

# 무선 LAN에서 우선 순위 방식을 이용한 수정된 IPRMA 프로토콜에 관한 연구

正會員 김 동 식\*, 안 준 기\*, 김 태 중\*, 황 금 찬\*, 신 재 민\*\*

## Modified IPRMA Protocol using Priority Scheme in Wireless LAN

Dong-Sik Kim\*, Jun-Kui Ahn\*, Tae-Joong Kim\*, Keum-Chan Whang\*,  
Chae-Min Shin\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 무선 LAN에서 최대 사용자 수를 증가하기 위해서 우선 순위 방식을 이용한 수정된 IPRMA 프로토콜을 제안하였다. 제안한 수정된 IPRMA 프로토콜에서는 음성 패킷과 데이터 패킷의 충돌을 배제함으로써 기존의 IPRMA 프로토콜에서보다 수용 가능한 최대 사용자 수를 증가시킬 수 있었고, 음성 패킷과 데이터 패킷이 서로 다른 슬롯을 사용하므로 음성-데이터 복합 시스템의 해석이 용이해졌으며 데이터 트래픽에 간단한 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용하는 것이 가능하였다. 시스템의 성능은 EPA (Equilibrium Point Analysis) 방법을 사용하여 기존의 IPRMA 프로토콜과 비교하였다.

### ABSTRACT

A modified IPRMA protocol using priority scheme is proposed to increase the number of maximum users, which prevents the collision between the voice and data traffic. A simple decentralized traffic control scheme is presented for the proposed protocol. The improvement in performance over conventional IPRMA is shown through simulation, and EPA(Equilibrium Point Analysis) is used to evaluate system performance.

### I. 서 론

패킷 예약 다중 접속 방식(Packet Reservation Multiple Access; PRMA)은 유동적 분포의 사용자들을 효율적

으로 운용할 수 있는 다중 접속 프로토콜로 Goodman 등에 의해 제안되었다[1-4, 8, 9]. 최근에는 무선 채널이 음성 정보와 그 밖의 일반 데이터 정보를 함께 사용하는 추세이며, 이에 따라 복합 패킷 예약 다중 접속 방식(Integrated Packet Reservation Multiple Access; IPRMA)이 연구되고 있다[2-4, 10]. IPRMA 방식에서는 음성 정보 사용자와 데이터 정보 사용자가 동일한 Slotted-ALOHA 방식으로 채널 접속을 경

\*연세대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

\*\*주문진수산고등학교 전자통신과

Dept. of Electronic Telecommunication, High School

論文番號:96182-0619

接受日字:1997年 6月 19日

쟁하게 되지만, 음성 정보 사용자에게 PRMA 방식에서와 마찬가지로 채널 예약을 지원하고 더 큰 패킷 전송 허용 확률을 부여함으로써 지나치게 긴 지연시간으로 인한 음질 악화를 방지하였다. 현재의 IPMA 프로토콜에서는 음성 패킷과 데이터 패킷이 동시에 채널 접속을 경쟁하므로 패킷 충돌 확률이 높으며 채널 운용이 비효율적이다. 더우기, 기존의 IPMA 프로토콜에서는 음성 시스템과 데이터 시스템의 통계적 성질이 유기적으로 연관되기 때문에 트래픽 제어가 어렵게 된다. 본 논문에서는 음성 사용자와 일반 데이터 사용자가 동시에 채널 접속을 시도하는 것을 방지함으로써 채널 운용을 효율적으로 할 수 있음을 보이고, 새로 제안된 프로토콜에서는 데이터 트래픽을 음성 트래픽에서 분리하여 다룸으로써 간단한 트래픽 제어가 가능함을 보인다.

## II. 수정된 IPMA 프로토콜

PRMA 프로토콜에서 채널은 시간축상에서 프레임으로 나뉘고 각 프레임은 다시 일정 수의 슬롯으로 나누어진다. 각 터미널들은 슬롯 단위로 패킷을 전송하게 된다. 기존의 IPMA 프로토콜에서는 처음 슬롯 접속을 시도할 때, 음성 터미널과 데이터 터미널이 전송허용확률만 다를 뿐 같은 슬롯에서 Slotted-ALOHA 방식으로 동일하게 경쟁하게 된다. 이 때 음성 패킷과 데이터 패킷이 같은 슬롯에서 충돌하므로 많은 슬롯이 패킷 전송에 관계없이 소모되게 된다. 그리고 한 슬롯에 서로 다른 전송 허용확률을 가진 패킷들이 존재하게 되고, 그 각각이 서로 다른 제한 조건을 가지므로 분석이 복잡할 뿐 아니라 시스템 성능을 올리는 데에 필수적인 동적 제어 알고리즘의 적용도 어려워진다.

