

시뮬레이션에 의한 IEEE 802.11 WLAN에서의 새로운 DCF 알고리즘에 관한 연구

임석구*

요약

본 논문에서는 IEEE 802.11 WLAN의 MAC인 DCF의 성능을 개선하는 알고리즘을 제안하고 이를 시뮬레이션으로 분석한다. IEEE 802.11 WLAN의 MAC에서는 데이터 전송을 제어하기 위한 방법으로 DCF와 PCF를 사용하며, DCF의 경우 CSMA/CA를 기반으로 한다. CSMA/CA는 스테이션간의 충돌을 줄이기 위해서 임의의 Backoff time을 각 스테이션의 CW(Contention Window) 범위에서 결정한다. 스테이션은 패킷 전송 후 충돌이 발생하면, 윈도우 크기를 두 배로 증가시키며, 패킷을 성공적으로 전송하면 윈도우 크기를 최소 CW로 감소한다. DCF는 경쟁 스테이션이 적은 상황에서는 비교적 우수한 성능을 보이나 경쟁 스테이션의 수가 많은 경우 처리율, 지연 관점에서 성능이 저하되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 패킷 전송 후 충돌이 발생하면 윈도우 값을 최대 CW로 증가시키고 패킷의 정상적인 전송 후에는 윈도우 값을 서서히 감소함으로써 현재 WLAN의 망 상태정보를 계속 활용함으로써 패킷 충돌 확률을 낮추는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘의 효율성을 입증하기 위해 시뮬레이션을 수행하여 그 타당성을 제시하였다.

A Study on New DCF Algorithm in IEEE 802.11 WLAN by Simulation

Seog-Ku Lim*

Abstract

In this paper, MAC algorithm for the IEEE 802.11 DCF improving the performance is proposed and analyzed by simulation. The MAC of IEEE 802.11 WLAN to control data transmission uses two control methods called DCF(Distributed Coordination Function) and PCF(Point Coordination Function). The DCF controls the transmission based on CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), that decides a random backoff time with the range of CW(Contention Window) for each station. Normally, each station increase the CW to double after collision, and reduces the CW to the minimum after successful transmission. The DCF shows excellent performance relatively in situation that competition station is less but has a problem that performance is fallen from throughput and delay viewpoint in situation that competition station is increased. This paper proposes an enhanced DCF algorithm that increases the CW to maximal CW after collision and decreases the CW smoothly after successful transmission in order to reduce the collision probability by utilizing the current status information of WLAN. To prove efficiency of proposed algorithm, a lots of simulations are conducted and analyzed.

Keywords : IEEE 802.11, WLAN, DCF, Backoff Algorithm

1. 서론

IEEE 802.11은 무선랜(Wireless LAN) 시장의 급격한 성장과 함께 현재 가장 널리 사용되고 있는 무선랜의 표준 기술 중 하나이다. 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 증가함에 따라 WLAN[1]을 구현하기 위한 규격인 IEEE 802.11이 1999년에 처음 발표되었고 2.4GHz대와 5GHz대의 무선 주파수를 사용하여

※ 제일저자(First Author) : 임석구
접수일자:2007년11월28일, 완료:2007년12월10일
* 백석대학교 정보통신학부
sklim@bu.ac.kr

다양한 전송 속도를 지원하는 제품이 출시되었다. 이중 현재는 Direct Sequence(DS) 대역 확산 기법을 이용하여 최대 11Mbps를 지원하는 IEEE 802.11b 표준이 가장 많은 시장을 구축하고 있다.

IEEE 802.11 WLAN MAC에서는 무선채널을 액세스하기 위한 방법으로 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)를 사용한다. IEEE 802.11 WLAN의 기본적인 액세스 방법으로 사용하는 DCF의 경우 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 기반으로 하여 모든 스테이션(Station)이 동등한 관계에서 경쟁을 통해 채널을 사용하게 된다. 반면, PCF는 AP(Access Point)와 같은 중앙제어 노드의 관리 하에 폴링(Polling) 방식을 이용하여 스테이션들이 채널을 사용할 수 있게 관리하는데, 성능 및 유연성에서 많은 문제점이 있어 실제 대부분의 무선랜 장비에서는 이 기능을 지원하지 않는다[2].

