

Slotted CDMA 환경에서 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 프로토콜 연구

임 인택^{*}

요 약

본 논문에서는 Slotted CDMA 시스템에서 패킷 데이터 서비스를 위한 전송확률 제어 기법과 MAC 프로토콜을 제안한다. Slotted CDMA 시스템에서 다원접속간섭은 패킷 전송 실패의 주요 요인이 된다. 따라서 최적의 시스템 처리율을 얻기 위하여 동시에 전송되는 패킷의 수를 일정하게 유지시킬 필요가 있다. 제안한 프로토콜에서는 기지국이 망의 부하에 따라 단말기의 패킷 전송확률을 계산하여 방송하고, 단말기에서는 이를 기반으로 전송을 시도한다. 성능 분석의 결과, 제안한 기법은 각 단말기들이 독립적으로 전송 확률을 계산하여 접속 제어를 하는 기법에 비하여 우수한 처리율을 얻을 수 있었으며, 부하에 관계없이 각 단말기에게 공평한 패킷 전송을 보장함을 알 수 있었다.

A Study on MAC Protocol for Packet Data Service in Slotted CDMA Environment

In-Taek Lim^{*}

ABSTRACT

This paper proposes a transmission probability control scheme and MAC protocol for packet data services in slotted CDMA system. In slotted CDMA system, multiple access interference is the major factor of unsuccessful packet transmissions. Therefore, in order to obtain the optimal system throughput, the number of simultaneously transmitted packets should be kept at a proper level. In the proposed protocol, the base station calculates the packet transmission probability of mobile stations according to the offered load and then broadcasts it. Mobile stations, which have a packet, attempt to transmit packet with the received probability. Numerical analysis and simulation results show that the proposed scheme can offer better system throughput than the conventional one, and guarantee a good fairness among all mobile stations regardless of the offered load.

Key words: MAC protocol(MAC 프로토콜), Slotted CDMA(슬롯 CDMA)

1. 서 론

CDMA 시스템에 적용되는 확산코드 할당방식 중

※ 교신저자(Corresponding Author): 임인택, 주소: 부산시 남구 우암동 55-1(608-738), 전화: 051)640-3423, FAX: 051)640-3038, E-mail: itlim@pufs.ac.kr

접수일: 2003년 10월 29일, 완료일: 2003년 12월 19일

^{*} 종신회원, 부산외국어대학교 컴퓨터공학부 조교수

※ 본 연구는 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었습니다(KRF-2002-041-D00447)

에서 전용코드 방식인 경우 단말기들은 자신에게 할당된 고유의 확산코드를 이용하여 패킷을 전송한다 [1]. 이 경우, 각 단말기들은 고유의 확산코드를 이용하여 패킷을 전송하므로 패킷 충돌로 인한 전송 실패는 없는 반면, 다원접속간섭에 의한 비트 오류가 패킷 전송의 실패 요인이 된다.

한편, 알고리즘의 구현이 용이한 S-ALOHA 기법을 CDMA 시스템에 적용하고, 고정된 확률로 패킷 전송을 시도하는 슬롯 CDMA 시스템에 대한 많은

연구가 있어왔다[2,3]. 그러나, 고정 전송확률 기법인 경우, 전송확률을 높게 하면 망의 부하가 높아지고, 이에 따라 동시에 전송되는 패킷의 수가 많아서 과도한 패킷 오류가 발생할 수 있다. 또한 전송확률을 낮게 하면 지나친 전송 억제로 인하여 많은 단말기들이 전송 허용되지 않아서 시스템 성능이 저하되는 문제점이 있다.

이에 따라 단말기들의 전송확률을 가변적으로 제어하는 기법들에 대한 많은 연구가 있어왔다[4-7]. 이러한 대부분의 기법들인 경우, 새로운 패킷은 무조건 전송을 시도하고, 재전송되는 패킷은 단말기들이 독립적으로 일정하게 감소시킨 전송확률로 전송을 시도한다. 그러나 이 방식은 시스템의 부하에 상관없이 전송에 실패한 단말기들이 전송확률을 감소시키므로, 지나친 전송 억제로 인하여 시스템 처리율이 저하되는 단점이 있다. 따라서 슬롯 CDMA 시스템에서는 다원접속간섭에 의한 패킷 오류를 줄이기 위하여 시스템 부하 기반의 전송확률 제어 기법을 필요로 한다.

