

論文2003-40TC-12-12

IEEE 802.11 Wireless LAN에서의 QoS 지원을 위한 Backoff Algorithm에 관한 연구

(A Study on Backoff Algorithm for QoS in IEEE 802.11 Wireless LAN)

趙宰容 *, 金石皓 *, 柳東寬 *, 郭慶燮 *

(Jae Yong Cho, Seok Ho Kim, Dong Kwan Yo, and Kyung Sup Kwak)

요약

IEEE 802.11 WLAN(Wireless LAN)은 그 편리함과 효율성으로 인하여 급격히 시장에 보급되었다. 반면에 다양한 멀티미디어 서비스를 위하여 QoS(Quality of Service)의 지원이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 IEEE 802.11과 IEEE 802.11e의 MAC 방식과 트래픽 카테고리(Traffic Category)별 차별화 서비스를 통한 QoS 지원 방식을 살펴본다. 또한, 최근까지 제안된 여러 가지 백 오프 알고리즘을 비교 분석한다. 그 결과 새로운 백 오프 알고리즘이 Collision Rate Based-Enhanced Distributed Coordination Function (CRB-EDCF)을 제안한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 CRB-EDCF 알고리즘은 Throughput을 향상시키고 QoS를 지원하는 것을 확인하였다.

Abstract

According to the convenience and efficiency, IEEE 802.11 WLAN(Wireless LAN) has became rapidly wide-spread on the market. However, QoS support is needed for various multimedia service. In this paper, we consider both MAC method of IEEE 802.11 and IEEE 802.11e and Traffic Category differentiated service by QoS support method. In addition, we study currently existing back-off algorithms in view of comparative analysis. As a result we propose a new back-off algorithm called Collision Rate Based-EDCF. The proposed back-off algorithm confirms the performance by computer simulations in terms of Throughput, and QoS support.

Keywords : Wireless LAN, QoS, 802.11e, Backoff

I. 서 론

최근 들어 Wireless LAN의 편리함과 효율성으로 인해 급격히 시장이 확대되고 있다. 그 중 IEEE 802.11

* 正會員, 仁荷大學校 情報通信大學院

(Graduate School Of Information Technology & Telecommunication Inha University)

※ This research was supported by University IT Research Center Project of Inha UWB RC Korea.

接受日字:2003年11月8日, 수정완료일:2003年12月3日

표준은 가장 많은 시장을 확보하고 있으며 앞으로도 영역을 지속적으로 확장해 나갈 것으로 전망된다. 하지만, 사용자의 다양한 서비스 요구사항(Traffic Specification)을 만족시키기에는 어려움이 있으며^[1-2], 시간 제한 트래픽(Time-Bounded Traffic)을 위해 IEEE 802.11에서는 PCF(Point Coordination Function)를 정의하고 있다. 하지만 인프라 스트럭처형 기본 서비스 셋(Infrastructure Basic Service Set)에서는 폴링을 위한 AP(Access Point)가 필요하며, 각 스테이션에서 트래픽 별 우선 순위에 의한 서비스가 지원되지 않으므로 AP

에 의존하는 문제점이 있다^[1]. IEEE 802.11의 PCF와 DCF(Distributed Coordination Function) 방식의 단점을 극복하고자 현재 IEEE 802.11 TGe(Task Group e)에서 표준화 작업이 활발히 진행 중이다^[2]. IEEE 802.11e에서도 PCF와 같은 HCF(Hybrid Coordination Function)를 정의한다. 이 인프라 스트럭처형 QoS 지원 기본 서비스 셋(QoS-supporting BSS)도 802.11e의 AP라고 할 수 있는 HC(Hybrid Coordinator)가 필요하다^[2]. 본 논문에서는 인프라 스트럭처 모드가 아닌 HC가 없는 Ad-hoc 환경을 가정하므로 사용하지 않는다.

본 논문에서는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식에서 사용하는 여러 가지 백 오프 알고리즘들을 살펴보고 각각의 성능을 동일 조건하에서 분석하였다. 대부분의 백 오프 알고리즘에서는 무선 채널의 상황을 고려하지 않고 있으며^{[1][2]}, 단지 현재 전송한 프레임의 전송 결과가 성공했는지 실패했는지에 따라 경쟁 윈도우(CW, Contention Window) 크기를 계산하고 다음 번 전송을 위하여 CW를 계산한다. 그 과정을 살펴보면, 만약 송신된 프레임에 대한 ACK를 수신하면 프레임이 성공적으로 전송되었다는 의미로서 다음 프레임을 전송하게 된다. 하지만 송신된 프레임에 대한 ACK를 수신하지 못한 경우 송신 측에서는 ACK 타임 아웃 시간까지 기다리게 되고 ACK 타임 아웃 시간이 만기되면 그 프레임이 전송과정에서 충돌 또는 오류가 발생한 것으로 간주하고 백 오프 프로시저에 재 전입에 하여 재 전송 과정을 수행하게 된다. 무선 채널의 오류가 버스트하게 발생하는 점을 고려할 때^[3], 프레임 전송의 결과를 관리하여 사용하면 보다 능동적으로 무선 채널 환경에 대응하여 성능 향상을 기대할 수 있다. [3]에서 Romdhani 에 의해 제안된 AEDCF(Adaptive Enhanced Distributed Coordination Function) 백 오프 알고리즘에서는 현재의 무선 채널 상황을 반영하는 방식이 부분적으로 사용되었는데, 이 방식은 EWMA(Exponentially Weighted Moving Average)방식을 사용하여 충돌 확률을 일정 타임 슬롯 개수 내에서 계산하여 무선 채널의 상태를 판단하는 방식이다. [3]에서는 이 방식을 프레임 전송이 성공한 경우에만 부분적으로 적용하여 사용하였다. 하지만 본 논문에서는 EWMA에서 구해진 충돌 확률을 프레임의 전송 성공 시에도 적용하고 프레임 전송 실패 시에도 적용하여 사용하는 새로운 CRB-EDCF 백 오프 알고리즘을 제안한다. CRB-EDCF 알고리즘은 IEEE 802.11e에

