수행한다. CW 값은  $CW_{\min}$  값을 초기값으로 하여 충돌이 발생할 때마다 2의 지수승으로 증가하여  $CW_{\max}$  값까지 증가하게 된다. 반면에 QoS를 지원하는 단말은 QGBS 방식에 따라 백오프 절차를 수행한다.

본 논문에서 제안하는 QGBS는 크게 두 가지로 나눈다. 첫번째로 실시간 트래픽은 최소 크기의 CW를 유지하며 백오프를 수행하는 것이다. 따라서 실시간 트래픽은 비실시간 트래픽에 비해 더 작은 백오프 시간을 가질 수 있다. 본 논문에서는 이 방식을 QGBS1으로 기술한다. 그러나, QGBS1은 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다. 만약 트래픽이 많이 발생할 경우, 기존의 방식보다 더 작은 CW 값을 가짐으로써 충돌이 증가할 수 있다. 따라서, 트래픽 전송 지연은 증가된 충돌 회수에 비례하여 증가할 수 있다.

QGBS1:

$$CW_{new}[i] = CW_{\min}[i] \quad \text{실시간 트래픽일 경우} \quad (4)$$

$$CW_{new}[i] = ((CW_{old}[i]+1) * PF) - 1 \quad \text{비실시간 트래픽일 경우} \quad (5)$$

두번째 방식은 QGBS1에서 발생하는 문제를 해결하기 위한 방식으로 이를 QGBS2로 기술한다. QGBS1에서는 충돌이 발생하더라도 CW 값은 일정하게 유지됨에 따라 충돌이 발생할 확률이 증가하게 된다. QGBS2에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 충돌이 발생할 경우 충돌된 회수만큼 CW값을 증가한다. 이는 충돌 회수를 줄임과 동시에 짧은 CW 값을 가진다.

QGBS2:

$$CW_{new}[i] = (R_c * PF) * CW_{\min}[i] \quad \text{실시간 트래픽일 경우} \quad (6)$$

$$CW_{new}[i] = ((CW_{old}[i]+1) * PF) - 1 \quad \text{비실시간 트래픽일 경우} \quad (7)$$

여기서  $R_c$ 는 재전송 회수이다.

### 4. 성능평가

본 논문에서는 기존의 IEEE 802.11e 와 QGBS의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 무선 랜 모델에서 모든 사용자는 비실시간 트래픽 사용자와 실시간 트래픽 사용자로 가정한다. 보다 정확한 성능평가를 위해 유무선 네트워크에서 웹 트래픽을 수집하여 트래픽 모델을 정의한 ON/OFF 모델을 사용한다 [5]. ON/OFF 기간은 웨이블(Weibull) 분포를 적용하며, ON 기간동안 도착하는 트래픽은 지수 분포를 따른다. 확률 변수 X에 대한 웨이블 분포는 다음과 같다.

$$P\{X \leq x\} = F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}, \quad \forall x \geq 0 \quad (8)$$

여기서  $\alpha > 0$  이고  $\beta > 0$  인 값이며 각각 모양과 크기를 나타내는 변수이다. 시뮬레이션을 수행하기 위해 본 논문에서는 다양한 트래픽 변수를 사용하여 성능 평가를 하였다. 시뮬레이션 상에서의 변수 값은 표 1에 나타난다. 시스템 관련 변수는 FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)에 명시된 값을 사용하였으며, 채널 전송률은 1 Mb/s로 가정한다. 또한, 프레임 크기는 IEEE 802.11 MAC 표준에 정의된 8184 비트를 사용하였다 [1].

표 1. 시뮬레이션 변수 값

변수	값
슬롯 타임	50 $\mu$ s
평균 트래픽 길이	8184 bits
채널 전송률	1 Mbit/s
ON/OFF 기간 분포	웨이블 분포
평균 ON 기간	3.3 s
$\alpha_{ON}=0.88$ $\beta_{OFF}=3.10$	
평균 OFF 기간	22.8 s
$\alpha_{ON}=0.88$ $\beta_{OFF}=21.40$	
호도착 분포	지수분포
$CW_{min}$	16
$CW_{max}$	1024

시뮬레이션은 하나의 AP(Access Point)안에 단말의 수를 변화시키면서 수행하였다. 그림 2는 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 50%로 각각 두고 PF값이 2 일 때 평균 전송 지연을 나타낸 것이다. 이 그림에서 단말의 수가 증가함에 따라 QGBS 방식이 기존의 IEEE 802.11e 방식보다 성능이 향상됨을 확인할 수 있다.

