

## 무선 LAN에서 매체처리를 위한 변형된 PRMA-TDD 방식에 관한 연구

正會員 徐 垣 福\*\* 正會員 洪 聖 植\* 正會員 柳 煌 彬\*

### A Study on The Modified PRMA-TDD Method for Media Access in Wireless LANs

Weon Bok Seo\*\*, Seong Sik Hong\*, Hwang Bin Ryou\* *Regular Members*

#### 요 약

통신망의 발전으로 인한 케이블 문제의 해결과 이동성 있는 통신망 구성에 대한요구의 증가로 등장한 무선 LAN은 유선 LAN의 MAC 프로토콜을 사용하여 정보를 전송하는데 여러가지 문제를 가지고 있다.

무선 LAN에서 매체를 처리하는 프로토콜은 시스템의 성능에 커다란 영향을 미치고 있으며, 현재 매체 처리를 위한 많은 연구가 진행중에 있다. 예약 방식인 PRMA(Packet Reservation Multiple Access) 방식은 예약 단계에서 충돌로 인한 지연시간으로 인하여 시스템의 성능을 저하시키는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 예약 단계에서의 충돌로 인한 지연의 단점을 보완하기 위하여 기존의 PRMA 방식을 변형하여 단점을 극복하였고, TDD(Time Division Duplex)로 전송하는 방식을 이용 무선 LAN 모델을 구성하였다. 또한 구성한 시스템의 성능분석을 위하여 M/M/1//M 프로세스 모델을 이용하였고 SLAM을 이용하여 시뮬레이션 평가 하였다.

#### Abstract

The Wireless-LAN(Local Area Network), which is emerged as a solution to cable problem and increasing requirement for communication network, has a several problem when it transmit information MAC protocol by used wired-LAN's MAC protocol.

Media Access protocol in Wireless-LAN has great effect on system performance and much studies are processing now. The PRMA(Packet Reservation Multiple Aeecss) of reservation method has a disadvantage that the system performance was degraded became of delay time in the reservation step as a resulting of collision.

In this paper, using the TDD(Time Division Duplex) method amd modified PRMA method wireless-LAN modelled to overcome disadvantage, that id delay time due to collision in reservation step. The performance evaluation fo the model was done using M/M/1//M process model and this was simulation using SLAM.

\*光云大學校 電子計算學科  
Dept. of Computer Science, Kwangwoon University

\*\*POSCON Coeperation R&D

論文番號 : 93259

接受日字 : 1993年 12月 29日

## I. 서 론

처음 LAN(Local Area Network)이 등장한 후 통신 매체는 다양하게 이용되어 왔다. 또한 LAN에 연결된 스테이션수의 증가와 단말기 이전에 따른 통신 매체 증설, 노후화된 매체의 교체에 따른 추가 비용에 대한 부담이 증가하였다. 이로 인하여 등장하게 된 무선 LAN(WLAN: Wireless LAN)은 최근들어 많은 관심을 일으키고 있다. 현재 무선 LAN에서 매체를 처리하기 위한 여러가지 방식이 있으며, 이러한 방식 중 PRMA(Packet Reservation Multiple Access) 방식이 있다. 이 방식은 위성 통신에서도 이용하는 방식으로 임의 RS(Remote Station)가 BS(Base Station)에 데이터를 전송하고자 할 때 먼저 채널을 할당된 후 할당된 채널을 통하여 정보 패킷을 전송하기 때문에 정보 패킷의 전송중에는 데이터를 전송하고자 하는 다른 RS들과 충돌이 발생하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 그러나 모든 RS들은 정보 전송 단계 이전에 채널 예약을 위한 패킷 발생이 경쟁 상태이므로 패킷들 간에 충돌이 발생할 수 있으며, 충돌이 발생한 경우 충돌한 RS들은 임의 대기 시간을 가지고 재 전송이 이루어진다. 특히 채널을 예약하고자 하는 RS의 수가 많아질수록 충돌율은 증가할 것이며, 채널 예약을 위한 대기 시간이 급격히 증가하고 시스템의 처리율이 떨어진다는 단점을 가지고 있다[1, 2].

무선 LAN은 RS와 BS 간에 양방향 통신시 두개의 주파수대를 할당하는 전이중 방식을 채택하고 있으며, 이는 주파수 대역의 부족과 주파수 재사용 거리, 설계의 복잡성 등에 대한 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 TDD(Time Division Duplex) 방식을 이용함으로써 마이크로 셀 내부에 두개의 주파수 대역을 할당할 필요없이 하나의 주파수 대역을 이용하며, 시스템 구조의 간편성을 증가시킬 수 있다[8, 11, 13].

본 논문에서는 기존의 PRMA 방식을 이용하여 채널을 예약할 때 패킷의 충돌로 인한 지연시간 때문에 시스템의 성능이 저하되는 단점을 해결하기 위하여 변형된 PRMA 방식을 제안하고, 이를 이용하여 정보 패킷을 전송할 수 있도록 하며, 양방향 통신시 하나의 주파수 대역을 이용하여 정보를 전송하도록 TDD 방식을 이용한다. 또한 제안한 변형된 PRMA 방식을 성능 평가하기 위하여 Birth-Death 프로세스인 M/M/1/M 모델[6]을 이용하였고, SLAMII를

이용하여 시뮬레이션을 실시했다.

## II. 무선 매체 프로토콜

### 2.1 PRMA 방식

PRMA 방식은 마이크로 셀 내부에 RS들이 같은 무선 채널을 공유하여 여러가지 형태의 정보(데이터, 음성, 화상 정보 등)를 전송할 수 있는 방식으로, 이 방식은 한 셀 내부에서 무선 통신에 적합하고, 서로 다른 종류의 정보들이 같은 무선 채널을 공유할 수 있으며 임의 방식이 갖는 제한된 효율을 어느정도 극복할 수 있다. PRMA 방식으로 채널을 예약하는 과정에서 충돌이 발생하면 충돌한 스테이션들은 임의 시간동안 대기한 후 재전송하는데 정보가 음성인 경우와 데이터인 경우 대기 시간은 서로 다르게 설정하여 운영할 수 있다. 정보 패킷을 보유한 스테이션들은 채널을 예약하기 위하여 Uplink를 통하여 slotted ALOHA 프로토콜을 이용하여 다른 스테이션과 경쟁하며, 만약 스테이션이 정보 패킷의 전송을 위하여 BS에 채널 할당을 요구한 후 BS로부터 임의 시간 동안에 'ACK'를 수신하면 채널 할당이 성공한 경우고, 'ACK'를 수신하지 못하거나 'NAK'를 수신한 경우는 채널 예약이 실패한 것으로 간주한다. 이러한 과정은 BS로 부터 요구 채널이 할당될 때까지 계속 반복된다. BS로 부터 'ACK'를 수신한 스테이션은 예약된 채널을 통하여 전송하고자 하는 데이터를 전송하며, 데이터의 전송이 끝나면 Downlink를 통하여 채널이 비어 있음을 방송한다[1, 2].

