

---

# IEEE 802.11e 무선 LAN에서 공평성 있는 전송을 지원하는 Enhanced EDCF 알고리즘

김성철\*

## Enhanced EDCF Algorithm Supporting Fair Transmissions in IEEE 802.11e WLAN

Seong-Cheol Kim\*

### 요 약

경쟁기반의 무선 랜에서 채널의 이용률을 최대로 하는 것과 대역폭의 공평한 할당은 다루어야 할 중요한 주제이다. 그러나 위의 두 목적을 동시에 달성하는 것은 매우 어렵다. 이들 목적을 위하여 많은 연구들이 이루어져왔다. 본 논문에서는 IEEE 802.11e 무선 랜에서 여러 트래픽 클래스 간의 공평한 전송을 지원할 수 있는 제어 메커니즘을 제안한다. 제안된 알고리즘에서 각 클래스 트래픽들이 자신의 평균 long-term과 short-term 전송시간 값의 차이와 자신에게 할당된 전송 시간을 비교하여  $CW_{min}$  값을 조절함으로써 공평성을 지원한다. 제안된 알고리즘은 공평성 지원을 위하여 다른 연구에서와 같이 각 트래픽 클래스들이 네트워크 내의 정확한 노드의 수에 대한 예측을 필요로 하지 않는다. 뿐만 아니라 AP(Access Point)나 모바일 호스트에 어떠한 수정도 필요하지 않는 장점을 가진다.

### ABSTRACT

In a contention-based wireless LAN protocol, maximization of channel utilization and fair bandwidth allocations are main topics to deal with. But it is very difficult to achieve these two goals simultaneously. Many studies have been done to achieve these goals. In this paper we propose a control mechanism to support fair transmissions among traffic classes in IEEE 802.11e Wireless LAN. The proposed algorithm uses short-term and long-term transmission times of each traffic classes to control their  $CW_{min}$  for fairness. The proposed algorithm don't need to know the exact number of nodes in the networks to support fairness as other studies do. Furthermore any modifications in AP and mobile hosts are not required.

### 키워드

IEEE 802.11e WLAN, Fairness, EDCF, throughput, channel utilization

### 1. 서 론

현재 인터넷에서 가장 많이 구현되고 있는 IEEE

802.11 LAN 기술은 하부구조 모드(infrastructure mode)와 애드혹(ad hoc) 모드로 동작한다. 하부구조 모드에서는 모든 노드들이 기본 서비스 세트

(Basic Service Set: BSS)안에 있어서, BSS 안에서의 모든 데이터 전송은 액세스 포인트(access point)를 통하여 이루어진다. 만약 어떤 노드와 액세스 포인트 간의 연결이 손실되면, 그 노드는 더 이상 패킷을 전송할 수 없게 된다. 그러나 애드 혹 모드에서는 모든 노드들이 네트워크를 바로 형성하여 중앙에 액세스 포인트와 같은 중앙에 제어를 받음 없이 노드들 간의 패킷 전송을 가능케 한다.

주어진 네트워크의 대역폭을 공평하게 할당하고, 뿐만 아니라 채널의 용량 이용률을 최대로 하는 것이 충돌 기반(contention-based) 무선 랜에서 추구하는 두 가지 목적이다. 그러나 이 두 가지 목적은 서로 상충하기 때문에 동시에 만족시킬 수 없다는 한계를 가진다. 예를 들어, IEEE 802.11 무선 랜에서 DCF (Distributed Coordination Function)로 동작하는 스테이션들 중에 오직 하나의 스테이션만 백오프(backoff) 값을 0으로 가지고 계속 전송하는 경우에 최대의 채널 이용률을 얻을 수 있다. 그러나 공평성 관점에서 볼 때 이러한 동작은 사용자들 간에 매우 불공평성을 야기 시킨다. 따라서 최대 채널의 이용률을 높이는 동시에 모든 사용자들 간에 공평성을 최대로 하는 것은 매우 어려운 문제이다. 무선 랜에서 무선 매체를 공유하는 여러 트래픽들 간에 공평성을 지원하는 스케줄링 알고리즘에 대한 연구가 그 동안 꾸준히 이어져 왔다. 이러한 연구들 중에는 풀링 기반의 MAC 프로토콜에 기반을 둔 것[1][2]과 경쟁 기반의 MAC 프로토콜에 기반을 둔 것[3]으로 크게 구분할 수 있다. 특별히 [3]에서는 서로 다른 트래픽 폴로우에 대하여 가중치 값(weights)에 따라 할당된 대역폭을 사용하여 패킷을 전송하는 알고리즘이 제안되었다. 뿐만 아니라 [4]에서는 미리 명시된 공평성 모델을 해당하는 백오프 기반의 충돌 해결 알고리즘으로 바꾸는 메커니즘을 제안하였다. 또한 [5]에서는 IEEE 802.11 MAC 의 DCF를 수정하는 우선 순위 기반의 공평한 매체접근 제어(priority-based fair medium access control) 프로토콜에 대한 연구가 이루어졌다. 이 논문에서 제안된 알고리즘은 다중의 트래픽 클래스 사이에서 공평성을 향상시키면서 매체의 이용률을 높인다. 그러나 제안된 알고리즘은 네트워크 내의 노드의 수를 알아야 하고, 사용되는 파라미터들에 의하여 많은 성능에 영향을 받는 문제점을 가진다.

