

---

# IEEE 802.11에서 DCF 성능 향상을 위한 백오프 알고리즘

남재현\*

Backoff Algorithm to improve DCF functionality in IEEE 802.11

Jae-hyun Nam\*

## 요 약

IEEE 802.11 MAC은 노드들간에 매체 접근을 제어하기 위해 DCF를 사용한다. 하지만 DCF 자체로는 실시간 데이터 전송에 필요한 QoS 요구사항을 만족시킬 수 없다. 이를 보완하기 위해 802.11 MAC에서 제공되는 DCF 기능을 수정하여 QoS를 제공하는 다양한 기법들이 나왔다. 본 논문에서는 DCF 기능을 향상시키기 위해 (m,k)-firm 기법을 이용하면서 IEEE 802.11에 근거한 (m,k)-collision 기법을 제시했다. 제시된 기법은 노드에서 발생하는 충돌 횟수에 따라 서로 다른 CW 값을 할당한다. 시뮬레이션 결과 제시된 기법이 DCF의 처리율 향상에 도움을 주고 있다는 것을 보여준다.

## ABSTRACT

The IEEE 802.11 MAC uses DCF for media access among the participating network nodes. But DCF alone is neither capable nor suitable for fulfilling the QoS requirements of realtime applications. There are many ways in which QoS is provided by modifying DCF based MAC. This paper proposes (m,k)-collision scheme which is based on IEEE 802.11 and (m,k)-firm scheme tries to improve DCF functionality. The proposed scheme uses different Contention Window according to the number of collision in the node. The simulation result shows that the proposed scheme helps improve the throughput of the DCF.

## 키워드

IEEE 802.11, (m,k)-firm 알고리즘, 이진지수 백오프 알고리즘, DCF, QoS

## Key word

IEEE 802.11, (m,k)-firm Algorithm, Binary Exponential Backoff Algorithm, DCF, QoS

---

\* 정회원 : 신라대학교(jhnam@silla.ac.kr)

접수일자 : 2011. 05. 27

심사완료일자 : 2011. 05. 27

## I. 서 론

네트워크를 통해 음성이나 비디오 전송과 같은 실시간 데이터 전송에 필요한 요구사항들은 지연, 대역폭 그리고 다른 QoS 요소들로 엄격하게 제한된다. 이러한 것을 얻기 위한 방법 중의 하나는 MAC 계층에서 QoS를 제공하는 것이다. 하지만 IEEE 802.11 자체에는 QoS를 지원하는 기능이 존재하지 않는다. IEEE 802.11 MAC은 노드들간에 매체 접근을 제어하기 위해 DCF(Distributed Coordination Function)를 사용한다.

하지만 DCF 자체로는 실시간 데이터 전송에 필요한 QoS 요구사항을 만족시킬 수 없다. IEEE 802.11에서 사용하는 DCF는 서로 다른 데이터 흐름(flow)들 사이에 차별화된 서비스나 우선순위를 제공하는 방법이 없다.

이를 보완하기 위해 802.11 MAC에서 제공되는 DCF 기능을 수정하여 QoS를 제공하는 기법들이 나왔는데 크게 분류하면 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있다.

- 서로 다른 IFS(Inter Frame Space)나 Contention Window(CW)를 사용하여 우선순위를 트래픽에 따라 부여하는 기법[1]
- 다양한 WFQ(Weighted Fair Queuing) 기법을 사용하여 우선순위로 분류된 데이터의 클래스에 자원 할당하는 기법[2]
- QoS를 승인제어(admission control)을 통해 제공하는 기법[3]

본 논문에서는 본 논문에서는 DCF 기능을 향상시키기 위해 (m,k)-firm 기법을 이용하면서 IEEE 802.11에 근거한 (m,k)-collision 기법을 제안한다. 이 기법은 서로 다른 우선순위에 따라 서로 다른 CW 영역을 제공한다. 우선순위를 결정하기 위해 노드에서 발생하는 충돌 횟수에 따라 서로 다른 우선순위를 부여하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 관련연구에 대해서 나타내었고 III절은 DCF 성능을 향상시키기 위한 백오프 알고리즘에 대해 나타내었다. IV절에서는 제시된 알고리즘의 성능평가 결과에 대해 나타내었고 마지막 V절에 결론을 나타내었다.

