

논문 2010-1-14

## 긴급 메시지 전송을 지원하기 위한 매체 접근 기법

### A Medium Access Mechanism to Support Urgent Message Transmission

한세원\*, 오영빈\*, 심재기\*, 안병구\*\*

Sewon Han, Youngbin Oh, Jaeki Sim, Beoungku An

**요약** 본 논문에서는 IEEE 802.11 기반의 네트워크에서 긴급 메시지 전송을 위한 효율적인 매체 접근 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 기법의 주요한 특징은 다음과 같다. 첫째, 매체 접근에 있어서 높은 우선순위를 할당받기 위해 표준화 문서에서 정의한 것보다 짧은 기간의 프레임 간격을 갖는다. 둘째, 지수적으로 증가하는 백오프 윈도우가 아닌, 고정된 크기의 윈도우를 사용한다. 제안된 기법의 성능평가는 시뮬레이션을 통하여 이루어졌으며, 평가를 위한 비교대상은 표준화 문서에서 정의한 기법을 사용하는 노드이다. 성능평가 결과, 제안된 기법을 사용하는 노드는 경쟁에 참여하는 노드 수가 늘어남에 따라 기존의 기법을 사용하는 노드와 비교하여 보다 적은 매체 접근 지연시간을 갖는다. 또한 지연시간의 감소로 인하여 동일한 크기의 데이터를 전송하기 위한 시간이 줄어들음으로 처리량에서도 향상을 가져왔다.

**Abstract** This paper proposes an effective medium access mechanism which is based on IEEE 802.11 to transmit an urgent message. The main features of the proposed mechanism are as follows. First, when it comes to channel access to have high priority, it has a shorter interval between frames than that specified in standard document. Second, we use fixed window size instead of back-off window with an exponential increase. Performance evaluation of proposed mechanism is executed by simulation and compare with the node using the specified mechanism in standard document. Performance evaluation results show that according to increasing competition the nodes using proposed method have less accessing time than the conventional methods. Also, the proposed method can improve processing time because of the decreasing transmission delay.

**Key Words** : IEEE 802.11, MAC Protocol, Urgent Traffic, Backoff Windows, InterFrame Space

## 1. 서론

지난 10년간 정보통신기술의 획기적인 발전에 힘입어 무선 통신기술은 이미 다양한 응용분야에 걸쳐 우리 주변생활에 커다란 영향을 미치고 있다. 이러한 무선 통신 기술, 다시말해 무선 네트워크의 구현에 바이블(bible)과 같은 역할을 한 것이 IEEE 802.11 이라고 할 수 있다. IEEE 802.11은 Wireless LAN의 표준화 워킹그룹이다.

\*준회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*\*중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과  
접수일자 2010.1.4, 수정일자 2010.2.2

표준화가 이루어 진지 10여년이 지났고, 그동안 다양한 분야에서의 수많은 연구들이 진행되어져 왔으며, 앞으로 도 무궁무진 할 것이다.

이전까지 행해진 연구들은 표준화된 기술의 문제점 분석과, 그에 따른 해결 방법 등이 주된 포커스였다면, 최근에 들어서는 연구 및 개발들이 다양한 응용분야의 요구를 충족시키기 위한 방향으로 행해지고 있다. IEEE 802.11의 다양한 버전(a, b, e, g, p, s, ...)들은 기본 표준안을 바탕으로 여러 응용분야의 요구에 맞추어 수정하고, 새로운 기법들이 추가되는 등 일련의 과정을 거쳐 새로

게 제작성 된 것들이다. 예를 들어, 버전 'b, a, g, n' 은 순차적으로 보다 높은 처리량을, 'e' 는 QoS(Quality of Service)를, 's'는 더 넓은 네트워크 범위를, 'p' 는 차량간 통신을 지원하는 것들이다. 그 외에도 다양한 요구에 맞추어 더 많은 버전들이 있다[6]. 이러한 버전들은 각 응용 분야에서 필요한 요구, 사용되는 노드, 지원하는 물리계층의 변조(modulation)방식 등에 따라 구분이 되지만, 이들의 공통적인 요소인 전송을 위해 사용하는 매체에 접근하기 위한 기법은 동일하다. IEEE 802.11의 MAC 계층은 로밍(roaming), 인증(authentication), 소비 전력의 절감 등 여러 가지 기능을 수행하지만 무엇보다도 가장 중요한 역할은 무선 노드들의 매체 접근을 제어하는 것이다. 다수의 노드들이 공유하는 매체에 접근하기 때문에 발생할 수 있는 문제점을 위해 IEEE 802.11은 노드간의 충돌 확률을 줄이기 위해서 기본적으로 CSMA/CA 방식을 기반으로 한다. 이 방법은 매체에 접근하려는 노드들이 접근 전, 매체의 사용유무를 확인한 후 각 노드에게 각기 다른 임의의 백오프(backoff) 타이밍을 할당함으로써 노드들의 매체 접근 시점을 분산시키는 것이 목적이다 [1][3][4].

이와 같이, 다양한 요구에 맞춰 IEEE 802.11은 여러 종류의 버전으로 구분되긴 하지만, 매체에 접근하기 위해 사용되는 기법은 동일하다. 그렇다면, 이렇게 다양한 버전들로 나누어져 있는 IEEE 802.11의 표준 환경들에서 긴급 메시지를 전송하기 위해 어떠한 기법을 사용할 수 있을까?

