

# Wireless Ad-hoc 망의 DCF환경에서 Fairness 구현을 위한 효과적인 MAC 프로토콜

준희원 임희선\*, 정희원 박승권\*\*

## Efficient MAC Protocol for Achieving Fairness in Wireless Ad-hoc Networks under the DCF

Hec-Sun Lim\* Associate Member, Sung-Kwon Park\*\* Regular Member

### 요 약

본 논문에서는 IEEE802.11 무선 네트워크 DCF(Distributed Coordination Function) 메커니즘 내에서 시스템 전체의 성능에 영향을 주지 않고, Fairness 문제를 해결하는 방법을 제시한다. 노드간의 채널 공유를 공평하게 하기 위해 긴난하고 효과적인 적응 경쟁창 알고리즘을 제안하였다. 먼저 IEEE 802.11 MAC 프로토콜에서 Backoff 알고리즘을 개선하여 Fairness를 나타내는 Fairness Index를 계산하고 이를 이용하여 경쟁창의 크기를 조절한다. 이 알고리즘은 RTS/CTS 메커니즘을 지원하며 허는 노드문제가 발생하는 일부 토폴로지에서도 잘 적용된다. 뿐만 아니라 가변 패킷을 지원할 수도 있다. 모의 실험결과 채널 공유가 최대 30%정도 향상되었으며, 이는 제한된 Fairness 알고리즘이 전체적인 성능에 영향을 주지 않고 채널 공유 서비스를 향상시킨다는 것을 보여준다.

Key Words distributed coordination function, fairness, fairness index, contention window

### ABSTRACT

This paper proposes simple and effective Contention Window (CW) adjusting algorithm to solve the fairness problem of the IEEE 802.11 under the Distributed Coordination Function (DCF). This adjusting algorithm can support variable packet length as well as both RTS/CTS access method and hidden nodes. Simulation results show that fairness problem can be very severe in the original MAC protocol of the wireless network. In case of implement our algorithm, fair sharing was enlarged prominently and the fairness sharing was improved about maximum 30%.

### I 서 론

최근 몇 년 사이에 무선 네트워크의 사용이 크게 급증하고 있다. 특히 IEEE802.11 MAC 프로토콜이 무선랜 제품의 대부분을 차지하고 있다. 그 응용범위도 개인, 그룹, 군사적 업무 등 광범위해지고 있다. 특히 공평한 대역폭 할당과 통과율의 향상은 무

선 네트워크의 중요한 이슈이다. 무선 네트워크에 공평성과 견고함을 더해 주는 결정적 요소가 바로 MAC(Medium Access Control) 프로토콜이다. IEEE 802.11 표준은 트래픽의 상태를 고려한 Fairness 문제를 해결하기 위해 개선되어왔다. [1] 기존의 IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 크게 두 가지의 점유 방식을 사용하고 있다. 먼저 CSMA/

\* 한양대학교 전자통신과학기술대학원 응용통신연구실 (sun0906@lge.com)

\*\* 한양대학교 진지진기컴퓨터공학부 (sp2996@hanyang.ac.kr)

논문번호 030562-1217, 접수일자 2003년 12월 18일

CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 기반으로 하는 DCF (Distributed Coordination Function)와 폴링(polling)방식을 사용하는 PCF(Point Coordination Function)로 나눌 수 있다 폴링 기반 MAC 프로토콜은 공유된 무선 매체에서 중앙 스테이션이 모든 프레임 전송에 관한 책임을 맡는다 전송하길 원하는 스테이션은 폴링 프레임을 수신할 때까지 기다려야 한다 반면, 경쟁 기반 MAC 프로토콜은 중앙 스테이션이 필요하지 않은 방식으로 모든 스테이션은 공유된 매체를 점유하기 위한 경쟁을 한다 DCF은 경쟁 방식에 속한다

IEEE 802 11 MAC의 기본적인 접속 방법은 CSMA/CA로 알려져 있다 CSMA에서 모든 스테이션은 전송하기 전에 반송파를 감지하게 된다 만약 스테이션이 반송파를 감지하게 되면, 스테이션은 전송을 미루게 됨으로써 충돌을 방지하게 된다 이 경우, 모든 스테이션은 방송 채널과 매체 접속 프로토콜을 공유한다 그러나 실제로는 각 스테이션의 공유된 채널은 부족한 자원이므로 MAC 프로토콜은 채널 이용과 공정한 대역폭 할당을 하는데 있어서 병목현상을 일으키게 된다 [2] 게다가 CSMA/CA에서 어떤 두 스테이션이 동시에 다른 한 스테이션으로 송신하는 경우, 송신측의 두 스테이션은 서로 의사소통을 할 수 없기 때문에 수신측 스테이션에서 충돌이 발생하는 현상인 히든 노드 문제로 인해 통과율이 현저하게 떨어질 수 있다 이러한 히든 노드 문제와 부분적으로 연결된 네트워크 토폴로지로 인해 스테이션 간의 경쟁이 농동하지 않게 된다 따라서 통과율을 최대로 하면서 Unfairness 문제를 해결하기 위한 새로운 알고리즘이 필요하다