프레임 내에는 여러개의 데이터 패킷이 포함되며, 프레임 내부의 각 채널들은 마지막에 BS로 부터 수신된 미니 슬롯 영역의 정보에 따라 채널이 예약되었는지 아닌지, 정보 전송이 끝났는지 아닌지 등 여러가지 정보를 가지고 있다.

채널을 예약하기 위한 미니 슬롯들이 경쟁하는 동안에 예약을 위한 미니 슬롯들은 FIFO(First In First Out) 형태로 처리된다. 두 스테이션에서 전송한 패킷이 충돌했을 경우 두 스테이션은 임의 대기 시간을 가진 후에 재전송이 이루어지며, 예약된 채널을 통하여 데이터를 모두 전송하고 난 후에 전송할 데이터가 발생하면 다시 채널 예약 과정을 거쳐서 데이터를 전송한다. 그림 1는 앞에서 설명한 PRMA 프로토콜 동작 과정을 나타낸 것이다.

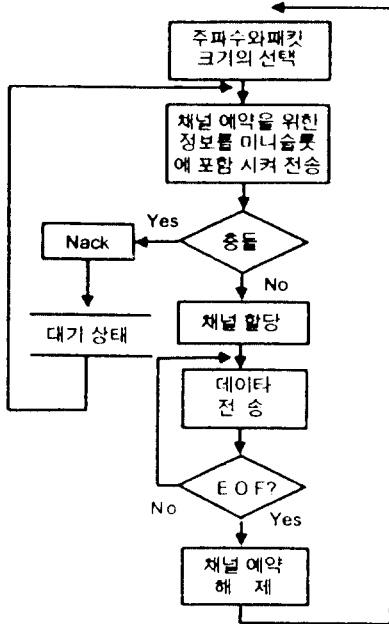


그림 1. PRMA 방식의 처리 과정  
Fig 1. Treatment process of PRMA method

### 2.2 TDD 방식

현재 대부분의 무선 통신 시스템들은 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 이용하여 양방향 통신을 하고 있다. 무선 LAN에서 FDD를 이용한 시스템은 2개의 주파수 대역을 이용하여 Uplink와 Downlink에 이용한다[3, 9, 11]. BS와 RS들 사이에 분리되어 운영되는 주파수는 분리되는 주파수의 영역에 따라 수신 신호를 구분하기가 어렵기 때문에 그림 2(a)에서와 같이 주파수  $f_1$ 과  $f_2$  사이의 간격은 충분히 떨어져 있어야 한다. FDD 방식은 두 주파수를 할당함으로써 주파수 대역의 낭비, 설계의 복잡성, 많은 비용, 주파수 재사용 거리 등 여러가지의 단점을 가지고 있다[4]. FDD 방식의 이러한 단점을 보완하기 위하여 그림 2(b)와 같이 TDD(Time Division Duplex: Ping Pong Method) 방식이 이용되고 있다[11].

이 방식은 전기적 설계(electronic design)가 간단하고, 경제적이며, 하나의 등화 장치(Equalising device)를 가지고 Uplink와 Downlink에 이용할 수 있다는 점 등의 장점을 가지고 있다. 이러한 TDD 기술은 유·무선에서 양방향 통신에 이용될 수 있으며, 특히 무선 LAN에서 기본이 되는 하나의 마이크로 셀 내부에 양자간 통신을 위한 효과적인 방식이다[4, 8, 13].

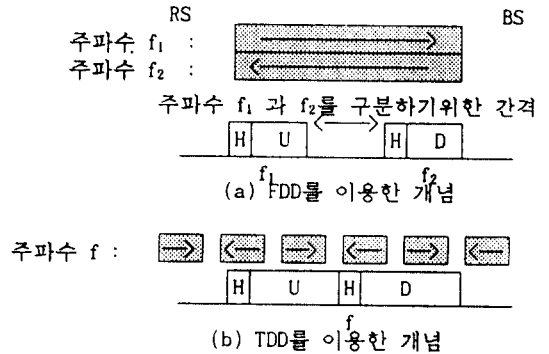


그림 2. FDD와 TDD를 이용한 주파수 개념  
Fig 2. A general idea of frequency using the FDD and TDD

TDD 방식은 FDD 방식과는 다르게 하나의 주파수 대역을 이용하여 데이터 패킷을 전송할 수 있게 되어 있다. 즉, 하나의 주파수 대역을 사용하여 RS와 BS 간에 데이터 패킷을 송·수신 하여 한개의 프레임은 여러개의 채널로 구성되고, 프레임의 반복은 주기적이다. 송 수신측에서 양방향 통신을 위한 미니 슬롯 영역과 데이터를 전송하기 위한 데이터 영역을 가지고 있으며, 미니 슬롯 영역의 정보를 이용하여 동기 문제를 해결한다.

### 2.3 CSMA/CA 방식

CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 방식에서는 스테이션이 채널의 상태를 감지함으로써 충돌을 회피할 수 있으며, 다른 스테이션에 의해서 정보가 전송중에 있으며 스테이션은 공백 채널이 발견 될때 까지 전송하지 않는것이다. 이때 전파 지연시간은 두 스테이션 사이에 충돌을 발생시킬 수 있는 원인이 될 수 있으므로 시스템 성능에 영향을 줄 수 있다.

CSMA/CA(CSMA with Collision Avoidance) 방식은 CSMA 방식에서 발생할 수 있는 충돌문제를 일정한 전송규칙을 이용 수행한다. 즉, 전송된 데이터를 수신하고 있는 스테이션은 이에대한 우선처리 기회를 가지고 있으며, 이때 다른 스테이션들은 정보를 전송하지 않고 대기하게 된다. 이러한 전송규칙은 다음과 같다.

- 모든 스테이션은 자신의 Access Opportunity Timer를 초기화하고 전송전에 일정한 시간동안 대기한다. 만약 우선순위가 높은 스테이션을 감지하면 전송하지 않는다.

- 우선순위가 높은 스테이션의 채널독점을 방지하기 위하여 한번 전송이 이루어지면 재전송이 있 기전에 wait flag timer를 초기화 한다.
- 정보전송이 이루어진후 우선처리 기회가 부여되 지 않고 다른 스테이션에서도 전송할 정보가 없 으면 재동기 타이머의 동작은 끝나고 높은 우선 순위를 가진 스테이션이 시스템 초기화를 위한 정보를 전송한다.

현재 무선통신 뿐만아니라 무선 LAN환경에서 이 러한 프로토콜을 이용하고자하는 연구가 진행되고 있다.

### III. 변형된 PRMA-TDD 방식

#### 3.1 무선 매체 처리를 위한 요구사항

무선 매체를 처리하는 프로토콜은 경제적인 면, 크 기, 주파수 간섭, 상호 공존하고 있는 망들의 구분과 망간에 영향, 출력, 처리율, 지연 특성 등을 중요하게 고려해야 하며, 특히 다음과 같은 기술적 사항을 고 려해 볼 필요가 있다.

