

# 물류 정보시스템을 위한 IEEE 802.11 무선랜 시스템에서 유전자 알고리즘을 이용한 Dynamic Contention Window 제어 알고리즘

이상현, 최우용, 이상완  
동아대학교 산업경영공학과  
{shlee22, wychoi77, swlee}@dau.ac.kr

## Dynamic Contention Window Control Algorithm Using Genetic Algorithm for IEEE 802.11 Wireless LAN Systems for Logistics Information Systems

Sang-Heon Lee, Woo-Yong Choi and Sang-Wan Lee

### Abstract

IEEE 802.11 wireless LANs employ the backoff algorithm to avoid contentions among STAs when two or more STAs attempt to transmit their data frames simultaneously. The MAC efficiency can be improved if the CW values are adaptively changed according to the channel state of IEEE 802.11 wireless LANs. In this paper, we propose a dynamic contention window control algorithm using the genetic algorithm to improve the MAC throughput of IEEE 802.11 wireless LANs.

Key-word : IEEE 802.11 Wireless LAN, Genetic Algorithm, Dynamic Contention Window Algorithm

### 1. 서론

현재 무선랜 시스템은 관공서, 도서관, 가정, 병원, 학교 등 핫스팟 영역에서 무료 혹은 유료로 사용자가 사용할 수 있게 설치되어 있고, 무선랜 서비스가 가능한 핫스팟 영역은 점점 확장되고 있다. 무선랜 시스템을 이용할 수 있는 무선랜 카드가 장

착된 데스크탑, 노트북, PMP(Personal Multimedia Player) 등의 단말을 사용하면 핫스팟 영역 안에서 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있어 유선랜 시스템 보다 설치 및 유지보수 비용을 최소화 할 수 있다는 장점이 있다[1]. 무선랜이 가지는 이러한 장점으로 인하여 컨테이너 터미널 내의 물류 정보시스템을 구축할 때 무선랜을 이용할 경우 터미널 내의 하역장비와 이송장비 간의 정보교환이 효율적으로 이루어질 수 있다.

IEEE 802.11 무선랜 시스템에서는 무선 단말이 AP(Access Point)를 통하여 무선 인터넷을 사용한다. AP와 무선 단말의 통신은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식의 MAC(Medium Access Control) 프로토콜을 이용하고 있으며 이를 DCF(Distributed Coordination Function)라 한다[2,3]. CSMA/CA 방식에서는 경쟁 상태에 있는 모든 단말들을 통한 데이터 전송유무를 검사하여 WM(Wireless Media)을 통한 데이터 전송이 없다고 판단될 경우 전송을 시도한다. WM을 통한 데이터 전송이 있다고 판단되면 충돌을 피하기 위해 특정 시간을 대기한 후 전송을 재시도 하게 된다. 이때 무선 단말이 전송을 재시도하기 위해 기다

리는 특정 시간을 결정하는 방법을 백오프 알고리즘이라 한다. 백오프 알고리즘은 contention window(CW)의 크기를 조절하여 무선 단말간의 충돌을 방지한다. 또한, 데이터 프레임 전송 후 전송이 성공되었다는 것을 의미하는 ACK(Acknowledgment) 프레임을 수신하지 못할 때에도 재전송을 위해 백오프 알고리즘을 사용한다. 이 CW의 값은 최소치부터 시작하여 최대치까지 표준안에 정의된 방법에 의해 전송을 재시도할 때마다 백오프 수행 시 증가하고, 데이터 전송 성공 후에 감소한다. IEEE 802.11a 표준에 의하면,  $CW_{min} = 15$ ,  $CW_{max} = 1023$  이고, IEEE 802.11b 표준에 의하면,  $CW_{min} = 31$ ,  $CW_{max} = 1023$  이다. IEEE 802.11 무선랜 시스템에서 백오프 알고리즘이 수행될 때 각 단말은 전송을 재시도할 때마다  $CW_{min}$  값부터  $CW_{max}$  값까지 지수적으로 CW 값을 증가시킨다[3,4,5]. 이를 BEB(Binary Exponential Backoff)라 한다.

일반적으로 하나의 AP에 접속하는 단말의 수가 증가하면 AP 전송영역 내에 있는 모든 단말들은 데이터 전송 시 더 많은 충돌을 경험한다. 충돌이 발생할 경우 백오프 알고리즘에 의하여 CW 값이 증가하게 되어 단말의 대기시간을 증가시키게 되어 IEEE 802.11 무선랜 성능이 떨어지게 된다. 하지만, CW 값이 너무 작아도 단말간 충돌 발생횟수가 증가하게 되어 IEEE 802.11 무선랜 성능이 떨어지게 된다. 그러므로 적절한 CW 값을 사용하는 것이 IEEE 802.11 무선랜 성능에 중요한 요인이 된다. [6]에 의하면  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  값이 변하게 되면 IEEE 802.11 무선랜 성능에 영향을 미치게 된다는 것을 알 수 있었고, 이후 무선랜 성능향상을 위하여 CW를 이용하는 백오프 알고리즘에 관한 연구가 다수 진행되었다. [7]은 AP와 단말간 전송이 성공될 경우 AP와 통신 중인 모든 단말의 현재 CW 값을 감소시키는 방법을 사용하였고, [8,9,10]에서는  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$