## II. 관련연구

IEEE 802.11 DCF MAC의 성능 분석은 수학적 분석이나 시뮬레이션을 통해 수행되었다. 다양한 수학적 분석 방법[4-5]은 Bianchi[6]에서 제시된 모델을 이용하였다. Bianchi는 CSMA/CA 특성을 모델링하기 위해 Matkov 체인 기법을 제안했다. DCF는 두 가지 채널 접근 방법을 묘사했다. 기본적인 방법은 기본 채널 접근 메카니즘이라 불리는 양방향 핸드셰이킹 기법이다. 이 기법은 성공적인 패킷 전송에 대해 목적지에서 ACK 신호가 전송된다. 두 번째 방법은 데이터를 전송하기 전에 채널을 유지하기 위해 request-to-send/clear-to-send(RTS/CTS) 기법을 사용하는 4-방향 핸드셰이킹 기법이다. RTS/CTS 패킷의 교환 목적은 히든 터미널(hidden terminal) 때문에 발생하는 성능 저하를 줄이기 위해서 사용된다.

기본 채널 접근 메카니즘에서 전송할 패킷을 지니고 있는 노드는 먼저 패킷을 전송하기 전에 채널의 사용 여부를 감지한다. 만약 채널이 DIFS(DCF Interframe Space) 기간동안 사용되지 않는 것으로 감지되면 해당 노드는 즉시 패킷을 전송한다. 하지만 채널이 사용 중이거나 충돌이 발생한 경우 노드는 패킷 전송을 임의의 백오프 시간(backoff time)동안 연기한다. 백오프 시간은 DIFS 시간 후 CW 내의 값 중에서 선택된다. 패킷 전송이 실패할 때마다 CW는 두 배 증가된다. 만약 노드가 패킷 전송을 성공할 경우 CW 값은 CW내에서 최소 값(CWmin)으로 리셋된다. 이전 연구[7-8]에서는 이진 지수 백오프 알고리즘(binary exponential backoff algorithm)은 채널을 경쟁하는 노드 수가 많을 경우 비효율적이라고 나타났다. 즉, 노드 수가 많을 경우 충돌이 발생할 확률이 높아지게 되고 이에 따라 충돌이 해결될 때까지 백오프 시간도 함께 증가된다. 이는 충돌이 많이 발생한 노드의 경우 큰 백오프 시간을 가지게 되어 데이터 전송이 늦어지게 된다.

## III. DCF 성능 향상을 위한 백오프 알고리즘

IEEE 802.11 DCF MAC은 기본적으로 매체 접근을 위

해 CSMA/CA 기법을 사용한다. 이때 다른 노드들과의 매체 접근 충돌을 피하기 위해 백오프 알고리즘을 사용한다. 백오프 알고리즘은 데이터를 전송하기 전에 다른 노드들과의 충돌을 피하기 위해 아래 시간만큼 대기했다가 전송하는 기법이다[9].

$$Backoff\ Time = \lfloor (CW * Random(0,1)) * Solt\ Time \rfloor$$

충돌이 발생하면 CW 값을 두배로 증가시키고 백오프 시간을 다시 계산하여 계산된 백오프 시간만큼 대기한 후 프레임 전송한다. 따라서 충돌이 많이 발생한 노드는 큰 백오프 시간을 가지게 되어 데이터 전송이 늦어지게 된다. 본 논문에서는 각 노드가 데이터 전송시 충돌이 발생할 경우 모든 데이터에 대해 동일한 백오프 알고리즘을 적용하는 것이 아니라 충돌 횟수에 따라서 서로 다른 백오프 시간을 적용시켜서 충돌이 많이 발생한 노드에 대해 우선순위를 높게 부여한다. 이를 위해 본 논문에서는 (m,k)-firm 스트림 기법을 적용하였다[10].

(m,k)-firm 스트림은 k개의 패킷 중에서 m개의 패킷이 정해진 데드라인 안에 도착하면 서비스 품질을 만족하는 시스템이다. 스트림은 시스템으로부터 서비스를 완전하게 수행되는 데드라인을 가지고 있다. 각 데이터가 데드라인 이전에 완전하게 처리되어지면 데이터는 자신의 데드라인을 만족했다고 한다. 그렇지 않으면 데드라인을 만족하지 않았다고 한다. [10]에서는 (m,k)-firm 트래픽을 위하여 기존의 우선 순위 스케줄링 방법을 센서 네트워크에 적용하였다. 따라서 본 논문에서는 (m,k)-firm 트래픽 특성을 수정한 우선 순위 스케줄링 기법을 사용하여 CW의 크기를 동적으로 변화시키는 방법을 사용하였다.