- ① 무선 LAN에 있는 모든 마이크로 셀이 하나의 MAC 프로토콜로 동작해야 한다.
- ② 시스템 내부의 다중 셀을 구성하고 있는 BS들은 상호 독립적이어야 한다.
- ③ 모든 스테이션들에게 최대한의 공정성을 부여해 야 한다.
- ④ 패킷을 예약하기 위한 예약 서비스를 해주어야 한다.
- ⑤ 화일 서버나 프린터 등을 스테이션들이 공유할 수 있도록 해야한다.
- ⑥ 통신망의 형태에 따라 작동할 수 있어야 한다.
- ⑦ 몇개의 주파수 대역중 하나를 선택 이용할 수 있 어야 한다.
- ⑧ 서비스 데이터의 범위를 확장할 수 있도록 해야 한다.

#### 3.2 무선 매체 처리 알고리즘

##### 3.2.1 PRMA 알고리즘의 변형

###### (1) 재전송 회피

기존의 PRMA 방식에서 충돌로 인한 대기 시간을 줄이기 위하여 충돌 자체를 회피할 수 있도록 동작하 는 것이 중요하며, 이를 위하여 마이크로 셀 내부에 모든 스테이션은 스테이션 구분자 역할을 하는 인덱 스(index)를 가지고 있다. 예약 단계에서 채널을 예

약하고자 하는 스테이션은 전송 데이터의 정보와 함 께 스테이션 인덱스 값을 미니 슬롯에 포함시켜 전송 한다. 전송된 패킷이 충돌하지 않았을 경우는 바로 채널이 할당되어 서비스되며, 충돌이 발생했을 경우 는 다음의 함수를 이용하여 충돌이 발생한 스테이션 들의 재전송을 없앨 수 있다.

$$H(T_1, T_2) = [(T_1 - T_2 + S - 1) \bmod S] + 1 \quad T_1 > T_2 \quad (1)$$

위의 함수에서  $T_1$ 과  $T_2$ 는 각 스테이션의 구분자 값 이고 마이크로 셀 내부에 총 스테이션의 수는  $S$ 가 된 다. 예약 단계의 동작은 하나의 채널에 두 스테이션 이 예약을 위하여 동시에 도착했을 경우 BS는 두 스테이션이 구분자를 비교하여 작은값을 가진 스테이 션에게 먼저 채널을 할당한다. 다음으로 공백 채널이 발생하면 즉시 할당할 수 있도록  $H(T_1, T_2)$  함수를 이용하여 결과값을 저장한다.  $H(T_1, T_2)$  값의 범위 는  $1 \leq H \leq m$ 이 될 것이며,  $T_2$ 가 먼저 서비스되어  $T_2$ 의 전송이 끝나거나 다른 스테이션의 전송이 끝나 면 공백 채널이 발생되고 Downlink를 통하여 대기하 고 있는 스테이션( $T_1$ )에 채널을 할당한다.

채널을 할당받지 못한  $T_1$ 들은 공백 채널이 발생할 때까지 BS내에서 대기하게 되며, 대기중 공백 채널 을 할당받으면 이 사실을 Downlink를 통하여 방송하 고 Uplink를 통하여 정보를 전송하게 된다. 결국 두 스테이션이 채널을 예약하기 위한 과정에서 충돌로 인 한 재전송은 없으며, 재전송으로 발생할 수 있는 충 돌 또한 일어나지 않는다.

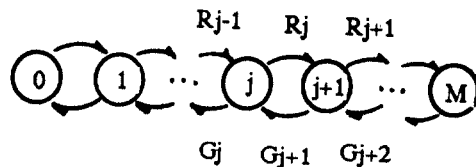


그림 3. 변형된 PRMA 방식을 처리하는 상태도

Fig 3. State transition diagram access to modified PRMA method

변형된 PRMA 알고리즘을 적용한 모델을 평가하 기위하여 Birth-Death 프로세스 모델중 하나인  $M/M/1//M$  모델을 이용 예약을 위한 시스템의 상태를

위의 그림을 통하여 나타낼 수 있다.

변형된 PRMA 알고리즘을 이용한 채널 할당과정을 pr이라하면 각 상태변화는 pr 상태안에서 이루어진다. PR(t)는 임의시간 t때 변형된 PRMA 방식을 이용 채널을 예약하기 위하여 대기중인 스테이션의 수를 나타낸다. 시간 t때 각 상태 j-1, j, j+1을 Markov chain으로 나타내면 다음과과 같다.

$$P_{pr,j} = \begin{cases} [one\ SM_{INR}(t) \\ no\ NM_{INR}(t)/PR(t) = pr], & j-1\text{번째 상태} \\ [(no\ SM_{INR}(t), no\ NM_{INR}(t)), \\ (one\ SM_{INR}(t), \\ one\ NM_{INR}(t)/PR(t) = pr)], & j\text{번째 상태} \\ [no\ SM_{INR}(t), \\ one\ NM_{INR}(t)/PR(t) = pr], & j+1\text{번째 상태} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

여기서 NM<sub>INR</sub>(t)는 미니슬롯을 이용 새로운 예약패킷이 도착할 수 있는 상태값이다. PR(t)에 대기중인 패킷중 임의시간 t때 성공적으로 전송될 값과 예약패킷의 발생할 값이 A, B라 가정하면 그렇지 못할 상태의 값은 1-A, 1-B가 된다. 이를이용 식(2)를 다음식으로 유도할 수 있다.

$$P_{pr,j} = \begin{cases} (ip(t)(1-P(t))^{j-1}M_{INR}(t)) \\ \cdot (1 - \frac{pr\mu FS}{FS_N \cdot S_{MIN}}) & j-1\text{번째 상태} \\ (1 - (ip(t)(1-P(t))^{j-1}(1-IP_{er})M_{INR}(t))) \\ \cdot (1 - (\frac{pr\mu FS}{FS_N \cdot S_{MIN}}) + (ip(t)(1-P(t))^{j-1} \\ \cdot (1-IP_{er})M_{INR}(t)) \cdot (\frac{pr\mu FS}{FS_N \cdot S_{MIN}})) & j\text{번째 상태} \\ (1 - (ip(t)(1-P(t))^{j-1}(1-IP_{er})M_{INR}(t))) \\ \cdot (\frac{pr\mu FS}{FS_N \cdot S_{MIN}}) & j+1\text{번째 상태} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

이 식에서 M<sub>INR</sub>(t)은 미니슬롯이 발생할 수 있는 확률, SN은 프레임당 총 슬롯의 수, PRN(t)는 시간 t때 PR(t)에 대기중인예약 슬롯의수, FS는 프레임의 크기, S<sub>MIN</sub>은 슬롯당 미니슬롯의 수를 의미한다. 상태 j-1, j, j+1번째 상태에서 변할 수 있는 경우를 구한뒤, 채널 요구를 위한 과정을 아나텐 것으로 이는 j번째에서 j+1번째 상태로 변하는 상태 변화율을 프레임내의 미니 슬롯으로 나눈것이다. 요구한 채널의 할당 과정도 같은 방법으로 j에서 j-1 상태로 변하는 값을 이용한다. 이식은 식(3)을 이용하여 그림 3의 상태 j에서 구한것이다.