DCF의 기본적인 동작 방식에서 전송할 패킷이 있는 스테이션은 DIFS(Distributed Interframe Space)가 경과된 후 백오프 스테이지 0 (Backoff Stage 0)에서 경쟁 윈도우(Contention Window)를 최소 경쟁 윈도우 크기(CW_{min})로 초기화하고 백오프 카운터(Backoff Counter)를 $[0, CW_{min}]$ 의 범위에서 랜덤(Random)하게 선택한다. 1 슬롯시간(Slot Time) 동안 채널이 사용되지 않음을 감지한 스테이션은 백오프 카운터를 1씩 감소시키고 슬롯의 시작시점에 백오프 카운터가 0인 스테이션은 패킷 전송을 시작한다. 만약 충돌이 발생하게 되면, 충돌이 발생한 스테이션은 백오프 스테이지를 1씩 증가시키며 경쟁 윈도우를 두 배씩 증가시키고 백오프 카운터를 재설정한다. 패킷 전송에 성공한 스테이션은 백오프 스테이지와 경쟁 윈도우를 초기화한다. DCF는 경쟁하는 스테이션의 수가 많을수록 충돌이 발생할 가능성이 증가하여, 이를 해결하기 위한 많은 연구들이 진행 되어왔다[3][4][5][6][7][8][9][10].

Bianchi는 2차원 마르코프 체인을 이용한 DCF의 성능 평가 모델을 제안하고 이를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다[3][4]. Xiao는 Bianchi모델의 간단한 수정과 함께 DCF의 수율과 MAC 지연의 한계를 제시하였다[5]. Kwon은 DCF보다 빠른 충돌 해결을 위한 FCR(Fast Collision Res-

olution) 알고리즘을 제안하였는데, 기존의 DCF보다 적은 경쟁 윈도우를 사용하고 연속적인 휴지 슬롯이 탐지되면 백오프 카운터를 지속적으로 감소시키는 방식으로 DCF와 비교하여 충돌을 빠르게 해결할 수 있다. 그러나 공평성(fairness)에 취약점을 가지고 있기 때문에 공정한 스케줄링 알고리즘을 혼합하여 사용하여야 하는 문제가 있다[6].

Wang은 GDCF (Gentle Distributed Coordination Function)를 제안하였는데, 연속적으로 c회 전송에 성공하면 새로 전송될 패킷은 이전 패킷의 백오프 스테이지보다 1이 감소한 백오프 스테이지에서 전송을 시도하게 된다[7]. 이러한 방식은 자원을 공유하는 스테이션의 수가 많을 때 DCF보다 충돌 발생 가능성이 줄어들게 되지만 백오프 값에 상관없이 고정된 값을 사용하는 것은 경쟁 스테이션의 수가 적을 때 수율의 감소 및 지연 증가의 원인이 된다. GDCF의 성능을 개선한 EGDCF (Enhanced GDCF)에서도 동일한 백오프 스테이지에서 연속적인 전송 성공 횟수를 집계하는 카운터를 사용한다[8]. EGDCF에서는 연속적인 전송 성공 횟수가 허용된 값에 도달하면 새로 전송될 패킷은 이전 패킷의 백오프 스테이지보다 1이 감소한 백오프 스테이지에서 전송을 시도하게 된다. 허용되는 값은 백오프 스테이지마다 다르게 할당된다. GDCF와 EGDCF는 연속적인 전송 성공 횟수를 집계하는 계수기를 추가로 사용하는 문제점이 있다.