본 논문에서 제안한 알고리즘에서는 음성 터미널과 데이터 터미널의 우선 순위 관계를 전송 허용 확률로 결정하는 대신 음성 패킷이 전송된 슬롯을 데이터 터미널이 무조건 피해 감으로써 충돌로 소모되는 슬롯을 줄이고 전체적으로 음성 터미널과 데이터 터미널 성능의 향상을 도모한다.

### 2.1 음성 서버 시스템

이전의 연구들과 비교할 수 있도록 일관성을 유지

하기 위하여 시스템 안에 존재하는 음성 터미널과 데이터 터미널의 갯수는  $M$ 으로 동일할 것으로 가정한다.

음성의 연속발생구간과 무음성구간은 지수분포를 따르는 것으로 보며,  $t_1$ 을 평균 음성연속구간,  $t_2$  평균 무음성구간이라고 정의하면 슬롯당 평균 음성연속구간 발생률과 슬롯당 평균 무음성구간 발생률은 각각 식(2.1)과 같이 포아송 분포를 통해 근사화한다.

$$\begin{aligned} \sigma &= 1 - \exp(-T/Nt_2) = 1 - \exp(-\tau/t_2) \\ \gamma &= 1 - \exp(-T/Nt_1) = 1 - \exp(-\tau/t_1) \end{aligned} \quad (2.1)$$

$T$ :프레임 길이(sec)  $N$ :프레임 당 슬롯 수  $\tau$ :슬롯 길이(sec)

각 음성 터미널은 기존의 음성 전용 PRMA 프로토콜과 같은 방식으로 프레임 안의 슬롯을 예약하여 사용한다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜에서 음성 패킷은 데이터 패킷에 대하여 배타적으로 슬롯 접속에 우선 순위를 가지므로 음성 서버 시스템의 통계적 특성은 음성 전용의 PRMA 시스템과 같아진다. 임의의 음성 터미널이 프레임 내 어떤 슬롯의 예약에 성공하려면 다음 조건들이 만족되어야 한다.

- 1)그 슬롯은 다른 음성 터미널에 의해 예약되지 않았다.
- 2)터미널이 전송허용확률  $p_v$ 에 의해 전송허용을 받았다.
- 3)보낼 패킷을 가진 다른 음성 터미널들이 전송허용을 받지 못했다.

음성 전송에 있어서 어느 수준 이하의 패킷 에러는 서비스 수준에 영향을 미치지 않지만 패킷 전송 지연은 심각한 문제가 될 수 있다. 이때문에 PRMA 프로토콜에서는 일정 한계 이상의 지연을 겪은 음성 패킷은 전송을 포기하며 이 평균 패킷 누락률(packet dropping probability)이 음성 서버 시스템의 중요한 평가 기준이 된다.

### 2.2 데이터 서버 시스템

데이터 정보의 발생률은 단위 시간당 평균 비트수로 나타내어지며 각 패킷은 포아송 프로세스를 따라서 발생하는 것으로 본다. 데이터 정보 비트의 발생률( $R_d$ )을 음성 정보 비트의 발생률( $R_v$ )에 관하여 나타

내면 식(2.2)와 같다. 아래 식에서  $\sigma_d$ 는 슬롯당 데이터 패킷의 발생률을 나타낸다.

$$R_d = \sigma_d R_s N \text{ (bit/sec)} \quad (2.2)$$

각 데이터 터미널은 발생한 패킷을 우선 백로그 상태로 간주하여 버퍼에 저장한다. 분석의 편의상 각 데이터 터미널은 무한길이의 버퍼를 가지고 있는 것으로 가정한다.

모든 데이터 터미널들은 각 슬롯의 처음에 그 슬롯의 음성 터미널에 의한 예약 여부 외에 기지국으로부터 음성터미널의 패킷 전송 시도가 있는지 여부를 연락받는다. 이를 위해 데이터 터미널은 음성 터미널보다 조금 뒤에 패킷 전송 프로세스를 시작하게 된다. 만일 그 슬롯이 음성 터미널에 의해 예약되어 있거나 패킷을 전송한 음성 터미널이 있으면 데이터 터미널은 패킷 전송을 하지 않으며, 그렇지 않은 경우 패킷 전송 허용 확률  $p_d$ 에 따라 패킷 전송을 결정한다. 이 알고리즘으로 음성 패킷은 데이터 패킷에 대하여 우선 순위를 가지게 된다.

데이터 터미널이 어떤 슬롯에서 패킷 전송에 성공하려면 다음 조건들을 만족해야 한다.

- 1) 그 슬롯은 음성 터미널에 의하여 예약되지 않았다.
- 2) 그 슬롯에 패킷 전송을 시도한 음성 터미널이 없다.
- 3) 터미널이 패킷 전송 허용 확률  $P_d$ 에 의해 패킷 전송을 허용받았다.
- 4) 전송할 패킷을 가진 다른 데이터 터미널들은 패킷 전송을 허용받지 못했다.

