

IEEE 802.11 Wireless LAN 에서의 ARQ 를 적용한 개선된 Backoff Algorithm

서문수*, 조인휘**

한양대학교 대학원 전자컴퓨터통신공학과

e-mail : *somesoo@gmail.com, **iwjoe@hanyang.ac.kr

A Study on Improved Backoff Algorithm using ARQ in IEEE 802.11 Wireless LAN

Su Seomun*, In-whee Joe**

Dept. of Electronics and Computer Engineering, Han Yang University

요 약

IEEE 802.11 WLAN(Wireless LAN)은 그 편리함과 효율성으로 인해 급격히 시장에 보급되었다. 이에 따라 다양한 멀티미디어 서비스를 위해 QoS(Quality of Service)의 지원이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 WLAN 에서의 기존의 Backoff 방식을 분석하고, 여기에 기존의 재전송 기법에 ARQ 방식을 도입한 새로운 알고리즘을 제시하여 에너지 효율(Energy Efficiency)의 향상을 도모한다. 또한, 기존의 Backoff 방식과 제안한 알고리즘의 처리율을 비교하여 기존의 방식보다 제안된 알고리즘이 에너지 효율(Energy Efficiency)를 향상시키는 것을 확인하였다.

1. 서론

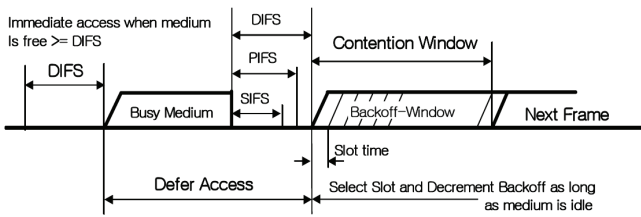
최근 들어 Wireless LAN 의 편리함과 효율성으로 인해 시장이 급격히 확대되고 있다. 그 중, IEEE 802.11 표준은 가장 많은 시장을 확보하고 있으며 앞으로도 영역을 지속적으로 확장해 나갈 것으로 전망된다. 802.11 은 IEEE 가 승인한 무선랜 국제 표준으로, MAC 과 물리계층(PHY)의 상세 규격을 제공한다. 802.11 에서 매체 접근을 위한 기본적인 메커니즘은 Distributed Coordination Function(DCF)으로, 이것은 CDMA/CA 를 기반으로 하여 같은 클러스터(basic service set)에 있는 모든 디바이스들이 무작위로 접근하는 개념이다. 또한, 무선 트랜시버는 송신과 수신을 동시에 할 수 없으므로 충돌 감지의 실행이 불가능하기 때문에 사전 충돌 회피(CDMA/CA)가 적용되었다. 이 방식은 무선 채널이 유희(Idle) 상태에서 DIFS(Distributed Inter Frame Space) 이상 경과하면 스테이션이 곧바로 프레임 전송 가능 상태가 된다. 그렇지 않을 경우, backoff 프로시저가 수행된다. 즉, 각 스테이션은 backoff time 이라고 불리는 랜덤값을 생성한다. 이 값은 0 과 CW(Contention Window) 사이의 값으로 랜덤하게 선택

된다. 이 backoff 타이머는 DIFS 기간보다 오랫동안 무선 채널의 유희상태가 검출된 뒤 무선 채널이 유희 상태로 유지되는 매타임 슬롯마다 주기적으로 하나씩 감소하게 된다. 이 backoff 타이머가 만기되는 순간 스테이션은 무선 채널을 사용할 수 있다. 하지만, 기존의 backoff 방식에서는 오류나 error 의 발생을 제외한 다른 충돌 및 문제발생시에 불필요한 backoff 를 수행함으로써 에너지를 낭비하는 단점이 있다. 따라서 이를 보완하기 위해 ARQ(Auto Repeat Request)를 사용함으로써 기존의 방식보다 효율을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 이 제안하고 있는 backoff 기능에 ARQ 를 적용하여 불필요한 backoff 의 수행을 막고 에너지 효율(Energy Efficiency)을 향상시킬 수 있는 모델을 제안하고자 한다.

2. IEEE 802.11 의 무선 접속 및 backoff 알고리즘

IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 DCF 이며 이 DCF 는 분산 제어 방식으로 CSMA./CA(carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식에 기초한다. 이 방식

은 무선 채널이 유희(Idle) 상태에서 DIFS(distributed Inter Frame Space) 이상 경과하면 스테이션이 곧바로 프레임 전송 가능 상태가 된다. 경과하지 않은 경우에는 backoff 프로시저가 수행된다. 즉, 각 스테이션은 backoff time 이라고 불리는 랜덤값을 생성한다. 이 값은 0 과 CW 사이의 값으로 랜덤하게 선택된다. 이 backoff timer 는 DIFS 기간보다 오랫동안 무선 채널의 유희상태가 검출된 뒤 무선 채널이 유희상태로 유지되는 매타임 슬롯마다 주기적으로 하나씩 감소하게 된다. 이 backoff timer 가 만기되는 순간, 스테이션은 무선 채널을 사용할 수 있다. 그림 1 은 DCF 의 접속 과정을 나타낸 것이다.