Chatzimisios 등은 IEEE 802.11a에서 DCF의 기본 접근 방식 및 RTS/CTS방식에 대하여 수학적 분석과 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교하였고 Raffaele 등은 IEEE 802.11b에서 DCF의 기본 접근 방식 및 RTS/CTS방식의 성능을 비교하였다[9][10].

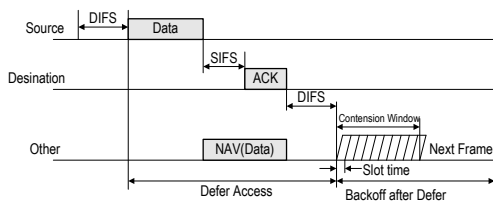
본 논문에서는 전송이 성공적으로 이루어졌을 경우 Backoff Contention 범위를 CW_{min} 값으로 되돌리지 않고 반으로 줄이고 또한 충돌이 발생하면 Backoff Contention 범위를 CW_{max} 값으로 증가시킴으로써 충돌에 대한 확률을 적게 하여 무선자원의 효율을 높일 수 있는 알고리즘을 제안하고 이를 시뮬레이션을 이용하여 그 성능을 검증한다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 IEEE 802.11의 MAC 프로토콜인 DCF에 대해서 설명하며, 3장에서는 제안된 알고리즘을

설명한다. 4장에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 시뮬레이션을 통해 포화수율, 평균 패킷지연 시간, 평균 패킷 폐기를 관점에서 분석하였고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.11 DCF의 매체 접근 제어 방식

DCF는 IEEE 802.11 MAC의 기본적인 매체 접근 방식으로서, CSMA/CA 방식을 따른다. (그림 1)은 DCF 기본액세스(Basic Access) 방법에서 스테이션의 동작을 보여준다. Busy Medium이 끝나고 DIFS 동안 매체가 유휴 상태이면, Random Backoff Time을 생성하여 매체에 대한 접근을 연기한다. 이 때 Backoff Time은 0부터 경쟁 윈도우(Contention Window, CW)라고 불리는 CW 사이의 값을 임의로 취한다. 즉, 다음의 같은 식으로 설명할 수 있다.

$$Backoff\ Time = Rand(0, CW) \times aSlotTime \quad (1)$$



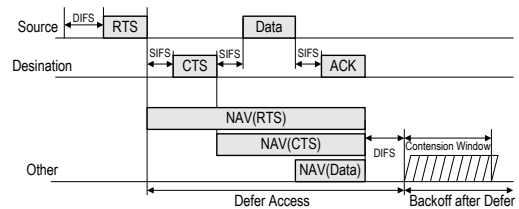
(그림 1) DCF의 기본액세스 방법

매체에 대한 접근을 연기한 스테이션들은 매체의 상태를 확인하면서 동시에 자신의 백오프 타이머를 감소시켜 나간다. 만약 어떤 스테이션의 백오프 타이머가 0이 될 때까지 매체가 Idle 상태이면 그 스테이션은 매체에 접근하게 되고, 0이 되기 전에 매체를 다른 스테이션이 사용하게 되면 백오프 타이머를 줄이는 것을 멈추고 다음 DIFS 후에, 남아있는 백오프 타이머를 사용한다. 따라서 이 스테이션은 처음 백오프 타이머를 생성한 스테이션보다 더 작은 백오프 타이머를 가지게 될 확률이 높으므로 매체에 접근할 가능성 또한 높다. 그러다가 백오프 타이머가 0이 되면 패킷을 전송하게 되며, ACK를 통해 패킷 전송에 대한 성공여부를 결정한다. 패킷이 성

공적으로 전송 되었을 경우 CW 값을 CW_{min} 값으로 감소시키며, 충돌로 감지했을 경우 CW 값을 2배로 증가시킨다.

RTS/CTS 방법은 채널에 대한 예약정보를 알리는 방식으로, 실제 데이터를 전송하기 전에 짧은 길이의 RTS(Ready To Send)와 CTS(Clear To Send)를 교환하여 채널의 예약을 알리는 방식이다.