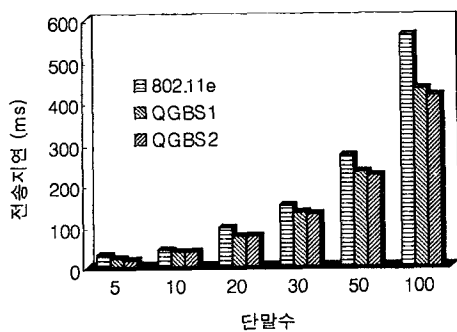


그림 2. 평균 전송 지연 (실시간:비실시간=5:5)

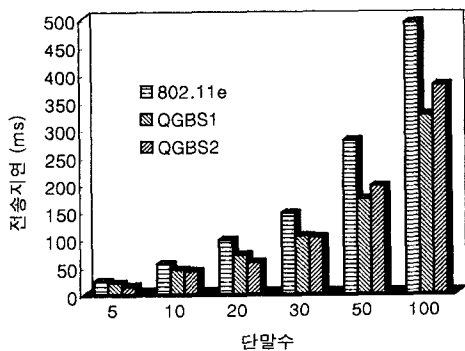


그림 3. 평균 전송 지연 (실시간:비실시간=3:7)

그림 3과 4는 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 비율 7:3과 3:7로 두었을 때, 각 백오프 방식에 대한 성능을 비교한 결과이다. 그림 3에서 단말의 수가 증가함에 따라 QGBS1 방식이 가장 성능이 좋음을 볼 수 있다. 이는 비실시간 트래픽이 상대적으로 많기 때문에 작은 백오프 시간을 가진 QGBS1 방식이 다른 방식에 비해 성능이 향상되었다.

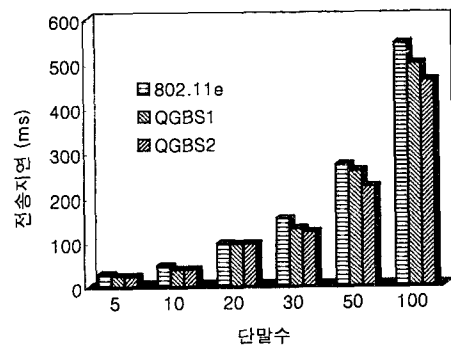


그림 4. 평균 전송 지연 (실시간:비실시간=7:3)

그러나, 그림 4에서 나타난 것처럼 실시간 트래픽이 많아짐에 따라 QGBS1 방식은 전송지연이 증가하고, QGBS2 방식이 가장 좋은 성능을 나타내었다.

### 5. 결론 및 향후과제

본 논문은 무선 랜에서 전송지연 QoS를 보장하는 새로운 백오프 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 실시간 트래픽에 대하여 트래픽 전송 충돌 시 백오프 시간을 기존의 지수 증가가 아닌 고정 크기 또는 상수 배의 증가를 함으로써 불필요한 전송 지연을 줄이고자 하는 데 있다. 제안된 방식의 성능을 평가하고 기존의 방식과 비교를 위해 ON/OFF 모델을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과로 제안된 방식이 기존의 방식보다 성능이 우수함을 나타내었다. 향후 연구과제로 제안된 방식에 대한 좀 더 정확한 성능 평가와 시뮬레이션을 검증하기 위한 수학적 분석이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] IEEE Standard for Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications, Aug., 1999.
- [2] IEEE Standard for Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications, Medium Access Control Enhancements for Quality of Service, Mar., 2001.
- [3] Broadband Radio Access Networks HIPERLAN Type 2, April, 2000.
- [4] IEEE Standard for Media Access Control Bridges, June, 1998.
- [5] Brian P. Crow, Indra Widjaja, Jeong Geun Kim and Prescott T. Sakai, "IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks," IEEE Commun. Mag., Sept., 1997.