$$R_j = \frac{(1 - (ip(t)(1-P(t))^{j-1}(1-IP_{er})M_{INR}(t))) \cdot (\frac{pr\mu FS}{SN \cdot S_{MIN}})}{\frac{FS}{SN \cdot S_{MIN}}} \\ = (1 - (ip(t)(1-P(t))^{j-1}(1-IP_{er})M_{INR}(t))) \cdot SN\mu \quad (4)$$

$$G_j = \frac{(ip(t)(1-P(t))^{j-1}(1-IP_{er})M_{INR}(t)) \cdot (1 - \frac{pr\mu FS}{SN \cdot S_{MIN}})}{(\frac{FS}{SN \cdot S_{MIN}})} \\ = (ip(t)(1-P(t))^{j-1}(1-IP_{er})M_{INR}(t)) \cdot (\frac{FS_N \cdot S_{MIN}}{FS - SN\mu})$$

## (2) 알고리즘의 표현

예약 단계에서 스테이션들간에 충돌로 발생하는 문제를 해결하기 위한 변형된 알고리즘을 나타낸것이 그림 4이다. 기존의 PRMA 방식에서 충돌이 발생했을 경우 Slotted ALOHA 프로토콜에 의한 대기 시간이 지난후 두 스테이션이 재 전송을 수행하는 경우를 나타내고 있다. 그림에서 충돌이 발생한 경우 앞에서 설명한 방식으로 각 스테이션 값을 비교하여 함수 H(T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>)를 실행한 후 먼저 서비스 받을 수 있는 스테이션 T<sub>2</sub>를 선정한다.

스테이션의 비교 결과 T<sub>2</sub> 스테이션이 먼저 서비스 받는다면, 스테이션 T<sub>1</sub>은 대기 상태에 들어간다. 공백 채널이 발생하면 BS에서 대기중인 스테이션이 있는지 검사하고 대기중인 스테이션이 있으면 먼저 채널을 할당하기 위하여 'ACK' 정보를 Downlink시 전송한다. 'ACK'를 수신한 T<sub>2</sub> 스테이션은 다음 프레임 때 전송 하고자는 정보 패킷을 전송한다. 대기중인

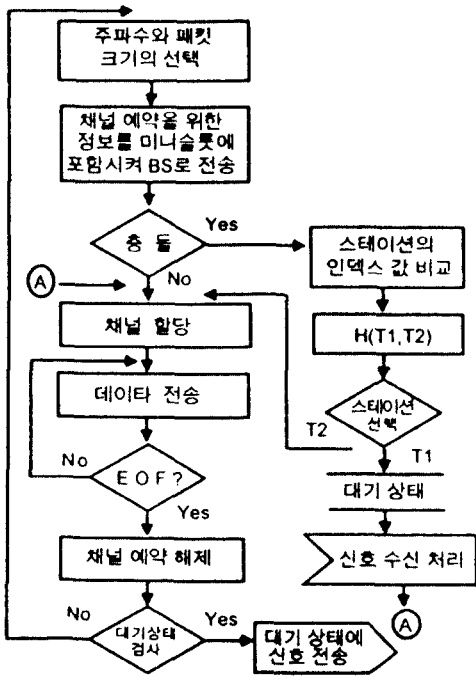


그림 4. 변형된 PRMA 방식의 처리과정  
Fig 4. A process of PRMA method

스테이션이 없는 경우 Downlink를 통하여 공백 채널이 있음을 스테이션들에게 알려준다.

(3) 지연 시간

시스템 전체 지연 시간  $ST_{avD}$ 는 스테이션에서 채널을 예약하기 위한 단계의 대기 시간  $R_D$ 와 예약된 채널을 통하여 데이터 패킷을 전송하는 단계의 지연  $T_D$ 로 나누어진다. 전파를 이용하여 정보 패킷을 전송할때 환경의 특성상 전송 시간은 무시할 정도이나 데이터 양에 따른 전송 지연 시간  $T_D$ 는 시스템 내부에서의 처리 지연 시간이 대부분을 차지한다. 또한, 예약 채널의 수, 적용 프로토콜의 적당성 여부에 따라 큰 차이를 보이고 있다[3][10].

예약 단계에서는 충돌이 발생하지 않을 경우 대기 시간은 채널 할당을 위한 시스템 처리 시간과 패킷 전달 시간이며, 충돌이 발생했을 경우는 시스템 처리 시간과 즉시 서비스받지 못한 스테이션에 채널이 할당될 때까지 대기 상태에서 소비되는 시간의 합이다. 데이터 패킷을 전송하는데 소요되는 시간은 어느 상태에서나 마찬가지로이므로 패킷의 충돌은 전체 시스

템 지연 시간  $ST_{avD}$  값에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 다음 식은 예약 단계에서 발생하는 지연 시간과 정보 데이터의 전송시 발생하는 지연 시간을 나타낸 것이다.

$$R_D(i, j) = \left( \frac{PR}{O_{out}(i, j)} \cdot \frac{FS}{SN \cdot S_{MIN}} \right) + \frac{1}{(1-P(t))^{j-1} \cdot (1-IPerr)} \cdot \frac{FS}{SN} \quad (5)$$

$$T_D(i, j) = \begin{cases} 0.5FS, & M - (j+i+SN) + FS_{pmin} < 0, \\ FS + \left( \frac{I_{av}}{M-PR} \right) \cdot (M - (j+i+SN) + FS_{pmin}), & otherwise \end{cases}$$

시스템 상태가  $(i, j)$ 일때 평균 처리 지연 시간( $ST_{avD}$ )은 위의 식을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$ST_{avD}(i, j) = \sum_{i,j=0} P_{i,j} ST_D(i, j) = \sum_{i,j} P_{i,j} (R_D(i, j) + T_D(i, j)) \quad (6)$$

(4) 전송 시간

기존의 PRMA 방식과 변형시킨 PRMA 방식을 이용하여 전송한 패킷들이 충돌하였을 경우 두 스테이션의 처리 시간 관계를 나타낸 것이 그림 5이다. 두 스테이션에서 전송하고자 하는 패킷의 처리 시간을 똑같이  $t$ 라 하면, 그림5 (a)에서는 충돌 발생시 스테이션  $T_2$ 는  $a$  시간만큼,  $T_1$ 은  $b$  시간만큼 대기 시간을 가진후에 재 전송이 이루어지며, 재 전송시 발생할

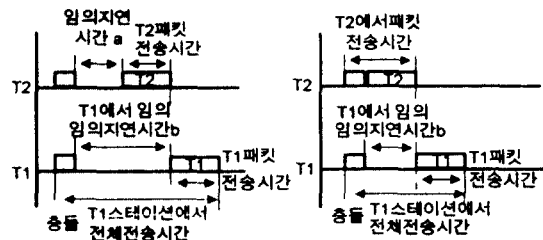


그림 5. 두 방식의 전송시간 비교  
Fig 5. The comparison transmission time of both method

수 있는 충돌은 없다고 가정한다. 그림5 (b)에서는 스테이션 T<sub>2</sub>가 서비스를 받고 있는 동안 T<sub>1</sub>이 대기하고 있는 시간을 b라고 하면 각각의 알고리즘을 적용한 두 스테이션에서 각각 하나의 패킷을 전송하기 위한 평균 시간은 (a)의 경우는  $t + (a+b)/2$ 이고 (b)의 경우는  $t + b/2$ 의 시간이 소요된다. 따라서 변형된 PRMA 방식을 적용한 패킷의 전송은 기존의 PRMA 방식에 비하여 이론적으로 a/2 만큼의 평균 처리 시간이 적어짐을 알 수 있다.

