

무선 LAN에서 우선순위 서비스 보장을 위한 백오프 방식

장길웅^o
한국해양대학교
{jangkw^o}@bada.hhu.ac.kr

A Backoff Method to Guarantee Priority Services in Wireless LANs

Kilwoong Jang^o
Division of Applied Science, Korea Maritime University

요 약

본 논문은 무선 LAN 상에서 단말간에 전송되는 트래픽의 서비스 품질을 차별화하고, 처리율 관점에서 기존의 IEEE 802.11e 프로토콜보다 향상된 서비스 품질을 제공하기 위한 새로운 백오프 방식을 제안한다. 제안된 백오프 방식은 단말의 수나 트래픽 손실률과 같은 서비스 영역의 정보를 분석하여 그 정보를 바탕으로 트래픽 특성에 따라 경쟁 윈도우를 동적으로 변화시켜 백오프 절차를 수행한다. 본 논문에서는 제안된 백오프 방식을 분석하기 위해 마코프 모델을 이용한 수학적 분석으로 기존의 IEEE 802.11e 백오프 방식과 비교 분석한다.

1. 서론

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 [2,3]과 HIPERLAN (High Performance Radio LAN) Type 2 [4]를 규격화 하였다.

IEEE 802.11에서는 경쟁 방식인 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식으로 데이터를 전송하고, 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 경쟁 윈도우의 크기

를 트래픽 특성에 따라 동적으로 조절함으로써 전송 지연에 민감한 단말에 대한 서비스 품질을 유지하고 처리율을 높이기 위한 백오프 방식을 제안한다.

2. 제안된 백오프 방식

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 LAN 상에서 시간에 민감한 트래픽에 대한 처리율을 높이기 위한 새로운 백오프 방식을 제안한다. 제안된 백오프 방식은 QoS를 제공하는 서비스 지역에서 단말의 수나 프레임 손실률에 따라 경쟁 윈도우의 크기를 동적으로 재설정하여 프레임을 재전송을 한다. IEEE 802.11e 표준에서는 QoS 지원 단말(QSTA)을 지원하기 위해 관리 프레임을 정의하고 있다. 이 프레임 중에 QBSS load element 관리 프레임은 현재 QBSS내의 단말 수 또는 손실률과 같은 전송 정보를 가진다.

제안된 백오프 방식을 설명하기 위해 전송 트래픽을 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 가정하여 백오프 방식에 적용한다. 실시간 트래픽은 IEEE 802.11e에 정의된 우선순위 7, 6, 5, 4를 가진 트래픽으로 가정하고, 비실시간 트래픽은 우선순위 3, 0, 1, 2을 가진 트래픽으로 가정한다.

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 임계치를 설정하여 임계치에 따라 두 가지 상태로도 동작한

다. 본 논문에서는 두 가지 상태모드를 IDLE상태와 BUSY 상태로 정의한다. 경쟁하는 단말의 수 (n) 또는 프레임 손실률 (f)이 임계치 (ϕ)보다 낮을 경우 IDLE상태로 정의하고, 높을 경우 BUSY상태로 정의한다. IDLE 상태에서는 백오프 절차동안 전송지연을 줄이기 위해 실시간 트래픽과 같은 우선순위가 높은 단말에서는 기본 PF값보다 작은 PF 값을 설정한다. 전송지연을 낮춤으로써 처리율을 증가시킨다. 그러나 트래픽이 증가할 경우 경쟁 윈도우가 작을 경우 충돌이 발생할 확률이 높아지고 동시에 처리율이 떨어진다. 즉, BUSY 상태에서는 PF값을 증가시킴으로써 경쟁 윈도우의 크기를 증가시킨다. 충돌을 줄임으로써 처리율을 증가시킨다. 다음은 제안된 백오프 방식의 절차를 나타낸 것이다.

PROCEDURE

```

1  if (IsQSTA() == True) // if a station is QSTA
2  if (Rc > 1) // Rc: retransmission
3  if (Rc <= Rm) // Rm: max. retransmission
4  if (CWold < CWmax) {
5  if (Pr == Real-time Traffic)
6  if ((n or f) < φ) Set PF; // PF < Default PF
7  else Set PF; // PF > Default PF
8  else Set PF = Default PF
9  CWnew = ((CWold+1)*PF)-1; }
10 else CWnew = CWmax
11 else Discard Packet: // if over Rm
12 else CWnew = CWmin // if first transmission
13 else IEEE 802.11 backoff procedure
    
```

3. 성능 분석

제안된 백오프 방식에 대한 성능 분석을 위해 마코프 모델을 사용하여 처리율 관점에서 분석한다. IEEE 802.11 백오프 방식의 성능 분석을 위한 마코프 모델이 기존의 논문에서 제시되었다 [1]. 본 논문에서도 제안된 백오프 방식의 정확한 분석을 위해 기존의 마코프 모델을 기반으로 하여 제안된 방식에서 변화된 내용을 기존 모델에서 수정하여 재사용하였다.