서 새로 등장한 EDCF(Enhanced Distributed Coordination Function) 알고리즘을 기본으로 사용한다. 무선 채널의 상황을 반영 할 수 있는 인수를 찾아 이를 CBR-EDCF 알고리즘에 적용하고 다른 백 오프 알고리즘들과의 성능 비교를 실시한다. 이는 무선 채널의 상황을 적절히 반영해 주는 과정을 통해 성능의 향상을 기대할 수 있음을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 IEEE 802.11 WLAN의 무선 접속 및 백 오프 알고리즘을 설명하고 현재까지 제안된 여러 가지 백 오프 알고리즘을 비교 분석하였다. III장은 본 논문에서 제안하는 새로운 백 오프 알고리즘인 CRB-EDCF에 관하여 설명하였으며, IV장에서는 CRB-EDCF 백 오프 알고리즘과 다른 백 오프 알고리즘들을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺고 앞으로의 연구 방향을 제시한다.

II. IEEE 802.11의 무선 접속 및 백 오프 알고리즘

IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 DCF이고, DCF는 분산 제어 방식으로 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식에 기초한다. 이 방식은 무선 채널이 유휴(Idle) 상태에서 DIFS(Distributed Inter Frame Space) 이상 경과하면 스테이션이 곧바로 프레임 전송 가능 상태가 된다. 그렇지 않은 경우, 백 오프 프로시저가 수행된다. 즉, 각 스테이션은 백 오프 시간이라고 불리는 랜덤 값을 생성한다. 이 값은 0과 CW 사이의 값으로 랜덤하게 선택된다. 이 백 오프 타이머는 DIFS 기간보다 오랫동안 무선 채널의 유휴 상태가 검출된 뒤 무선 채널이 유휴 상태로 유지되는 매 타임 슬롯마다 주기적으로 하나씩 감소하게 된다. 이 백 오프 타이머가 만기되는 순간 스테이션은 무선 채널을 사용 할 수 있다. <그림 1>에서는 CW와 DIFS의 의미

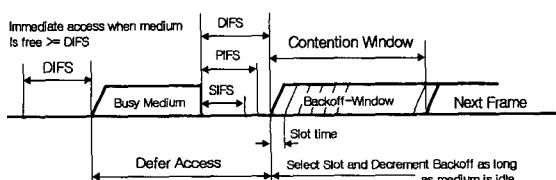


그림 1. DCF의 DIFS와 CW
Fig. 1. DIFS and CW of DCF.

를 보여주고 있다. CW는 CWmin과 CWmax 사이의 값 을 가지는 양의 정수로 표현된다. 프레임의 전송이 성공 했는지 실패했는지에 따라 새로운 CW 값 설정 방식이 나누어진다.

DCF에서 프레임 전송 결과에 따른 처리는 다음과 같다.

- DCF에서 프레임 전송이 실패한 경우

CW의 두 배 크기로 다시 백 오프가 수행된다. 이 백 오프는 여러 스테이션들이 채널을 액세스하기 위해 시도할 때의 충돌 확률을 감소시킨다. 시간이 경과하고 채널이 다시 유휴한 상태를 감지한 후에는 중지되었던 백 오프를 중지할 당시의 값으로 계속 카운트다운을 한다. 이런 방식을 통하여 스테이션은 시간이 경과 할수록 다른 스테이션의 랜덤 백 오프 시간보다 작은 값을 가지게 되고 결국 높은 우선 순위를 확보하게 되어 채널을 사용하게 된다.

- DCF에서 프레임 전송이 성공한 경우

전송완료 스테이션에서는 CW 값을 CW의 최소값인 CWmin으로 설정하고, 또 다른 랜덤 백 오프가 수행된다.

DCF 방식의 단점은 하나의 전송 큐만을 사용하므로 시간 제한 트래픽의 경우 QoS를 보장할 수 없다는 점과 무선 채널의 상황을 고려하지 않는다는 점이다. 또한 한번의 프레임 전송이 성공하면 CW값을 CWmin, 즉 최소값으로 초기화하는데^[1], 여기에서 잠재적인 충돌의 가능성성이 높아지게 된다는데 문제점이 있다.