값을 변경하며 단말간 충돌이 발생하거나, 전송을 성공하지 못해 백오프 알고리즘을 수행할 때, CW 값을 지수적으로 증가시키고 지수적으로 감소시키는 방법을 사용하였다. [10,11]은 CW의 선형적인 증가와 감소를 사용하였고, [12]는 성공적인 전송 후 CW가  $CW_{min}$  값으로 설정되면 백오프 시간이 짧아 해당 단말이 다시 충돌할 확률이 커지는 것에 착안, CW를  $CW_{min}$  으로 설정하지 않고 현재 CW의 절반의 값으로 설정하는 방법을 사용하였다. [13]은 CW의 배수적인 증가와 선형적인 감소를 사용하였고, [14]는 CW의 선형/배수적인 증가와 선형적인 감소를 이용하였고, [15]는 경쟁상태에 있는 단말의 수를 추정하여 CW 값을 선택하는 방법을 사용하였다. [16]에서는 단일 백오프 알고리즘이 IEEE 802.11 무선랜 성능의 저해 요소라 판단하여 multichain 백오프 알고리즘을 제시하기도 하였다. [17]에서는 채널의 동적인 상황에 대한 능동적인 대처를 위해 채널 활용률을 파악하여 CW 값을 동적으로 조절하였고, [18]에서는 이용 중인 단말의 수를 토대로 퍼지기법을 이용하여 최적의 CW 값을 선택하는 방법을 제시하였다.

IEEE 802.11 무선랜의 성능을 향상시키기 위해서는 단말의 수가 증가되어도 충돌이 최소화 되어야 하고, 만약 충돌이 발생하여도 백오프 시간이 적절하게 되는 CW 값이 필요하다. [17]에서는 무선랜 채널의 활용률을 통하여 최적해를 찾으려 하였으나, IEEE 802.11 무선랜의 성능은 데이터 전송이 성공된 비율을 뜻하기 때문에, 데이터 뿐만 아니라, 모든 전송 프레임을 고려하는 채널 활용률로는 성능에 관계된 최적해를 찾기가 어렵다. [18]에서는 단말의 수를 고려하여 최적해를 찾는 방법을 위하여 퍼지기법을 사용하였다. 그러나, 실제 IEEE 802.11 무선랜은 각 단말들의 전송량 또는 전송되는 데이터의 크기가 동적으로 변화하기 때문에 단말의 수를 통해 최적해를 찾는다는 것 또한 적절하지 않다. 이에

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜의 성능을 향상시키기 위하여 무선랜의 동적인 상황에 적절히 대응할 수 있는 유전자 알고리즘을 이용하는 Dynamic contention window 제어 알고리즘을 제시하고자 한다. 동적인 상황에 따라 IEEE 802.11 무선랜의 상황과 성능이 변화되기 때문에 전역해를 찾을 수 있는 기법인 유전자 알고리즘을 선택하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 물류정보 시스템에서의 무선랜의 적용과 IEEE 802.11 무선랜의 동작원리에 대하여 설명하고, 3절에서는 유전자 알고리즘에 대하여 설명하고, 4절에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 IEEE 802.11 무선랜의 성능을 개선시키는 방안에 관하여 설명하고, 5절에서 실험결과를 제시하고, 6절에서 결론을 맺는다.

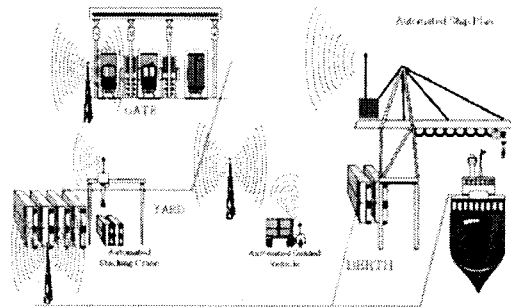
## 2. 무선랜과 물류 정보시스템 구축

### 2.1 무선랜을 통한 물류 정보시스템 구축

최근 무선통신기술이 발달되어 물류 시스템에서도 무선 단말을 사용하는 영역이 넓어지고 있다. 컨테이너 터미널의 경우 과거에 무전기를 이용하여 작업 지시를 받고 작업을 처리하던 것이, 현재 PDA를 이용한 IEEE 802.11 무선랜 액세스로 정확한 작업 지시와 정확한 처리가 가능해졌다. 그림 1에서 보는 것과 같이 하역장비 및 운송장비에서 작업하는 작업자는 무선랜으로 받은 정보를 이용하여 정확한 작업을 할 수 있게 되었고, 작업 처리 상태를 정보시스템에서 실시간으로 파악할 수 있게 되었다.

컨테이너 터미널 뿐만 아니라 물류 창고에서도 물류 검수작업을 할 때 작업자는 바코드 리더가 포함된 PDA를 이용하여 실시간 검수 작업을 하고 있으며, 최근에는 제품의 반출입 관리, 재고 관리 등에 RFID를 이용하려고 한다. RFID 리더기에서 나온 정보를 무선랜을 이용하여 물류 정보시

스템에 전송하게 되면, 리더기 배치 문제보다 유연하게 대처할 수 있게 되고, 핸들리더기를 사용하는 작업자 또한, 무선랜을 이용하면 즉시 물류 정보시스템에 자료를 전송, 액세스할 수 있게 되어 점차 물류 시스템에서 무선랜의 사용 범위가 넓어질 것이다.