긴급 어플리케이션을 위한 메시지 전송이 최근 부각이 되고 있다. 차량의 안전을 위해 사고나 위험에 대한 정보를 주변이나 후방 진입차량들에게 알리기 위해 사용되는 메시지, 재난이나 자연재해 발생에 의한 재난 경고 메시지 등 다양한 환경에서 긴급 메시지의 활용이 빈번해졌다[7].

본 논문에서는, 최근 들어 요구가 증가하고 있는 긴급 어플리케이션을 위한 메시지 전송에 대한 기법을 IEEE 802.11에 기반으로 구성된 모든 네트워크에 적용이 가능하도록 하고, 응용분야에서 요구하는 긴급 메시지에 대한 특성과 제한을 고려하여 빠른 시간 내에 처리되어야 할 메시지 전송에 대한 요구사항을 충족하는 통신 프로토콜을 설계해 보았다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 현재 표준화 된 IEEE 802.11 MAC의 매체 접근에 대한 기법을 설명하고, III장에서 제안된 기

법에 대한 설명을 한다. IV장에서 제안된 기법이 긴급 메시지 전송 시 기존의 기법과 비교하여 긴급 어플리케이션을 위해 얼마나 적합한지에 대한 성능평가를 하고, V장에서 결론을 맺고자 한다.

## II. IEEE 802.11 표준에서의 매체 접근 기법

일반적으로 무선 네트워크에서 사용되는 MAC 계층 구조에는 DCF(Distribution Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)가 있다. 다시 말해, IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 기본적으로 비동기 데이터 전송 서비스를 제공하지만 선택적으로 시간 제약적 서비스를 제공하기도 한다. 전자의 경우 무선 노드들이 오직 CSMA/CA 기법에 의해 자유 경쟁만으로 무선 매체를 사용할 기회를 얻는 방식으로 DCF라고 하고, 후자의 경우는 폴링 기법을 이용하여 액세스 포인트(AP)가 무선 노드들에게 순서를 정해주고 이에 따라 무선 매체를 사용할 기회를 얻는 방식으로 PCF라고 한다. PCF 방식은 AP가 없이 무선 노드들끼리 독립적인 네트워크를 구성하는 독립 네트워크(IBSS: Independent Basic Service Set)에서는 사용할 수 없는 제약이 있으며 실제로 구현되어 사용되는 경우가 거의 없다. DCF 방식에서는 무선 LAN에서 발생할 수 있는 숨겨진 노드 문제를 해결하기 위해 RTS/CTS 프레임 이용한 4-way handshake를 사용하기도 한다[3].

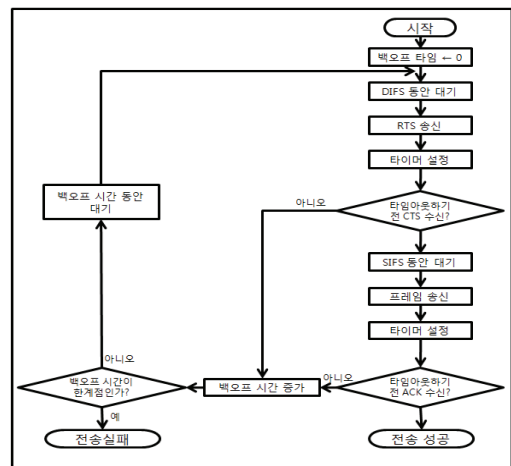


그림 1. CSMA/CA 기법의 프로세스 흐름도  
Fig. 1. Process Flow of The CSMA/CA Mechanism

그림 1은 IEEE 802.11 MAC에서 정의한 CSMA/CA 기법을 나타내고 있다. 무선 채널을 사용하기 전에, 즉 매체에 접근하기 전에 다른 무선 노드들이 채널을 사용하고 있는지를 먼저 감지한 후에 매체에 접근하는 기법이다. 이는 Random Access의 한 종류이며, Aloha나 Slotted Aloha 방식의 성능을 개선하고, 숨겨진 노드 문제를 해결할 수 있는 매체 접근 기법이다[1].

### 2.1 DCF에서의 랜덤 백오프 알고리즘

DCF 방식은 IEEE 802.11 MAC에서 사용되는 기본적인 접근 방법이며 이 방식은 경쟁기반의 서비스를 제공하는 접근 방법으로 랜덤 백오프 알고리즘을 사용한다. 랜덤 백오프 알고리즘은 일정 시간 간격마다 데이터 전송을 위하여 경쟁 윈도우(CW: Contention Window), 또는 백오프 윈도우(BW: Backoff Window) 내의 임의의 슬롯을 선택한 뒤 선택한 슬롯의 번호를 하나씩 감소시키다가 '0'이 되는 시점에 매체에 접근하여 데이터를 전송하게 된다. 즉, 다중 노드 간의 매체 점유를 위한 경쟁 상황에서 노드간의 충돌을 미연에 방지하여 이를 최소화하기 위한 방법으로 랜덤 백오프 알고리즘을 사용한다.