PRMA 프로토콜에서는 데이터 패킷이 음성 패킷에 비하여 상대적으로 긴 지연 시간을 감수할 수 있으나 버리는 패킷이 있어서는 안되는 것으로 본다. 따라서 데이터 패킷은 모두 전송되는 것을 전제로 하며 평균 패킷 지연 시간(average packet delay)이 데이터 서버 시스템의 중요한 평가 기준이 된다.

### 2.3 데이터 트래픽 제어

본 논문에서 제안한 모델에서는 음성 패킷과 데이터 패킷이 접속을 시도하는 슬롯이 분리됨으로써 각 서버 시스템에 트래픽 제어 알고리즘을 적용하는 것이 용이하다. 음성 패킷에 트래픽 제어를 적용하는 것은 데이터 패킷이 쓸 수 있는 슬롯 수를 유지하는

것을 어렵게 하므로 본 논문에서는 데이터 패킷에만 트래픽 제어를 적용했다.

데이터 트래픽 제어 모델은 기본적으로 Hajek과 Loon의 분산형 동적 제어 모델(distributed dynamic control model)을 따른다[6]. 이 모델에서는 시간에 따라 변화하는 슬롯 당 트래픽 상태를 추정하여 패킷 전송 허용 확률을 슬롯 당 1로 수렴하도록 조정 함으로써 최적의 전송 성공률을 얻도록 시도한다. 본 논문에서 적용한 트래픽 제어 모델에 있어서 데이터 터미널들이 사용가능했던(즉, 음성 터미널에 의해서 예약되지 않고 음성터미널의 패킷 전송 시도도 없었던) 각 슬롯의 데이터 트래픽 상태는 다음과 같이 분류한다.

Z=0: 전송된 데이터 패킷이 없다.

Z=1: 하나의 데이터 패킷이 전송에 성공하였다.

Z=e: 두 개 이상의 데이터 패킷이 충돌하였다.

데이터 터미널들은 위에서 분류한 상태에 대하여 각각 상수  $C_0, C_1, C_e$ 를 전송 허용 확률에 곱함으로써 전송 허용 확률을 갱신한다. 데이터 트래픽을 최적으로 만들기 위해 유도한 상수의 관계는 식(2.3)과 같다.

$$C_0 = \frac{1 - \exp(-1) - C_e(1 - 2\exp(-1))}{\exp(-1)} \quad (2.3)$$

$$, C_e < C_0, C_0 > 1, C_e < 1$$

## III. 성능분석

시스템의 성능 분석에는 Tasaka가 Reservation ALOHA의 분석 방법으로 제안하여 현재 PRMA 모델 분석에 주로 쓰이고 있는 EPA(Equilibrium Point Analysis)방법을 사용하였다[7]. 일반적으로 복잡한 알고리즘과 다중의 단말을 가지고 있는 시스템에서 엄밀한 큐잉 모델(queueing model)과 같은 분석방법을 적용하는 것은 매우 어려우며 방대한 계산량을 요한다. EPA 분석방법에서는 시스템의 각 상태 변수들과 상태 천이 확률들을 정의하고 평형 상태를 통하여 필요한 변수값들과 확률값들을 유도함으로써 비교적 간단한 해석을 가능하게 한다.

### 3.1 음성 서버 시스템

EPA 방법을 통하여 음성 서버 시스템의 통계적 성질을 구하기 위하여 우선 평형 상태에서의 시스템 상

태 변수값들을 구해야 한다[7]. 이후의 모든 확률값들과 상태 변수값들은 시스템 평형 상태를 가정한 것이다. 각 음성 터미널들의 상태는 그림 1에서와 같이 상태 천이도에 의해 나타낼 수 있다. 그림에서 'SIL'과 'CON', 'RES'는 각각 무음성 상태, 슬롯을 예약하지 못했으나 전송할 음성 패킷을 가지고 있는 상태, 슬롯을 예약한 상태를 나타낸다.

그림 1에서 각 상태에 있는 터미널의 수를 시스템의 상태로 정의하면 시스템의 상태는 식(3.1)과 같이 표시된다.

$$\{S, C, R_i; 0 \leq i \leq N-1\} \quad (3.1)$$

S: 무음성 상태에 있는 터미널의 수

C: 음성연속발생 상태에 있으나 슬롯을 예약하지 못한 터미널의 수

R<sub>i</sub>: 예약 슬롯까지 i 슬롯이 남은 터미널의 수

그림 1에서 SIL상태와 RES<sub>N-1</sub> 상태의 평형방정식은 각각 식(3.2)와 같다. CON상태의 평형 방정식은 SIL상태와 RES<sub>N-1</sub> 상태의 방정식에 비독립이므로 식에 포함되지 않는다.