### 3.2.2 TDD 방식에 모델 적용

지금까지 설명한 변형된 PRMA 알고리즘을 이용하여 TDD 기법으로 다중 처리를 할 수 있는데, 채널 예약을 위한 미니 슬롯의 전송후에 'ACK' 신호를 수신하면 Uplink를 통하여 데이터를 전송한다. 채널을 예약하기 위한 패킷 전송은 TDD 방식을 이용하여 Uplink시 프레임내의 미니 슬롯을 통하여 이루어지며, 채널 할당 여부와 다른 정보는 Downlink시 프레임내의 미니 슬롯 영역에 포함되어 전송된다. TDD의 프레임 구조를 이용할 경우 최소의 대역폭을 이용하여 예약 정보를 전송할 수 있으며, 채널에 할당될 슬롯의 영역은 선택 사항으로 하여 처리할 수 있다. 이와 관련된 TDD 프레임 구조는 그림 6과 같다[5].

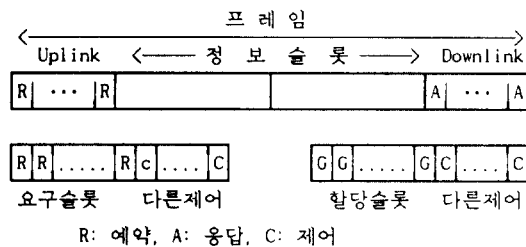


그림 6. 변형된 PRMA 프로토콜을 적용시킨 TDD 프레임  
Fig. 6. TDD frame apply to transformation PRMA protocol

미니 슬롯 R는 예약을 위한 Uplink용이고, A는 예약 요청에 대한 응답은 위한 것이다. Uplink 미니 슬롯은 채널이 고정 할당된 스테이션을 위한 고정된 요구 슬롯과 요구 할당에 의한 가변적인 요구 슬롯으로 나누어 운영할 수 있다. Downlink 미니 슬롯은 그림에서와 같이 두개의 영역으로 구분된다. 할당 정보를 가지는 미니 슬롯은 망, BS, 수신 스테이션 등의 구

분자, 요구 슬롯에 대한 결과를 나타낸다. 특히 망에 대한 구분자는 같은 영역에 존재하는 통신망을 구분하는데 이용될 수 있다. 다른 제어는 BS에서 스테이션으로 또는 스테이션에서 BS로 전송시 동기, 중계기(repeater)의 구분, 안테나 선택 등 공통의 여러가지 기능을 제어하며, 만약에 요구가 없으면 이 슬롯은 '0'값을 가지고 공백 채널 상태를 알려준다.

Uplink 미니 슬롯 역시 그림에서와 같이 두개의 영역으로 나뉜다. 데이터 전송을 위한 예약 정보는 예약 슬롯을 통하여 전송되는데, 망, BS의 구분자, RS의 인덱스, 정보의 유형, 필요한 슬롯의 수 등을 포함한다. 제어 슬롯은 앞에서 설명한 기능을 가지며, Uplink시 충돌의 회피는 예약 슬롯에 포함된 정보를 이용하여 이루어진다. 이 영역 역시 채널을 이용하지 않는 경우는 '0'값을 가지게 하여 다른 RS가 언제든지 다시 사용할 수 있게 한다.

정보 슬롯은 예약 설정이 이루어진데 스테이션 또는 BS에 의해서 정보를 전송하기 위한 슬롯이며, 정보 슬롯의 이용정도는 각 프레임의 헤더에 포함된 정보에 의존한다. 데이터 전송은 Uplink의 Downlink시 정보전송을 구분하여 전송하고 있다.

## IV. 성능 평가

### 4.1 큐잉 모델

본 논문에서는 통신망상에 하나의 마이크로 셀을 기본으로 하고 있다. 이 셀 내부에서 무선 데이터를 전송하는 과정은 변형된 PRMA 방식을 이용한 채널 예약 단계와 예약된 채널을 통하여 데이터를 전송하는 단계로 구분할 수 있다. 스테이션에서 전송된 데이터 패킷들은 서버에 의해서 q1과 q2에 미니 패킷과 데이터 패킷이 구분되어 입력된다. q2에서 예약을 위한 미니 패킷들은 성공적으로 채널을 할당받았을 경우 q3를 통하여 스테이션에 전송되고, 데이터 패킷은 q1과 q3 통하여 전송된다. 만약 충돌이 발생되었을 경우 BS내에 있는 q2에서 대기하게 된다. 충돌이 발생한 후 우선 서비스를 받는 스테이션의 전송이 끝나기 전에 공백 채널이 발생하면 큐에 대기중인 패킷을 처리하여 채널을 할당한다.

그림 7은 변형된 PRMA 방식의 큐잉 모델이다. q1과 q2는 스테이션에서 전송된 패킷이 Uplink하기 위한 대기 큐이고 q3가 Downlink하기 위한 대기 큐이다. 특히 q2는 개선된 PRMA 방식을 실행하기 위한 단계이며, 시스템의 전체 처리 단계는 화살표를 따라

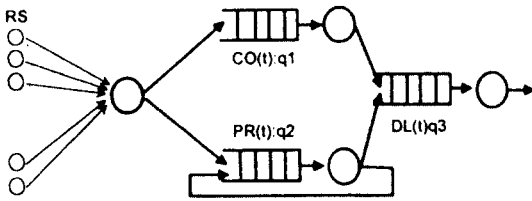


그림 7. 제안된 방식을 이용한 시스템의 각 단계별 큐잉 모델  
 Fig 7. Queueing model each phase of system using a proposal method

처리된다.

위의 모델에 대한 성능을 평가하기 위하여 다음과 같이 몇가지 가정을 둔다.