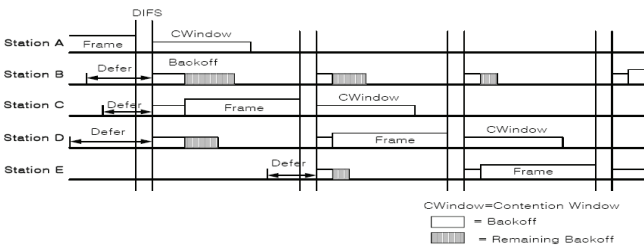


(그림 1) DCF 의 DIFS 와 CW

DCF 는 수신 node 가 ACK 를 보냄으로써 frame 의 수신을 확인한다. 전송 node 가 일정 시간동안 ACK 를 받지 못하면 frame 을 재전송한다. Backoff 과정은 전송이 실패했다고 추측될 때 실시한다. 모든 Backoff 슬롯들은 매체가 DIF 기간 동안 이상적이라고 판단될 때 다음 기간에 발생한다. 만약 매체 활동이 감지되지 않는다면, Backoff 과정은 aSlotTime 에 의해 Backoff Time 을 줄이게 될 것이다. 매체가 Backoff 슬롯동안 사용중이라 판단된다면, Backoff Time 은 줄어들지 않을 것이다. 전송은 Backoff Timer 가 0 이 될 때마다 시작된다. DIFS(DCF InterFrame Space) 매체 사용가능 시간 후에 Backoff Timer 가 0 이 아닌 값을 가지고 있다면 스테이션들은 전송하기 전에 추가적인 연기 시간에 대한 Random Backoff Time 을 발생시킨다.

Backoff Time = Random() × aSlotTime
 Random() : Uniform Pseudo Random integer .
 aSlotTime : MIB(Management Information Base) value.

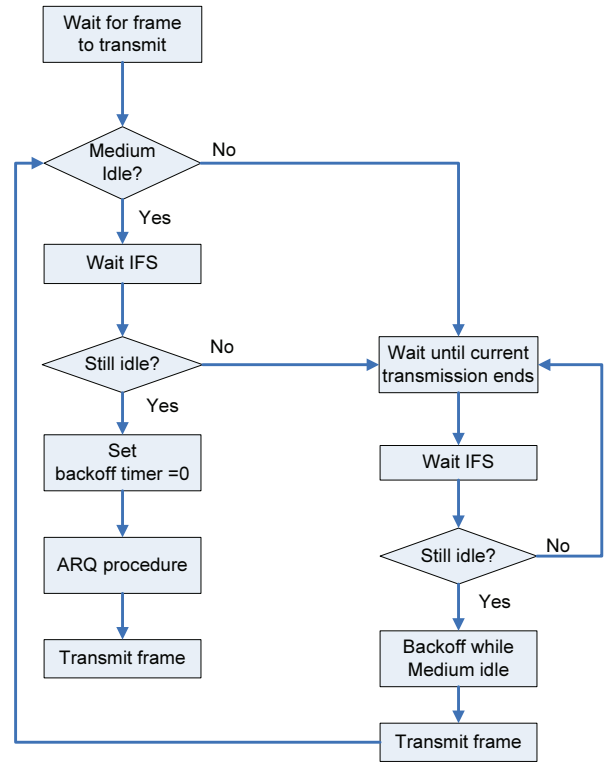
그림 2 는 backoff 프로시저 수행을 도식화한 것이다.



(그림 2) Backoff Procedure

3. 제안 모델

제안하고자 하는 개선된 Backoff 알고리즘은 매체가 사용중이라 판단되면, 즉 노드간의 충돌이 있을 경우에는 기존의 Backoff 를 수행한다. 그러나, 매체가 사용중이지 않아 활동이 감지되지 않을 경우에는 Stop-and-Wait ARQ(Auto Repeat Request)를 사용하여 전송 시간 및 에너지를 효율적으로 감소한다. 그림 2 는 제안하고자 하는 ARQ 의 기능이 보완된 개선된 Backoff 알고리즘의 흐름도이다.