본 논문에서는 전용코드 방식의 슬롯 CDMA 시스템에서 동시에 전송되는 패킷의 수를 일정한 수준이 하로 유지시키기 위한 전송확률 제어 기법과 이를 기반으로 한 MAC 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석한다. 제안한 기법은 기존의 기법과는 달리, 기지국이 망의 부하에 따라 새로운 패킷과 재전송되는 패킷의 전송확률을 계산하여 방송하고, 단말기에서는 수신한 확률을 기반으로 전송을 시도한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 전송확률 제어 알고리즘이 적용되는 접속제어 알고리즘을 기술하고, 3장에서는 제안하는 전송확률 제어 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 해석적 방법을 통한 성능 해석 모델을 제시하고, 4장에서는 해석적 방법과 시뮬레이션을 통한 성능분석 결과를 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 접속제어 알고리즘

본 논문에서 제안하는 프로토콜을 위한 시스템은 하나의 기지국과 K 개의 단말기로 구성된 중앙 집중형 시스템으로 가정한다. 단말기에서는 슬롯의 시작점에서 패킷을 전송하며, 기지국과 단말기간의 슬롯 동기화는 항상 유지되는 것으로 가정한다. 또한 적용하

는 시스템의 확산코드 프로토콜은 각 단말기들이 자신에게 할당된 고유의 확산코드를 사용하여 패킷을 전송하는 전용코드 방식으로 가정한다.

그림 1은 단말기의 동작 상태를 나타낸 것이다 [10]. 그림에서 나타낸 바와 같이 휴지 상태에 있는 단말기에서 새로운 패킷이 발생하면 경쟁 상태로 천이한다. 경쟁 상태에 있는 단말기는 다음 슬롯에서 주어진 전송확률(P_n)로 패킷을 전송하고 기지국으로부터 응답을 기다린다. 만일 전송한 패킷에 오류가 발생하거나 전송허용이 되지 않을 경우, 해당 단말기는 재전송 상태로 천이하고, 다음 슬롯에서 주어진 재전송확률(P_r)로 다시 전송을 시도한다. 재전송 상태에 있는 단말기는 패킷 전송이 성공할 때까지 계속하여 매 슬롯마다 전송을 시도한다. 한편, 전송에 성공한 단말기의 버퍼에 남은 패킷이 있으면 경쟁 상태로 천이하여 위의 과정을 반복하고, 아니면 휴지 상태로 천이한다.

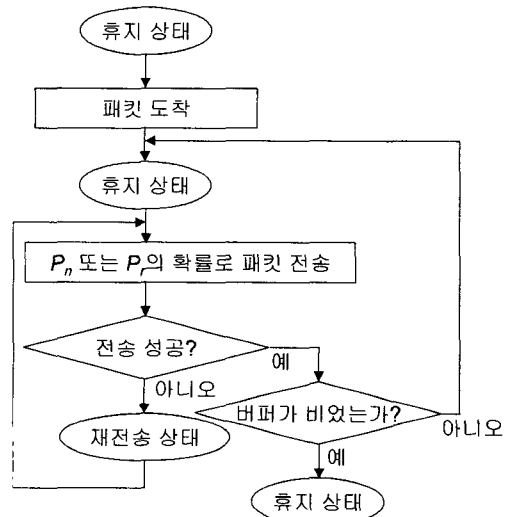


그림 1. 단말기의 동작

3. 전송확률 제어 알고리즘

본 논문에서 제안하는 전송확률 제어 기법인 PB(Proportional Backoff) 기법은 기지국에서 매 슬롯마다 시스템 부하에 따라 경쟁 상태에 있는 단말기의 전송확률(P_n)과 재전송 상태에 있는 단말기의 재전송확률(P_r)을 계산하여 방송한다. 한편, 전송할 패킷이 있는 단말기들은 자신의 현재 상태를 기반으로

수신한 전송확률 또는 재전송확률로 패킷 전송을 시도한다.