무선 랜에서 공평성을 고려하는 기존 연구의 경우에 효율에 기반을 두는 방법과 사용시간에 기반을 두는 방법으로 크게 나눌 수 있다. 그러나 효율

에 기반을 두는 경우에 모든 노드들이 보낼 데이터를 가지고 있다고 가정해야 하기 때문에 실제의 네트워크 상황과는 다른 측면을 가진다. 즉, 트래픽 클래스에서의 공평성을 특정 클래스 트래픽이 패킷 전송을 위하여 사용한 시간 혹은 특정 기간 동안에 전송한 데이터의 양 등 여러 측면으로 고려한다. 본 논문에서는 각 트래픽 클래스에 공평성을 지원하기 위하여 각 트래픽 클래스에서 전송에 사용한 전송시간을 고려하기로 한다. 특별히 본 논문에서는 각 클래스 당의 측정된 전송 시간을 기반으로 long-term 시간과 short-term 시간의 비교에 의해 공평성을 판단하는 기준으로 삼는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 각 트래픽 클래스 별로 분석적인 방법으로 효율을 구하는 방법에 대하여 기술한다. 뿐만 아니라 본 논문에서 제안한 공평성을 지원하는 메커니즘에 대하여 설명하고, 3장에서는 제안된 메커니즘에 대한 성능 분석을 보이고 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론이 이루어진다.

## II. 공평성과 효율성을 지원하는 Enhanced EDCF 메커니즘

### 2.1 Enhanced EDCF 메커니즘

802.11과 802.11e 무선 랜에서 서비스의 질을 지원하는 방법으로 최대 프레임 크기, DIFS 값, 그리고  $CW_{min}$  값 등을 변화시키는 알고리즘들이 제안되었다[6,7,8]. 이 중에 [8]의 연구에 의하면 큰 크기의 프레임을 전송하는 소스는 작은 프레임을 전송하는 다른 소스들에 비하여 더 높은 효율을 얻을 수 있다. 그러나 프레임의 크기를 변화시킴으로써 지연에 대한 차별은 얻을 수 없다는 결론을 얻었다. 뿐만 아니라 DIFS 값을 서로 다르게 할당함으로써 서비스의 차별화를 이루는 것에 대한 연구도 이루어졌다. 이 경우에 UDP 트래픽은 DIFS 값의 차이에 어느 정도 영향을 받으나 TCP 트래픽은 크게 영향을 받지 않음을 볼 수 있다. 그러나  $CW_{min}$ 의 변화는 전체 효율에 많은 영향을 미친다. 즉,  $CW_{min}$ 을 증가시키면 효율이 큰 폭으로 줄어든다. 따라서 적정 효율 이상으로 트래픽을 전송한 클래스 트래픽은  $CW_{min}$  값을 증가시킴으로써 전송 기회를 줄이고, 반대로 적게 전송한 클래스 트래픽들에게는 적은  $CW_{min}$  값을 할당함으로써 효율을 증가시킬 수 있다. 이처럼 일정 기간 측정된 각 트래픽 클래스들

이 사용한 전송시간을 통하여  $CW_{min}$ 을 변화시킴으로써 트래픽 클래스간의 공평성을 지원하고자 하는 것이 이 논문의 목적이다.