각 노드는 데이터를 전송할 때 출동 여부에 대한 상태 (state) 정보를 유지하고 있는데 이는 충돌이 발생했는지 하지 않았는지에 대한 최근 히스토리를 담고 있다. 상태 정보는 충돌 여부에 따라 “miss”와 “meet” 로 저장된다. “miss”는 충돌이 발생한 경우를 나타내고 “meet”는 충돌이 발생하지 않은 경우를 나타낸다. (m,k)-firm 기법을 충돌 여부에 적용시키기 위해 본 논문에서는 다음과 같이 (m,k)-firm 기법을 수정하여 (m,k)-collision 기법을 제시하였다.

(m,k)-collision 이란 하나의 노드에서 k번의 연속적

인 전송 시도 중에서 최소한 m번의 전송이 성공되어야 함을 보장시키는 기법이다. 이는 하나의 노드에서 잦은 충돌이 발생할 경우 다음 전송에서 충돌 없이 프레임을 전송하기 위해 우선순위를 높여주는 기법이다. 예를 들어 (3,5)-collision의 경우 5번 연속적인 트래픽 전송 시도 중 연속적으로 3번의 충돌로 인해 전송을 하지 못하는 것을 허용하지 않는다는 것을 의미한다. 충돌이 발생하지 않을 경우 우선순위는 1로 설정되고 충돌이 한번 발생할 경우 우선순위를 2, 충돌이 두 번 발생할 경우 우선 순위를 3으로 설정한다. CW 값은 그림 1과 같이 전체 max 값을 우선순위 각각에 1/3씩 영역을 할당하여 배정한다.

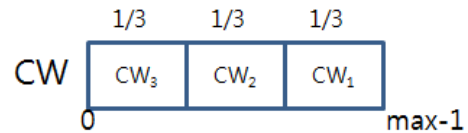


그림 1. 각 우선 순위에 따른 CW 영역  
fig. 1 CW ranges for each priority ranges

우선순위를 설정한 후 백오프 시간 값은 아래와 같이 계산하여 동작시킨다. 여기서 i는 우선순위 i(i=1, 2, 3)를 의미한다.

$$Backoff\ Time_i = \lfloor (CW_i * Random(0,1)) * Solt\ Time \rfloor$$

#### IV. 성능 평가

802.11은 우선순위 기법을 사용하지 않기 때문에 본 논문에서 제시된 기법은 802.11보다 성능이 좋다. 본 논문에서 제시된 기법은 802.11을 기반으로 하고 있기 때문에 성능 평가를 위해 ns-2에서 구현된 기존의 802.11 모듈을 수정하였다. 성능 평가를 위해 사용된 매개변수는 표 1과 같다.

표 1. 성능 평가에 사용된 매개변수  
Table. 1 system parameter used to obtain result

Packet payload	8184 bits
MAC header	272 bits
PHY header	128 bits
Channel Bit Rate	1Mbps
Propagation Delay	1us
Slot Time	50us
SIFS	28us
DIFS	128us

그림 2는 IEEE 802.11 DCF에서 사용되는 백오프 시간의 분포를 나타내었다. CWmin은 32로 가정하였고, 재전송 횟수는 4로 시뮬레이션하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 백오프시간의 분포는 재전송 횟수에 크게 좌우되는 것을 알 수 있다.

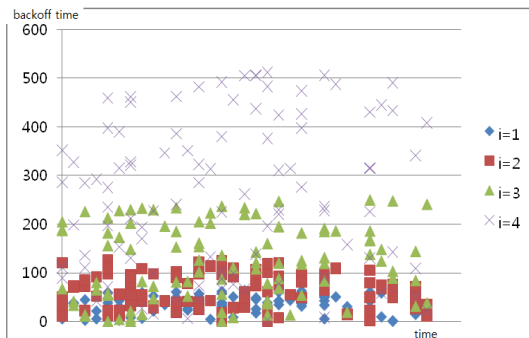


그림 2. 802.11 DCF에서의 백오프시간 분포  
Fig. 2 The distribution of the backoff time in the IEEE 802.11 DCF

그림 3은 노드의 개수에 따른 처리율을 보여 주고 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 부하가 많은 상태에서는 본 논문에서 제시된 기법이 IEEE 802.11에서 사용하는 백오프 알고리즘보다 성능이 우수함을 알 수 있다.