공평한 대역폭 할당과 최대 통과율은 경쟁기반 MAC 프로토콜의 두 개의 중요한 목표이다 [3] 그러나 이 두 목표는 다른 문제점을 일으킨다 예를 들어, 통과율은 Zero-Backoff를 가진 단 하나의 스테이션 민이 계속해서 전송할 때 최대가 되는데 이때, 다른 스테이션은 기이상태에 빠진다 이것은 바로 Fairness에 이긋나는 것이다 [8]

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 IEEE 802 11 MAC 프로토콜에 대하여 각 스테이션의 Fairness를 추정하고 Fairness index를 정의하여 경쟁창의 크기를 조절하는 수정된 Backoff 알고리즘을 제안한다 이 알고리즘은 패킷 길이가 가변적인 무선 네트워크상에서의 Fairness문제를 진단하고 효과적으로 해결한다

## II. IEEE 802.11 프로토콜의 개요

### 1 IEEE 802 11 구조

IEEE 802 11위원회는 MAC 프로토콜이 서로 다른 세 가지 종류의 물리계층을 단일 MAC으로 제어할 수 있도록 규정하였다 세 가지의 물리계층은 Infra Red, FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)이다 IEEE 802 11 MAC 프로토콜은 세 가지의 방식 중 어떤 물리계층을 택하더라도 네트워크 아키텍처로서 Ad-hoc과 Infrastructure의 두 가지 구조를 모두 지원한다 그리고 IEEE 802 11 LAN은 BSS(Basic Service Set)라는 셀룰러의 셀 개념의 구조로 되어 있다. 각각의 BSS는 셀룰러 방식에서 기지국(Base Station)과 같은 역할을 하는 AP(Access Point)에 의해 제어된다

### 2 IEEE 802 11 부계층

MAC 부계층은 채널 할당 처리, 프로토콜 데이터 유닛(PDU) 주소할당(Addressing), 프레임 형성, 에러 검사, 프레임 조각화(Fragmentation)와 조립(Defragmentation)을 수행한다 이러한 전송매체는 또한 경쟁모드와 비 경쟁모드에서 모두 동작할 수 있다 이들 모드는 각각 DCF와 PCF를 사용한다 [3] 전송매체는 주로 경쟁모드에서 동작한다 즉 모든 스테이션들이 패킷을 전송함에 있어 채널에 접속하기 위해서는 경쟁을 해야만 한다

#### 2 1 DCF

IEEE 802 11 MAC의 기본적인 접속 방법은 CSMA/CA로 알려져 있는 DCF이다 DCF는 모든 스테이션에서 수행되며 IBSS(Independent BSS)와 기반통신망에서도 사용된다 스테이션이 전송하기 위해서는 다른 스테이션이 전송하고 있는지를 결정하기 위하여 매체를 감시해야 한다 만약 매체가 전송상대가 아닌 경우라고 결정한다면 전송이 실시될 것이다 CSMA/CA 분산 알고리즘은 규정된 최소 시간의 간격이 인접하는 프레임 사이에 존재해야만 한다는 것을 전제로 한다 만약 매체가 전송상태로 결정된다면 스테이션은 현재 전송이 끝날 때까지 전송시간이 연기된다 전송시간 인기가 끝나거나,

성공적인 전송 다음에 다음 데이터 패킷을 전송하기 전에 스테이션은 Backoff 과정을 거쳐서 매체가 사용 중이 아닐 때 Backoff 계수를 감소시킨다

2.2 PCF

IEEE 802.11 MAC의 또 다른 접속방법인 PCF는 infrastructure 네트워크에서만 사용되며 음성이나 화상처럼 지연에 민감한 전송에 대한 비경쟁(contention free) 서비스를 제공한다. PCF는 폴링과 유사한 방법으로 PC(Point Coordinator)를 사용하여 채널을 사용할 단말을 결정하여 채널사용권을 부여한다. 비경쟁 구간(Contention Free Period)이 시작되면 AP가 전송한 Beacon 프레임에 의해 단말들의 채널사용이 금지되고, 폴링 프레임을 수신한 단말만 패킷을 전송할 수 있다. PCF의 동작을 그림 1에 나타내었다