### 2.2 DCF에서의 랜덤 백오프 타임

경쟁기반 서비스인 DCF 방식에서는 최소 매체 유희 시간인 DIFS(Distribution InterFrame Space)를 이용하여 전송 매체의 가용 여부를 판단한다. 프레임 전송이 완료되고 DIFS가 경과된 후에는 백오프 윈도우가 나타나게 되는데 이는 다수의 슬롯들로 구성되어 있으며 슬롯한 개당 할당된 시간인 슬롯 타임(SlotTime)은 매체 의존적으로 고속 물리 계층일수록 더 짧다. 매체 접근을 위하여 경쟁하는 노드들은 랜덤으로 임의의 슬롯 한 개를 선택하며 이때 정해지는 임의의 시간이 지난 후 매체를 점유하게 되는데 이때 슬롯이 선택될 확률은 모든 슬롯들이 균등하다.

그림 2에서 보는 바와 같이 슬롯이 랜덤하게 선택됨으로써 백오프 타이머는 데이터 전송을 위한 일정한 크기 (random(i)×SlotTime)의 지연시간을 발생시키게 되는데 이를 랜덤 백오프 타임이라고 한다.

백오프 타임은 슬롯 타임 단위로 [0, CW-1] 범위에서 균등하게 선택되며, 이때 CW는 현재 윈도우의 크기를 나타낸다. 첫 번째 전송 시도에서의 CW 값은 초기 백오프 윈도우의 크기인 CW<sub>min</sub>과 같으며, 충돌이 발생할 때

마다 그 크기는 충돌이 발생하는 시점의 CW의 2배씩 증가하게 되어 결국 최대 백오프 윈도우 크기인 CW<sub>max</sub>까지 늘어나게 된다. 이를 백오프 윈도우의 지수적 증가라고 하며, 이것은 충돌이 발생하는 횟수가 늘어날수록 충돌을 야기 시킨 노드들이 동일한 백오프 타임을 선택하지 않도록 하기 위함이다.

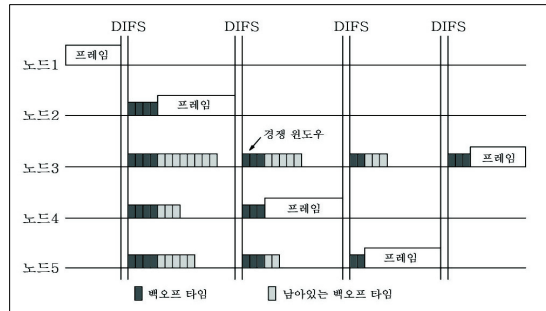


그림 2. 백오프 절차에 의한 노드간 경쟁 상황  
Fig. 2. Competition Between Nodes by Backoff Procedure

### 2.3 DCF에서의 매체 접근 절차

앞서 언급한 바와 같이 매체에 접근하고, 또 매체를 점유하기 위한 방법으로 숨겨진 노드 문제를 해결하기 위해 선택적으로 RTS/CTS 방식을 이용하기도 하지만, 일반적으로 CTS나 ACK 과 같이 수신한 메시지에 대한 응답일 경우를 제외하고는 모두 다음과 같은 절차에 의해 매체에 접근한다.

먼저 전송할 데이터가 있는 노드는 채널의 활성 상태 즉, 채널의 사용 유무를 확인하고, 매체가 비어있다면 DIFS 만큼의 채널 유희시간을 둔다. 이 기간 동안 매체가 비어있음이 확인되면, 노드는 바로 이어서 백오프 알고리즘을 수행한다. 이 과정에서 노드는 백오프 윈도우에서 선택된 임의의 백오프 타임동안 매체의 사용 유무를 지속적으로 체크한다. 다시 말해, 전송할 데이터가 있는 노드는 DIFS 만큼의 시간과 임의의 백오프 타임을 합한 시간만큼 매체가 유희인지를 확인 한 후에 매체에 접근을 하게 된다.

만약 DIFS 기간 동안 매체의 사용이 감지되면 처음부터 위의 절차를 새로 시작하게 된다. 반면, 백오프 타임 동안에 매체의 사용이 감지가 되면, 타이머를 멈추었다가 다시 DIFS 보다 큰 유희 상태가 감지되면 다시 동작을 수행한다. 최종적으로 백오프 타임에 0이 되는 노드가

해당 프레임 전송할 권한을 획득하게 되는 것이다.

이 필요하다.

### III. 제안된 매체 접근 기법

제안된 매체 접근 기법을 설계함에 있어 가장 큰 목적은 전송 채널을 선점하기위해 동시에 경쟁하는 다수의 노드들이 매체에 접근하려고 할 때, 우선순위를 결정하게 되는데, 기존의 매체 접근 기법보다 더 높은 우선순위를 할당 받을 수 있도록 하는 것이다. 제안된 기법은 IEEE 802.11의 모든 버전에서 표준으로 사용하는 CSMA/CA 기법을 사용하며, 기본적인 매체 접근 절차는 모두 동일하다. 그림 3과 그림 4는 제안된 매체 접근 기법의 기본 아이디어를 설명하고 있다.