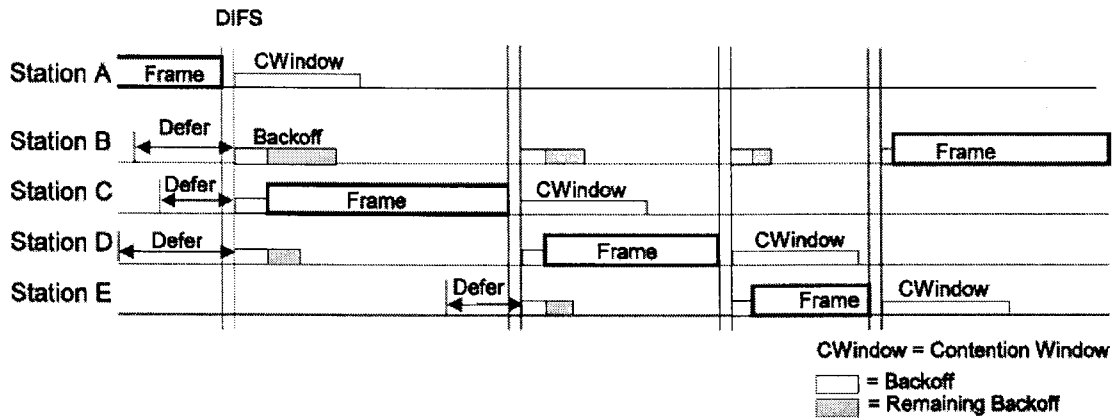


[그림 1] 컨테이너 터미널의 무선통신 적용

### 2.2 IEEE 802.11 무선랜의 동작원리

IEEE 802.11 무선랜은 1 ~ 2Mbps의 속도로 2.4GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11의 표준이 1997년 제정되었고, 5.5 ~ 11Mbps의 속도로 2.4GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11b, 최대 54Mbps의 속도로 5GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11a가 1999년에 제정되었고, 최대 54Mbps의 속도로 2.4GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11g가 2003년에 제정되었다[19].

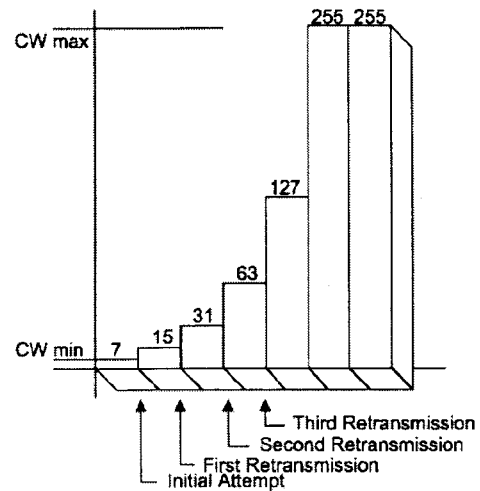
IEEE 802.11 무선랜의 구조는 크게 물리계층과 MAC(Medium Access Control) 계층으로 나눌 수 있다. 물리계층은 무선랜의 하드웨어 부문이고, MAC 계층은 경쟁 서비스를 지원하는 DCF와 무경쟁서비스를 지원하는 PCF(Point Coordination Function)를 규정한다. IEEE 802.11 무선랜의 최소 단위를 BSS (Basic Service Set)라 한다. BSS는 한개 이상의 단말의 모임으로써 외부망과의 연결이 필요 없는 ad hoc mode와 외부망과의 연결을 위하여 AP가 필요한 infrastructure mode로 나뉜다.



[그림 2] 백오프 절차

백오프 절차는 데이터 전송시 단말간의 충돌을 방지하기 위하여 각 단말이 데이터 전송 전에 CW 값에 따른 대기시간을 가진다. 백오프 절차는 그림 2와 같다. 성공적으로 데이터를 전송한 단말은 CW 값을 CWmin으로 재설정하게 되고 데이터 전송을 시도하였으나 단말간의 충돌 등의 이유로 성공적으로 데이터를 전송하지 못한 단말은 백오프를 위해 사용할 CW 값을 그림 3과 같이 지수적으로 증가시킨다[3][4][5]. 새로운 데이터를 전송하고자 하는 모든 단말은 자신의 CW 값을 이용하여 [0, CW 값] 내의 임의의 값을 pseudo-random number 생성기를 사용하여 구하고 이 값을 백오프 잔여시간으로 설정한다. 그리고 무선채널의 상태가 어떤 단말도 데이터를 전송하지 않는 idle 상태인 경우 한 타임슬롯마다 1씩 백오프 잔여시간을 줄여나간다. 백오프 잔여시간이 0인 단말은 데이터 전송을 시도할 수 있는데 만약 백오프 잔여시간이 0이 되는 단말이 두개 이상 동시에 존재하는 경우 동시에 두 개 이상의 단말이 데이터를 전송함으로써 인하여 단말간의 충돌이 발생할 수 있다. 그러나 충돌이 여러번 발생할 경우 CW 값이 그림 3과 같이 지수적으로 증가함으로써 인하여 각 단말이 데이터 전송을 시도하기 전에 대기하여야 하는 백오프 잔여시간이 보다 넓은 범위에 걸쳐 나누어지기 때문에 충돌을 완화할 수

있다.