기지국이 각 단말기들에게 방송하기 위한 슬롯 (t+1)에서의 전송확률 $P_n(t+1)$ 과 재전송확률 $P_r(t+1)$ 은 슬롯 t에서 전송되는 패킷들의 부하를 기반으로 다음과 같이 계산된다.

$$P_n(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{if } N_B(t+1) \leq TH_m \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$P_r(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{if } N_B(t+1) \leq TH_m \\ \frac{TH_m}{N_B(t+1)}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 TH_m 는 DS/CDMA 시스템에서 처리율을 최대로 유지하기 위하여 동시에 패킷을 전송하는 단말기 수의 임계치를 나타내고, $N_B(t+1)$ 은 슬롯 (t+1)에서 재전송 상태에 있는 단말기의 수를 나타낸다. 슬롯 (t+1)에서 재전송 상태에 있는 단말기 수는 슬롯 t에서 전송한 패킷에 오류가 있는 단말기 수 $N_E(t)$ 와 슬롯 t에서 전송허용이 되지 않은 단말기 수 $N_P(t)$ 로 계산되며, 이는 다음과 같이 정의된다.

$$N_B(t+1) = N_E(t) + N_P(t) \quad (3)$$

한편 슬롯 t에서 전송허용이 되지 않은 단말기의 수는 경쟁 상태 또는 재전송 상태에 있는 단말기들이 전송허용이 되지 않은 수를 나타내며, 다음과 같이 계산된다.

$$N_P(t) = N_A(t) \{1 - P_n(t)\} + N_B(t) \{1 - P_r(t)\} \quad (4)$$

여기서, $N_A(t)$ 는 슬롯 t에서 경쟁 상태로 천이한 단말기의 수를 나타내며, 이는 다음과 같다.

$$N_A(t) = \{N - N_B(t)\} \cdot \lambda \quad (5)$$

위의 식에서 N은 시스템의 총 단말기 수를 나타내고, λ 는 휴지 상태에 있는 단말기들이 슬롯 당 발생시키는 새로운 패킷의 발생률을 나타낸다. 기지국이 $N_A(t)$ 를 계산할 때, 각 단말기의 새로운 패킷 발생률인 λ 를 직접 알 수 있는 방법은 없다. 따라서 기지국에서는 각 단말기들이 생성하는 새로운 패킷의 수를 추적하기 위하여 일정한 시간을 윈도우로 설정하고, 이 기간동안 도착한 새로운 패킷의 수를 추적하여 이에 대한 평균값을 추정치 λ 로 사용한다.

한편 식 (1)과 (2)의 임계치를 구하기 위하여 본 논문에서는 다원접속간섭을 가우시안 임의변수로

가정하여 해석한 비트오류율 모델을 가정한다. 해석 결과에 따르면 동시에 전송하는 단말기 수가 n이고, 처리이득이 G_p 이면서 신호 대 잡음 전력 비가 E_b/N_0 인 경우, 평균 비트 오류율은 다음 식과 같다[9].

$$P_e(n) = Q \left(\left[\frac{m-1}{3G_p} + \frac{N_0}{2E_b} \right]^{-\frac{1}{2}} \right) \quad (6)$$

$$\text{여기서, } Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-u^2/2} du$$

패킷의 전체 길이가 L 비트인 경우, n개의 단말기가 동시에 패킷을 전송할 때, 하나의 패킷이 성공적으로 수신될 확률 $P_c(n)$ 과 성공적으로 패킷을 전송한 단말기의 수 $S(n)$ 은 다음과 같다.

$$P_c(n) = \{1 - P_e(n)\}^L \quad (7)$$

$$S(n) = n \cdot \{1 - P_e(n)\}^L \quad (8)$$

그림 2는 패킷의 길이가 432비트이고, 처리이득이 64이면서 E_b/N_0 가 15dB인 경우, 동시에 패킷을 전송하는 단말기의 수에 따라 전송에 성공하는 단말기의 수를 나타낸 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 동시에 패킷을 전송하는 단말기의 수가 12개 이상인 경우, 다원접속간섭에 의한 과도한 패킷 오류로 인하여 전송에 성공하는 단말기의 수가 급격히 감소한다.