IEEE 802.11e에서 제안하고 있는 새로운 기능으로 EDCF 프로토콜이 있다^[2]. 802.11 DCF 메커니즘에서의 작은 DIFS 값과 작은 CW 값은 채널 액세스를 위한 보다 높은 우선 순위를 제공할 수 있는데 이점이 802.11e EDCF 프로토콜의 기본 개념으로 사용되었다. 이 방식은 모든 트래픽을 DCF처럼 단일 DIFS 값과 CWmin, CWmax 값으로 취급하는 대신, AIFS(Arbitrary Inter

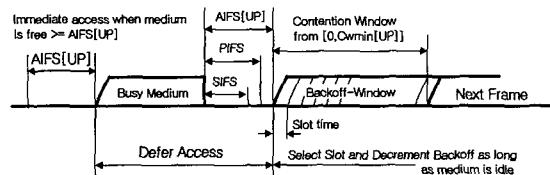


그림 2. EDCF의 AIFS와 CW
Fig. 2. AIFS and CW of EDCF.

Frame Space)와 무선 채널 액세스를 위한 4개의 AC (Access Categories)를 정의한다. AIFS는 주어진 클레스에서 DIFS값에 어떤 값을 더한 값으로 정의된다. 더해지는 값은 0 또는 0 이상의 타임 슬롯들의 수이다. <그림 2>에서는 AIFS 및 UP(User Priority)의 관계를 보여준다. 각각의 AC는 고유의 AIFS값을 가지며, 각 AC별로 차별화된 고유의 CWmin과 CWmax 값을 가진다(<그림 3>).

EDCF에서 프레임 전송 결과에 따른 처리는 다음과 같다.

- EDCF에서 프레임 전송이 실패한 경우

802.11e EDCF는 각 AC별로 다른 PF(Persistence Factor)값을 사용하여 식 (1)과 같이 CW값을 계산하게 된다.

$$CW_{\text{act}}[TC] = CW_{\text{act}}[TC] \times PF[TC] \quad (1)$$

여기에서 TC(Traffic Category)는 트래픽 종류이다. 그러므로 트래픽 별로 다른 CW가 계산되고 CW 값이 작은 트래픽이 우선 순위를 가지게 된다. 즉, 백 오프 하는 크기가 트래픽의 우선 순위에 의해 결정된다.

- EDCF에서 프레임 전송이 성공한 경우

802.11 DCF에서는 CW값은 항상 CWmin으로 설정된다. 802.11e에서도 마찬가지지만 각각의 AC별로 CWmin 값이 다르므로 AC별로 다른 값으로 설정된다.

EDCF가 DCF의 성능 비교에서 EDCF가 DCF보다 나은 성능을 보였다^[5, 6]. 그러나, EDCF 방식 역시 무선 채널의 상황을 고려하지 않는 방식으로 동작한다. 프레임 전송에서 성공하면 해당 AC에서 내정된 CWmin 값으로 리셋 하는데, 여기에서도 DCF에서처럼 잠재적인 충

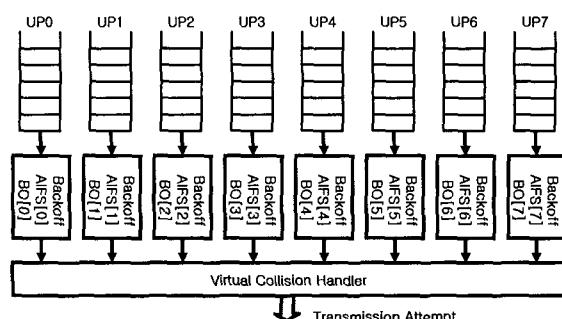


그림 3. EDCF의 다중 큐 백 오프 및 내부 경쟁
Fig. 3. Multiple queue based backoff and internal contention of EDCF.

돌의 가능성성이 높아지게 된다는데 문제점이 있다.

현재까지 제안된 여러 가지 백 오프 방식들을 살펴보기로 한다. 각 방식들에서 사용하는 백 오프 알고리즘을 프레임 전송 결과에 따라 설명한다.

1. DCF(Distributed Coordination Function)^[1]

DCF에서는 BEB(Binary Exponential Backoff)를 기본 백 오프방식으로 사용한다. 프레임 전송이 성공하면 CW를 CWmin으로 리셋하고, 프레임 전송이 실패하면 CW를 두 배로 증가 시킨다. DCF는 단일 전송 큐를 가지며, 모든 종류의 트래픽에 대하여 동일한 전송 큐를 사용하므로 모두 동일한 우선순위로 서비스 한다.

2. EDCF(Enhanced DCF)^[2]

IEEE 802.11e에서 드래프트된 방식으로 유선망의 차별화 서비스와 유사한 방식이다^[2]. EDCF는 DCF를 확장한 방식으로 기본 백 오프방식은 DCF와 동일하다. 하지만 각 UP별로 큐를 두고 우선 순위에 의하여 트래픽을 분류하여 서비스한다(<그림 3>).

3. MILD (Multiple Increase Linear Decrease)^[4, 7]

프레임 전송이 실패하면 CW를 1.5배로 증가시키고, 프레임 전송이 성공하면 CW를 CW-1로 선형적으로 감소시킨다^[7].