[그림 3] CW 값의 지수적 증가

### 3. 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘(GA : Genetic Algorithm)은 생물진화의 원리로부터 착안된 알고리즘으로써, 확률적 탐색이나 학습 및 최적화를 위한 한가지 기법이라고 간주할 수 있다[20,21]. GA 는 기본적으로 Generate-and-Test 형의 알고리즘으로써 일반적으로 세가지 종류 - 선택(selection), 교차(crossover), 돌연변이(mutation) - 의 유전자 조작(genetic operations)을 사용한다. 해는 유전자형(genotype)으로서 염색체(chromosome)에 일차원적으로 표현된다.

각 세대는 개체(individual)의 집합이고, 세대의 개체 수는 집단의 크기(population size)라고 한다. GA의 처리순서는 다음과 같다 :

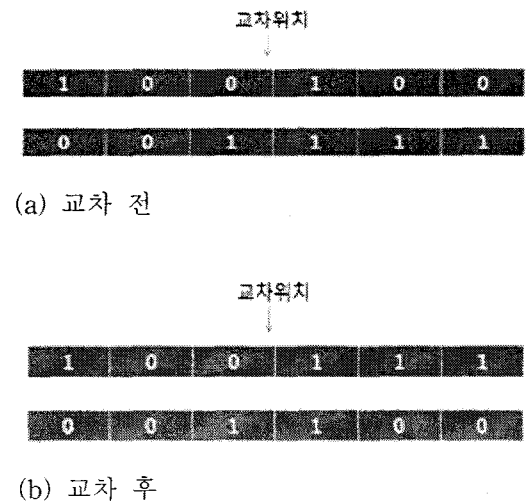
- 초기집단의 생성
- 종료조건이 만족될 때까지 다음을 반복
  - 적합도 평가
  - 다음의 유전자 조작을 수행
    - 선택
    - 교차
    - 돌연변이

자연계에서 생물들은 생존경쟁을 통해 끊임없이 투쟁하며 환경에 적응해 가는데 한 생물의 생존능력은 그 환경에 대한 적합도(fitness)를 반영한다. 환경에 대한 생물의 적응능력은 유전자 알고리즘에서는 개체의 적합도를 평가하는 과정을 통해 반영된다. 연산을 거쳐 새로운 집단이 완성될 때마다 개체들의 적합도가 평가되는데 이는 대개 목적함수로부터 계산된다. 환경에 대한 생물의 적합도는 장점을 의미하고 크면 클수록 더 많은 보상을 받듯이, 유전자 알고리즘에서도 적합도가 큰 개체가 더 많은 보상을 받을 수 있도록 배려되어야 한다. 그러기 위해서는 적합도 함수는 최대화 문제 형태로 기술되어야 하고 양의 값을 가져야만 한다[22].

적합도 평가에 의해 개체가 선택되었다면 이 개체를 교차하게 된다. 교차는 두 부모의 염색체를 조합하여 자식의 염색체를 만드는 것이다. 교차하는 위치를 하나 결정하고 그 앞과 뒤에서 어느 쪽 부모의 유전자형을 받을 것인가를 변경시키는 방법이다. 이를 단순교차(simple crossover) 또는 1점 교차(one-point crossover)라고 부른다. 그림 4에서는 세번째와 네번째 유전자 사이에 교차위치를 설정하고, 개체 A의 염색체에서 선두부터 세번째까지와, 개체 B의 네번째부터 마지막까지의 유전자가 개체 A의 새로운 개체의 유전자가 되고, 개체 B

의 염색체에서 선두부터 세번째까지와, 개체 A의 네번째부터 마지막까지의 유전자가 개체 B의 새로운 개체의 유전자가 된다.