제한한 방법에서는 재전송 상태에 있는 단말기의 수가 최대 처리율을 유지하기 위하여 동시에 전송할 수 있는 단말기 수의 임계치 TH_m 보다 적으면, 전송 확률과 재전송확률을 모두 1로 하여 재전송 상태뿐만 아니라 경쟁 상태에 있는 단말기들로 하여금 패킷

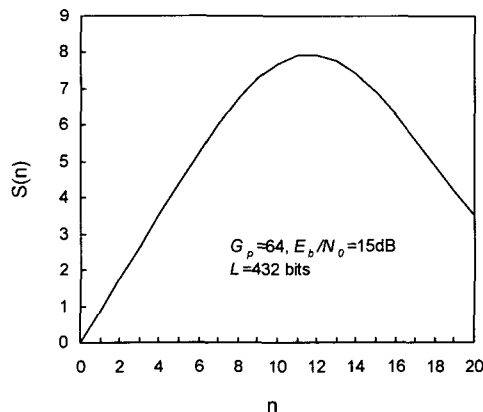


그림 2. CDMA 시스템의 처리율

을 전송하게 한다. 반면, 다원접속간섭에 의한 패킷 오류로 인하여 재전송 상태에 있는 단말기의 수가 TH_m 보다 많으면, 기지국에서는 재전송되는 단말기의 패킷 전송 지연을 줄이기 위하여 경쟁 상태에 있는 단말기들의 새로운 패킷에 대한 전송은 중단시키고, 재전송 상태에 있는 단말기들만 균등한 확률로 패킷을 전송하게 한다.

4. 시스템 성능 해석

본 논문에서 제안한 기법의 성능 해석을 위한 시스템 모델은 그림 3과 같고, 성능 해석을 위한 매개변수는 표 1과 같다. 휴지 상태에 있는 단말기는 슬롯의 시작점에서 λ 의 확률로 새로운 패킷을 발생시켜서 경쟁 상태로 천이한다. 경쟁 상태로 천이한 단말기는 P_n 의 확률로 패킷 전송을 시도하고, 전송허용이 되지 않았거나 다원접속간섭에 의하여 패킷 전송에 실패

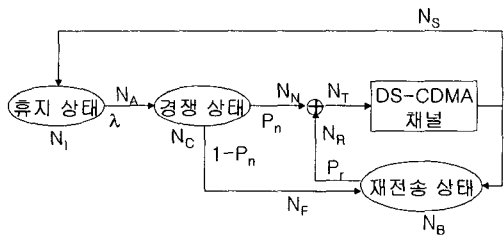


그림 3. 시스템 모델

표 1. 시스템 모델의 매개변수

N	총 단말기 수
$N_B(t)$	재전송 상태 단말기 수
$N_I(t)$	휴지 상태 단말기 수
$N_C(t)$	경쟁 상태로 천이한 단말기 수
$N_R(t)$	패킷 전송하는 재전송상태 단말기 수
$N_N(t)$	전송 허용된 경쟁상태 단말기 수
$N_F(t)$	전송허용 안된 경쟁상태 단말기 수
$N_T(t)$	패킷을 전송하는 총 단말기 수
$N_A(t)$	패킷을 발생시킨 단말기 수
$N_S(t)$	전송에 성공한 단말기 수
$N_{S,C}(t)$	전송 성공한 경쟁상태 단말기 수
$N_{S,B}(t)$	전송 성공한 재전송상태 단말기 수
P_n	경쟁상태에서 패킷을 전송할 확률
P_r	재전송상태에서 패킷을 전송할 확률
$P_c(n)$	MAI가 n 일 때의 패킷 성공률

한 단말기는 재전송 상태로 천이한다. 한편 재전송 상태에 있는 단말기는 다음 슬롯에서 P_r 의 확률로 패킷 재전송을 시도한다.