(그림 2)는 DCF에서 RTS/CTS 방식에 대한 그림으로서 가장 짧은 백오프 타이머를 생성한 스테이션은 매체접근에 성공하게 되고, 먼저 RTS 패킷을 전송한다. RTS 패킷에는 데이터를 전송하고자 하는 송신 스테이션의 주소와 NAV(Network Allocation Vector) 설정에 사용되는 Duration Field가 포함되어 있다.



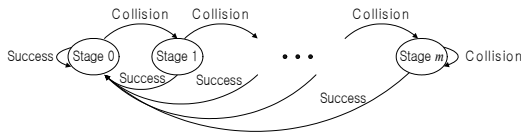
(그림 2) DCF에서 RTS/CTS 방식

RTS 패킷을 수신한 스테이션들 중에 목적지 스테이션은 RTS 패킷에 대한 ACK(Acknowledgement)로서 CTS 패킷을 전송하고, 나머지 스테이션들은 자신의 NAV를 RTS 패킷에 포함된 Duration Field 값으로 설정한 뒤, NAV를 줄여 나가면서 매체접근을 연기한다. RTS/CTS 패킷의 전송이 끝나면, 송신 스테이션은 데이터 전송을 시작하게 되고 수신 스테이션은 ACK 패킷을 전송한다. 모든 패킷에 Duration Field가 포함되어 있고, 스테이션들은 현재 NAV보다 더 큰 Duration Field를 수신할 경우에만 NAV를 갱신한다. NAV가 0이 되면, 스테이션들은 매체가 유휴 상태라고 판단하고 DIFS 동안 기다린 후 자신의 백오프 타이머를 줄여나가면서 매체접근을 시도한다. RTS와 CTS의 사용을 통한 Virtual Carrier Sense 방법에 의해 Hidden Terminal 문제[11]를 해결할 뿐만 아니라, RTS와 CTS 교환 충돌로 인한 전송 경로의 손실을 즉각적으로 확인할 수 있다. RTS/CTS 방법은 평균 패킷의 크

기가 큰 환경이나 스테이션의 수가 많아 충돌 확률이 높은 환경에서 효율적이다.

3. 제안하는 DCF 알고리즘

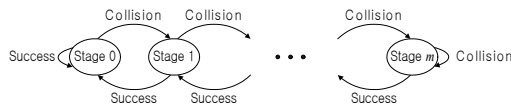
(그림 3)에는 IEEE 802.11 DCF의 충돌-해결 과정을 나타내었다. 초기 백오프 스테이지(stage 0)에서 CW값은 최소값 CW_{min} 을 갖는다. 패킷 전송에 실패하면 백오프 스테이지는 1 증가하고 CW값은 2배로 증가된다. 전송에 성공하면 백오프 스테이지 0으로 복귀하고 네트워크의 상태에 관계없이 CW값은 CW_{min} 가 된다. 이를 식 (2)에 나타내었다. 충돌에 의해 높아진 CW를 CW_{min} 값으로 되돌릴 경우 충돌 확률이 높아지게 되며, 전송을 위해 기다리는 스테이션의 수가 많을 경우 충돌 확률은 더욱 높아져서 시스템 성능은 떨어지므로 비효율적으로 동작한다.



(그림 3) IEEE 802.11 DCF의 충돌-해결 과정

$$CW_i = \begin{cases} \min(2 \times CW_{i-1}, CW_{max}) & \text{if collision} \\ CW_{min} & \text{if success} \end{cases} \quad (2)$$