#### 3.1 제안된 기법의 기본 아이디어

##### 3.1.1 우선순위를 위한 프레임 간격

IEEE 802.11 MAC에서는 프레임들이 최소 프레임간 간격(Short InterFrame Space, SIFS)으로 분리된다. SIFS는 유형에 관계없이 프레임과 프레임 사이에 필요한 최소 시간 간격을 말한다. 프레임 간격은 DCF를 사용하는 노드에 적용될 경우에는 DCF 프레임 간격(Distribution InterFrame Space, DIFS)이 된다. 따라서 DCF를 사용하는 노드는 프레임과 프레임 사이에 적어도 DIFS 간격을 두고 진행하게 된다. 같은 개념으로 PCF를 수행하기 위한 노드는 프레임과 프레임 사이에 PCF 프레임 간격(Point InterFrame Space, PIFS)을 유지해야 한다.

이와 같이 효율적인 매체 접근을 위해서는 프레임 간의 우선순위가 있어야 한다. PCF를 사용하는 노드는 DCF보다 더 높은 우선순위를 갖기 위해 보다 짧은 매체 유휴 시간을 갖고 있다.

긴급 어플리케이션에서는 데이터 전송을 위한 지연시간을 제한하고 있다. 어떤 긴급 서비스에서는 지연시간을 최대 200ms로 제한하고 있다[7]. 제한된 지연시간 내에 메시지를 전송해야 하므로 전송을 위한 경로설정까지도 급하고 있다. 이러한 긴급 메시지를 기존의 데이터들과 동일하게 취급하여 전송한다면 메시지의 특성에도 위배가 되고, 어플리케이션에 따라 메시지의 생존시간(Packet Life Time)이 만료되어 폐기되어질 가능성이 크다. 때문에 긴급 메시지가 전송되기 위한 매체 접근 기법

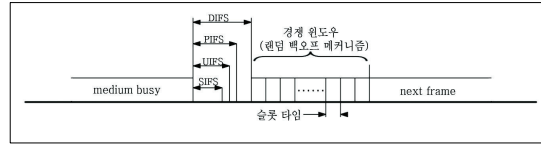


그림 3. 제안하는 프레임 간격과 표준 프레임 간격  
Fig. 3. Proposed Interframe Space and Standard Space

긴급 메시지(Urgent message)를 갖는 노드는 전송 전 긴급 프레임 간격(Urgent InterFrame Space, UIFS)을 유지한 후 매체에 접근한다. UIFS의 길이는 DIFS의 약 42%정도의 값을 갖는다. 따라서 UIFS는 DIFS 보다 짧고, PIFS 보다도 짧으며, 프레임의 최소간격인 SIFS와 PIFS의 중간정도의 시간을 갖는다. UIFS는 DCF를 사용하는 노드보다 높은 우선순위를 갖고, PCF를 사용하는 노드보다도 높은 우선순위를 갖는다.

본 논문에서 제안된 매체 접근에 있어서 『그림 3』과 같은 프레임 간격에 의해 각기 다른 우선순위를 갖게 된다. PIFS를 사용하는 노드가 DIFS를 사용하는 노드보다 짧은 매체 유휴시간을 갖기 때문에 더 높은 우선순위를 갖는 것처럼, UIFS는 이들보다 더 짧은 유휴시간을 갖기 때문에 가장 높은 우선순위를 갖는다. 이는 PCF를 사용하는 환경이나 DCF를 사용하는 환경에서 모두 최고의 우선순위를 가질 수 있음을 뜻한다.

##### 3.1.2 고정된 백오프 윈도우

모든 무선 노드들은 매체 유휴시간만큼의 대기시간 후 백오프 알고리즘을 수행한다. 백오프 알고리즘에서는 백오프 타임만큼 매체의 유휴를 확인한다. 위에서 언급했던 것과 같이 매체 유휴시간과 선택된 백오프 타임동안 매체가 비어있어야 전송을 하게 되는 것이다.

충돌이 발생하면 윈도우의 크기를 현재 크기의 2배씩 증가시켜 백오프 타임을 선택하게 되고 이를 지수적 증가라고 II장에서 언급하였다. 메시지 전송 실패의 횟수가 증가할수록 동일한 백오프 타임을 선택할 확률을 급격히 줄이도록 하는 방법이다. 하지만 윈도우의 크기가 커질수록, 선택된 백오프 타임이 클수록 전송지연은 증가할 수밖에 없다.

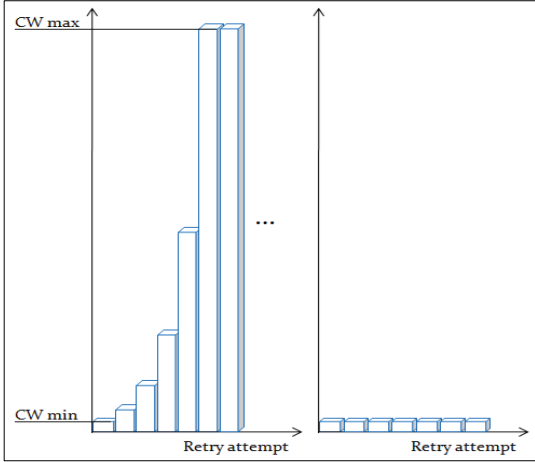


그림 4. 제안하는 CW와 CW의 지수적 증가의 예  
Fig. 4. Proposed CW and Example of Exponential Increase of CW

긴급 메시지의 경우 지연시간이 제한되어 있기 때문에 윈도우의 크기를 늘리는 것은 치명적이라 할 수 있다. 긴 백오프 타임이 항상 선택 되는 것은 아니지만, 일반적인 메시지들과 동등한 조건으로 경쟁을 하게 되어 더 높은 우선순위를 차지할 수 있는 확률은 크게 줄어들 것이다. 그렇기 때문에 긴급 메시지 전송을 위한 백오프 알고리즘은 그림 4와 같이 수정되어야 한다.