이와 같은 가정 하에서 단말기의 상태는 임의의 슬롯 시점에서 휴지 상태에 있거나 재전송 상태에 있게 된다. 시스템 상태를 슬롯 t 에서 재전송 상태에 있는 단말기의 수($N_B(t)$)로 정의하면, $N_B(t)$ 는 1차원 유한 상태 마르코프 체인으로 표현될 수 있다. 슬롯 t 의 시스템 상태가 i 일 때, 다음 슬롯에서 시스템 상태가 j 일 상태 천이 확률 P_{ij} 는 다음과 같다.

$$P_{ij} = \{N_B(t+1) = j | N_B(t) = i\} \tag{9}$$

여기서의 상태 천이 확률은 휴지 상태에서 $(j-i+s)$ 개가 새로운 패킷을 발생시켜서 경쟁 상태로 천이하고, 경쟁 상태로 천이한 $(j-i+s)$ 개 중에서 b 개가 전송 허용되고, 재전송 상태의 i 개 중 $(n-b)$ 개가 전송되어, 총 전송한 n 개 중에서 s 개가 성공할 확률로 구해지며, 이는 다음과 같다.

$$P_{ij} = \sum_{n=0}^j \sum_{s=0}^i \sum_{b=0}^{j-i+s} \{ \frac{B(N-i, j-i+s, \lambda) \cdot B(j-i+s, b, P_n) \cdot B(i, n-b, P_r) \cdot B(n, s, P_c(n))}{B(i, n, P_r)} \} \tag{10}$$

여기서, P_n 과 P_r 은 각각 재전송 상태의 단말기 수가 i 개일 때의 식(1)과 식(2)와 같으며, $B(n, i, P)$ 는 이항분포로서 다음과 같다.

$$B(n, i, p) = \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \tag{11}$$

이상과 같이 상태 천이 확률이 구해지면 정상상태 확률(Steady State Probability) π_i 는 다음과 같이 구해진다.

$$\pi_i = \sum_{j=0}^N \pi_j P_{ji}, \quad 0 \leq i \leq N \tag{12}$$

$$\sum_{i=0}^N \pi_i = 1$$

성능 평가를 위한 시스템 처리율을 한 슬롯 당 성공적으로 전송되는 패킷의 수로 정의하면, 이는 다음과 같이 구해진다.

$$S = \sum_{n=0}^N \left[\sum_{s=0}^n s \times B(n, s, P_c(n)) \right] \times \Pr\{N_T = n\} \tag{13}$$

여기서, $\Pr\{N_T=n\}$ 은 패킷을 전송하는 단말기의 수가 평균 n 개일 확률을 나타낸다. 이는 다음과 같이 재전송 상태의 단말기 수가 i 개인 조건에서 총 n 개의

단말기가 패킷을 전송할 조건부 확률로 구해진다.

$$\Pr\{N_T = n\} = \sum_{i=0}^N \left[\sum_{a=0}^{N-i} \sum_{m=\max(0, n-i)}^{\min(a, n)} \left\{ \frac{B(N-i, a, \lambda) \cdot B(a, m, P_n)}{B(i, n-m, P_r)} \right\} \right] \pi_i \quad (14)$$

5. 결과 분석

성능 분석을 위하여 각 단말기들은 포아송 분포로 패킷을 발생시키고, 패킷의 크기는 432비트로 가정한다. CDMA 시스템의 처리이득은 64이고, E_b/N_0 는 15dB로 가정하였으며, 이 경우 시스템의 처리율을 최대로 유지하기 위한 단말기 수의 임계치 TH_m 는 12이다. 또한 각 단말기들의 평균 패킷 발생률(λ)를 얻기 위한 윈도우의 크기는 1,000슬롯으로 가정하였다.

본 논문에서는 해석적 모델의 결과에 대한 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 이에 대한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4는 시스템에 가해지는 부하에 따른 시스템 처리율을 나타낸 것으로, 시스템 부하(G)는 한 슬롯 당 발생한 총 패킷의 수를 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이 해석적 방법에 의한 결과가 시뮬레이션으로 얻은 결과와 거의 일치함을 알 수 있다.