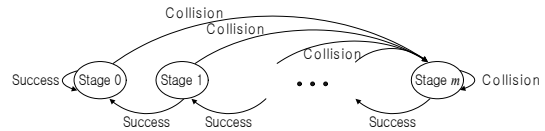
(그림 4)에는 참고문헌 [12]에서 제안한 방식(DCF+ 로 표기)의 충돌-해결 과정을 나타내었다. IEEE 802.11 DCF와 차이점은 패킷을 성공적으로 전송하면 백오프 스테이지 0으로 복귀하여 CW를 CW_{min} 값으로 감소시키지 않고 백오프 스테이지를 1 감소시키고 CW는 현재 CW 값의 반으로 낮추는 알고리즘이다. DCF+ 알고리즘에서 CW 값의 산출은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다



(그림 4) DCF+의 충돌-해결 과정

$$CW_i = \begin{cases} \min(2 \times CW_{i-1}, CW_{max}) & \text{if collision} \\ \max(CW_{i-1}/2, CW_{min}) & \text{if success} \end{cases} \quad (3)$$

IEEE 802.11 DCF에서는 백오프 스테이지 i 에서 전송에 성공한 경우 다음 백오프 스테이지는 0이 되고 CW는 $CW_{min}=31$ 로 설정된다고 하였다. 그러나 현재 경쟁하는 스테이션의 수가 충분히 크다면($\gg 32$), 백오프 스테이지 0에서 새로운 충돌확률은 매우 높을 것이다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 패킷을 성공적으로 전송한 경우에는 CW를 CW_{min} 값으로 급격하게 줄이지 않고 현재 값의 반으로 줄이며, 충돌이 발생한 경우에는 CW를 CW_{max} 값으로 증가시킴으로써 충돌에 대한 확률을 적게 하여 자원의 효율을 높일 수 있는 알고리즘을 제안한다. (그림 5)에는 제안하는 알고리즘의 충돌-해결 과정을 나타내었으며, CW 값의 산출은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.



(그림 5) 제안하는 알고리즘의 충돌-해결 과정

$$CW_i = \begin{cases} CW_{max} & \text{if collision} \\ \max(CW_{i-1}/2, CW_{min}) & \text{if success} \end{cases} \quad (4)$$

4. 시뮬레이션 및 성능 평가

IEEE802.11 DCF와 DCF+ 그리고 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 포화수율, 경쟁지연시간 등의 관점에서 분석하였다. 시뮬레이션은 SLAM II을 사용해서 Event-Driven 방식으로 구현하였다 [13].

시뮬레이션 수행에 필요한 파라미터는 DSSS(Digital Sequence Spread Spectrum)를 가정하였으며, <표 1>과 같다[7]. 패킷 Payload 크기를 8184bit로 고정하였고 채널 속도는 2Mbps로 가정하였다. 또한 시뮬레이션을 위해 CW의

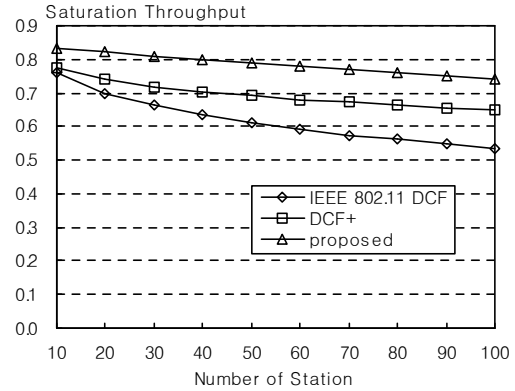
최소값(CW_{min})과 최대값(CW_{max})은 각각 32, 1024로 하고 재전송 한계값을 7로 설정하였다. 시뮬레이션 환경은 각 스테이션이 항상 전송할 패킷을 가지고 있는 포화상태(Saturation State)를 가정하였으며, 전송에러에 의한 재전송은 고려하지 않았다.