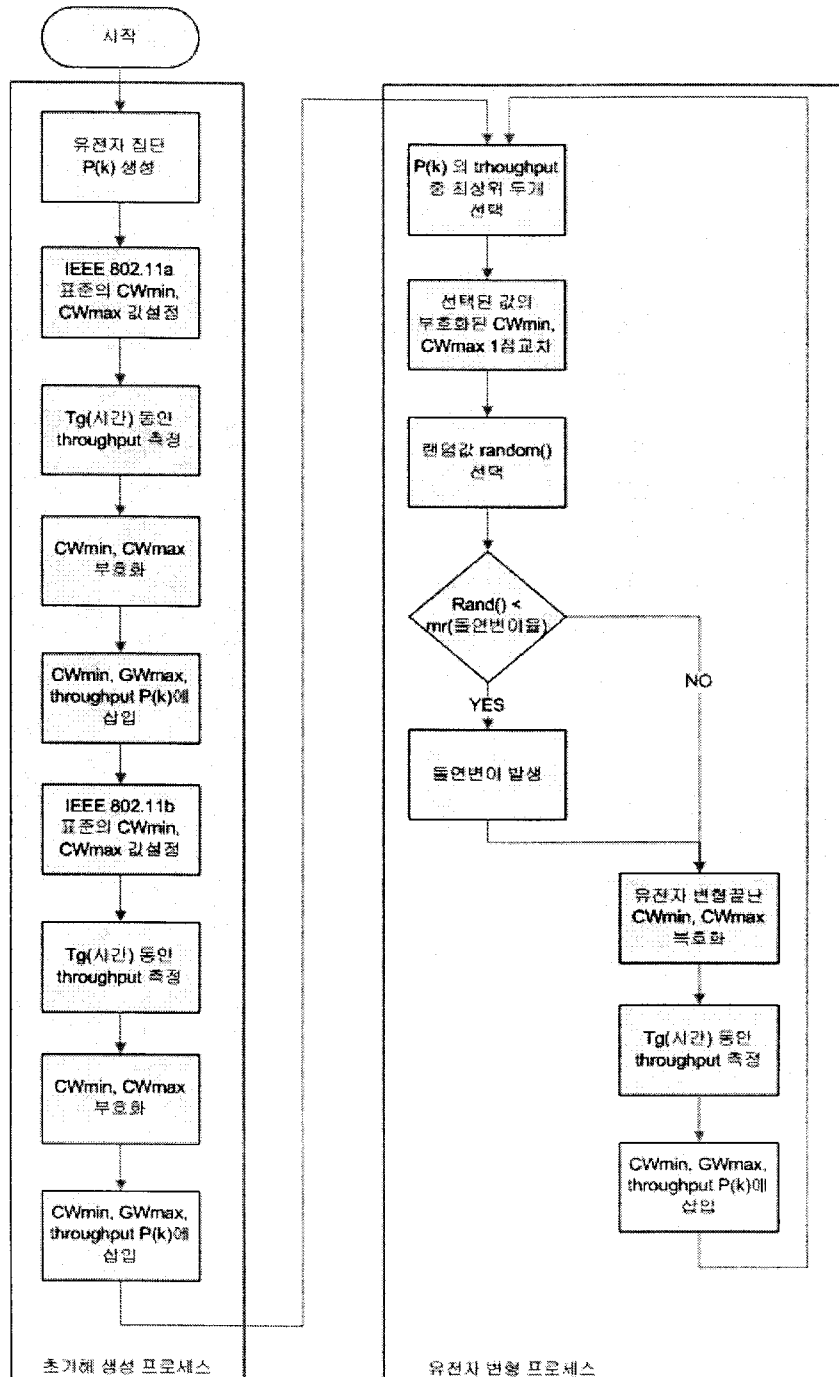
돌연변이 과정은 현재 집단에 존재하지 않는 새로운 정보를 제공해 준다. 이는 아주 낮은 돌연변이율(mutation rate)로 스트링의 한 비트를 0에서 1로 혹은 1에서 0으로 우연히 바꿈으로써 구현된다. 이 과정은 과거에 잃어버렸던 중요한 정보를 되찾을 수도 있으며, 탐색의 방향이 지역적 극값으로 향할 경우 여기서 벗어나도록 도움을 준다. 자연계에서와 마찬가지로 돌연변이는 유전자 알고리즘에서 아주 드물게 일어나는 부가적인 역할을 하며 전역적 탐색 성능을 더욱 향상시킨다[23].



[그림 4] 유전자 1점 교차

#### 4. 유전자 알고리즘을 이용한 dynamic contention window 제어 알고리즘

IEEE 802.11 무선랜 시스템의 성능 (throughput) S는 실제 데이터가 전송되기 위해 사용된 slot time 을 전체 slot time 으로 나눈 것이다.[24] 유전자 알고리즘을 이용한 dynamic contention window 제어 알고리즘은 동적인 네트워크 상황에서 throughput을 최대화 할 수 있는 CWmin, CWmax 값을 유전자 알고리즘을 이용하여 탐색하게 된다. 이 때 사용하는 유전자 알고리즘은 기본 유전자 알고리즘으로, 부모



[그림 5] dynamic contention window 제어 알고리즘 절차

유전자를 적합도 평가를 통해 적합도가 높은 유전자 두개를 선택하여 구성한다. 본 논문에서 적합도는 CWmin, CWmax 값을 이용하여 특정 시간동안 IEEE 802.11 무선 랜을 운용한 결과의 throughput 을 사용한다. 구성된 부모 유전자를 랜덤 함수를 이용하여 1점교차를 실시한다. 그 후 돌연변이를 실시하여 기본 유전 알고리즘을 마친

다. 이는 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

유전자 집합 P(k)를 만든 후 IEEE 802.11a 표준에 있는 CWmin, CWmax 값으로 CWmin, CWmax 값을 설정하여 Tg(CWmin, CWmax 성능을 테스트 하기 위한 시간) 시간 동안 MAC throughput 을 계산한다. IEEE 802.11a 표준의 CWmin, CWmax 값을 유전자로 표현하기 위해 부

호화 한다. 부호화는 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$s = \theta^{-1}(x) \quad (1)$$

부호화 함수  $\theta^{-1}$ 는 변수  $x$ 를 이진 스트링으로 변환한다. 부호화된 IEEE 802.11a의 이진 스트링 값을 유전자 집합  $P(k)$ 에 저장하고  $T_g$  시간동안 throughput 을 계산하여 결과를 유전자 집합  $P(k)$ 에 저장한다. IEEE 802.11b의 값 또한 부호화 하고 throughput 을 측정한다. 유전자 집합  $P(k)$ 에는 두개의 유전자가 생성되었다. 이를 부모 유전자로 사용하여 유전자 알고리즘 절차를 시행한다. IEEE 802.11a, b의 CWmin, CWmax에 대한 부호화 방법은 그림 6에 설명되어 있다.