본 논문에서는 각 클래스 트래픽의 서비스 공평성을 지원하기 위하여 [9]에서 사용한 모델링을 사용한다. 이 네트워크 모델링에서는  $K$ 개의 트래픽 클래스가 존재하고, 각 클래스 트래픽마다 다른 QoS 요구사항들을 가지고 있다. 또한  $K$ 개의 모바일 호스트가  $K$ 개의 트래픽 클래스를 생성하고 있다고 가정한다. 또한 편리를 위하여 스테이션  $k$ 는 트래픽 클래스  $k$ 를 생성한다고 가정한다. 이 경우에 각 스테이션의 클래스가 전송하는 대역폭은 다음과 같이 구해진다.

$$\rho_k = \frac{L_k}{E[I] + E[C] + E[S]} * p_{s,k} \quad (1)$$

여기서  $E[I]$ 는 백 오프에 의한 평균 유희시간을 나타내며,  $E[C]$ 는 평균 충돌 시간, 그리고  $E[S]$ 는 평균 전송 성공 시간을 각각 나타낸다. 그리고  $L_k$ 는  $k$ 클래스 패킷의 크기이고,  $p_{s,k}$ 는 패킷 전송이 성공이며, 그 클래스가 바로  $k$ 클래스일 확률을 나타낸다. 따라서 전체 패킷 사이클 시간은 위의 세 가지 시간을 합친  $E[I]+E[C]+E[S]$  이 된다. 이 방식을 통하여 얻을 수 있는 전체 최대 효율은 전송되어진 패킷의 충돌이 없는 경우 즉,  $E[C]=0$ 인 경우이다. 또한 평균 백오프 시간은 다음과 같은 관계식을 가진다[8].

$$E[I] = \frac{CW_{min}}{2} \quad (2)$$

만약 IEEE 802.11a PHY과 802.11 MAC 파라미터, 16-QAM 3/4 PHY 변조 모드를 가정하는 경우에 전송률은 36 Mbps 이다[6,7]. 아래의 표1과 2는 본 논문에서 사용된 여러 파라미터 값들을 보여준다. 최대의 전송 효율을 얻을 수 있는 이상적인 경우의 채널의 시간 할당을 살펴보면 아래의 그림 1과 같다.

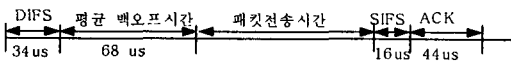


그림 1. 이상적인 경우의 채널의 시간 할당  
Fig. 1 Ideal Channel Time Allocations

표 1. 모의실험에 사용되어진 파라미터들  
Table 1. Parameters used in simulation

SIFS	16 $\mu$ s
DIFS	34 $\mu$ s
데이터 전송률	36 Mbps
슬롯 타임	9 $\mu$ s
변조	16-QAM
Ack 크기	14 바이트
전파지연	1 $\mu$ s
채널비트에러	$10^{-5}$

표 2. 트래픽 클래스에 대하여 사용된 파라미터들  
Table 2. Parameters used for traffic classes

파라미터	High	Medium	Low
$CW_{min}$	5	15	31
$CW_{max}$	200	1023	1023
AIFS( $\mu$ s)	25	30	34
PF	2	4	5
패킷크기(Byte)	160	1280	20
패킷인터벌(ms)	21	10	12
전송률(Kbps)	64	1024	128

이 경우에 전송되어지는 패킷의 크기에 따르는 전송 효율의 변화를 그림 2에서 볼 수 있다. 여기서 전송 효율 T는 다음과 같이 구해진다.

$$T = \frac{T_{pkt\_trans}}{(34\mu s + 68\mu s + 16\mu s + 44\mu s + T_{pkt\_trans})} * 36Mbps \quad (3)$$

위 식에서  $T_{pkt\_trans}$ 은 하나의 패킷을 전송하는데 걸리는 시간이다. 따라서  $T_{pkt\_trans}$ 은 전송되어지는 패킷의 길이가 길수록 더 크다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 효율은 전송되는 패킷의 크기에 따라 증가한다. 이 결과는 이 전의 연구 결과들과 일치한다.