- ① 개선된 알고리즘을 이용한 시스템 성능 평가를 위하여 Birth-Death 프로세스인 M/M/1/M 모델을 이용한다.
- ② 모든 큐에 입력되는 데이터 패킷들은 FIFO로 처리된다.
- ③ 스테이션에서 패킷 발생율은 포아송 분포로 한다. 전송되는 패킷의 크기는 몇가지의 경우로 나누어 선택 사항으로 사용할 수 있으며, 성능 평가시 패킷의 크기는 일정한 크기로 고정하여 평가한다.
- ④ 미니 슬롯은 전송하는 데이터, 시스템 상태, 예약을 위한 상태 등 여러정보를 가지며, BS에서 처리된다. 채널당 미니 슬롯의 수는 Uplink와 Downlink에 이용되는 2개이다.
- ⑤ 전파의 다중 경로나 차단에 의한 오류 또는 다른 원인으로 인한 오류는 극소수로 시스템에 영향을 거의 미치지 않도록 하였으나 정확한 성능 평가를 위하여 오류 발생 확률  $IP_{err}$  값을 0.01로 한다[7].
- ⑥ Downlink 큐를 통하여 정보 패킷의 전송이 끝나면 다음 프레임의 시작때 RS 모드에서 동작할 수 있다.
- ⑦ 만약 임의의 스테이션이 정보 전송중 추가로 전송할 데이터가 발생한 경우 BS는 여분의 채널을 할당하여 이를 수신하며, 그렇지 못한 경우에는 스테이션은 예약을 위한 과정을 다시 시도해야 한다.

4.2 분석 결과

시스템의 성능 분석은 미니슬롯 수, RS의 수, 재

전송율, 예약 단계에서 처리에 대한 각각의 지연 시간에 중점을 두었다. 성능 분석시 시스템의 안정 상태를 유지하기 위하여 트래픽 세기를 1보다 작게 두고  $(\lambda/\mu < 1)$ ,  $\lambda < \mu$ 의 조건을 만족하도록 하였다. 또한 변형된 PRMA 방식과 기존의 방식을 비교하기 위하여 [2, 7]에서 제시된 매개 변수값을 이용하였다. 전파 지연 시간은 좁은 영역의 환경에서 충분히 이용할 수 있을 정도인  $1\mu s$ 로 하였으며, 패킷 전송중 전파 장애나 잘못된 정보에 의한 오류( $IP_{err}$ )를 0.01로 하였다. 성능 분석시 사용된 매개 변수는 다음과 같다.

- (1) 채널 전달율 = 2.74Mbps
- (2) 패킷의 크기 = 1116 byte
- (3) 프레임의 크기(FS) = 4ms, 10ms
- (4) 프레임당 채널의 수(SN) = 50, 150 채널/프레임
- (5) 채널당 미니 슬롯의 수( $S_{MIN}$ ) = 2미니 슬롯/채널
- (6) 프레임 내부에 전체 미니 슬롯의 수( $FS_{Pmin}$ ) = 2~20
- (7) RS의 수(M) = 150, 200, 250, 300
- (8) 오류 ( $IP_{err}$ ) = 0.01

그림 8은 수학적 분석의 결과로 재전송율과 전송율에 따른 지연 시간 관계를 나타낸 것이다. 수식에 이용한 매개 변수는 SN : 50, FS : 4 msec, 충돌에 의한 재전송율은 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.35, 0.4로 두었으며 이는 시스템내에 스테이션 수가 많거나 전송하고자 하는 데이터 양이 많을때 충돌 횟수가 증가하고 결국 시스템의 성능을 저하시키는 재전송에 대한 단위로 두었다.

재전송율이 0이거나 0.05인 경우는 변형된 PRMA 방식을 나타내며, 이 경우 예약 단계에서 발생하는 지연값이 시스템 성능에 영향을 줄을 알 수 있었다. 재전송율이 0.35 이상인 경우 시스템 전송율이 0.6 이하이면 데이터 패킷의 처리 지연은 급격히 증가하게 됨을 알 수 있다. 충돌로 인하여 임의의 대기 시간을 가진 후 재전송이 이루어지고 또한 재 충돌에 의한 재전송 방식보다는 공백 채널이 할당될 때까지 대기한 후 채널을 통하여 데이터를 전송하는 방식이 시스템 성능에 적은 영향을 미치는 것을 나타내고 있다.

그림 9는 기존의 PRMA 방식과 변형된 PRMA 방식을 비교한 결과이다. 스테이션의 수는 200에서 부터 10씩 증가시켜 300까지 고려하였으며 기존의 PRMA 방식에 대한 결과는 [7]를 이용하였다. 프레임 내부의 채널은 150, 프레임 크기는 10msec으로 두었으며, 예약을 위한 채널의 발생이나 이의 처리는 독립적으로 처리되도록 하였다. 기존의 PRMA 방식은 스테



이션의 수가 조금만 증가해도 지연 시간이 급속히 증가하는 불안정한 상태를 보이고 있으나, 변형된 방법의 경우 일정한 수의 스테이션까지는 지연 시간이 변함이 없다가 스테이션의 수가 280 이상일 때 지연 시간이 증가하고 있음을 보이고 있다.

기존의 변형된 PRMA 방식에 비하여 변형된 PRMA 방식이 작은 지연 시간을 보이고 있는 것은 충돌에 의한 재 전송없이 공백 채널이 발생하면 바로 채널을 할당받을 수 있기 때문이다. 그러나 스테이션의 수가 작아질수록 기존의 방법이 변형된 방법과 비교해 지연 시간이 작아지는데 이는 변형된 PRMA 방식이 채널 예약을 하기위한 단계에서 필요한 지연 시간 때문이다.

스테이션 수가 200에서 부터 260까지는 추가적으로 분석한 것으로서 Mitrou, Orinos, Protonotarios [7]에 의해 분석된 것과의 비교 외에 스테이션 수가 더 작은 경우에 대한 결과를 분석한 것이다. 분석한 결과 지연 시간 면에서 안정적인 상태를 유지하고 있음을 보이고 있다.

그림 10은 미니슬롯의 수를 변화시켰을때 150, 200, 250개의 스테이션으로 구성된 무선 LAN 시스템의 지연 시간을 구한 결과이다. 4 msec의 프레임 크기, 프레임 당 50개의 채널, 프레임 내의 미니 슬롯의 수는 2에서부터 2씩 증가하여 20까지 고려하였다. 각 스테이션에서 채널을 예약하기 위한 미니 슬롯의 발생은 각각 독립적이며, 포아송 분포로 두었다. 또한 시스템의 상태에 알맞는 분석을 위하여 3.3.1에서 가정한 여러 사항을 이용하였다. 미니 슬롯의 수가 2개인 경우에 각 시스템의 지연 시간이 가장 많음을 알 수 있는데 이는 다른 스테이션이 2개의 미니 슬롯을 이용하여 채널 예약시 많은 스테이션이 대기해야 하기 때문이다. 미니슬롯의 수를 6에서 16까지 이용했을 때 패킷 전달 지연이 무선 LAN 환경에 영향을 주지 않는 상태에서 운영할 수 있음을 알 수 있다.