긴급 메시지 전송을 위한 백오프 윈도우는 고정된 크기를 갖는다. 충돌의 횟수와 상관없이 일정한 크기를 갖는다. 모든 노드들이 첫 번째 전송 시도에서 CW의 크기가  $CW_{min}$ 으로 동일하게 설정이 되기 때문에 첫 번째 시도에서는 기존의 방식을 사용하는 노드와 우선순위 경쟁에서 동등한 조건이라 할 수 있지만, 전송을 실패하여 기존의 노드가 윈도우의 크기를 증가시키게 되면 고정된 윈도우 크기를 사용하는 노드는 경쟁에서 높은 우선순위를 할당 받을 수 있을 것이다. 전송 실패의 횟수가 거듭될수록 고정된 윈도우 크기를 사용하는 노드가 더 높은 우선순위를 가질 확률은 더더욱 높아질 것이다.

긴급 메시지 전송에 있어서 백오프 타임을 갖는 이유는 이들끼리의 경쟁에 대비하기 위함이다. 만약 긴급 메시지를 전송하려는 노드들간의 경쟁을 가정했을 때, 이들이 동시에 매체에 접근을 시도하면 각기 다른 백오프 타임으로 비록 낮은 확률이라도 노드들을 분산시키지 않으면 이들은 계속 충돌이 발생할 것이고 결국 어플리케이션에서 요구하는 지연 제한시간에 만족할 수 없기 때문이다.

### 3.2 제안된 기법의 이론적인 분석

제안된 기법을 사용하는 노드와 기존의 방식을 사용하는 노드가 동시에 매체에 접근을 시도하려 한다면, 첫 번째 시도에서 제안하는 기법을 사용하는 노드가 우선순위를 가질 확률  $P(U)$ 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.  $p$ 는 임의의 슬롯 하나가 선택될 수 있는 확률분포를 위한 파라미터 이다.

$$P(U) = \sum_{n=1}^{CW_{min}} p(1-np) \quad (1)$$

(1)은 기존의 기법을 사용하는 노드들끼리 서로 경쟁을 하는 경우와 별 차이는 없다. CW의 크기만으로 우선순위를 할당되기 때문이다. 때문에 최초 경쟁에서 같은 크기의 윈도우를 갖는 노드끼리는 약 46.67%의 확률로 우선순위를 갖게 된다. 하지만 우리의 제안은 충돌이 발생하거나 채널에러로 인한 재전송이 일어날 때, 일반적인 기법을 사용하는 노드들의 윈도우 크기가 증가하기 때문에 효과가 극대화 된다.

제안된 기법을 사용하는 노드는 고정된 CW의 크기를 갖는다. 즉, 최초의 경쟁부터  $CW_{min}$  값을 끝까지 유지하는 것이다. 반면, 기존의 기법을 사용하는 노드는 일반적인 백오프 알고리즘을 사용하기 때문에 CW 크기가 지속적으로 증가한다. 충돌이 감지되어 경쟁하는 노드들의 CW 크기가 변화하여도 제안하는 기법을 사용하는 노드는 고정된 범위 안에서 임의의 슬롯을 선택하기 때문에 매체 접근에 있어서 우선권을 가질 확률을 높일 수 있다.

충돌이 감지되어 재전송을 위해 매체에 재접근하는 횟수( $k$ )가 늘어나고 윈도우의 크기가 커짐에 따라 확률  $P(U)$ 는 다음과 같이 재정의 될 수 있다.  $p_k$ 는 CW 크기가  $k$ 번 증가했을 때의 임의의 슬롯 하나가 선택될 수 있는 확률분포를 위한 파라미터 이다.

$$P_k(U) = \sum_{n=1}^{CW_{min}} p(1-np_k) \quad (2)$$

(2)는 재전송하기 위해 매체에 재접근 하는 횟수( $k$ )가 늘어남에 따라 제안하는 기법의 사용은 경쟁하는 노드들 사이에서 매체에 접근할 수 있는 우선순위를 '1'에 가까운 확률로 확보할 수 있다.