우선 백오프 방식의 분석을 위한 마코프 모델은 2 차원 요소로 이루어진다. 첫 번째 요소는 특정 시간 t 에서 단말의 재전송 횟수를 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 횟수가 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 $P\{i_1, j_1 | i_0, j_0\} = P\{c(t+1)=i_1, s(t+1)=j_1 | c(t)=i_0, s(t)=j_0\}$ 로 둔다. 정의에 따라 적용된 제안된 마코프 체인은 그림 1과 같다.

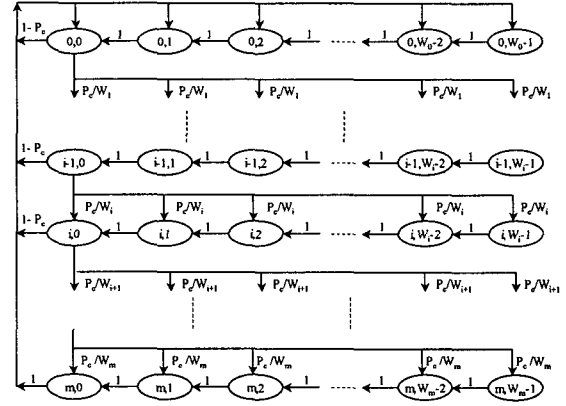


그림 1 제안된 백오프 방식에 대한 마코프 체인

적용된 마코프 체인의 전이확률은 다음과 같다.

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

$$P\{0, j | i, 0\} = \frac{1 - P_c}{W_0} \quad (0 \leq i \leq m-1, 0 \leq j \leq W_0 - 1) \quad (2)$$

$$P\{i, j | i-1, 0\} = \frac{P_c}{W_i} \quad (1 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq W_i - 1) \quad (3)$$

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

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.

$$P_t = 1 - (1 - \xi)^n \quad (5)$$

$$P_s = \frac{n\xi(1-\xi)^{n-1}}{P_t} = \frac{n\xi(1-\xi)^{n-1}}{1 - (1-\xi)^n} \quad (6)$$

하나의 슬롯 타임에 전송되는 프레임 페이로드의 평균길이를 L_f , 하나의 슬롯 타임 평균길이를 L_s 이라고 두었을 때, 위 식들을 이용하여 처리율을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\gamma = \frac{L_f}{L_s} = \frac{P_s P_t L_p}{(1 - P_t)S_t + P_s P_t T_s + (1 - P_s)P_t T_c} \quad (7)$$

여기서, L_p 는 프레임 평균길이를 나타내고, S_t 는 빈 슬롯 타임 길이를 나타낸다. 또한, T_s 는 전송 성공에

다른 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.

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, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템 파라미터를 사용하여 결과 값을 얻었다. 분석 과정에서 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.

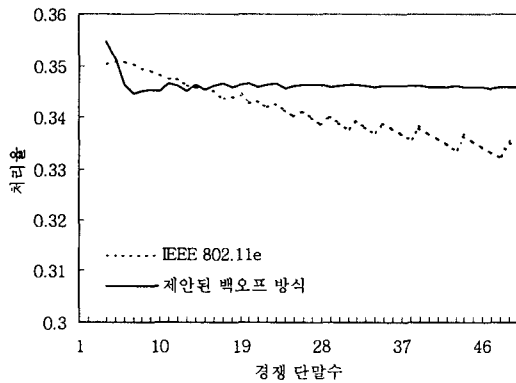


그림 2 처리율

그림 2는 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 임계치를 두고 동적인 방식을 취하였기 때문에 그림에서 나타나는 것처럼 임계치 부분에서 처리율이 전환되는 것을 볼 수 있다. 또한, 임계치를 중심으로 기존의 IEEE 802.11e 방식보다 처리율이 다소 낮아짐을 볼 수 있다.

일반적으로 PF 값을 기본 PF 값보다 작은 값으로 설정했을 때, 설정된 PF를 이용한 경쟁 윈도우의 크기는 줄어든다. 따라서, 경쟁하는 단말이 적을 경우에 처리율은 올라가

지만 경쟁하는 단말이 많아지면 처리율이 떨어진다. 반대로 PF 값을 기본 PF 값보다 높은 값으로 설정했을 때, 설정된 PF를 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 PF를 사용하는 경쟁 윈도우에 비해 처리율이 떨어지는 부분이 발생한다.

그림 2에 나타나는 것처럼 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 많을수록 제안된 백오프 방식이 좋은 성능을 낸다고 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11e 무선 LAN에서 트래픽에 대한 QoS를 보장하기 위한 백오프 방식을 제안하였다. 제안된 백오프 방식은 네트워크 상의 단말의 수 또는 프레임 손실률 정보를 이용하여 경쟁 윈도우의 크기를 동적으로 변화시킴으로써 트래픽의 처리율을 올리기 위해 설계되었다.

제안된 백오프 방식에 대한 성능 분석은 마코프 모델을 이용하였으며, 성능 비교를 위해 기존의 IEEE 802.11e 백오프 방식과 비교 하였다. 수치적으로 비교한 결과 전반적으로 제안된 백오프 방식이 기존의 방식보다 처리율이 높음을 볼 수 있었고, 특히 트래픽이 많을 경우에는 처리율이 더 향상됨을 볼 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] IEEE Standard for Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications, Aug. 1999.
- [3] IEEE Std 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.
- [4] Broadband Radio Access Networks HIPERLAN Type 2, Apr. 2000.