4. EIED(Exponential Increase Exponential Decrease)^[4]

EIED 방식은 프레임 전송이 실패하면 CW를 r_I (Increase Factor)를 곱하여 증가시키고, 프레임 전송이 성공하면 CW를 r_D (Decrease Factor)로 나누어서 CW를 감소시킨다. [4]에서는 r_I 와 r_D 의 값을 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였는데 사용된 값은 다음 4가지이다.

$$r_I = 2, r_D = 2^{1/8}$$

$$r_I = 2, r_D = 2^{1/4}$$

$$r_I = 2\sqrt{2}, r_D = 2\sqrt{2}$$

$$r_I = 2, r_D = 2$$

이들 중에서 가장 우수한 성능을 나타내는 값을 본 논문에서 사용하였다^[4]. 본 논문의 시뮬레이션에서 사용한 EIED의 r_I 와 r_D 값은 각각 $r_I = 2, r_D = 2^{1/8}$ 이다.

5. AEDCF (Adaptive EDCF)^[3]

프레임 전송이 실패하면 CW를 PF로 곱하여 증가시

키고, 프레임 전송이 성공하면 CW를 MF(Multiplicator Factor)로 곱하여 감소시킨다. PF 값은 트래픽 별로 다른 값을 가질 수 있으며, 우선 순위가 높을수록 작은 값을 가진다(<표 3>). MF 값은 일정 구간마다 무선 채널의 상태를 표현하기 위하여 계산하며 순서는 다음과 같다. 먼저 식 (2)는 스테이션 p 에서 구간 j 동안 집계한 충돌률을 나타낸다. 구간의 길이는 5000 타임슬롯 동안의 경과 시간이다.

$$f_{curr}^j = \frac{E(collisions,[p])}{E(data_sent,[p])} \quad (2)$$

여기서, $E(collisions,[p])$ 는 스테이션 p 에서 구간 j 동안 발생한 충돌 횟수이고 $E(data_sent,[p])$ 는 스테이션 p 에서 구간 j 동안의 프레임 전송 시도 횟수이다. 식 (2)의 결과를 이용하여 평균 충돌률을 식 (3)과 같이 구한다. 식 (3)은 구간 j 및 구간 j 의 이전 $j-1$ 구간의 값을 α 값에 따라 가중치를 적용하여 계산한다.

$$f_{avg}^j = (1-\alpha) \times f_{curr}^j + \alpha \times f_{curr}^{j-1} \quad (3)$$

$$MF[TC] = \min((1+(pri[TC] \times 2)) \times f_{avg}^j, 0.8) \quad (4)$$

그리고 각 TC별 MF를 식 (4)와 같이 구한다. α 는 [3]에서 0.8로 사용하였으며, 매 구간마다 식 (2), 식 (3), 식 (4)가 계산되고 값이 업데이트 된다. 이 값이 너무 작으면 계산 부하가 커지고, 너무 크면 현재 무선채널의 상태에 대한 표현이 부정확해 진다.

III. CRB-EDCF(Collision Rate Based-EDCF)

CRB-EDCF가 본 논문에서 제안하는 백 오프 알고리즘이다. CRB-EDCF 방식에서는 프레임 전송이 성공하면 CW를 MF로 곱하여 감소시킨다. 이 부분은 AEDCF 와 동일한 방법을 사용한다. AEDCF의 경우에는 충돌 확률을 CW의 감소 즉, 프레임 전송이 성공한 경우에만 적용하였다.

하지만, CRB-EDCF 방식에서는 현재의 충돌 확률을 구하여 프레임 전송이 실패한 경우에도 적용을 하였다. 이를 통해, CW의 증가에도 충돌 확률이 반영되게 된다. 이렇게 하면 현재의 충돌 확률이 높지 않은 상황에서는 CW의 증가 폭을 작게 하고, 현재의 충돌 확률이 높은

상황에서는 CW의 증가 폭을 크게 하여 무선 채널의 충돌이나 오류 상황을 반영할 수 있게 된다. 구간 j 에서 스테이션 p 의 충돌 확률을 표시하면 식 (2)와 같고, 식 (2)를 이용하여 CR_{curr}^j 을 식 (5)와 같이 구한다.

$$CR_{curr}^j = \text{delta} \times f_{curr}^j \quad (5)$$

여기서, CR_{curr}^j 값은 식 (2)에서 구한 f_{curr}^j 에 오프셋 값 delta 를 곱한 값으로 나타내었다. CR_{curr}^j 값은 식 (2)의 f_{curr}^j 값을 CW 계산시 얼마나 반영할 것인가를 결정하게 된다. 적절한 delta 값은 시뮬레이션을 통해 찾았으며 다음 장에 설명 되어진다. CRB-EDCF에서는 무선 채널의 상황을 식 (5)를 사용하여 CW증가(프레임 전송 실패시)에 사용하고, 식 (4)를 사용하여 CW 감소(프레임 전송 성공시)에 사용한다. CRB-EDCF의 프레임 전송 결과에 따른 CW 계산 흐름은 <그림 4>와 같다.

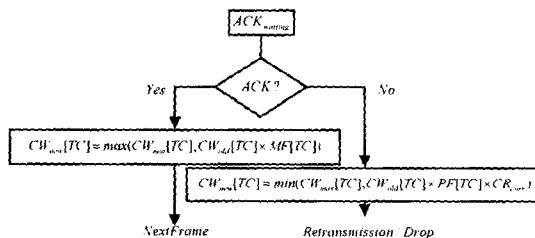


그림 4. CRB-EDCF의 백 오프 알고리즘
Fig. 4. The backoff algorithm of CRB-EDCF.