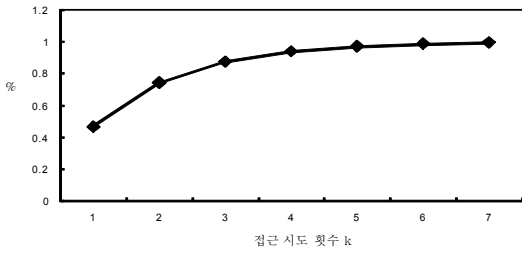


그림 5. 접근 시도 횟수에 따라 경쟁에서 고정된 CW 크기를 갖는 노드가 이길 확률

Fig. 5. The Winning Probability of CW Depending on the Number of Attempts for Medium Access

또한 3.1.1에서 제안하는 기법은 매체에 접근하기 전에 보내는 프레임 간격의 길이가 기존의 기법보다 단축된 시간을 갖는다고 하였다. 때문에 기존의 기법보다 백오프 슬롯카운트를 먼저 시작할 수 있고, 이것은 다시 말해 기존의 기법을 사용하는 노드에 비해 이미 하나 이상의 슬롯을 먼저 시작함을 의미한다. 그러므로 기존의 노드와 제안하는 기법을 사용하는 노드가 백오프 윈도우에서 동일한 슬롯타임을 선택하게 되더라도, 제안하는 기법을 사용하는 노드의 슬롯타이머가 먼저 종료되기 때문에 매체 접근 권한을 먼저 갖게 될 확률이 더 높다고 할 수 있는 것이다. 백오프 타임에서 같은 슬롯을 선택할 확률은 (3)과 같다.

$$P(U_e) = \sum_{n=1}^{CW_{\min}} p^2 \quad (3)$$

제안하는 기법을 사용하는 노드와 기존의 기법을 사용하는 노드가 최초 접근을 위해 경쟁했을 때, 제안하는 기법을 사용하는 노드의 매체 접근 우선순위는, CW 크기로만 본다면 같은 값을 갖기 때문에 약 46.67% 정도로 일반 노드와 같다. 하지만 위에서 언급했던바와 같이 백오프 윈도우에서 동일한 슬롯을 선택하더라도 슬롯타이머가 먼저 종료되기 때문에 기존의 노드보다 먼저 매체에 대한 우선권을 얻을 수 있고, 그 확률을 56%로 증가하며 수식은 (4)와 같이 재정의 할 수 있다.

$$P(U) = \sum_{n=1}^{CW_{\min}} p(1 - np) + p^2 \quad (4)$$

이렇게 함으로써 제안하는 기법을 사용하는 노드는 윈도우 내에서 기존의 기법을 사용하는 노드보다 작은 슬롯을 선택할 확률과, 동일한 슬롯을 선택할 확률을 합한 확률로 기존의 방식을 사용하는 노드보다 매체 접근 우선순위를 획득할 수 있게 된다.

## IV. 성능 평가

### 4.1 성능평가 파라미터

본 논문에서 제한하는 기법의 성능 평가를 위한 비교 대상은 IEEE 802.11a 표준화 문서에서 정의하는 기법을 사용하는 노드이다. 제안하는 매체 접근 기법이 기존의 표준화에서 정의하고 있는 기법보다 얼마만큼의 효과가 있는지에 대한 성능평가 파라미터들은 다음과 같다.

- 매체 접근 지연(Medium Access Delay) : 전송해야 할 데이터가 생긴 시점부터 매체에 접근하여 데이터를 전송하기까지의 매체 접근 시간
- 처리량(Throughput) : 일정시간동안 처리된 데이터의 양.

일반적인 처리량의 산출은 고정된 시간동안 얼마나 많은 비트 수를 처리하는 것을 알아보기 위한 것이지만, 본 논문에서 처리되는 비트는 고정된 비트이다. 즉, 고정된 데이터를 처리하는데 걸린 시간에 초점을 두었다.

### 4.2 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 IEEE 802.11 표준에서 기반하고 있는 RTS/CTS/DATA/ACK의 4-way handshake를 사용하는 환경이다. 시뮬레이션을 위한 파라미터 값들과 지원되는 물리 계층은 IEEE 802.11a에서 정의하고 있는 값들을 사용하였다. 표 1 은 IEEE 802.11a 에서 정의하고 있는 물리계층에서의 변조 방식에 따라 제공되는 8가지의 전송률이다. 본 논문에서의 시뮬레이션에서는 전송 예러가 가장 적고 안정적인 6 Mbps로 설정하여 데이터 전송 시간을 정의하였다.

표 1. IEEE 802.11a 물리계층의 모드들  
Table 1. IEEE 802.11a PHY modes

mode	modulation	Code rate	Data rate
1	BPSK	1/2	6 Mbps
2	BPSK	3/4	9 Mbps
3	QPSK	1/2	12 Mbps
4	QPSK	3/4	18 Mbps
5	16-QAM	1/2	24 Mbps
6	16-QAM	3/4	36 Mbps
7	64-QAM	2/3	48 Mbps
8	64-QAM	3/4	54 Mbps

데이터 전송에 걸리는 시간은 다음 식과 같이 구해지며, 각 파라미터들은 [1]을 참고하였다.

$$Tx\_time = (MAC\ Header + Pkt\_length) / Data\ rate + (PHY\ Header\ Tx\_time) + (Preamble\ Tx\_time) \quad (5)$$

시뮬레이션에서 사용한 전송하는 패킷의 크기는 1,024 byte이고, (5)에서 계산된 패킷 전송에 걸리는 순수한 시간은 약 1.4ms 이다. 전송할 트래픽은 긴급 타입과 일반 타입 노드 모두 10%의 확률로 생성되도록 모델링 하였고, 트래픽의 종류가 긴급 어플리케이션이므로 패킷의 유지시간을 200ms 로 설정하여, 유지시간을 넘긴 패킷은 손실(Loss)이 발생하도록 설정하였다. 채널 에러에 대한 부분과 전파지연(propagation delay)에 대한 부분은 가정하지 않았다. 보다 세부적인 것들은 [1]에 설명되어 있다.