(그림 3) 개선된 Backoff 알고리즘의 Logic

4. Backoff 알고리즘과 개선된 알고리즘의 에너지 효율

기존의 Backoff 알고리즘에서의 노드가 필요한 packet 이 성공적으로 전송될 때에 필요한 총 에너지는 다음과 같다.

$$E = E_T + E_{TC} + E_B = E_T + \sum_{j=1}^{nc} E_{tc,j} + E_B \quad (1)$$

충돌(collision)이 발생할 가능성은 p 로, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$p_{nc}(r) = (1 - p)p^r, r = 0, 1, \dots, \quad (2)$$

Backoff 알고리즘에서 전송이 성공할 경우의 Transmitting Power 는 다음과 같다.

$$E_T = \alpha T_D + \beta_R T_{ACK} + \beta_S T_{DIFS} \quad (3)$$

전송중의 충돌 발생시의 Transmitting Power 는 다음과 같다.

$$E_{TC} = \alpha T_D + \beta_S (T_{ACK} + T_{DIFS}) \quad (4)$$

에너지 효율은 총 에너지 당 소모된 에너지를 의미한다. 제안하는 개선된 Backoff 알고리즘에서는 충돌이나 매체가 사용중인 경우에만 기존의 Backoff 를 수행하므로 소모된 에너지는 전송중의 충돌 발생시의 Transmitting Power 와 같다. 따라서, Backoff 알고리즘의 에너지 효율은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\eta = \frac{E_{TC}}{E} = \frac{\alpha T_D + \beta_S (T_{ACK} + T_{DIFS})}{E_T + \sum_{j=1}^{n_c} E_{tc,j} + E_B} \quad (5)$$

E_T : 전송이 성공할 경우의 필요한 에너지

E_{TC} : collision시 낭비되는 에너지

n_c : packet이 일으킨 충돌의 횟수

$E_{tc,j}$: packet이 j번째 충돌에서 소모한 에너지

E_B : Backoff procedure 시에 소모한 에너지

T_D, T_{ACK}, T_{DIFS} : data packet, ACK packet, DIFS 시간

α : transmission power, β : decoding power

개선된 Backoff 알고리즘에서의 ARQ 에 사용되는 에너지는 크게 error 가 발생하였을 경우와 그렇지 않은 경우로 나눌 수 있다. 제안 모델에서는 Backoff 프로시저 수행시, ACK 를 받지 못한 경우에 ARQ 를 수행하므로 error 가 발생하였을 경우의 에너지를 사용하여 그 효율을 구한다.

따라서 소모되는 에너지를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E = \frac{t_{pkt}}{N_r (t_{pkt} + 2t_{prop})} \quad (6)$$

위의 식(6)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$N = \frac{1}{(1-p)}, \quad E_{(stop-and-wait,p)} = \frac{1-p}{1+2a} \quad (7), (8)$$

$p = \text{Pr ob}(\text{error})$, N_r = 하나의 프레임의 예상 전송 횟수

t_{prop} = 전달 시간

t_{pkt} = packet의 전송 시간

t_{proc} = node에서 packet ~ 0 에 프로세스하는 시간

기존의 Backoff 와 ARQ 를 적용한 Backoff 의 각각의 error 수에 대한 Energy Efficiency 를 비교하였다.

5. 결론

본 논문에서 IEEE 802.11 이 제안하고 있는 backoff 기능에 ARQ 를 적용하여 불필요한 backoff 의 수행을 막고 에너지 효율(Energy Efficiency)을 향상시킬 수 있는 모델을 제안하였다. ARQ 를 적용한 제안 모델의 알고리즘에서 기존의 Backoff 알고리즘보다 더 에너지 효율이 높음을 확인할 수 있었다.

효율을 향상하기 위해 매체간의 충돌이나 또는 매체가 사용중일 때에는 기존의 Backoff 프로시저를 수행하며, 그외의 경우에는 Stop-and-Wait ARQ 를 적용하여 전송 시간과 전송 에너지의 효율을 높이도록 하였다. 아울러, Stop-and-Wait ARQ 외에 Go-Back-N ARQ, Selective ARQ 등의 다른 방식의 ARQ 의 사용을 고려하여 더욱 에너지 효율을 향상시키는 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] XIAODONG WANG, JUN JIN and DHARMA P. AGRAWAL, "Analysis and Optimization of the Energy Efficiency in the 802.11 DCF", 2006 Springer Science+Business Media, LLC., 2006.3.
- [2] 최성혜, 조인휘, "센서 네트워크상에서 에너지 효율성(Energy Efficiency)을 고려한 최적 패킷 길이", 전자공학회, 2004.
- [3] Ivan N. Vukovic, Natt Smavatkul, "SATURATION THROUGHPUT ANALYSIS OF DIFFERENT BACKOFF ALGORITHMS IN IEEE 802.11", IEEE, 2004.
- [4] Z.Sun, X.Sia, "Energy Efficient Hybrid ARQ Scheme under Error Constraints", Kluwer Academic Publishers, 2004.