<표 1> 시스템 파라미터(802.11 DSSS)

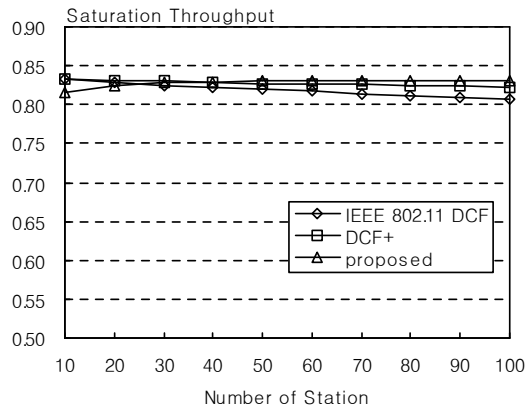
파라미터	값
Packet payload	8184 bits
MAC overhead	272 bits
PHY header	128 bits
ACK	112bit+PHYhdr
RTS	160bit+PHYhdr
CTS	112bit+PHYhdr
채널 전송속도	2 Mbps
전파지연시간	1 μ sec
Slot Time	20 μ sec
SIFS	10 μ sec
DIFS	50 μ sec
CW_{min}	32
CW_{max}	1024
Short Retry Limit	7

(그림 6)은 기본액세스인 경우 스테이션의 수의 증가에 따른 포화수율 (Saturation Throughput)을 802.11 DCF, DCF+ 그리고 제안 알고리즘을 비교하여 나타난 그래프이다. 제안하는 알고리즘의 포화수율이 802.11 DCF, DCF+에 비해 매우 높음을 알 수 있다. 또한 802.11 DCF인 경우 스테이션 수가 클수록 포화수율이 급격히 감소하지만, 제안 알고리즘의 경우 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

(그림 7)은 같은 환경에서 RTS/CTS 액세스의 경우에 대한 그래프이다. 이 경우에는 포화수율의 차이가 크게 나타나지 않으나, 제안하는 알고리즘이 스테이션의 수가 작은 경우에는 성능이 떨어지며, 스테이션의 수가 30 이상인 경우에는 포화수율이 높음을 알 수 있다. RTS/CTS 액세스의 경우 충돌에 의한 채널 효율이 패킷의 크기에 영향을 받지 않고, Basic Access 경우보다 충돌에 의한 채널 낭비가 크지 않기 때문에 평균 패킷 크기가 큰 환경과 충돌 확률이 높은 환경에서 채널 효율을 높일 수 있다.



(그림 6) 기본액세스에서의 포화수율

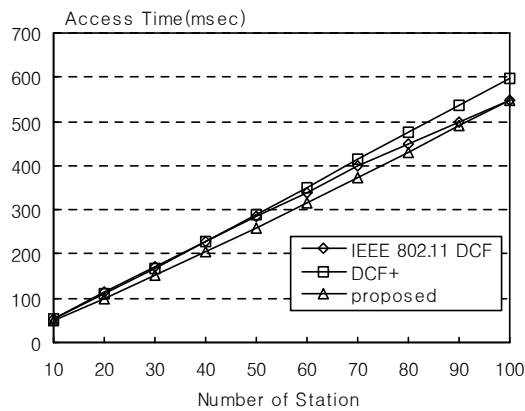


(그림 7) RTS/CTS 액세스에서의 포화수율

(그림 8)과 (그림 9)는 스테이션의 수의 증가에 따른 평균 패킷 지연시간(Average Packet Delay)을 802.11 DCF, DCF+ 그리고 제안 알고리즘을 비교하여 나타난 그래프이다. 평균 패킷 지연시간은 패킷이 큐의 헤더에 입력되는 순간부터 패킷이 성공적으로 전송되어 수신측으로부터 ACK 메시지를 수신할 때까지의 시간으로 정의된다. 패킷지연시간에 영향을 미치는 요인으로는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 패킷 충돌이 발생하면 재전송을 시도하며, 전송에 성공할 때까지 이 과정은 반복되는데 이는 수율이 낮아짐과 동시에 지연이 증가된다. IEEE 802.11 표준에서는 재전송에 의해서 지연시간이 지나치게 길어지는 경우를 제한하기 위해 재전송 횟수를 7로 한정하였으며, 그 이상의 패킷 재전송이 발생하면 그 패킷은 폐기한다. 두 번째 지연요인은