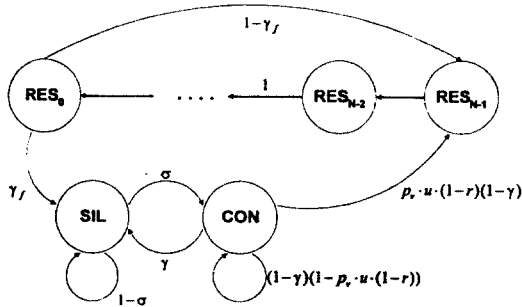


그림 1. 각 음성 터미널의 상태 천이도

$$\begin{aligned} r\gamma_f + c\gamma - \sigma &= 0 \\ r(1-\gamma_f) + cp_v u(1-\gamma)(1-r) - r &= 0 \\ u &= (1-p_v)^{c-1} \end{aligned} \quad (3.2)$$

식(3.2)의 u는 다른 음성 터미널들이 전송 허용 확률에 의해 패킷 전송이 금지될 확률을 나타낸다. 기존의 IPRMA 평형 상태 방정식에서는 임의의 음성 패킷이 다른 터미널들이 보낸 패킷과 충돌하지 않을

확률이  $u=(1-p_v)^{c-1} \cdot (1-p_d)^b$ 와 같이 데이터 시스템의 평균 백로그 터미널 수와 연관되어 나타나므로 평형 상태 방정식을 푸는 것이 어려운 반면, 제안한 시스템의 상태 평형 방정식은 식(3.2)와 같이 확률 u가 데이터 시스템에 완전히 독립되어 있으므로 데이터 시스템과 음성 시스템의 평형 상태 방정식을 분리된 것처럼 다룰 수 있다. 전체 터미널의 숫자가 M이므로 식(3.3)을 얻는다.

$$s + c + N \times r = M \quad (3.3)$$

식(3.2)에서 r, s를 제거하면 식(3.4)을 얻는다.

$$M = c + \left(N + \frac{\gamma_f}{\sigma}\right) \cdot \frac{cp_v(1-p_v)^{c-1}}{cp_v(1-p_v)^{c-1} + \gamma_f} \quad (3.4)$$

(3.4)는 평형 상태 변수 c만의 함수이며 이 식을 풀어서 시스템의 평형 상태 변수값 c, r, s를 구하였다. 음성 패킷 전송 시스템의 평가 기준인 패킷누락률을 유도하기 위하여 앞에서 구한 평형 상태 변수들을 이용한다.

연속 음성정보 길이 L의 확률분포는 다음 식(3.5)와 같이 기하 분포로 나타나며, 식(3.6)과 같이 패킷 누락 갯수의 평균을 구한다.

$$\begin{aligned} \Pr\{L\} &= \gamma_f(1-\gamma_f)^{L-1} \\ E\{n_{drop} | L\} &= \sum_{k=1}^L k \Pr\{n_{drop} = k | L\} = v^D \frac{1-v^{NL}}{1-v^N} \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$E\{n_{drop}\} = \sum_{L=1}^{\infty} E\{n_{drop} | L\} \Pr\{L\} = \frac{v^D}{1-(1-\gamma_f)v^N} \quad (3.6)$$

식(3.6)은 각 음성연속구간에서 누락되는 패킷의 갯수를 평균의 개념으로 구한 것이다. 평균 패킷 누락률은 평균 음성연속구간 길이 당 평균 패킷 누락 갯수로 정의되므로 식(3.6)에서 얻은 식과 평균 음성연속정보 길이의 비율로 식(3.7)에서 평균 패킷 누락률을 얻었다.

$$P_{drop} |_{c, r} = \gamma_f \cdot \frac{v^D}{1-(1-\gamma_f)v^N} \quad (3.7)$$

위에서 구한 패킷 누락률은 시스템 상태 변수 C와 R의 함수이다(식(3.1)참조). 완전한 패킷 누락률을 구

하기 위해서는 시스템 상태변수  $C$ 와  $R$ 의 확률 분포를 구해야 한다. 구하려는 분포를  $\theta(C, R)$ 이라고 하면,

$$R = \sum_{j=0}^{N-1} R_j$$

$$\theta_R(R) = \binom{N}{R} \cdot r^R (1-r)^{N-R} \quad (3.8)$$

$$\theta(C, R) = \theta_{C|R}(C|R) \cdot \theta_R(R)$$

이 때, 시스템 상태 변수  $C$ 를 서비스 큐 안에 대기 중인 패킷 개수로 근사화하면 식(3.9)와 같이 조건부 확률  $\theta(C|R)$ 을 얻을 수 있다.

$$\theta_{C|R}(C|R) = p_0(1-p_0)^C, \quad C < M-R$$

$$= (1-p_0)^C, \quad C = M-R \quad (3.9)$$

$$= 0, \quad \text{otherwise}$$

$$p_0 = \frac{t_2}{t_1 + t_2}$$

최종적인 패킷 누락확률을 식(3.7)에서 구한 조건부 확률과 식(3.9)의 확률 이용하여 식(3.10)과 같이 구했다.