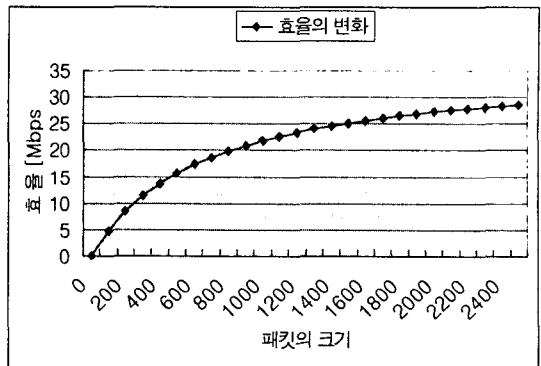


그림 2. 패킷크기의 변화에 따른 전송 효율  
Fig. 2 Transmission throughput with packet size

2.2 공평성을 지원하는 Enhanced EDCF 메커니즘

제안된 방식에서 고정된 성공적인 전송 시간 동안에 각 클래스가 전송을 위하여 사용한 시간의 양을 측정하기 위하여 시간 윈도우(time window)를 사용한다. 데이터 전송을 위하여 사용된 시간은 우선 매체가 busy 상태인 동안을 말하는데, 이는 각 클래스에서 전송한 패킷의 전송이 성공적으로 이루어졌든, 아님 실패 했든 상관없이 전송을 위해 매체를 사용한 시간을 말한다. 이러한 매체 사용시간을 이용할 수 있는 이유는 각 스테이션들이 자신이 사용한 전송시간을 측정할 수 있기 때문이다. 현재 IEEE 802.11e의 EDCF 메커니즘에서는 8 종류까지의 트래픽 클래스를 지원할 수 있다. 서로 다른 트래픽 클래스를 지원하기 위하여 충돌 윈도우의 크기인  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  값과 AIFS 등을 사용한다. 이처럼 EDCF 방식에서 우선순위가 높은 실시간 트래픽들에게 보다 나은 서비스의 질을 제공한다.

우선순위에 따라 각 클래스 트래픽이 가지는 적정 전송시간은 다음과 같이 얻을 수 있다. 여기서  $\phi_i$ 를 클래스  $i$  ( $0 \leq i \leq n$ )에게 할당된 가중치(weight)이고,  $T$ 를 하나의 전송 사이클이라고 가정한다. 이 때  $\phi_0 > \phi_1 > \dots > \phi_n$  이라고 할 때, 모든 트래픽 클래스에 대하여 공평성을 고려한다면, 임의의 두 클래스  $i$ 와  $j$ ( $i < j$ )에 대하여 다음이 성립해야 한다.

$$\frac{T}{\phi_i} < \frac{T}{\phi_j} \tag{4}$$

따라서 우선순위가 높은 트래픽 클래스는 더 많은 전송시간을 가지게 된다. 위의 관계식을 사용하여 각 트래픽 클래스는 자신들에게 할당되는 적절한 전송시간을 알 수 있다. 자신에게 할당된 전송시간보다 데이터전송에 있어서 적게 사용한 트래픽 클래스는 더 많은 전송시간을 할당 받아야 하고, 많이 사용한 트래픽 클래스는 차후에 적은 전송시간을 할당받아야 한다. 따라서 각 트래픽 클래스들에 대한 공평성을 얻을 수 있다. 그런데 이러한 공평성은 측정하는 시간에 따라 많은 변화를 가지게 된다. 즉, 각 트래픽 클래스에서 사용한 전송시간이 자신에게 할당된 양보다 적은 지 혹은 큰지는 측정되는 시간 단위에 따라 틀러지기 때문이다. 왜냐하면, 어떤 트래픽 클래스의 전송 시간은 long-term 전송시간에 비추어 볼 때는 공평하지만, 짧은 시간 동안에는 불공평할 수 있기 때문이다. 그러나 어떤 노드에서 데이터를 전송할 때에 long-

term 값 대신에 short-term 전송시간에 따라 결정될 수 있기 때문이다. 따라서 각 클래스의 데이터 전송 시간이 정해진 절대 값에 따라 결정되어지지 않고, 각 클래스 트래픽의 전송상태에 따라 이루어진다. 아래의 그림3에서 short-term 전송시간이 long-term 전송 시간보다 위의 부분은 바로 그 트래픽 클래스가 자신이 전송할 수 있는 시간보다 더 많은 시간을 사용했음을 나타내기 때문에, 앞으로의 전송에 있어서 전송을 미루어야 함을 나타낸다. 반대로 long-term보다 낮은 위치에 있는 것은 더 많은 전송시간을 확보할 수 있음을 나타낸다. 이러한 방식을 통하여 모든 클래스의 트래픽들은 자신에게 할당된 전송시간을 공평하게 사용하게 된다.