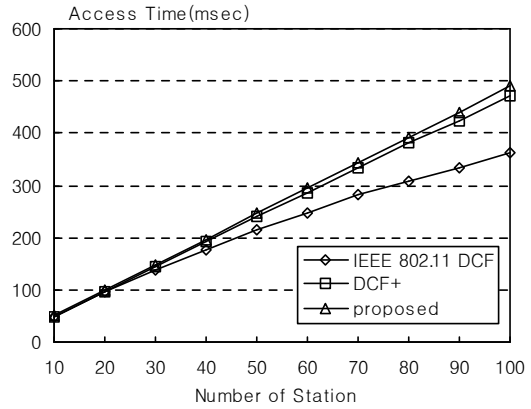
백오프 과정을 거치면서 발생하는 경우이다. DIFS 이후, 전송할 패킷이 있는 모든 스테이션은 백오프 과정에 들어가는데, 이 과정에서 가장 먼저 백오프 타이머가 0이 되는 스테이션이 매체를 사용할 권한을 갖게 된다. 이 때 백오프 타이머를 작게 설정하면 백오프에 의한 전송 지연이 작아지지만, 충돌확률이 높아지는 상호-보완 관계에 있다. 반면에 백오프 타이머를 크게 하면 전송지연은 증가하지만 충돌확률은 낮아진다.

(그림 8)은 기본액세스인 경우 평균 패킷지연 시간을 나타내었는데, 제안하는 알고리즘의 지연 시간이 802.11 DCF, DCF+에 비해 낮음을 알 수 있다. 이는 802.11 DCF, DCF+는 잦은 충돌로 인해 지연시간이 증가되었으며, 아울러 포화수율도 감소하였음을 알 수 있다.



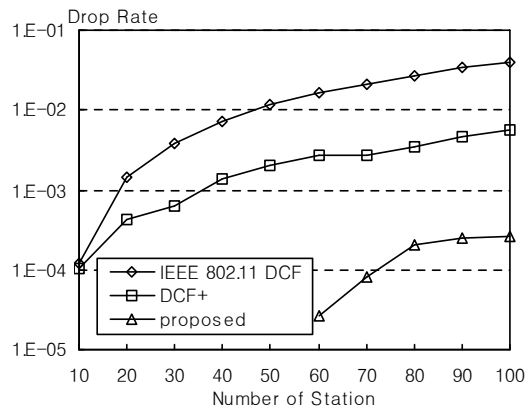
(그림 8) 기본액세스에서의 평균 패킷지연시간

(그림 9)는 같은 환경에서 RTS/CTS 액세스의 경우에 대한 그래프이다. 802.11 DCF가 지연 시간이 가장 작게 나타났는데, 그 이유는 재전송 한계에 도달한 패킷은 폐기시키고 전송에 성공한 패킷만을 통계 처리하여 값을 얻었기 때문이다. 이에 반해 DCF+나 제안 알고리즘은 상대적으로 패킷 폐기율이 작아서 지연시간이 긴 것으로 분석되었다.



(그림 9) RTS/CTS 액세스에서의 평균 패킷지연시간

마지막으로 (그림 10)에는 각 알고리즘에 대한 평균 폐기율(Average Drop Rate)을 나타내었다. 802.11 DCF나 DCF+는 재전송 회수 제한에 의해 폐기되는 패킷이 높은 반면, 제안하는 방식은 폐기되는 패킷이 매우 낮음을 알 수 있다. 이러한 패킷 폐기율은 포화수율과 평균 패킷지연 시간에 커다란 영향을 미침을 앞의 결과로부터 확인할 수 있었다.