### 4.3 성능평가 결과

그림 6과 그림 7은 제안된 기법을 사용하는 긴급 타입 노드와 표준화에서 정의한 기법을 사용하는 일반 타입 노드의 성능을 비교한 결과를 그래프로 나타내고 있다. 제안하는 기법을 사용하는 노드가 일반 노드들과 경쟁했을 시 노드수가 증가함에 따라 지연시간과 처리량의 향상을 확인할 수 있다.

그림 6은 노드 수가 증가함에 따라 매체 접근 지연을 나타내고 있다. 기존의 기법을 사용하여 매체에 접근한 노드는 노드수가 증가함에 따라 지연시간이 계속 증가가 되고, 결국 40ms 이내에서 수렴하는 것을 볼 수 있다. 하

지만 제안된 기법을 사용한 노드는 노드수가 증가하여도 약 5ms 이내에 매체에 접근하는 것을 확인할 수 있다. 이는 제안된 기법이 고정된 크기의 백오프 윈도우를 사용한 결과로, 매체 접근 지연 시간의 최대값을 제한하였기 때문이다. 제한된 백오프 윈도우의 사용은 경쟁하는 노드수가 늘어날수록 증가하는 충돌 횟수 때문에 CW 크기가 증가하므로 큰 효과가 나타났다.

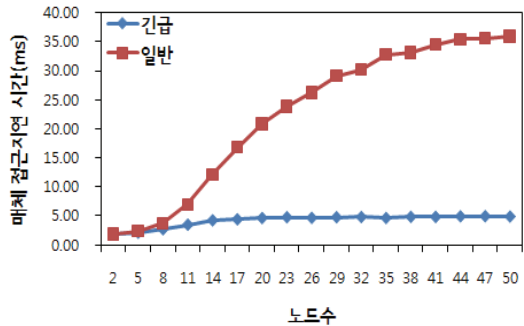


그림 6. 노드 수에 따른 접근 지연시간  
Fig. 6. Access delay as a function of number of stations

그림 7은 경쟁에 참여하는 노드수가 증가함에 따라 각 타입별 노드가 매체에 접근하여 전송에 성공한 횟수를 평균으로 나타내고 있다. 경쟁에 참여하는 노드가 많아 질수록 충돌 횟수가 증가함으로 백오프 윈도우의 크기가 커지고, 그에 따라 매체접근 전 대기시간이 증가하게 된다. 증가한 접근 전 대기시간이 200ms가 되면 패킷의 손실이 발생하게 되므로 성공적인 전송의 횟수 또한 감소 되게 된다. 그림 7에서와 같이 제안된 기법을 사용하는 긴급 타입의 노드는 경쟁에 참여하는 노드수가 증가하여도 평균 약 140회의 전송 성공을 보인다. 하지만 기존의 기법을 사용하는 노드는 경쟁에 참여하는 노드수가 증가할수록 그 횟수가 계속 감소하는 형태를 나타내고 있다. 경쟁이 치열해질수록 충돌 횟수가 증가하여 재전송 횟수 제한(Retry Limit)이나 제한된 패킷 유지시간으로 인한 패킷의 손실로 인하나 결과이다.

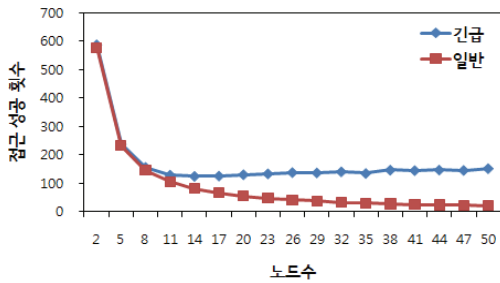


그림 7. 노드 수에 따른 접근 성공 횟수  
Fig. 7. Success Count as a function of number of stations

그림 8은 노드수가 증가함에 따른 처리량의 평균을 백분율로 나타내고 있다. 경쟁에 참여하는 노드수가 증가함에 따라 노드들 간의 충돌 횟수가 증가하고, 따라서 각 노드들에서의 백오프 윈도우의 크기가 커진다. 증가된 크기의 백오프 윈도우 때문에 매체 접근 지연시간이 길어지게 됨으로써 동일한 크기의 데이터를 처리하는데 걸린 총 시간이 증가하게 된다. 다시말해, 일반 타입과 긴급 타입은 백오프 윈도우의 최대 크기에서 차이가 나기 때문에 평균 매체 접근 지연시간이 차이가 나고, 결과적으로 그림7과 같은 처리량 하향 곡선을 그리게 되었다. 경쟁에 참여하는 노드수가 증가함에 따라 긴급 타입 노드가 일반 타입 노드에 비해 약 25% 정도의 처리량 향상을 보이고 있다.