이것은 노드의 수가 많아질수록 각 노드가 겪는 충돌의 횟수는 점차 증가하게 된다. 기존의 기법에서는 충돌이 증가함에 따라 CW 값을 2배 증가시켜서 충돌을 유발시킨 노드는 더 시간을 기다리게 되어 중단간의 전송지연을 유발하게 된다.

하지만 본 논문에서 제시된 기법은 충돌 발생 횟수가 증가함에 따라 더 적은 CW 영역을 배정함으로써 중단간의 전송 지연을 줄일 수 있게 되었다.

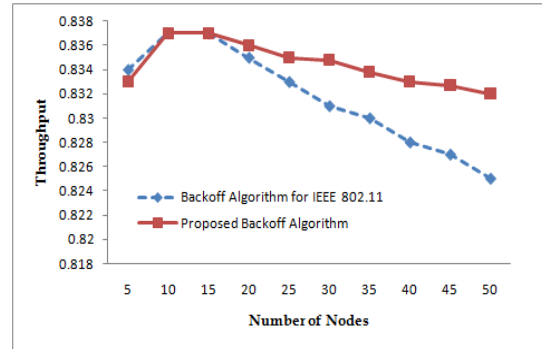


그림 3. 노드 수에 대한 처리율 변화  
fig. 3 Throughput vs. number of stations

### V. 결 론

실시간 데이터를 전송하기 위해서는 MAC 계층에서 QoS를 제공하는 것이다. 하지만 IEEE 802.11 자체에는 QoS를 지원하는 기능이 존재하지 않는다. 이를 보완하기 위해 802.11 MAC에서 제공되는 DCF 기능을 수정하여 QoS를 제공하는 기법들이 필요한데 본 논문에서는 (m,k)-collision 기법을 제시하였다. 제시된 기법은 하나의 노드에서 잦은 충돌이 발생할 경우 다음 전송에서 충돌 없이 프레임 전송하기 위해 우선순위를 높여주는 기법이다.

성능평가 결과 본 논문에서 제시된 기법은 충돌 발생 횟수가 증가함에 따라 더 적은 CW 영역을 배정함으로써 중단간의 전송 지연을 줄일 수 있음을 볼 수 있었다.

본 논문에서는 (m,k)-collision 기법을 적용할 때 m=3, k=5인 경우만 제시되었지만 추후 연구과제로 다양한 네트워크 사항에 적합한 m과 k 값을 구하는 것이 필요하다.

참고문헌

- [ 1 ] L. Romdhani, Q. Ni, and T. Turletti. Adaptive EDCF: Enhanced Service Differentiation for IEEE 802.11 Wireless Ad Hoc Networks, 2004.
- [ 2 ] N. Vaidya, P. Bahl, and S. Gupta. Distributed fair scheduling in a wireless lan. Boston,USA, August 2000. Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 2000).
- [ 3 ] D. Pong and T. Moores. Admission control for voip traffic in ieee 802.11 contention access mechanism., pages 174 - 178. In Proc of. GLOBECOM 2003,, 2003.
- [ 4 ] H.I S. Chhaya and S. Gupta, "Performance modeling of asynchronous data transfer methods of IEEE 802.11 MAC protocol", Wireless Networks, Volume 3, Number 3, pp.217-234,1997
- [ 5 ] F.C. Aleph, M. Conti, E.Gregori, "Dynamic tuning of the IEEE 802.11 protocol to achieve a theoretical throughput limit", IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume 8 Issue 6, pp. 785-799, Dec. 2000
- [ 6 ] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 18, no. 3, pp. 535 - 547, Mar. 2000.
- [ 7 ] Q. Ni, I.Aad,C. Barakat, T.Turletti, "Modeling and analysis of slow CW decrease IEEE 802.11 WLAN", in Proc. IEEE PIMRC 2003, vol.2, pp.1717-1721
- [ 8 ] V. Vitsas and A.C. Boucouvalas, "Performance Analysis of the Advanced Infrared (AIr) CSMA/CA MAC Protocol for Wireless LANs", Wireless Networks, Volume 9, Number 5, pp. 495-507
- [ 9 ] IEEE Std. 802.11, "Wireless LAN Media Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification", 1999 edition
- [10] M. Hamdaoui, P. Ramanathan "A Dynamic Priority Assignment Technique for Streams with (m,k)-Firm Deadlines", IEEE Transactions on Computers, 1994

저자소개



남재현(Jae-Hyun Nam)

1989년 부산대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

1992년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사

2002년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사

2002년 11월 ~ 현재 신라대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

※ 관심분야 : 관심분야 : 센서네트워크, VoIP, QoS