그림 11는 변형된 PRMA 방식과 CSMA/CA의 지연 시간을 비교한 결과를 나타낸 것이다. 그림은 시스템 부하에 따른 두 방식의 지연 시간을 나타낸 것으로 시스템 부하는 각 RS에서 발생하는 패킷을 대발생한 패킷의 처리율로 나타냈다. 이때 각 RS는 독립적으로 동작하고 패킷의 발생은 포아송 분포로 가정하였다. 패킷 발생은 4msec이며, 시뮬레이션시 이용한 매개 변수는 앞의 가정을 이용하였다. CSMA/CA 방식도 정보 패킷을 전송하기 전에 예약 단계를 거치는데 이는 전파 전송 지연 시간과 모든 채널이

이용되고 있을 때 대기하고 있는 시간, 그리고 공백 채널이 있는지를 감지하는데 걸리는 시간을 포함하고 있다.

그림에서 시스템 부하가 6까지는 시스템 내부의 처리 시간이 감소하고 있음을 보이고 있다. 이때 최대 감소 지연 시간이 0.63msec 정도이며, 이는 시스템 내부에 부하가 많지 않을 경우 충돌에 의한 차이라기 보다는 처리 과정에서 오는 차이라고 볼 수 있다. 즉, 부하 간격이 2와 4 사이에 0.126msec, 4와 6 사이에는 0.504msec의 지연 시간 차이를 나타내는데 이 시간은 충돌에 의한 시간이라고 볼 수 없기 때문이다.

시스템 부하가 증가할수록 변형된 PRMA 방식이 CSMA/CA 방식에 비하여 작은 지연 시간을 갖는 것은 변형된 PRMA 방식의 경우 채널을 예약하고자 하는 RS들이 BS에서 대기하고 공백 채널이 발생하면 즉시 서비스되나 CSMA/CA 방식의 경우 매입의 시간이나 정보를 전송하고자 하는 모든 RS들이 직접 공백 채널이 있는지를 검사하고 공백 채널이 있을 경우 전송하기 때문에 변형된 PRMA 방식에 비하여 더 많은 처리 시간을 가지기 때문이다.

그림 12는 변형된 PRMA를 이용한 예약 과정의 지연 시간을 구한 것으로 수학적과 시뮬레이션의 결과를 나타낸 것이다. 예약을 위한 미니 슬롯의 수는 2에서 부터 18, FS = 4 msec, SN = 50, M = 150, 200, 250, 300으로 구분하여 구하였다.

수학적 결과와 시뮬레이션 결과 M = 150 일때 15%, M = 200 일때 88.45, M = 250 일때 87.4%, M = 300 일때 87.95%의 정확도를 나타내고 있으며, 전체적으로는 86.5%의 정확도를 나타내고 있다. 또한 스테이션 수가 150일때 최대 1.78, 200일때 2.65, 250일 때 3.78, 300일 때 4.05msec의 지연 시간 차이를 보이고 있으며, 미니 슬롯의 수가 6 이하부터는 지연 시간이 급속히 늘어난다고 6 이상 부터는 지연 시간에 큰 영향이 없이 운영됨을 보이고 있다. 또한 스테이션 수에 따라 처리 지연 시간이 조금씩 증가하고 있음을 보이고 있을뿐만 아니라 스테이션 수가 많아질수록 채널 예약을 위한 처리의 지연 시간의 증가 비율이 늘어나고 있는데 그 이유는 채널을 할당받아 데이터를 전송하려는 스테이션 수가 상대적으로 많아 짐으로 인하여 대기 시간이 증가하기 때문이다.

수학적과 시뮬레이션사이에 최대 4.05msec까지의 오차가 나는것을 알 수 있으며 전체적으로 시뮬레이션에 의한 지연시간이 작음을 알 수 있다. 이 오차는 패킷 전송중 전파 장애나 잘못된 정보에 의한 오류

( $IP_{err}$ ) 값을 좀더 실질적인 계산값을 얻기 위하여 수학적식에서 0.02로 두었기 때문에, 이는 분석결과 [7]을 응용했다. 결국 수학적식에서  $IP_{err}$  값을 0.01로 두면

시뮬레이션에 의한 값과 수학적식에 의한 값은 더욱 근접한 결과치가 나올 수 있음을 알 수 있었다.

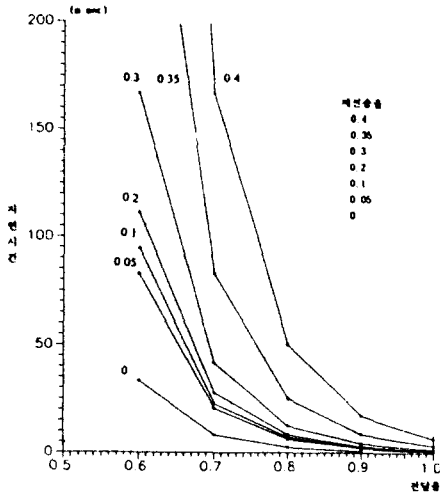


그림 8. 전달율과 재전송율에 의한 지연 시간  
Fig 8. Delay time by transmission and retransmission rate

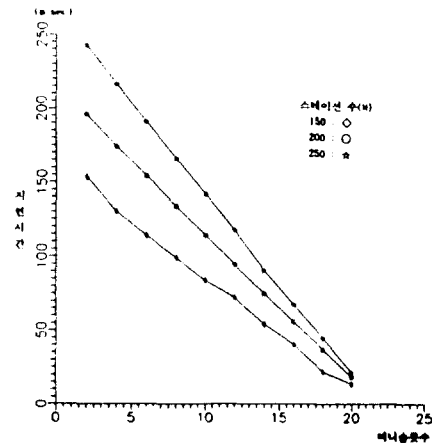


그림 10. 미니 슬롯 수에 따른 지연 시간  
Fig 10. Delay time by number of minislots

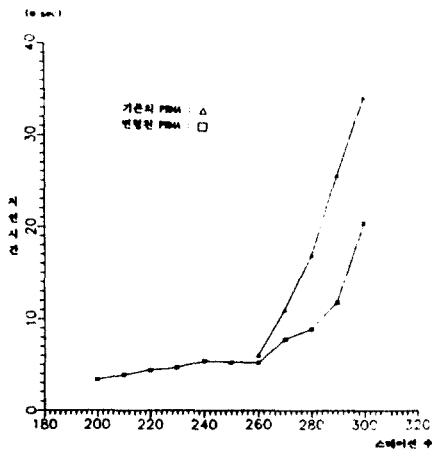


그림 9. 변형된 PRMA 방식과 기존의 PRMA 방식의 비교  
Fig 9. Compare of modified PRMA Method with PRMA method

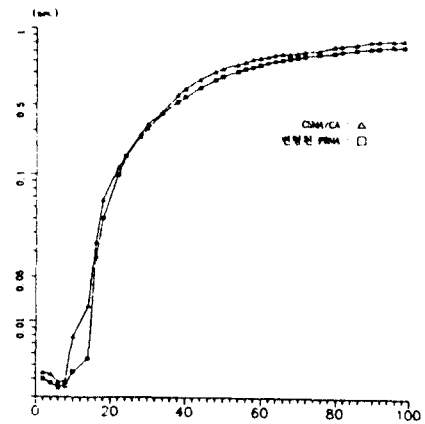


그림 11. 변형된 PRMA 방식과 CSMA/CA 방식의 지연 시간 비교  
Fig 11. Compare of delay time modified PRMA Method with CSMA/CA Method