$$P_{drop} = \sum_{R=0}^{N-1} \sum_{C=0}^{M-R-1} \gamma_f \cdot \frac{v^D}{1-(1-\gamma_f)v^N} \cdot p_0(1-p_0)^C$$

$$+ \sum_{R=0}^{N-1} \gamma_f \cdot \frac{v^D}{1-(1-\gamma_f)v^N} \cdot (1-p_0)^{M-R} \quad (3.10)$$

### 3.2 데이터 서버 시스템

각 데이터 터미널의 상태는 그림 2와 같은 상태 천이도로 나타낼 수 있다. 각 터미널의 상태는 버퍼에 쌓인 패킷의 개수로 결정되며  $j$ 개의 패킷을 가지고 있는 터미널의 상태를  $BUF_j$ 로 표시한다. 이때, 시스템의 상태는 임의의  $j$ 에 대하여  $BUF_j$  상태에 있는 터

미널의 개수로 표시되며, 무한 버퍼의 가정에 의하여 가능한 시스템의 상태는 무한개가 된다.

시스템 내의 백로그 상태에 있는 데이터 터미널의 개수를  $b$ 로 나타내면 전송할 패킷을 가진 임의의 데이터 터미널이 어떤 슬롯에서 패킷 전송에 성공할 확률  $\omega$ 는 식(3.11)과 같다.

$$\omega = p_d u_d (1-s_v) \quad (3.11)$$

$$s_v = r + (1-r)(1-(1-p_0)^c), \quad u_d = (1-p_d)^{b-1}$$

식(3.11)에서  $u_d$ 는 다른 데이터 터미널들이 패킷을 전송하지 않을 확률을,  $s_v$ 는 그 슬롯이 데이터 터미널들에게 사용 가능한 슬롯일 확률을 표시한 것이다. 데이터 터미널이 사용 가능한 슬롯이란 예약되어 있지 않고 패킷 전송을 시도한 음성 터미널도 없는 슬롯이다. 식(3.11)에서 볼 수 있듯이 기존의 IPRMA 프로토콜의 분석에서와 달리 데이터 패킷 전송의 분석식은 음성패킷 전송 분석식에서 분리되어 있으며, 데이터 시스템은 음성 시스템을 먼저 분석한 뒤에 그 결과 얻은 평형 상태값들을 이용하여 분석할 수 있다.

$BUF_{j-1}$ ,  $BUF_j$ ,  $BUF_0$  상태에서의 평형방정식은 각각 식(3.12), 식(3.13), 식(3.14)와 같다.

$$[\omega(1-\sigma_d) + \sigma_d(1-\omega)] \cdot b_{j-1} = \omega(1-\sigma_d) \cdot b_j + \sigma_d(1-\omega) \cdot b_{j-2}, \quad j=3, 4, 5 \dots \quad (3.12)$$

$$[\omega(1-\sigma_d) + \sigma_d(1-\omega)] \cdot b_1 = \omega(1-\sigma_d) \cdot b_2 + \sigma_d \cdot b_0 \quad (3.13)$$

$$\sigma_d \cdot b_0 = \omega(1-\sigma_d) \cdot b_1 \quad (3.14)$$

식(3.12), 식(3.13), 식(3.14)의 평형방정식들을 연립하여 풀면 식(3.15)와 같다.

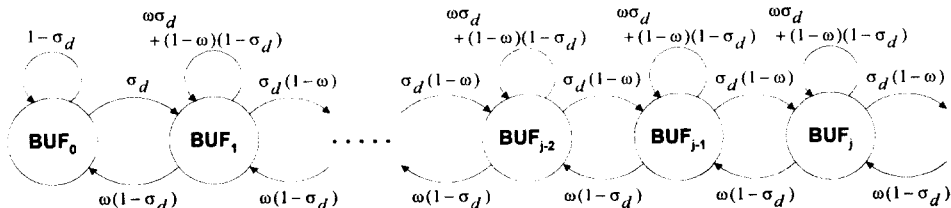


그림 2 각 데이터 터미널의 상태 천이도

$$b_j = \left[ \frac{\sigma_d(1-\omega)}{\omega(1-\sigma_d)} \right]^{j-1} \cdot \frac{\sigma_d}{\omega(1-\sigma_d)} \cdot b_0 \quad (3.15)$$

$$b = \sum_{j=1}^{\infty} b_j = \frac{\sigma_d}{\omega(1-\sigma_d)} \cdot b_0$$

전체 데이터 터미널의 수는  $M_d$ 이므로

$$b_0 + b = M_d \quad (3.16)$$

식(3.15)와 식(3.16)을 사용하여 최종적인 데이터 서버 시스템의 평형 상태 방정식인 식(3.17)을 구했다. 식(3.17)에 나타나는 변수  $S_v$ 는 음성 시스템의 해석에서 독립적으로 구한 평형 상태 변수값  $r, c$ 를 사용하여 구할 수 있으며, 식(3.17)은 데이터 서버 시스템의 평균 백로그 터미널 수  $b$ 만의 함수로 생각할 수 있다.