(그림 10) 재전송 회수 제한에 의한 평균 폐기율

5. 결론

본 논문에서는 기존의 IEEE 802.11 DCF에서 성공적인 패킷 전송 후에 CW를 CW_{min} 으로 급격히 감소시키지 않고 서서히 감소시키고, 충돌

이 발생하면 CW를 CW_{max} 로 증가시키는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 스테이션이 많은 환경에서 스테이션간의 충돌 확률을 낮게 하여 채널 효율을 높일 수 있고, 평균 패킷 지연시간이나 평균 패킷 폐기율 관점에서도 높은 성능향상을 나타내는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

본 연구 결과를 바탕으로 진행할 향후 연구과제로는 포화상태에서의 수율을 수학적으로 분석할 예정이며, 수율과 지연시간에 대한 수학적 성능 분석을 진행할 것이다. 또한 멀티미디어 트래픽 환경에 제안한 방식을 적용하기 위해 우선순위가 서로 다른 다양한 트래픽에 대한 적정 파라미터에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] The Editors of IEEE 802.11. IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, Nov. 1997.

[2] Y. Xiao, "An Analysis for Differentiated Services in IEEE 802.11 and IEEE 802.11e Wireless LANs", Proc. In ICDCS 2004. pp. 32-39, 2004.

[3] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", IEEE J. Selected Areas in Communications, Vol. 18, No. 3, pp. 535-547, 2000.

[4] G. Bianchi, "IEEE 802.11 Saturation Throughput Analysis," IEEE Communication Letters, Vol. 2, No. 12, pp. 318-320, Dec. 1998.

[5] Y. Xiao, J. Rosdahl, "Throughput and Delay Limits of IEEE 802.11," IEEE Communication Letters. Vol. 6, No 8, pp. 355-357, Aug. 2002.

[6] Y. Kwon, Y. Fang, and H. Latchman, "A Novel MAC Protocol with Fast Collision Resolution for Wireless LANs," Proc. IEEE INFOCOM'03, Vol. 2, pp. 853-862, April. 2003.

[7] C. Wang and Bo Li, "A New Collision Resolution Mechanism to Enhance the Performance of IEEE 802.11 DCF", IEEE Transaction on Vehicular Technology, Vol. 53, No. 14, pp. 1235-1246, July 2004.

[8] M. Y. Chung, M. S. Kim, T. J. Lee, Y. Lee, "Performance evaluation of an enhanced GDCF for IEEE 802.11," IEICE Trans. Comm., Vol. E88-B, No. 10, pp. 4125-4128, Oct. 2005.

[9] P. Chatzimisios, A. C. Boucouvalas, V. Vitsas, "Effectiveness of RTS/CTS handshake in IEEE 802.11a wireless LANs," IEEE Electronic Letters, Vol. 40, No. 14, pp. 915-916, July 2004.

[10] B. Raffaele, C. Marco, "IEEE 802.11 Optimal performances: RTS/CTS mechanism vs. basic access," Personal, indoor and mobile radio communication, the 13th IEEE International symposium on, Vol. 4, Sept. 2002.

[11] L. Kleinrock and F. Tobagi, "Packet switching in radio channels, Part-II The Hidden Terminal Problem in Carrier Sense Multiple Access Models and the Busy Tone Solution", IEEE Trans. Communication, Vol. 23, No. 12, pp. 1417-1433, Dec. 1975.

[12] 황안규, 이재용, 김병철, "IEEE 802.11 DCF 성능개선을 위한 매체접근 알고리즘의 설계 및 성능분석", 전자공학회 논문지, 제42권 TC편, 제10호, pp. 39-50, 2005. 10.

[13] A. Alan B. Pritsker, "Introduction to Simulation and SLAM II", John Wiley & Sons, 1986.

임 석 구



1983년 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1999년 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학박사)
 1987년~1992년 : LG전자 중앙연구소
 1992년~1994년 : 한국전자통신연구원
 1994년~2001년 : 주성대학
 1994년~현 재 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
 2001년~현 재 : 백석대학교 정보통신학부 부교수
 관심분야 : 트래픽 엔지니어링, 시뮬레이션, 이동통신시스템 성능분석, BcN