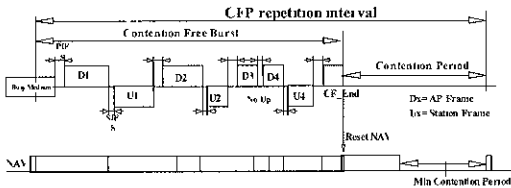


그림 1 PCF 동작과정

2.3 히든 노드 문제

히든 노드 문제는 모든 노드들은 제한된 전송범위를 갖고 있으며 각 노드들이 네트워크상의 다른 노드 모두와 동시에 통신할 수는 없기 때문에 발생하게 된다. 이 현상을 그림 2의 예로 설명하겠다. 그림 2에서 스테이션 A는 B를 들을 수 있지만 C를 들을 수 없으며, 스테이션 C는 B를 들을 수 있지만 A를 들을 수 없으며, 스테이션 B는 A와 C 모두를 들을 수 있다. A가 B로 전송하고 있을 때, C가 B로 전송을 하려고 하면, C는 A의 반송파를 감지하지 못하기 때문에 매체가 사용 중이 아니라

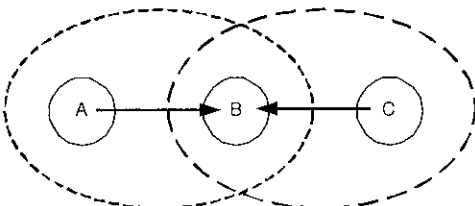


그림 2 히든 노드 문제

고 판단하고 B로 전송을 할 것이다. 그러면, 수신측인 B에서 충돌이 일어날 것이다. 이와 같은 상황을 히든 노드 문제라고 한다. IEEE 802.11은 RTS(Request To Send), CTS(Clear To Send)를 이용하여 이 문제에 관한 해결책을 제시한다.

그림 2에서 스테이션 A가 B로 전송을 하려고 하면, 먼저 RTS 패킷을 B로 보낸다. 여기서, RTS 패킷은 이후에 일어날 데이터 패킷 전송에 필요한 시간 정보를 가지고 있다. 스테이션 B가 A의 RTS를 받았을 때, 전송 연기 상태(defer)가 아니면, 곧바로 CTS 패킷을 보내서 응답을 하게 된다. 여기서 CTS 패킷도 RTS 패킷과 마찬가지로 이후에 일어날 데이터 전송에 필요한 시간 정보를 가지고 있다. 그리고, 스테이션 A가 B의 CTS를 받으면 곧바로 데이터 패킷을 전송한다. RTS 패킷을 받은 다른 스테이션들은 B의 CTS 패킷 전송이 끝나기 전까지 전송을 연기해야 한다. 그리고 CTS를 받은 다른 스테이션들은 RTS와 CTS 패킷에 나타난 시간만큼 전송을 연기해야 한다. 그림 2의 히든 노드 문제에서 스테이션 C는 A의 RTS를 들을 수 없지만, B의 CTS를 들을 수가 있으므로, A가 데이터를 전송하는 동안 자기 자신의 데이터 전송을 연기할 수 있다.

III DCF

DCF는 CSMA/CA와 랜덤 Backoff 시간을 사용하여 호환성이 있는 물리계층을 자동으로 공유할 수 있게 하는 기본적인 매체접속 프로토콜이다. 게다가 모든 유도된 트래픽은 즉각적인 ACK 프레임을 사용하며 만약 송신자가 ACK를 받지 못했다면 송신자에 의해서 재전송이 이루어지게 된다.

CSMA/CA 프로토콜은 다중 스테이션이 매체에 접속할 때 발생하는 충돌 확률을 줄이기 위하여 고안되었다. 매체가 사용상태에서 이상적인 상태로 상태전이 후에 충돌이 날 확률이 가장 높다. 이것은 다중스테이션이 이상적인 상태로의 전환을 기다려왔기 때문에 발생한다. 이러한 경쟁 충돌의 문제는 랜덤 Backoff 알고리즘으로 해결할 수 있다. 반송파 감지(carrier sense)는 물리적인 메커니즘이나 가상적인 메커니즘을 통해서 수행될 수 있다.