$$b = \frac{\sigma_d}{\omega} \cdot M_d = \frac{\sigma_d}{(1-p_d)^{b-1} \cdot p_d(1-s_v)} \cdot M_d \quad (3.17)$$

평형 상태에서 임의의 백로그 데이터 터미널에서의 각 패킷에 대한 평균 지연 시간은  $1/\omega$ 이다. 따라서 BUF<sub>j</sub> 상태에 있는 터미널에 도착한 패킷의 평균 지연 시간은  $(j+1)/\omega$ 라고 볼 수 있다. 평형 상태에서 어떤 터미널이 BUF<sub>j</sub> 상태에 있을 확률은  $b_j/M_d$ 이며 이를 이용하여 데이터 서버 시스템의 평가 기준인 평균 패킷 대기 시간( $W_{av}$ )을 조건부 확률에 대한 합으로 식(3.18)과 같이 구했다.

$$W_{av} = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{j+1}{\omega} \cdot \Pr\{BUF_j\} = \frac{1}{\omega} \sum_{j=0}^{\infty} (j+1) \frac{b_j}{M_d} \quad (3.18)$$

식(3.18)에 무한 급수의 합에 관한 공식  $\sum (j+1)x^j = 1/(1-x)^2$ 을 적용하면 평균 패킷 지연 시간에 대하여 식(3.19)와 같은 최종식을 얻는다.  $S_v$ 가 알려진 상태에서 식(3.19)는 평균 백로그 터미널 갯수  $b$ 만의 방정식이며 해석적 방법으로 풀 수 있다.

$$W_{av} = \frac{1}{p_d u_d (1-s_v) \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_d}{p_d u_d (1-s_v)} \right)} \cdot \frac{(1-\sigma_d)^2}{(1-p_d u_d (1-s_v))}, s_v = r + (1-r)(1-(1-p_v)^c) \quad (3.19)$$

#### IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 프로토콜을 다양한  $p_v, p_d, M$  값에 대하여 시뮬레이션 하여 기존의 프로토콜 성능과 비교하였다. 우선, 제안한 프로토콜에서 가장 좋은 성능을 얻을 수 있는  $p_v, p_d$  값을 EPA(Equilibrium Point Analysis) 방법과 시뮬레이션을 통하여 구한 뒤 이를 기존의 프로토콜의 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 또, 데이터 패킷 트래픽 제어를 수행했을 경우의 결과를 이전의 결과와 비교하고, 최적의 트래픽 제어가 수행되었을 때에 얻을 수 있는 성능한계를 구하여 보았다.

시뮬레이션에 사용한 환경변수 값은 표 1과 같다.

표 1. 시스템 환경 변수

채널 비트율, $R_c$	720 kb/s
음성정보 비트 발생율, $R_s$	32 kb/s
데이터 비트 발생률, $R_d$	1200 b/s
프레임 길이, T	16 msec
슬롯 길이, $\tau$	0.8 msec
헤더 비트수, H	64 bits
음성 패킷 전송 허용 확률, $p_v$	variable
데이터 패킷 전송 허용 확률, $p_d$	variable

음성 터미널은 예약되지 않은 슬롯에 대하여 언제든지 패킷을 전송할 수 있으며 그 때에 데이터 패킷의 간섭을 받지 않으므로 음성 터미널의 통계적 특성은 기존의 IPRMA 가 아니라 음성 전용 PRMA의 성능을 따르게 된다. 실제 음성 전용의 PRMA 에서 수용가능한 최대 터미널 수는 37이다. 그러나 음성-데이터 복합 시스템은 음성 패킷에 대한 평균 패킷 누락률( $P_{drop}$ ) 제한 뿐 아니라 데이터 패킷에 대하여 평균 지연시간  $W_{av} \leq 250m \text{ sec}$ 라는 제한을 충족시켜야 하며 이 제한을 만족시키기 위해서는 데이터 패킷에 일정 수준의 슬롯이 제공되어야 하므로 음성 패킷의 전송 허용 확률을 무조건 올릴 수는 없다.

그림 3에서 본 논문에서 제안한 프로토콜과 기존의 프로토콜의 성능을 비교한다. 같은 터미널 수에서 제안된 프로토콜이 평균 음성 패킷 누락률과 평균 데이터 패킷 지연 시간 모두 기존의 프로토콜보다 낮게 나타나고 있다. 기존의 프로토콜에서 수용할 수 있는

최대 터미널 수는 음성 터미널, 데이터 터미널 각각 33이며 그 때의  $p_v$ 와  $p_d$  값은 각각 0.3, 0.045이다. 제안한 프로토콜에서에서 수용할 수 있는 최대 터미널 수는 음성 터미널, 데이터 터미널 각각 34이며 그때의  $p_v$ 와  $p_d$  값은 각각 0.15, 0.05이었다.