(a) IEEE 802.11a 부호화



(b) IEEE 802.11b 부호화

[그림 6] IEEE 802.11a, 802.11b 부호화

유전자 집합  $P(k)$  중 적합도가 가장 큰 유전자, 즉 throughput 이 가장 높은 유전자  $P(\text{first})$ , 두 번째로 높은 유전자  $P(\text{second})$ 를 선택하고, 유전자를 랜덤함수를 이용하여 1점교차 한 후 우성우월주위에 의거하여 throughput 이 가장 높은  $P(\text{first})$  유전자만 취한다. 선택된 유전자를 돌연변이 하기 위하여 랜덤함수를 통해 값을 생성한다. 생성된 값이 설정된 돌연변이 확률 보다 적을 경우에만 돌연변이를 발생시킨다. 돌연변이는 이진 스트링으로 표현된 유전자를 랜덤함수를 이용하여 생성된 결과로 특정 위치의 값을 변화시키는 것이다. 만약 특정 위치에 0이 있다면 1로 변화

를 시키게 된다. 선택과 교차, 돌연변이 과정을 거친 유전자는 IEEE 802.11 무선랜 시스템에 어떠한 영향을 미치는지 평가하기 위한 throughput 을 알아보기 위하여 이진 스트링을 복호화 한다. 복호화는 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$x = \theta(s) \quad (2)$$

유전자 변이 결과 생성된 CWmin.new, CWmax.new 값을 이용하여 CWmin, CWmax 성능을 테스트 하기 위한 시간 ( $T_g$ ) 동안의 throughput 을 계산하고 결과를  $P(k)$ 에 저장한다. 초기 실행부터 현재까지 과정을 거치면 유전자 집합  $P(k)$ 에는 세 개의 유전자와 throughput 정보가 담겨져 있게 된다. 다시 유전자 변이를 위해 부모 유전자를 구성하는 작업을 하게 된다. 부모 유전자는  $P(k)$  중 throughput 이 가장 높은 유전자를  $P(\text{first})$ , 두 번째로 높은 유전자  $P(\text{second})$ 를 선택한 후, 교차와 돌연변이 과정을 거쳐 새로운 자식 유전자를 생성한다. 생성된 자식 유전자는 throughput 측정을 위해 식 2에 의해 복호화 되고, 유전자 변이를 통해 새롭게 생성된 CWmin, CWmax 값을 이용하여 IEEE 802.11 무선랜 시스템을  $T(g)$  시간동안 운용하여 결과 throughput 을 유전자 집합  $P(k)$ 에 저장한다. 좋은 결과를 보인 CWmin, CWmax 값을 이용하여 유전자 변이를 통해 자손을 생성해 나가는 과정을 지속적으로 반복하는 것은, 최적값을 찾기 위해 지속적으로 CWmin, CWmax 값을 탐색해 나가는 과정이라 할 수 있다.

이 과정을 통해 IEEE 802.11 무선랜 시스템은 동적인 상황에서도 최적의 throughput 을 얻기 위한 과정을 반복하게 되므로 전역해로의 탐색을 반복하게 되는 것이다.

## 5. 시뮬레이션 방법 및 결과

시뮬레이션은 IEEE 802.11a의 환경에 맞추어 진행 하고 돌연변이율을 달리하며 실험을 하였다. 단, Hidden node problem 은 없고, RTS/CTS를 무조건 사용한다고 가정한다.

제안된 알고리즘이 단말의 수, 패킷의 길이와 어떠한 관계가 있는지 알아보기 위해 단말의 수를 1에서 100까지 변화시켰으며 고정된 패킷의 길이를 사용할 경우와 [25]의 NLANR(National Laboratory for Applied Network Research)의 실측 데이터를 랜덤함수를 이용하여 선택하는 경우 각각에 대하여 MAC throughput을 측정하여 서로 비교하고자 한다. 이를 나타내면 표 1과 같다.

<표 1> 일반적인 상황 실험

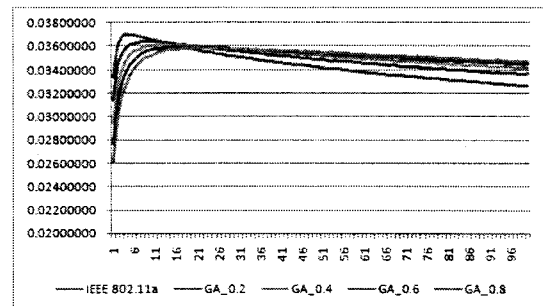
번호	데이터	돌연변이율
I	512bit	0.2, 0.4, 0.6, 0.8
II	2000bit	0.2, 0.4, 0.6, 0.8
III	5000bit	0.2, 0.4, 0.6, 0.8
IV	NLANR	0.2, 0.4, 0.6, 0.8

또한, 물류환경은 현재 많이 사용되는 바코드, RFID Tag의 데이터를 리더기가 장착된 단말에서 읽어 물류정보시스템으로 전송하는 상황으로 설정한다. 바코드, RFID Tag는 EPC 코드체계를 이용하여 전체 트래픽 중 바코드, RFID Tag 데이터가 80%, 90% 차지하고 나머지는 NLANR의 데이터를 사용한다고 가정하여 실험한다. 바코드, RFID Tag의 데이터 길이는 EPC 코드를 사용한다. EPC코드는 기존 바코드(GTIN)를 EPC코드로 변환하여 사용할 수 있도록 하고 있기 때문에 RFID의 코드체계인 EPC코드 체계를 이용한다. 현재 EPC 코드의 Class1 Gen1 은 96bit, Gen2는 512bit를 이용하고 있으나, 본 실험에서는 Gen2를 기준으로 하여 512bit의 데이터 길이로 실험하도록 하겠다. 이를 나타내면 표 2와 같다.