1 Carrier Sense Mechanism

반송파 감지 메커니즘은 두 가지로 분류된다. 물리적 반송파 감지 메커니즘과 가상 반송파 감지 메

커니즘이 그것이다

가상 반송파 감지 메커니즘은 MAC 계층에서 제 공되며 네트워크 할당 벡터 (NAV Network Allocation Vector)로 불리기도 한다 NAV는 전송 된 RTS/CTS 프레임의 기긴 정보에 근거하여 향후 트래픽의 예측을 한다 또한 기긴 정보는 경쟁구간 동안 전송된 모든 프레임의 MAC 헤더에 포함되어 있다 반송파 감지 메커니즘은 NAV 상태와 물리적 반송파 감지의 전송상태를 참조하여 사용한다

매체는 스테이션이 프레임을 전송할 때이다 사용 중인지 아닌지를 결정하여야만 한다

## 2 랜덤 Backoff Time

데이터를 전송하고자 하는 스테이션은 매체가 사용가능한지 사용 중인지를 결정하기 위해 반송파를 감지하고, 스테이션은 매체가 사용 가능하다고 판단 될 때까지 전송을 연기할 것이다 만약 매체가 사용 중이라면 다음의 상황이 될 때까지 전송을 연기한다 마지막으로 수신된 프레임에 오류가 없을 경우 DIFS동안 매체가 이상적이라고 판단하면 전송을 시작하고 오류가 있는 경우에는 EIFS동안 매체가 이상적이라고 판단하면 전송을 시작한다 이러한 과정을 거친 후 Backoff 타이머가 영이 아닌 값을 가지고 있지 않다면 스테이션들은 전송하기 전에 추가적인 연기시간에 대한 랜덤 Backoff 기간을 발생시키고, 이 경우 랜덤 수의 선택이 필요치 않다 이러한 Backoff 알고리즘은 다중 스테이션간에 경쟁 시 충돌을 최소화 할 수 있다

$$BackoffTime = Random () \times SlotTime \quad (1)$$

이때  $Random()$ 는 간격  $[0, CW]$ 에서 일정하게 분포하는 수도랜덤 (Pseudo random) 정수이다 여기서  $CW$ 는  $CW_{min} = CW = CW_{max}$  인 값을 갖는다  $SlotTime$ 은 PHY MIB (Management Information Base)에 명시된 값이다

## IV Fairness를 위한 효과적 MAC 프로토콜

### 1 Fairness Index

Fairness Index 방법은 여러 방법이 있다 그 중

에서 Jain's Fairness index가 가장 널리 쓰이는 Fairness 측정법이다 Jain's index는 다음과 같이 정의된다 [7]

$$F_{Jain} = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \gamma_i\right)^2}{N \sum_{i=1}^N \gamma_i^2} \quad (2)$$

여기서,  $\gamma_i$ 은 연결 번호  $i$ 로부터 전송된 패킷의 일부분,  $N$ 은 네트워크 자원에 대해 경쟁중인 연결 (스테이션)수의 총합을 말한다

완벽한 Fairness는  $F_{Jain}=1$ 일 때 달성되고, 완전한 Unfairness는  $F_{Jain} = 1/N$ 일 때 나타난다

Fairness Index를 다시 정리한 New Fairness index는 Jain's Fairness Index와 비슷하게 정의하였다 New Fairness index 는 다음과 같이 정의된다

$$FI_{new} = N \times \frac{\max(\forall i, j \frac{w_i}{\phi_i}, \frac{w_j}{\phi_j})}{\sum_{i=1}^N \frac{w_i}{\phi_i}} \quad (3)$$

여기서,  $\phi_i, \phi_j$ 는 스테이션  $i$ 와  $j$  가 받아야 하는 fair share,  $w_i, w_j$ 는 스테이션  $i$ 와  $j$  에 의해서 달성 된 실제 통과율,  $N$ 은 경쟁중인 인결(스테이션)들의 총 플로우 수 이다

$FI_{new}$ 값은 플로우 사이의 최대 통과율과 총 통과 율의 비로써 계산된다 Fairness 복직은  $FI_{new}=1$ 이 되는 것이다

또한, 스테이션  $i$ 가 다른 스테이션과 같은 값의 채널 대역폭의 공정한 분배를 연결 원한다면  $\phi_i=0.5$ 로 한다  $\phi_i=0.5$ 가 되면 다른 스테이션은  $\phi_i=1-\phi_i=0.5$ 가 되어  $i$ 스태이션과 같은 값을 가지게 된다

### 2 개선된 Backoff 계산

본 장에서는 허든 노드 문제를 해결하고 높은 부하가 있는 조건하에서 통과율에 영향을 미치지 않으면서 Fairness를 향상시키기 위한 알고리즘을 제안한다 이 알고리즘은 각 스테이션이 현재 트래픽 부하를 모니터하고, 이를 토대로 FI(Fairness index)를 계산한다 FI 값은 한 스테이션에 의해서 명백하게 감지된 트래픽의 분배를 나타내며, 이웃한 네트워크에서 감지된 모든 트래픽과 비교된다