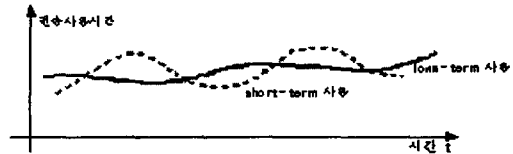


그림 3. 공평성 지원 메커니즘  
Fig. 3 Fairness Supporting Mechanism

효율의 증가와 감소는  $CW_{min}(i)$  값에 영향을 받기 때문에, 트래픽 클래스 간에 공평성을 얻기 위하여 위의 방식을 통하여 얻어진 자신의 전송 할당시간에 따라  $CW_{min}(i)$ 을 조정한다. 트래픽 클래스 간에 공평성을 지원하기 위하여 본 논문에서 제안한 알고리즘은 다음과 같은 사항들을 만족한다.

- ◇ 각 클래스에 할당된 적절한 전송 시간은  $\phi_i$ 이다.
- ◇ 각 트래픽 클래스 별로 long term/short term 시간  $T(i)$ 를 계산하여 전송 여부를 결정한다.
- ◇ long term 전송시간  $T_l(i)$ 과 short-term 전송시간  $T_s(i)$ 을 비교한다.

- 1)  $T_l(i) > T_s(i)$  인 경우  
이 경우는 트래픽 클래스  $i$  자신이 자원을 이용할 시간보다 적게 사용한 경우이기 때문에  $CW_{min}(i)$ 을 감소시키므로 전송할 기회를 더 크게 한다.
- 2)  $T_l(i) < T_s(i)$  인 경우  
이 경우에는 트래픽 클래스  $i$  자신이 자원을 이용할 시간보다 더 많이 사용한 경우이기 때문에  $CW_{min}(i)$ 을 증가시키므로 전송할 기회를 더 작게

한다.

### III. 모의실험 결과 및 분석

#### 3.1 모의실험 환경

본 논문에서 제안된 구조의 성능 비교를 위하여, 기존의 연구 [10,11]에서 사용한 대부분의 파라미터들을 사용하였다. 사용된 네트워크 모델에서 각 노드들은 같은 종류의 세 개의 트래픽 즉, High, Medium, Low로 구분된 트래픽을 생성한다. 이러한 구분은 각 트래픽의 우선순위를 나타낸다. 여기서 High 트래픽은 오디오, Medium 트래픽은 Video, Low 트래픽은 백그라운드 트래픽을 나타낸다. 본 연구에서 네트워크의 부하의 변화는 노드의 수를 증가시킴으로써 얻는다. 여기서 사용된 가중치는  $\phi_1:\phi_2:\phi_3 = 1:0.4:0.2$ 를 사용하였고,  $T_i(i)$  값과  $T_s(i)$  값은 충분히 큰 값으로 사용하여 7 번의 시뮬레이션 평균값을 사용하였다. 이것은 충분히 큰 측정 인터벌 값이 신뢰성 있는 결과를 주기 때문이다 [11]. 다른 파라미터들은 표 2에 보여준다.

#### 3.2 성능 비교

먼저 그림 4는 본 논문에서 제안된 메커니즘과 기존의 DCF 메커니즘에서 노드 수에 따르는 매체의 이용률에 대한 비교를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안된 메커니즘이 네트워크의 부하가 높을 때 약간 높음을 알 수 있다. 이것은 제안된 메커니즘에서는 각 노드에서 링크에서 제공할 수 있는 정도의 트래픽을 보내기 때문에 불필요한 전송으로 인한 대역폭의 낭비를 막을 수 있기 때문이다. 그러나 낮은 부하에서는 두 메커니즘이 거의 같은 성능을 보인다.