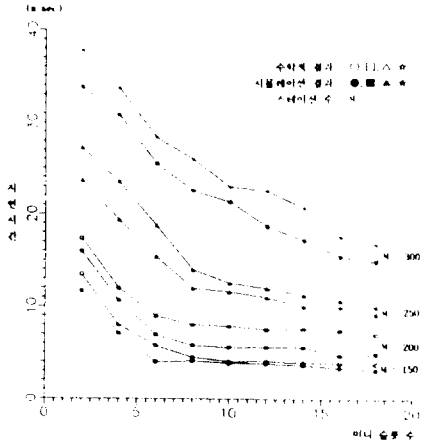


그림 12. 예약 단계 처리를 위한 지연 시간 비교  
Fig 12. Compare of Delay time for reservation step

V. 결 론

최근들어 패킷을 바탕으로 하는 무선 LAN에 대한 연구가 증가하고 있고, 컴퓨터의 이동성 환경, 크기의 감소, 케이블에 대한 문제는 무선 LAN 환경을 형성시키는 요소로 작용하고 있다.

본 논문에서는 PRMA 방식을 개선하여 예약 단계에 재전송을 회피하도록 하기위한 변형된 PRMA 방식을 제안하였다. 충돌로 인한 재전송이 발생하는 것과 그렇지 않는것 사이에 차이를 알아보고자 두가지의 경우로 분석한 결과 시스템 내에서 패킷 전송시 충돌로 인한 대기 시간이 성능에 큰 영향을 줄 수 있는 요소임을 알 수 있었다. 변형된 PRMA 방식을 이용할 경우 무선 LAN 시스템에서 충분한 수의 스테이션 수에 오류없는 데이터의 전송을 지원해주고 기존의 PRMA 방식보다 더 작은 지연 시간을 가짐을 알 수 있었다.

표 1. 시스템 성능의 비교

(단위 : m sec)

Modified PRMA	Goodman	Modified PRMA	Mitrou
6.5	8.6	5.3	6.2

또한 무선 LAN 시스템에 TDD 방식을 적용함으로써 시스템 구성에 간섭성을 증가 시켰고 주파수 대의

효율적인 이용이 가능하도록 하였다. 현재 무선 LAN 환경에서 매체를 처리하는 방식에 대한 표준화 작업이 CSMA/CA 방식으로 진행 중이며, 이와의 지연 시간 비교 결과 시스템의 부하가 클때는 본 논문에서 제안하고 있는 방식이 더 효율적으로 무선 LAN 환경에 이용될 수 있음을 알았다. 또한 기존의 PRMA와 비교 결과 본 논문에서 제안하고 있는 변형된 PRMA 방식이 기존의 PRMA 방식에 비하여 더 작은 지연 시간을 가짐을 알 수 있었다. 표 1은 Goodman과 Mitrou가 분석한 결과와 본 논문에서 분석한 결과를 비교한 것이다.[1, 2, 7] 그래프에서도 나타났듯이 변형한 PRMA 방식이 기존의 방식보다 더 적은 지연 시간을 가지기는 했지만 뚜렷한 성능 향상을 보인것은 아니다. 그러나 제안한 방식에 대한 많은 연구가 이루어지면 충분히 무선 LAN의 MAC 프로토콜로 이용할 수 있을것이라고 기대하고 있다.

참 고 문 헌

1. D.J. Goodman, R.A.Valenzuela, T.K.Gayliard, "Packet Reservation Multipl Access for Local Wireless Communication," Proceeding of 38th IEEE Vehicular Technology Conf., pp.701-706, Nov.1988.
2. Goodman, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Feb. 1991.
3. James E.Mitzlaff, "Radio Propagation and Anti-Multipath Techniques in the WIN Environment," IEEE Network Magazine, Vol.5, No.6, pp.21-26, Nov.1991.
4. Jean-Paul Linnartz, Narrowband Land-Mobil Radio Networks, Artech House, 1993.
5. K.S. Natarjan, "A Hybrid Medium Access Control Protocol for Wireless LANs" in Proceeding. 1992 IEEE International Conference on Selected Topics in Wireless Communications, pp.134-137, Jun.1992.
6. L.Kleinrock, Queueing Systems, Vol. 1, Theory. New York : Wiley, 1975.
7. N.M.Mitrou, TH.D.Orinos and E.N.Protonotarios, "A Reservation Multiple Access Protocol for Microcellular Mobil-Communication Systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology,

- Vol.39, No.4, pp.340-351, Nov.1990.
8. N Mori, M Takeuchi, R Esmailzadeh, M nakagawa, "Frame Timing Acquisition for Direct Sequence Spread Spectrum Signals in Time division Duplex Transmission," Proceeding of 43th IEEE Vehicular Tech. Con.pp.815-818, May.1984.
  9. R.J.Haines and A.H.Aghvami, "Indoor Radio Environment Considerations in Selecting a Media Access Control Protocol for Wideband Radio Data Communications," Proceeding of IEEE ICC '93, Vol.2, pp.990-994, May, 1993.
  10. Shuji Tasaka, "Stability and Performance of the R-ALOHA Packet Broadcast System," IEEE Transaction on Computers, Vol.c-32, No.8, pp.717-726, Aug. 1983.
  11. Stephen A Wilkus, "Standards and Regulatory Aspects of Wireless Local Communications," IEEE Workshop on Wireless Local Area Networks at Worcester Polytechnic Institute, pp. 23-33, May.1991.
  12. Sanjiv Nanda, David J.Goodman, Third Generation Wireless Information Network, 1991.
  13. T.Suzuki, S.Tasaka, "A Contention-Based Reservation Protocol Using a TDD Channel for Wireless Local Area Networks : A Performance Analysis," Proceeding of IEEE ICC '93 Vol.2, 1010-1016, May.1993.



徐 垣 福(Weon Bok Seo) 正會員  
 1965年 10月 23日生  
 1992年 2月: 圓光大學校 電子計算學科(工學士)  
 1994年 2月: 光云大學校 大學院 電子計算學科(理學碩士)  
 1994年 2月~現在: POSCON 研究所 D.C.S 研究室 勤務

※주관심분야: 무선 LAN, 이동통신



洪 聖 壇(Seong Sik Hong) 정회원  
 1965년 5월 31일생  
 1989년 2월: 광운대학교 전자계산학과(이학사)  
 1992년 2월: 광운대학교 전자계산학과(이학석사)  
 1992년~현재: 광운대학교 전자계산학과(박사과정 재학)



柳 煥 彬(Hwang Bin Ryou) 正會員  
 1949年 8月 15日生  
 1975年 2月: 仁荷大學校 電子工學科(工學士)  
 1977年 7月: 延世大學校 産業大學院 電氣電子工學科(工學碩士)  
 1989年 2月: 慶熙大學校 大學院 電子工學科(工學博士)

1975年~1980年: 金星半導體(株) 課長

1981年~現在: 光云大學校 電子計算學科 教授