알고리즘에서 사용되는 기호  $w_i$ 는 추정중인 스테이션의 추정 시간,  $w_o$ 는 다른 스테이션의 추정시간,  $T_{type}$ 는 "type" 타입의 패킷을 전송할 시간,  $T_{edata}$ 는 ACK 패킷을 받을 때 관련된 데이터 패킷의 전송 추정시간으로 정의 한다

```

Switch(received packet type)
case RTS
  if(destID != localID) {
     $w_o += T_{rts}$  , update  $T_{edata}$ 
  } else {
    send CTS packet
     $w_o += (T_{rts} + T_{cts})$ 
  }
case CTS
  if(destID != localID) {
     $w_o += (T_{rts} + T_{cts})$  , update  $T_{edata}$ 
  } else {
    send DATA packet
     $w_i += (T_{rts} + T_{cts} + T_{data})$ 
  }
case DATA
  if(destID != localID) {
    if( $T_{data} > RTS\_THRESHOLD$ ) {
       $w_o += (T_{rts} + T_{cts} + T_{data})$ 
    } else {
       $w_o += T_{data}$ 
    }
     $T_{edata} = T_{data}$ 
  } else {
    send ACK packet ,
    if( $T_{data} > RTS\_THRESHOLD$ ) {
       $w_o += (T_{rts} + T_{cts} + T_{data} + T_{ack})$ 
    } else {
       $w_o += (T_{data} + T_{ack})$ 
    }
  }
case ACK
  if(destID != localID) {
    if( $T_{edata} > RTS\_THRESHOLD$ ) {
       $w_o += (T_{rts} + T_{cts} + T_{edata} + T_{ack})$ 
    } else {
       $w_o += (T_{edata} + T_{ack})$ 
    }
  }
  
```

```

} else {
  if( $T_{edata} > RTS\_THRESHOLD$ ) {
     $w_i += (T_{rts} + T_{cts} + T_{data} + T_{ack})$ 
  } else {
     $w_i += (T_{data} + T_{ack})$ 
  }
}
}

When an RTS packet is sent,  $w_i += T_{rts}$ 
When a data packet is sent without RTS/CTS,
 $w_i += T_{data}$ 
  
```

그림 3 개선된 Backoff 계산 알고리즘

추정작업 알고리즘은 그림 3의 같다 (알고리즘1 추정 작업 알고리즘) 기본 아이디어는 한 스테이션이 패킷을 받을 때 마다 패킷의 타입과 역할에 따라 자신의 분배의 추정치나 다른 스테이션의 share 추정치를 업그레이드 할 것이라는 점에 기인한다 예를 들어, 스테이션이 자신을 목적지로 하는 CTS 패킷을 받으면 그 스테이션은 데이터 패킷을 보내고 데이터 패킷 전송 요청이 생기면 자신의 분배 추정치를 업그레이드한다 또한, RTS의 CTS 패킷의 전송 타입은 채널 예약 계획으로 이용되고 채널 자원을 소비하기 때문에 자신의 채널 분배와 관련되어서 계산된다

한 스테이션이 다른 스테이션을 목적지로 하는 RTS/CTS를 받으면, 관련된 데이터 패킷의 길이를 산출하고, 전송 시간을  $T_{edata}$ 로 정할 수 있다 또한 다른 스테이션을 목적지로 하는 데이터 패킷을 받으면 이미 데이터 패킷의 길이를 알고 있으므로  $T_{edata}$ 만 업그레이드 한다 또, 스테이션이 ACK 패킷을 받으면  $T_{edata}$  값을 토대로 한 추정치를 조정할 수 있다

$$FI_{new} = N \times \frac{\max(\forall i, j \frac{w_i}{\phi_i}, \frac{w_o}{\phi_o})}{\frac{w_i}{\phi_i} + \frac{w_o}{\phi_o}} \quad (4)$$

이 추정 알고리즘을 이용하여 이진(binary) Backoff 알고리즘을 개선한다 추정된 FI를 정의하고, 다음 식에 의해 경쟁창을 조절한다

3 경쟁창 조절 알고리즘

표준 IEEE 802.11 알고리즘에 의하면 스테이션은 충돌이 생길 때마다 자신의 경쟁창을 두배로 한다 이는 허든 노드라는 문제에 의해 긴 평균 Backoff 시간 과 낮은 처리량(Throughput)이라는 결과를 초래한다 이 부정적 영향은 경쟁창 증가율을 낮춤으로써 줄일 수 있다 경쟁창은 아래에 주어진 EWMA (Exponential Weighted Moving Average) 방법을 이용해서 계산된다

```

if (FInew > 1) {
    CWnew = 2 × CWold + α(1 - FInew) × CWold
} else if (FInew = 1) {
    CWnew = CWold
} else if (FInew < 1) {
    CWnew = CWold / 2 + α(1 - FInew) × CWold
}
    
```