표 1. 백 오프 방식 비교
Table 1. comparative table of Backoff methods.

백 오프 알고리즘	Success	Collision
BEB	$CW_{min}[TC] = CW_{min}[TC]$	$CW_{min}[TC] = \min(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times 2)$
MILD	$CW_{min}[TC] = \max(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] - 1)$	$CW_{min}[TC] = \min(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times 1.5)$
EIED	$CW_{min}[TC] = \max(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC]/r_p)$	$CW_{min}[TC] = \min(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times r_p)$
EDCF	$CW_{min}[TC] = CW_{min}[TC]$	$CW_{min}[TC] = \min(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times PF[TC])$
AEDCF	$CW_{min}[TC] = \max(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times MF[TC])$	$CW_{min}[TC] = \min(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times PF[TC])$
CRB-EDCF	$CW_{min}[TC] = \max(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times MF[TC])$	$CW_{min}[TC] = \min(CW_{min}[TC], CW_{min}[TC] \times PF[TC] \times CR_{min})$

프레임 전송 후 일정 시간 동안 전송 프레임에 대한

ACK를 기다린다. ACK를 수신한 경우에는 다음 프레임의 전송으로 들어가며, ACK를 수신하지 못한 경우에는 재전송 과정으로 들어가거나 재시도 횟수를 넘은 프레임일 경우에는 폐기된다. 각 백 오프 알고리즘 별로 프레임 전송 결과에 따른 CW 계산 방식을 <표 1>에 정리하였다.

충돌 확률이 낮은 상황에서 한번의 충돌로 CW가 큰 폭으로 증가하게 되면 무선 채널 사용을 위하여 대기하는 시간이 길어지게 된다. 따라서 재전송 대기중인트래픽의 전파 지연 시간이 커지게 된다. 오디오, 비디오 등의 멀티미디어프레임의 경우에는 지연 시간의 증가 만으로도 프레임이 폐기 될 수도 있다. 또한, CW의 크기가 크면 채널 유휴 시간이 커지게 된다. CW가 현재 크기에서 이전의 크기로 감소되어 회복되는 데에는 여러 번의 프레임 전송에서 계속해서 성공하여야 한다. 이러한 상황을 고려하여 적절한 delta 파라미터를 설정해 주어야 높은 성능을 기대할 수 있다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 토의

시뮬레이션은 Linux OS를 기반으로 NS-2(Network Simulator-2)를 이용하여 수행하였다^[10]. 802.11e EDCF 모듈은 Atheros사의 무선 랜 세미 패키지를 사용하였다. 시뮬레이션에서 사용한 맵 구성은 <그림 5>와 같다.

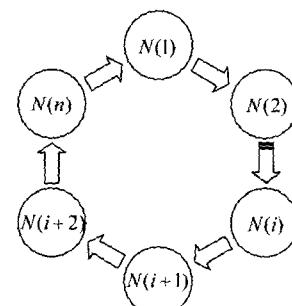


그림 5. 시뮬레이션 토플로지
Fig. 5. Simulation Topology.

각 스테이션들은 <그림 5>의 토플로지 구성에 따라 화살표 방향으로 프레임 전송을 한다. 트래픽의 방향은 전체적으로 원형을 이루며, 이때 각 스테이션에서 사용하는 트래픽은 <표 3>에서 표시한 세 종류의 트래픽을 모두 동시에 전송하게 된다. $N(2)$ 와 $N(i)$ 사이의 점선 화살표는 스테이션의 개수가 가변적임을 나타낸다. 본

논문에서는 스테이션 수를 10개에서부터 40개까지 2개씩 증가시켜 가면서 성능을 비교하였다. 각 스테이션은 동일한 MAC/PHY를 사용하여 이동성은 없다고 가정하였다. 무선 채널 모델은 NS-2가 제공하는 Wireless Channel을 사용하였으며, Radio Propagation 모델을 TwoRayGround 모델을 사용하였다.

표 2. IEEE 802.11a PHY/MAC 파라미터
Table 2. IEEE 802.11a PHY/MAC parameters.

Slot Time	9 us
SIFS	16 us
DIFS	34 us
ACK size	14 bytes
CCA Time	3 us
MAC Header	28 byte
Data Rate	54 Mbit/sec
Modulation	64-QAM
Preamble Length	20 us
RxTxTurnaround Time	1 us
PLCP header Length	4 us
MAC Frame Max Length	4095 bytes

<표 2>에는 본 논문의 시뮬레이션에서 사용한 54Mbps의 속도를 가지는 PHY 계층의 파라미터들을 나타내었다. IEEE 802.11a의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) PHY는 6Mbps에서 54Mbps에 이르는 데이터 전송률을 구현하기 위해 다양한 변조 방식을 사용한다. 모든 경우에 물리 계층은 48개의 서브 채널을 사용하여 초당 250000 심볼을 전송한다 [9]. 본 논문에서는 64-QAM 변조와 3/4 코딩 레이트를 갖는 54Mbps PHY를 사용하여 시뮬레이션에 적용하였다.

표 3. 트래픽별 MAC 파라미터
Table 3. MAC parameters for the TCs.