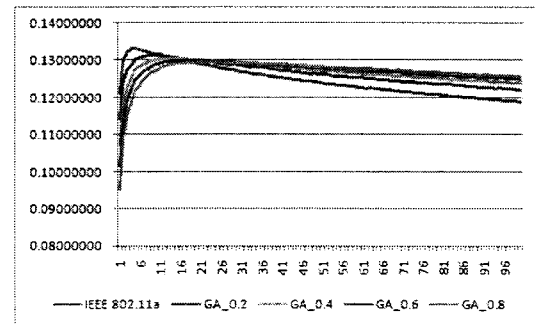
그림 7은 표 1에 나타난 I 번 실험결과, 그림 8은 II 번 실험결과 그림 9는 III 번 실험 결과이다.

<표 2> 물류환경 실험

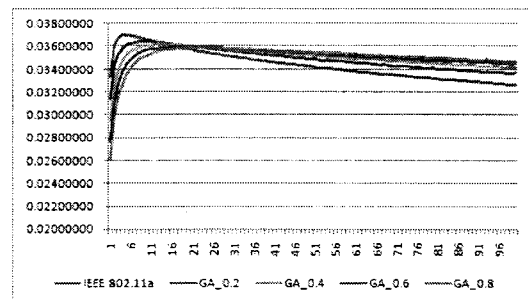
번호	물류데이터율	돌연변이율
V	80%	0.2, 0.4, 0.6, 0.8
VI	90%	0.2, 0.4, 0.6, 0.8



[그림 7] 데이터 길이 512bit일 경우



[그림 8] 데이터 길이 2000bit일 경우



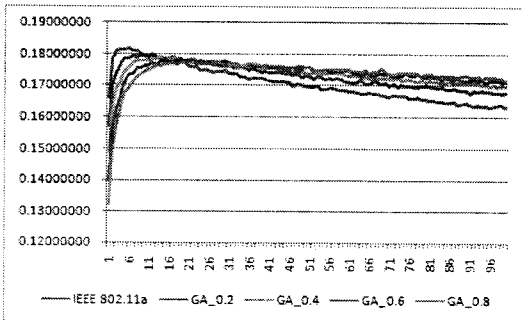
[그림 9] 데이터 길이 5000bit일 경우

데이터 길이가 512bit일 경우 고정된 CWmin, CWmax를 사용하는 경우보다 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 MAC throughput이 최대 6.3% 증가되었다. 데이터 길이가 2000bit일 경우 고정된 CWmin,



CWmax를 사용하는 경우보다 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 MAC throughput이 최대 5.8% 증가되었다. 그리고 데이터 길이가 5000bit일 경우 고정된 CWmin, CWmax를 사용하는 경우보다 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 MAC throughput이 최대 5.0% 증가되었다. 대부분의 경우 돌연변이율이 증가할수록 단말의 수가 많을수록 좋은 결과를 보인다.

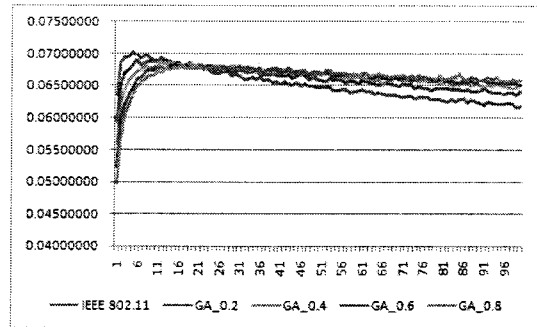
그림 10은 표 1의 IV번 실험 결과로써 데이터 길이가 NLANR의 실측치를 따를 때 고정된 CWmin, CWmax를 사용하는 경우와 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우에 대하여 MAC throughput의 실험 결과이다. 이 경우 고정된 CWmin, CWmax를 사용하는 경우보다 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 MAC throughput이 최대 5.7% 증가되었다. 이 경우에도 돌연변이율이 높을수록 단말의 수가 많을 때 좋은 결과를 보이고 있다.



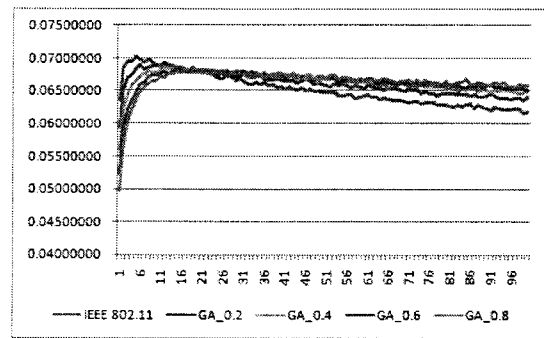
[그림 10] 데이터 길이 NLANR인 경우

그림 11은 표 2의 V번 실험을 나타낸 것이다. 이 경우 고정된 CWmin, CWmax를 사용하는 경우보다 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 MAC throughput이 최대 6.8% 증가되었다. 그림 13은 표 2의 VI번 실험을 나타낸 것으로 이 경우 고정된 CWmin, CWmax를 사용하는 경우보다 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 MAC throughput이 최대 7.0% 증가되었다. 제안된 알고리즘의 경우 돌연변이율이 높을수록 단말의 수가 많을 때 좋은 결과를 나타

내고 있다.