그림 4 경쟁창 조절 알고리즘

경쟁창 조절 알고리즘은 그림 4 와 같다(알고리즘 2 경쟁창 조절 알고리즘) 알고리즘 2는 FI<sub>new</sub> 값을 이용하여 경쟁창을 조절하는 법을 보여준다 스테이션이 FI<sub>new</sub> 값을 자신의 fair share보다 크게 (FI<sub>new</sub> > 1) 추정한다면, 최고값(CW<sub>max</sub>)에 도달하여 이웃한 스테이션이 Backoff 프로시저로부터 원상태로 복귀하기 위한 기회를 더 많이 갖고 채널에 접속할 수 있을 때까지 위에 주어진 식을 이용하여 경쟁창의 크기를 조절한다 또, 스테이션이 자신의 fair 분배와 같은 값(FI<sub>new</sub> = 1)을 추정한다면, 현재 경쟁창의 크기를 고정시킨다

α 값은 0이상의 값을 가지는 파라미터이며, 이 파라미터는 표준 알고리즘 (α=0)과 균형을 맞추게 한다 α 값이 커질수록 CW 증가율은 낮아진다

### V. 모의 실험 및 결과 분석

본 장에서는 IEEE 802.11 DCF 프로토콜을 기반으로 하는 앞에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가한다 본 논문에서는 모의실험 툴 NS-2를 사용하였다 [10]

#### 1 실험 환경

표 1 PHY MIB

항 목	값
Band Width	1Mbps
CarrierSence	3 652e-10
Threshold RXThreshold	3 652e-10
CWMin	31
CWMax	1023
SlotTime	20μs
CCATime	15μs
RxTxTurnaroundTime	5μs
SIFSTime	10μs
PIFSTime	20μs
EIFSTime	50μs
PreambleLength	144bits
PLCPHeaderLength	48bits

표 2 MAC MIB

항 목	값
RTSThreshold	3000bytes
ShortRetryLimit	7
LongRetryLimit	4
FragmentationThreshold	2346bytes
MaxTransmitMSDULifetime	512μs
MaxReceiveLifetime	512μs

### 2 실험 결과 및 성능 분석

그림 5은 모의 실험에서 사용된 첫번째 네트워크 토폴로지를 나타낸다 화살표 선은 스테이션간의 트래픽이 있다는 것을 나타내고 점선은 스테이션이 다른 스테이션과 통신을 할 수는 있지만 그들 사이에 트래픽이 없다는 것을 나타낸다 노드간 거리는 250m이며 패킷 크기는 가변적이다

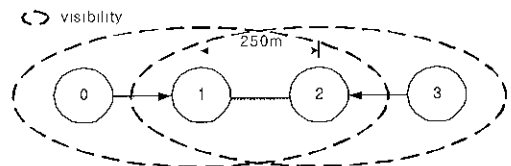


그림 5 모의실험 토폴로지

우리는 RTS/CTS 메커니즘이 가능하다는 가정하에 표준과 개선된 알고리즘을 비교한다 그림 6과

그림 7은 30초 동안 네트워크의 네 개의 스테이션 으로부터의 결과를 보여준다 각 스테이션에 부여된 부하는 다음과 같이 계산된다

$$\text{Individual Station's offered load} = \frac{\text{Packet Size/Interval}}{\text{Bit Rate (Channel Capacity)}} \quad (5)$$

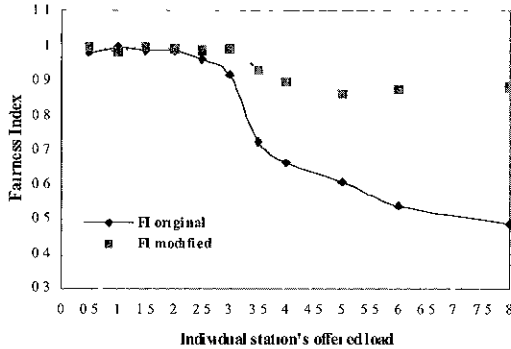


그림 6 Fairness Index 토폴로지

그림 6은 새 알고리즘에 의해 추정된 FI를 나타낸다 FI가 1일 때 가장 이상적이다 새 알고리즘에 의해 FI는 1에 가까워졌으며 표준보다 Fairness가 약 30% 향상되었다