구분	AIFS	PF	CWmin-C Wmax	프레임 (bytes)	전송 주기 (ms)	데이터 전송률 (Kbps)
오디오	34	2	5 - 200	160	20	64
비디오	43	4	15 - 500	1280	10	1024
백그라운드	52	5	31 - 1023	200	12.5	128

<표 3>에서는 트래픽별 MAC 파라미터를 나타내었

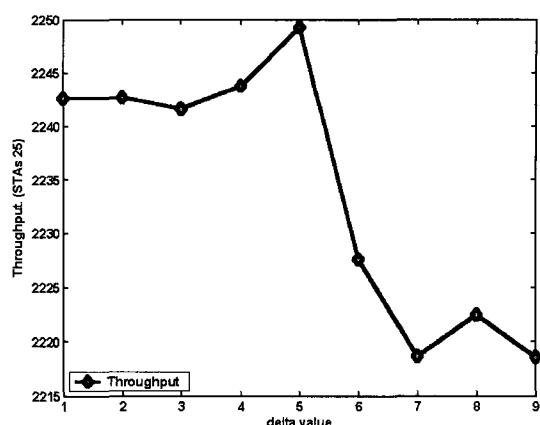


그림 6. delta 값에 의한 Throughput 변화
Fig. 6. Effect of the delta on Throughput.

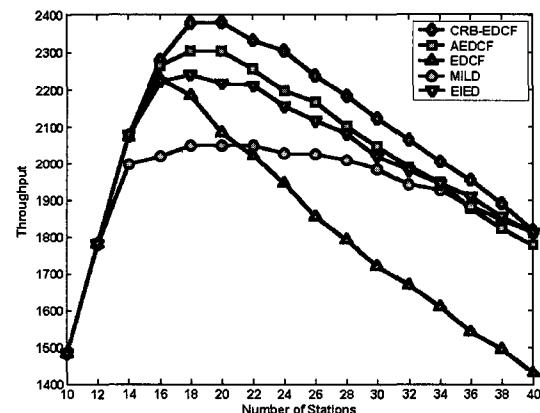


그림 7. Throughput
Fig. 7. Throughput

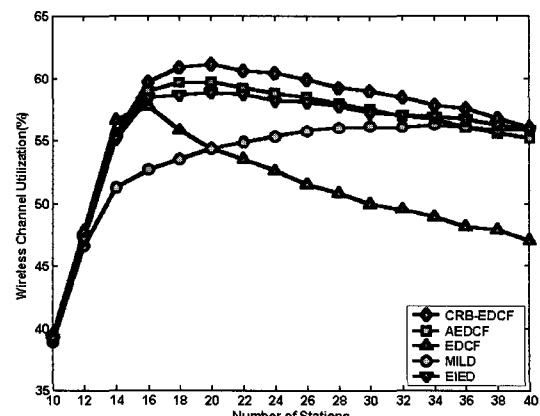


그림 8. Wireless Channel Utilization
Fig. 8. Wireless Channel Utilization.

다. 각 스테이션에서 발생하는 데이터 트래픽은 다음과 같은 세 가지 종류의 트래픽을 사용하였다. 먼저, 오디오 트래픽은 G.711 코덱을 기준으로 모델링한 64Kbps를 사용하였다. 비디오는 1Mbps로 설정하여 사용하였고 백 그라운드 트래픽은 128Kbps로 설정하였다.

<그림 6>는 제안한 백 오프 방식에서 사용하게 될 충돌률을 반영을 위한 오프셋 값인 δ 값을 찾는 과정을 보여주고 있다. <그림 6>의 시뮬레이션에서는 스테이션 수를 25개로 설정하였으며 δ 값을 1.0부터 9.0 까지 1.0 단위로 증가시키면서 결과를 관찰하여 나타낸 그래프이다. 이를 통해 본 논문에서는 $\delta=5.0$ 으로 시뮬레이션 하였다. 이 값을 식(5)에 적용하여 충돌률을 반영하는 오프셋으로 사용한다. 성능 비교를 수행한 여러 백 오프 방식들에 대해 각각 시뮬레이션을 수행하고 결과를 <그림 7>에서 그래프를 통해 나타내었다.

<그림 7>에서는 스테이션의 수를 10개에서부터 40개 까지 2개씩 증가시키면서 각각의 Throughput을 표시한 것이다. 각 방식 중 AEDCF와 EIED 그리고 본 논문에서 제안한 CRB-EDCF는 스테이션 수 증가에 대하여 비슷한 Throughput 변화 추이를 보여주고 있다. 스테이션의 수가 16개 이하인 구간에서는 MILD를 제외한 다른 백 오프 방식들은 거의 동일한 Throughput을 보여주고 있다. 하지만 MILD의 경우에는 다른 백 오프 방식과 비교하였을 때 스테이션의 수가 증가하여 무선 채널의 부하가 매우 심한 상황에서는 거의 대등한 성능을 보여주지만 스테이션의 수가 20개 이하로 부하가 낮은 상황에서는 오히려 Throughput이 가장 낮다. 이러한 이유는 충돌 발생으로 인하여 커진 CW의 크기를 이전의 값으로 줄이는데 오랜 시간이 걸리기 때문이다. <그림 7>을 통하여 본 논문에서 제안한 CRB-EDCF 백 오프 방식의 Throughput이 가장 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