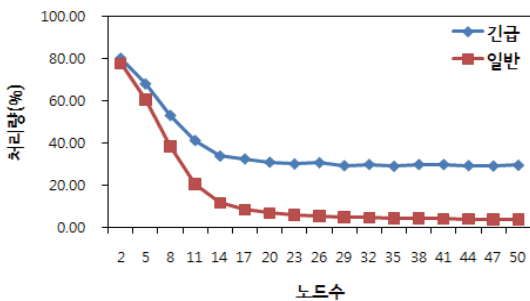


그림 8. 노드 수에 따른 성능향상  
Fig. 8. Throughput performance as a function of number of stations

그림 6에서 경쟁하는 노드가 20개 이상이 되어도 일반 타입 노드의 지연시간이 계속 증가하는 이유는 CW 크기의 증가이다. 앞서 언급한바와 같이 경쟁하는 노드의 개수가 많아질수록 증가된 충돌횟수인하여, 비록 분산된

백오프 타임이 선택되었을지라도 매체 접근 우선순위가 낮아져 대기하는 시간이 길어졌기 때문이다. 표준화에서는 Layer-2에서의 패킷의 손실을 약 500ms로 정의하고 있으나, 본 논문에 요구되는 긴급 어플리케이션에서는 200ms로 제한하고 있다. 때문에 200ms 넘게 전송이 완료되지 못한 패킷들은 강제로 손실을 시켰고, 결과적으로 이것이 일반 타입 노드의 전송지연을 40ms로 수렴하게 한 것이다.

긴급 타입 노드에서의 처리량의 향상은 매체에 접근하는 지연 시간을 단축함으로써 얻는 이득의 결과이다. 즉, 매체에 접근하기 전에 대기하는 지연시간을 줄이는 것이 결과적으로 처리량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 긴급 어플리케이션의 요구에 따른 긴급한 메시지의 전송을 위한 매체 접근 기법을 제안하였다. 이 기법은 전송하려는 데이터가 있는 노드가 매체에 접근하기 전 보내게 되는 지연시간을 단축하고, 어플리케이션의 특성에 맞춰 다른 일반적인 기법을 사용하는 노드들과 경쟁하였을 시 보다 높은 우선순위를 할당하여 보다 빨리 전송을 하기 위한 기법이다. 제안하는 기법은 IEEE 802.11 표준 Layer-2 프로토콜을 근거로 제안된 기법들이므로 모든 버전들에서 호환이 가능하다. 표준화에서 정의된 프레임 간격보다 짧은 기간을 갖는 프레임간격과, 고정된 크기의 백오프 윈도우는 일반적인 매체 접근기법 보다 더욱 높은 성능향상을 보여주었다. 매체 접근 지연시간의 단축으로 시스템 전반적인 성능에도 향상을 가져올 수 있음을 알 수 있다. 평가를 위해 동일한 조건에서 검증을 시행하였지만, 보다 짧은 지연시간을 갖게 하는 기법도 예상해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

[1] IEEE 802.11 WG, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical layer(PHY) specifications, ANSI/IEEE Std 802.11, 1999.  
[2] IEEE 802.11 WG, Part 11: Wireless LAN Medium



Access Control(MAC) and Physical layer(PHY) specifications, ANSI/IEEE Std 802.11, 2007.

[3] Matthew Gast, 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, O'REILLY, 1999.

[4] Juha Geiskala, John Terry, OFDM Wireless LANs: A Theoretical and Practical Guide, Sams, 2001.

[5] Q. Xu, D. Jiang, "Design and Analysis of Highway Safety Communication Protocol in 5.9 GHz Dedicated Short Range Communication Spectrum," pp. 2451-55, Proc. IEEE VTC, vol. 57, no. 4, 2003.

[6] <http://ieeexplore.ieee.org>.

[7] S. Biswas, R. Tatchikou, F. Dion, "Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety," IEEE Communications Magazine, vol.44. issue 1, pp. 74-82, January 2006,

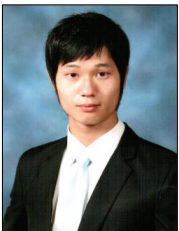
Acknowledgements : This work was supported by National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (2009-0070777)

**저자 소개**



**한세원(준회원)**

• 2009년 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 졸업(BS)  
 <주관심분야: Wireless Networks, Routing Protocols, Mobile Ad-hoc Networks, WLAN, MAC Protocol>



**오영빈(준회원)**

• 2009년 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 졸업(BS)  
 <주관심분야: Ubiquitous Network, Routing Protocols, Wireless Sensor Networks, Embedded Software>



**심재기(준회원)**

• 2009년 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 졸업(BS)  
 <주관심분야: Embedded Software, Network Programming>

**안병구(중신회원)**



• 1988: 경북대학교 전자공학과 (BS)  
 • 1996: (미)Polytechnic University, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Brooklyn, New York, USA (MS).  
 • 2002: (미)New Jersey Institute of Technology(NJIT), Dept. of Electrical and Computer Eng., New Jersey, USA. (Ph.D)  
 • 1989-1994: Senior Researcher, RIST, Republic of Korea.  
 • 1997-2002: Lecturer & RA, New Jersey Institute of Technology(NJIT), USA.  
 • 2003-present: Professor, Hongik University, Republic of Korea.  
 • 2005-2009: Marquis Who's Who in Science and Engineering was listed.  
 • 2006-2009: Marquis Who's Who in the World was listed.  
 <주관심분야: Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast Routing, Cross-Layer Technology, Cooperative Communication, QoS, Bio Information Communications>