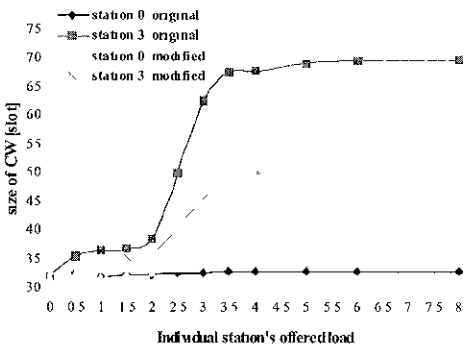


그림 7 경쟁창 크기 토폴로지 I

그림 7은 FI를 이용하여 경쟁창 크기를 조절하는 과정을 보여준다 스테이션 0의 경쟁창이 증가함에 따라 스테이션 3은 스테이션 2에 패킷을 전송할 기회가 많이될 것이다 따라서 스테이션 3의 통과율은 스테이션 0의 통과율과 균형을 맞출 수 있기 때문에 이 알고리즘은 오리지널 MAC보다 더 나은

Fairness를 갖게 된다

표 3 총 통과율 비교 토폴로지 I

	Original	Modified	단위
스테이션0→스테이션1	5429900	3729210	bps
스테이션3→스테이션2	9586875	2837000	bps
통과율	63885875	6566210	0.03% 증가

보의 실험에서 사용된 두 번째 토폴로지는 그림 8와 같다

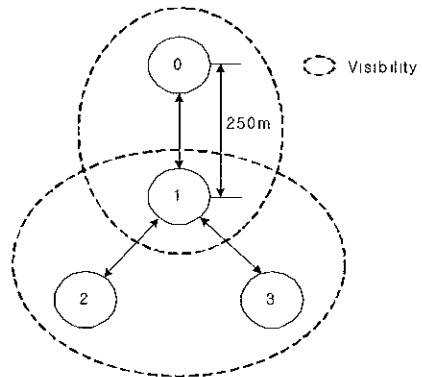


그림 8 보의실험 토폴로지 II

두 번째 토폴로지에서 중앙 스테이션 1은 다른 모든 스테이션을 들을 수 있고, 채널을 획득할 수 있다 모든 비 중앙 스테이션들은 부분적으로 히든 노드 문제가 있고 그들의 패킷들은 부가적 충돌을 일으킬 가능성이 크다 스테이션 0은 가장 안 좋은 상태에 있기 때문에 나머지 세 노드 중 하나만 들을 수 있다

표 4 총 통과율 비교 토폴로지 II

	Original	Modified	단위
스네이션0	121 069	230 134	bps
스테이션1	459 445	424 963	bps
스테이션2~3	320 2713	292 0947	bps
통과율	9007853	9471917	0.05% 증가

FI 값 결과는 그림 9에 나타나 있다 표준보다 Fairness가 약 10%정도 향상되었음을 알 수 있다.

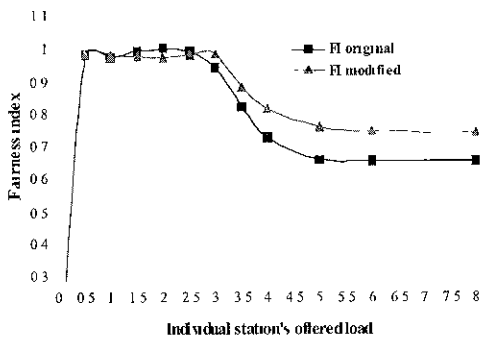


그림 9 Fairness index 토폴로지 II

경쟁창 크기 결과는 그림 10에서 보여준다

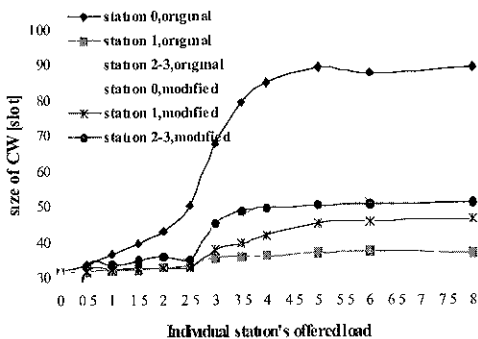


그림 10 경쟁창의 크기 토폴로지 II

## VI 결론

본 논문에서는 DCF 하에서의 IEEE 802.11의 Fairness 문제를 해결하기 위한 간단하고 효과적인 경쟁창 조절 알고리즘을 제안하였다. 먼저 IEEE 802.11 MAC 프로토콜에 대한 Backoff 알고리즘을 기본으로 한 새로운 추정치에 의해 FI를 계산하였고, 다음으로 FI를 사용하여 경쟁창의 크기를 조절하였다.