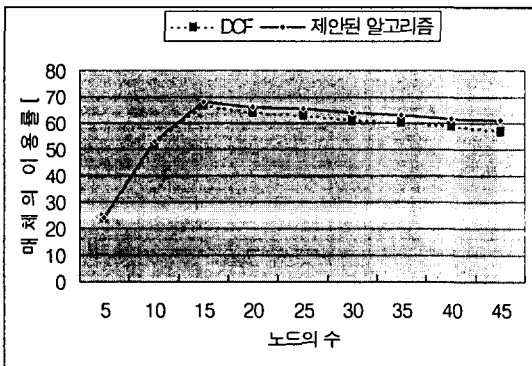


그림 4: 매체 이용률(utilization)에 대한 비교  
Fig. 4 Comparisons of Medium Utilization

그림 5는 제안된 알고리즘과 DCF 프로토콜과의 공평성에 대한 비교를 보여 준다. 여기서 사용된 공평성을 나타내는 인덱스는 각 트래픽 클래스의 자신에게 할당된 시간에 대한 실제 사용시간에 대한 비율을 나타낸다[5]. 따라서 공평성 인덱스 값은 [0,1] 사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 더 공평함을 나타낸다. 그림 5 그림에서 볼 수 있듯이 네트워크의 부하가 높을 경우, 즉, 노드의 수가 많을 경우에 제안된 메커니즘이 더 나은 공평성을 보인다.

또한 그림 6은 노드의 수에 따르는 하나의 소스가 전송할 수 있는 평균 효율을 보여 준다. 이 효율은 각 클래스 트래픽들의 평균값을 노드의 수로 나눈 값이다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안된 메커니즘이 기존의 DCF 프로토콜보다 더 나은 효율을 보여 준다, 노드의 수가 많을수록 효율이 떨어지는 것은, 그 만큼 충돌의 확률이 높기 때문이다.

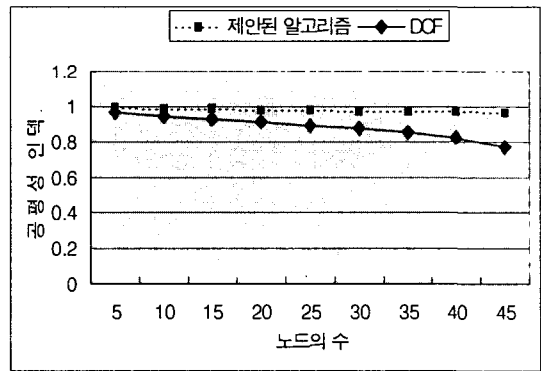


그림 5. 공평성에 대한 비교  
Fig 5 Comparison of Fairness

아래의 그림 7에서 볼 수 있듯이 각 트래픽 클래스가 가질 수 있는 효율 값은 예상대로 자신이 가질 수 있는 적정 효율 값으로 전송하고 있음을 알 수 있다. 그림에서 High는 High 트래픽 클래스가 가질 수 있는 적정 효율 값이고, High\_sim은 본 논문에서 제안된 알고리즘을 통한 High 트래픽 클래스가 전송한 실제 효율을 나타낸다.

### IV. 결 론

본 논문에서는 802.11e 무선 LAN에서 공평성을

지원하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 메커니즘에서는 각 클래스 트래픽들이 자신의 패킷 전송을 위하여 매체를 사용한 평균 long-term 값과 short-term 값의 비교를 통하여 자신에게 할당된 시간 값과 비교하여  $CW_{min}$  값을 조절함으로써 서로 다른 클래스 모바일 호스트들 사이에 공평성을 제공한다. 제안된 알고리즘은 기존의 방식과는 달리 네트워크 내의 활성 노드(active)의 수와는 상관없이 각 트래픽 클래스 사이에 자신에게 할당된 가중치에 따라 공평한 자원 이용을 할 수 있다는 장점을 가진다. 뿐만 아니라 AP 혹은 모바일 호스트에서 별다른 수정을 필요로 하지 않는다는 장점도 가진다. 그러나 본 논문에서 사용되어진 각 파라미터들의 변화에 따라 성능에 영향을 받는다. 이러한 각 파라미터들의 변화에 따른 성능 비교와 최적의 파라미터에 대한 연구는 계속 이루어지고 있다.