[그림 11] 물류데이터 80%인 경우



[그림 12] 물류데이터 90%인 경우

## 6. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜 시스템의 dynamic contention window 제어 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과, 일반적인 무선 네트워크 상황과 바코드와 RFID 태그 데이터가 주로 전송되는 물류환경에서 제안된 알고리즘은 모두 MAC throughput을 증가시킨다는 것을 알 수 있었다. 또한, 무선 네트워크 상황에 따라 돌연변이율을 달리해본 결과 돌연변이율이 높을수록 그리고 단말의 수가 많을수록 제안된 알고리즘은 좋은 결과를 가져온다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제시된 유전자알고리즘을 이용한 dynamic contention window 제어 알고리즘을 사용할 경우 돌연변이율 또한 IEEE 802.11 무선랜 MAC throughput에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었기 때문에, 향후 연구에서 돌연변이율을 포함하여

유전자 탐색을 실시한다면 본 논문에서 제안된 알고리즘보다 좋은 결과가 나올 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

[1] L. Brignol and L. Litzemberger, "Wireless LAN Technology and HiperLan/2", Alcatel Telecommunications Review, pp205-206, 2003

[2] IEEE std 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", 1999

[3] IEEE std 802.11a, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: High Speed Physical Layer in the 5GHz Band", 1999

[4] IEEE std 802.11b, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band", 2001

[5] IEEE std 802.11g, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band", 2003

[6] Sachin Garg, Martin Kappes and A. S. Krishnakumar, "On the Effect of Contention-Window Sizes in IEEE 802.11b Networks", Anaya Labs Research, June 2002.

[7] Jing Deng, Pramod K. Varshney and Zygmunt J. Haas, "A New Backoff Algorithm for IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", In Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation 2004.

[8] N. O. Song, B. J. Kwak, J. Song and L. E. Miller, "Enhancement of IEEE 802.11 distributed coordination function with exponential increase exponential decrease backoff algorithm", Proceedings

of IEEE VTC-Spring 2003, Vol.4, pp. 2775-2778.

[9] Y. Wang and B. Bensaou, "Achieving fairness in IEEE 802.11 DFWMAC with variable packet lengths", Proceedings of IEEE GLOBECOM 2001, Vol.6, pp3588-3593.

[10] P. M. Soni and A. Chockalingam, "Analysis of link-layer backoff schemes on point-to-point Markov fading links", IEEE Transactions on Communications, Vol.15 No.1, pp.29-32, 2003

[11] V. Vitsas, "Throughput analysis of linear backoff scheme in wireless Lans", IEEE Electronics Letters, Vol.39 Issue1, pp.99-100, Jan 2003.

[12] Chonggang Wang, Bo Li and Leming Li, "A new collision resolution mechanism to enhance the performance of IEEE 802.11 DCF", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.53 Issue4, pp.1235-1246, July 2004.

[13] V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, "MACAW: a media access protocol for wireless LANs", Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications, pp.212-225, ACM Press 1994.

[14] Jerome. Galtier, "Optimizing the IEEE 802.11b Performance using Slow Congestion Window Decrease", Proceedings of the 16th ITC Specialist Seminar on performance evaluation of wireless and mobile systems, 2004.

[15] Federico Cali, Marco Conti and Enrico Gregori, "IEEE 802.11 Protocol: Design and Performance Evaluation of an Adaptive Backoff Mechanism", IEEE Journal on selected areas in communications, Vol.18 No.9, pp.1774-1786, Sept. 2000.

- [16] Shiang-Rung and Yu-Chee Tseng, "A Multichain Backoff Mechanism for IEEE 802.11 WLANs", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol.55, No.5, pp.1613-1620, Sept. 2006.
- [17] 김정삼, 양천석, "IEEE 802.11 무선랜에서의 동적 contention 윈도우 관리기법", 정보과학회논문지: 기술교육 제2권 제1호, 2005.12.
- [18] Jenhui Chen and Wenchiao Wu, "Dynamic contention window selection scheme to achieve a theoretical throughput limit in wireless networks: a fuzzy reasoning approach", Vehicular Technology Conference 2004, VTC2004-Fall, 2004 IEEE 60th, Vol.5 pp.3196-3200, Sept. 2004.
- [19] Bob O'Hara and Al Petrick, "IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion Second Edition", IEEE Press 2004.
- [20] Holland, J., "Adaptation in Natural and Artificial Systems", MIT Press, 1992.
- [21] Hiroaki Kitano, IDEN TEKI Algorithm, Sangyo Tosho, Tokyo, 1993.
- [22] 진광규, "유전 알고리즘과 그 응용", 교우사, 2000.
- [23] 임영도, 이상부, "퍼지 신경망 유전진화", 도서출판 영과 일.
- [24] Giuseppe Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Vol.18, No.3, March 2000.
- [25] NLANR Internet Homepage, [http://www.nlanr.net/NA/Learn/packetsize\\_s.html](http://www.nlanr.net/NA/Learn/packetsize_s.html).