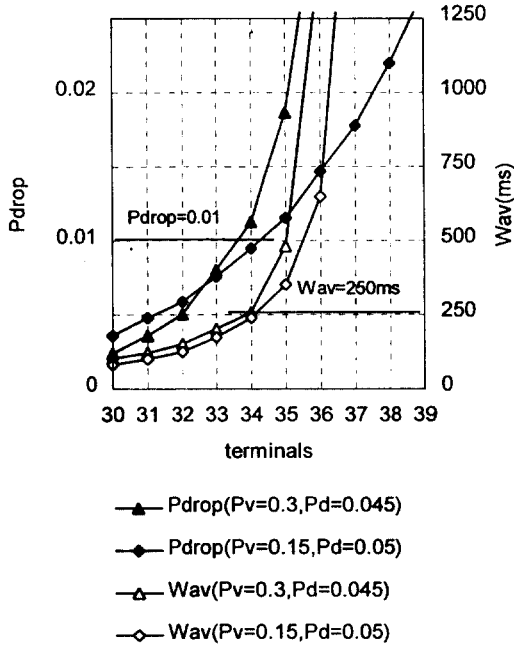


그림 3. 기존의 IPRMA 프로토콜과 제안된 IPRMA 프로토콜의 성능

그림 4에 새 프로토콜에 데이터 트래픽 제어를 행했을 경우의 성능과 최적의 트래픽 제어가 행해졌을 때의 성능을 보였다. 트래픽 제어를 행했을 경우 데이터 터미널은 더 적은 슬롯으로 필요한 패킷 전송 성공률을 달성할 수 있으므로 음성 패킷 전송 허용 확률을 더 큰 범위에서 선택할 수 있다. 시뮬레이션 결과  $p_v=0.18$ 이 가장 적당한 값이었으며( $p_d$ 는 트래픽에 의하여 적용적으로 변화한다.) 이때에 수용 가능한 터미널 수는  $M=35$ 이었다. 데이터 패킷에 최적 트래픽 제어가 행해졌을 때에도 36터미널을 수용할 수는 없었으며 이로써 이상의 제어 방법으로 얻을 수 있는 최대 수용 가능 터미널 수는 35임을 알 수 있다. 그러나 최적 트래픽 제어의 결과에서 35 터미널의 평균 지연시간은 크게 줄어들며 더 높은 데이터 발생률

을 수용할 수 있다.

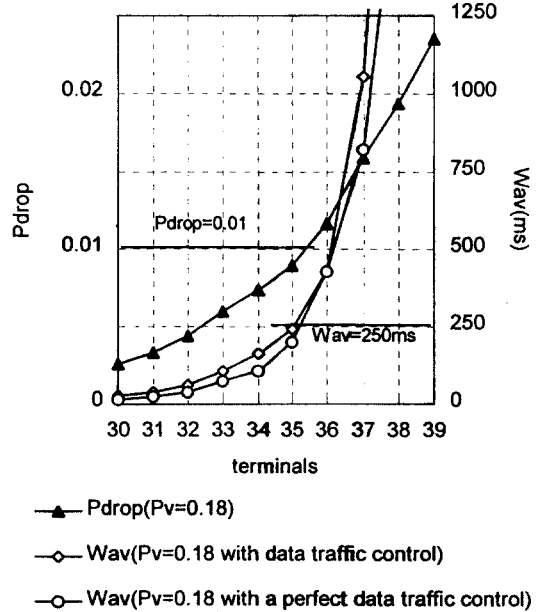


그림 4. 트래픽 제어와 최적 제어를 적용한 새 프로토콜

## V. 결론

본 논문에서는 기존의 IPRMA 프로토콜을 수정하여, 최대 수용 터미널 수를 늘릴 수 있음을 보였다. 제안된 시스템의 성능 평가와 적절한 시스템 변수들의 유도를 위해서는 EPA 방법을 사용하였으며 분석 결과와 시뮬레이션 결과들을 기존의 IPRMA 프로토콜의 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 시스템의 성능 평가 기준으로 음성 서버 시스템에 대해서는 평균 패킷 누락율, 데이터 서버 시스템에 대해서는 평균 패킷 지연 시간을 사용하였으며 최종적으로 수용 가능 터미널 갯수를 살펴보았다.