참고문헌

- [1] T. S. Eugene Ng, Ion Stoica, and Hui Zhang, "Packet Fair Queueing Algorithm for Wireless Networks with Location- Dependent Errors," Proc IEEE INFOCOM' 98, San Francisco, CA, pp. 1103-1111, Mar. 1998 .
- [2] Parameswaran Ramanathan and Prathima Agrawal, "Adapting Packet Fair Queueing Algorithms to Wireless Networks," in Proc. ACM MobiCom'98, Dallas, TX, pp.1-9, Oct. 1998.
- [3] Nitin H. Vaidya, Paramvir Bahl, and Seema Gupta, "Distributed Fair Scheduling in a Wireless LAN," in Proc. ACM MobiCom'00, Boston, MA, pp. 167-178, Aug. 2000.
- [4] Thyagarajan Nandagopal, Tae-Eun Kim, Xia Gao, and Vaduvur Bharghavan, "Achieving MAC Layer Fairness in Wireless Packet Networks," in Proc. ACM MobiCom'00 Boston, MA, pp. 87-98, Aug. 2000.
- [5] D. Qiao and K.G. Shin, "Achieving Efficient Channel Utilization and Weighted Fairness for Data Communications in IEEE 802.11 WLAN under the DCF", in Proc. (IWQoS'2002), May 15~17, 2002.
- [6] Javier del Prado Pavon and Sunghyun Choi, "Link Adaptaion Strategy for IEEE 802.11 WLAN via Received Signal Strength Measurement," IEEE ICC'03.
- [7] D. Qiao and S. Choi, "Goodput Enhancement of IEEE 802.11a Wireless LAN via Link Adaptation", in Proc. IEEE ICC'01 Helsinki, Finland, June 11~14, 2001.
- [8] Vasilos A. Siris and Matina Kavouridou, "Achieving Service Differentiation and High Utilization in IEEE 802.11," Proc. of Personal Wireless Communications(PWC) 2003, Venice, Italy, September 2003.
- [9] Yu-Liang Kuo, Chi-Hung Lu at al, "An Admission Control Strategy for Differentiated Service in IEEE 802.11," GLOBECOM '03, no.1, pp.707-712, Dec 2003.
- [10] Lamia Romdhani, Qiang Ni, and Thierry Turletti, "Adaptive EDCF: Enhanced

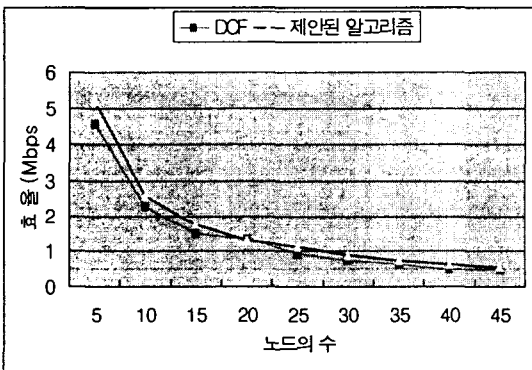


그림 6. 평균 효율의 비교  
Fig. 6 Comparison of average throughput

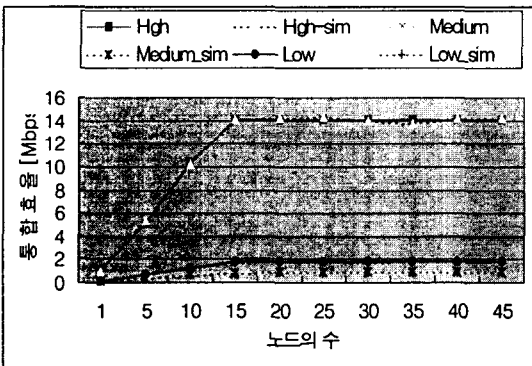


그림 7. 트래픽 클래스들의 효율  
Fig. 7 Throughput of traffic classes

Service Differentiation for IEEE 802.11 Wireless Ad-Hoc Networks," IEEE WCNC 2003, New Orleans, Louisiana, USA, March 16-20, 2003.

- [11] H. Zhu, G. Cao, A. Yener and A. D. Mathias "EDCF-DM: A Novel Enhanced Distributed Coordination Function for Wireless Ad Hoc Networks ", IEEE ICC, Paris, France, June 2004.

### 저자소개



김성철(Seong-Cheol Kim)

1995. 6: Polytechnic University (NY) 공학박사(Ph.D)

1994. 6~1997. 2 : 삼성전자(주) 수석연구원

1997. 2~현재 : 상명대학교 부교수

※관심분야: WLAN, 초고속통신망 QoS, 멀티미디어 통신