<그림 8>에서는 각 백 오프 방식들의 무선 채널 활용도를 보여주고 있다. 여기에서 무선 채널의 활용도 (Channel Utilization)를 나타내는 식은 식(6)과 같다.

$$Ch_{utilization} = \frac{TotalTime_{transmission} - TotalTime_{collision} - TotalTime_{idle}}{TotalTime_{transmission}} \times 100\% \quad (6)$$

여기서, $TotalTime_{transmission}$ 은 프레임 전송 시간 합계이며 $TotalTime_{collision}$ 은 프레임 충돌 시간 합계이고 $TotalTime_{idle}$ 은 채널 유휴시간 합계를 각각 나타낸다. 즉, $Ch_{utilization}$ 은 실제 무선 채널 사용 시간과 총 전송 시간에 대한 비를 백분율로 표시한 값이다.

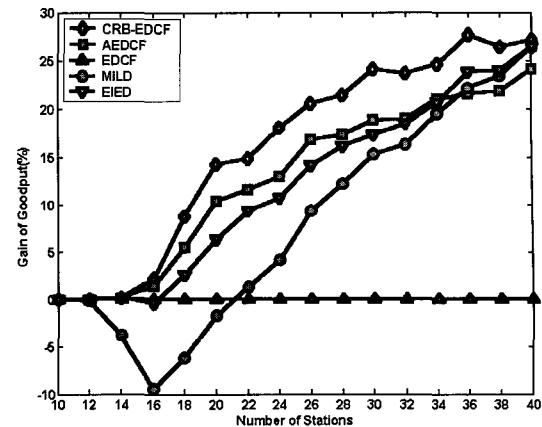


그림 9. EDCF에 대한 이득

Fig. 9. Gain for EDCF.

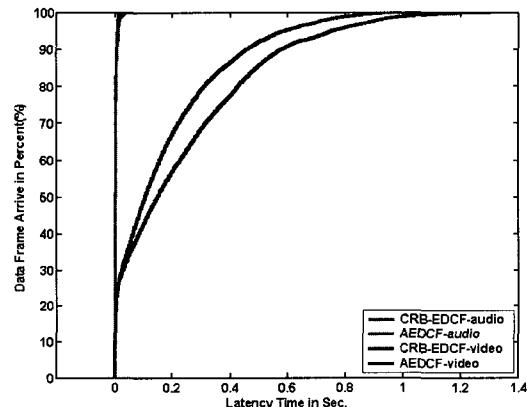


그림 10. Time-Bounded Traffic의 지연시간과 도착률

Fig. 10. Latency time and arrival rate of Time-bounded traffic.

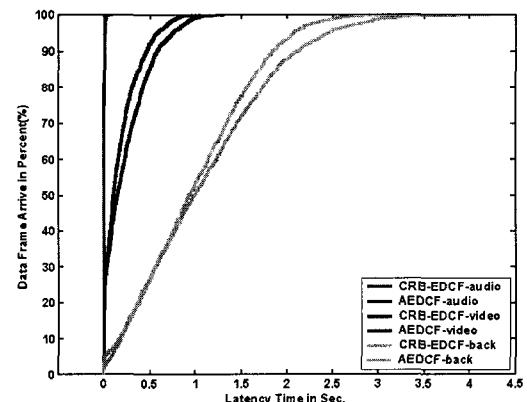


그림 11. 모든 트래픽의 지연시간과 도착률

Fig. 11. Latency time and arrival rate of all traffic.

$$Gain = \frac{Throughput_{New\ Backoff} - Throughput_{EDCF}}{Throughput_{EDCF}} \times 100\% \quad (7)$$

<그림 9>는 식 (7)을 사용하여 다른 백 오프 방식을 EDCF와 비교하였을 때의 상대적인 이득을 표시한 그림이다. EDCF 방식은 비교의 기준이므로 <그림 9>에서 x축과 일치되고 있으며 각 백 오프 방식들의 이득이 나타나 있다. 식 (7)에서 $Throughput_{New\ Backoff}$ 는 EDCF와의 비교 대상이 되는 새로운 백 오프 알고리즘들과 EDCF의 $Throughput$ 이며 $Throughput_{EDCF}$ 는 EDCF의 $Throughput$ 이다. 즉, Gain 값은 새로운 백 오프 알고리즘들과 EDCF의 $Throughput$ 차이에 대한 EDCF의 $Throughput$ 의 비를 백분율로 나타낸 값이다.