이 조절 알고리즘은 RTS/CTS 접속법과 히든 노드 뿐만 아니라 가변적인 패킷 길이도 지원할 수 있다. 모의실험 결과는 Fairness 문제가 IEEE 802.11에서 사용되는 MAC 프로토콜에서 매우 중요함을 보여주었다. 새로운 알고리즘을 구현한 결과 Fair 분배는 크게 향상되었으며 FI는 최고 30%까지 증가하였다. 이는 새로운 알고리즘이 전체 성능에 영향을 미치지 않고 Fairness를 증가시킨다는 것을 보여준다.

그러나 개선된 알고리즘은 Fairness 문제를 완벽하게 해결하지는 못하였다. 특정 스테이션은 여전히 통과율이 감소되는 결과를 보여주었다. 따라서 앞으로 알고리즘의 취약점을 보완하기 위한 좀더 많은 토폴로지 테스트해 볼 필요가 있다. 또한 파라미터 선택, Fairness와 통과율 사이의 관계를 좀더 정확하게 정의할 필요가 있다.

## 참고 문헌

- [1] Youjin Kim, Hacwon Jung, Hyeong Ho Lee, Kyong Rok Cho, "Mac Implementation for IEEE 802.11" Wireless LAN ATM (ICATM 2001) and High Speed Intelligent Internet Symposium, 2001 Joint 4th IEEE International Conference, pp 191-195, 2001
- [2] IEEE Std 802.11-1997 Information Technology-Telecommunications And Information exchange Between Systems-Local And Metropolitan Area Networks-specific Requirements-part 11 "Wireless Lan Medium Access Control (MAC) And Physical Layer (PHY) Specifications", IEEE Std 802.11-1997, 18 November 1997
- [3] Daji Qiao, Shin, K G "Achieving efficient channel utilization and weighted Fairness for data communications in IEEE 802.11 WLAN under the DCF" Tenth IEEE International Workshop, pp 227 -236, 2002
- [4] V Bharghavan, A Demers, S Shenker, and L Zhang, "MACAW A Media Access Protocol for Wireless LANs," Proc. of ACM SIGCOMM '94, 1994
- [5] MSR-TR-99-61, Microsoft Research, Dec 1999
- [6] Yu Wang, "Achieving Fairness in IEEE 802.11 DCFMAC with variable packet lengths" Bensaou, B Global Telecommunications Conference, 2001 GLOBECOM '01 IEEE, Volume 6, pp 3588-3593, 2001
- [7] Christopher L Varrett "Analyzing the Short-Term Fairness of IEEE802.11 in Wireless Multi-hop Radio Networks"
- [8] Tomasz Janczak, "Fair service IEEE 802.11 Networks with Hidden Nodes", 2nd



*Polish-German Teletraffic Symposium PGT,*  
2002

[9] Ozugur, T. "Optimal MAC-layer Fairness in 802.11 networks. Communications", *ICC 2002. IEEE International Conference on, Volume: 2,* pp. 675-681, 2002

[10] The Network Simulator - ns-2,  
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/for>

임 희 선 (Hee-Sun Lim) 준회원



2001년 2월: 한양대학교  
전자전기공학부 공학사  
2003년 2월: 한양대학교  
전자통신전파공학과 공학석사  
2003년 3월~현재 : LG전자  
연구원

<관심분야> 무선통신, Digital Signal Processing

박 승 권 (Sung-Kwon Park) 정회원



1982년 2월: 한양대학교  
전자통신전파공학과 공학사  
1983년 8월: Stevens Institute  
of Technology, 전자공학과  
공학석사  
1987년 12월: Rensselaer  
Polytechnic Institute,

전자공학과 공학박사

1984년 1월~1987년 8월: Rensselaer Polytechnic  
Institute, Electrical, Computer and Systems  
Engineering Dept., Research Assistant

1987년 9월~1992년 8월: Tennessee Technological  
University, Electrical Engineering Dept., 조교수

1992년 9월~1993년 1월: Tennessee Technological  
University, Electrical Engineering Dept., 부교수

1993년 3월~현재: 한양대학교 공과대학  
전자전기컴퓨터공학부, 교수

<관심분야> 지능형 데이터 방송, CATV  
Multimedia Systems, Digital Signal  
Processing