본 논문에서는 기존의 IPRMA 프로토콜에서 음성 패킷과 데이터 패킷이 접속을 시도하는 슬롯을 분리 시킴으로써 전체적인 패킷 충돌 가능성을 줄였으며 결과적으로 수용 가능 터미널 갯수가 증가되었다. 본 논문에서 제안한 프로토콜에서는 음성 패킷과 데이터 패킷이 접속을 시도하는 슬롯이 분리되어 있기 때문에 데이터 서버 시스템에 대한 간단한 트래픽 제어

가 가능하다. 실제로 분산형 동적 제어를 데이터 서브 시스템에 적용하였을 경우 수용 가능 터미널 갯수가 제어를 적용하지 않았을 경우보다 증가되었고, 최적의 트래픽 제어를 적용했을 경우는 수용 가능 터미널 갯수가 더 증가하지는 않았으나 평균 데이터 패킷 지연 시간이 크게 줄었다.

본 논문에서는 제안한 프로토콜을 시간적으로 정확한 타이밍 분석과 채널 모델을 고려하지 않고 거시적인 관점에서 분석하였으므로 앞으로 좀 더 상세한 분석이 필요하다. 그러나 현재 한정된 채널 자원의 셀룰라 망에서 터미널 수용 능력의 증가는 절실한 요구이므로 수용능력에서 기본적으로 기존의 프로토콜을 앞서는 새 알고리즘의 적용은 충분히 타당할 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

1. Goodman D. J., Valenzuela R. A., Gayliard K. T., and Ramamurthi B., "Packet reservation multiple access for local wireless communications," IEEE Trans. on Commun, vol.37, pp.885-890, 1989.
2. Chung H. Y., Goodman D. J., "Transmission of speech and data using packet reservation multiple access," IEEE Int. Conf. on Communications ICC91, Denver, pp.99-104, 1991.
3. Sanjiv Nanda, David J. Goodman and Uzi Timor, "Performance of PRMA: A Packet Voice Protocol for Cellular Systems," IEEE Trans. on VT, vol.39, pp.584-598, 1991.
4. Sanjiv Nanda, "Stability Evaluation and Design of the PRMA Joint Voice Data System," IEEE Trans. on Commun, vol. 42, pp. 2092-2104, 1994.
5. K.C.Chua and W.M.Tan, "Modified Packet Reservation Multiple Access Protocol," Electronic Letters, vol.29, No.8, pp.682-684, 1993.
6. Bruce Hajek, Timothy van Loon, "Decentralized Dynamic Control of a Multiaccess Broadcast Channel," IEEE Trans. on Computers, vol.27, pp. 559-570, 1982.
7. Shuji Tasaka, "Stability and Performance of the R-ALOHA Packet Broadcast System," IEEE Trans.

- on Computers, vol.32, No.8, pp.717-726, 1983.
8. David J. Goodman, "Cellular Packet Communications," IEEE trans. on Commun., vol.38, No.8, pp.1272-1280, 1994.
9. Norman Abramson, "Multiple Access in Wireless Digital Networks," Proc. of IEEE, vol.82, No.9, pp.1360-1369, 1994.
10. K.C.Chua, "Minislotted Packet Reservation Multiple Access," Electronics Letters, vol.29, No.22, pp.1920-1921, 1993.



김 동 식(Dong-Sik Kim) 정회원

1966년 7월 15일생

1989년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1991년 8월:연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1992년 9월~현재:연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정 재학

※주관심분야:이동무선통신, 다중접속 방식, 무선 패킷망, 대역확산통신



안 준 기(Jun-Kui Ahn) 정회원

1971년 11월 2일생

1994년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1996년 2월:연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1996년 3월~현재:연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정 재학

※주관심분야:이동무선통신, 무선 패킷망, 대역확산통신





김 태 중(Tae-Joong Kim)정회원

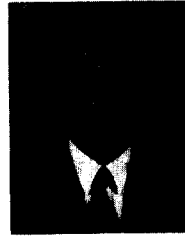
1968년 9월 29일생

1991년 2월:연세대학교 공과대  
학 전기공학과 졸업  
(공학사)

1993년 2월:연세대학교 대학원  
전기공학과 졸업(공  
학석사)

1993년 3월~현재:연세대학교 대학원 전기공학과 박  
사과정 재학

※주관심분야:대역확산통신, 광대역통신망, 무선 패  
킷망



신 재 민(Chae-Min Shin)정회원

1946년 4월 5일생

1969년 2월:광운대학교 전자공  
학과 졸업

1993년 2월:관동대학교 대학원  
전자공학과 졸업(공  
학석사)

1978년 3월~현재:주문진수산고  
등학교 전자통신과 교사

황 금 찬(Keum-Chan Whang) 정회원

1944년 7월 18일생

1967년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업  
(공학사)

1979년 6월:Polytechnic Institute of New York 전기  
공학과 졸업(공학박사)

1980년 9월~현재:연세대학교 공과대학 전기공학과  
교수

※주관심분야:대역확산통신, 이동무선통신, 무선 패  
킷망, 광대역통신망, 탄성표면파 소자  
및 그 응용분야