<그림 10>와 <그림 11>에는 QoS 지원을 위한 차별화 서비스에 대한 프레임 지연 시간을 나타내었다. 백 오프 방식의 비교는 타 방식에 비하여 우수한 성능을 보여주는 AEDCF와 본 논문에서 제안한 CRB-EDCF의 두 가지 방식을 비교하였다. <그림 10>에서는 시간 제한 트래픽에 대한 지연 시간만을 보여주고 있는데 CRB-EDCF 방식이 우수한 지연 시간 성능을 보여주고 있다. 여기서 오디오 부분은 두 방식의 성능이 거의 동일하므로, 그래프상에서는 겹쳐져 보이는 것을 알 수 있다. <그림 11>에서는 <그림 10>에서 보여준 시간 제한 트래픽 및 백그라운드 트래픽의 지연 시간을 함께 보여주고 있다. 여기에서는 백그라운드 트래픽의 지연 시간이 AEDCF 방식보다 다소 증가된 것을 보여주고 있는데, 이러한 결과는 QoS 지원을 위한 트래픽 차별화 서비스가 AEDCF 방식보다 강화된 데 따른 것이다. 이를 통하여 차별화를 통한 QoS가 지원되고 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11 TGe에서 표준화 연구중인 IEEE 802.11e를 기반으로 하는 새로운 백 오프 알고리즘인 CRB-EDCF를 제안하였다. 무선망에서는 MAC/PHY에서 발생하는 오버헤드가 유선망에 비하여 크므로 효율적인 MAC/PHY의 구현이 필수적으로 요구된다.

본 논문에서 제안한 CRB-EDCF 백 오프 알고리즘은 일정 타임 슬롯 구간 내에서 발생하는 프레임 충돌확률을 계산하여 그 결과를 프레임 전송이 성공하였을 때와

실패하였을 때 각각 CW 계산에 적용하였다. 이를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 현재 제안된 다른 여러 가지 다른 백 오프 알고리즘과 그 성능을 비교하였으며, 이를 통해 CRB-EDCF의 유효성을 확인하였다.

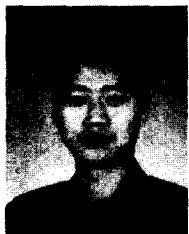
앞으로는 좀더 세밀하게 무선 채널의 상태를 관리하고 이를 백 오프 알고리즘에 적용한다면 보다 더 성능을 개선할 수 있을 것이다. 그리고 보다 다양한 네트워크 환경 및 트래픽 사용을 고려할 수 있으며 이를 인프라 스트러처 모드에도 적용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE 802 Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Std., 1999.
- [2] IEEE 802.11 WG, Draft Supplement to STANDARD FOR Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS), IEEE 802.11e/D3.0, May, 2002.
- [3] Romdhani, L., Qiang Ni, Turletti, T., "Adaptive edcf: enhanced service differentiation for IEEE 802.11 wireless ad-hoc networks," WCNC 2003, Vol. 2, Mar. 2003.
- [4] Nab-Oak Song, Byung-Jae Kwak, Jabin Song, Miller, I.E., "Enhancement of IEEE 802.11 distributed coordination function with exponential increase exponential decrease backoff algorithm," VTC 2003-Spring, Vol. 4, Apr. 2003.
- [5] Stefan Mangold, Sunghyun Choi, Peter May, Ole Klein1, Guido Hiertz1, Lothar Stibor, "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service," European Wireless, Feb. 2002.
- [6] Lindgren, A., Almquist, A., Schelen, O., "Evaluation of quality of service schemes for IEEE 802.11 wireless LANs," LCN, Nov. 2001.
- [7] V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, "MACAW: A Media Access Protocol for

- Wireless LAN's," in Proc. ACM SIGCOMM'94, London, England, 1994.
- [8] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice," Prentice Hall, 2002.
- [9] Supplement to IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and Information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific require-
- ments - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 5 GHz Band. IEEE Std 802.11a-1999.
- [10] UC Berkeley, CMU Monarch Projects and Sun Microsystems, The Network Simulator, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

저자 소개



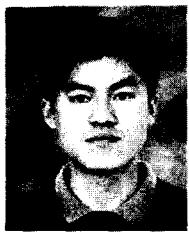
趙宰容(正會員)

1997년 2월 : 경일대학교 컴퓨터공학과 학사. 2002년~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정. <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 무선랜, 이동통신, UWB>



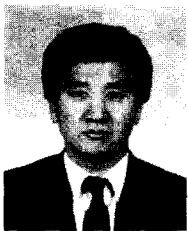
柳東寬(正會員)

1987년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사. 1989년 2월 : 인하대학교 전자공학과 석사. 2003년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 박사 수료. 1989년~1998년 : LG정보통신 선임연구원. 1998년~현재 : 동서울대학교 컴퓨터정보과 조교수. <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 무선랜, UWB>



金石皓(正會員)

1998년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사. 2001년 2월 : 인하대학교 전자공학과 석사. 2003년 8월 : 인하대학교 정보통신대학원 박사 수료. <주관심분야 : 무선랜 QoS 성능 향상, UWB, 센서 네트워크>



郭慶燮(正會員)

1976년 2월 : 인하대학교 전기공학과 학사. 1979년 2월 : 인하대학교 전기공학과 석사. 1981년 2월 : 미국 University of Southern California 대학원(EE석사). 1988년 2월 : 미국 University of California, San Diego 대학원(통신이론 및 시스템 박사). 1988년~1989년 : 미국 Hughes Network System, 연구원. 1989년~1990년 : 미국 IBM, 연구원. 1995년 1월~1999년 12월 : IEEE Seoul Section 총무이사. 1990년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신공학부 교수. 2000년 3월~2002년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원장. 2002년 1월~현재 : 한국통신학회 부회장. 2003년 8월~현재 : 인하 UWB-ITRC 센터장. <주관심분야 : 위성 및 이동통신, 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 통신>