본 논문에서는 제안한 PB 기법의 성능을 HB(Harmonic Backoff) 기법[4] 및 BEB(Binary Exponential Backoff) 기법[11]과 비교하였다. HB 기법과 BEB 기법은 각 단말기들이 독립적으로 전송확률을 계산하여 패킷 전송을 시도하는 방법으로, 새로운 패킷이 발생하면 무조건 전송을 시도하고, 만일 전송에 실패하면 단말기들은 각각 다음 식과 같이 독립적

으로 전송확률을 감소시킨다.

$$P_{HB}(i+1) = \frac{P_{HB}(i)}{P_{HB}(i)+1}, i \geq 1 \quad (15)$$

$$P_{BEB}(i+1) = 2^{-i}, i \geq 1 \quad (16)$$

그림 5, 6, 7은 본 논문에서 제안한 PB 기법과 기존의 HB 및 BEB 기법에서 부하에 따른 전송 패킷 수, 시스템 처리율, 및 평균 전송 지연을 각각 비교한 것이다. 기존의 기법인 경우, 패킷 전송에 실패한 단말기들은 재전송 상태에 있는 단말기의 수와는 무관하게 전송확률을 감소시킨다. 따라서 HB 및 BEB 기법은 트래픽 부하가 높은 경우, 패킷 오류로 인하여 전송에 실패한 단말기들은 과도하게 패킷 전송을 억제하므로 그림 5에서 나타낸 바와 같이 본 논문에서 가정한 TH_m 인 12개보다 월등히 적은 수의 패킷이 전송된다. 이에 따라 그림 6에서 나타낸 바와 같이 본 논문에서 제안한 기법보다 시스템 처리율이 낮게 나타난다. 또한 본 논문에서 제안한 PB 기법은 시스템의 부하가 TH_m 이상에서는 시스템 부하에 관계없

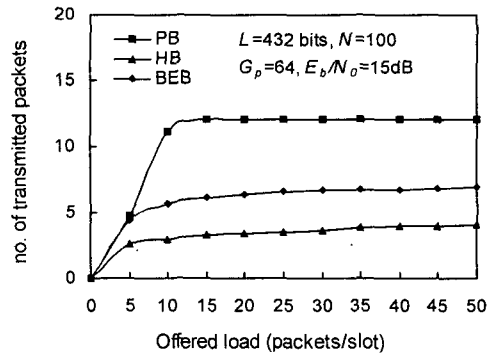


그림 5. 부하에 따른 전송 패킷 수

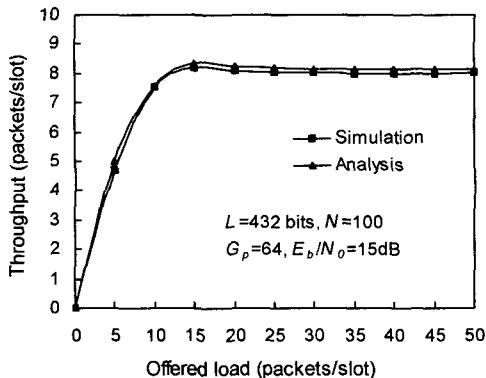


그림 4. 해석적 방법과 시뮬레이션 결과 비교

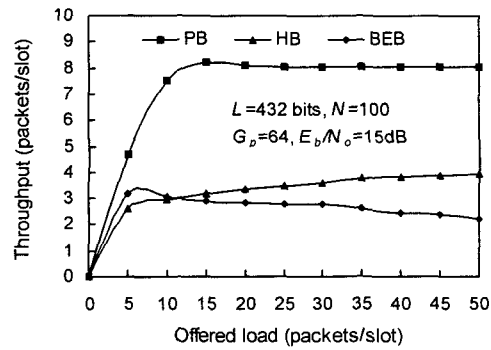


그림 6. 부하에 따른 시스템 처리율

이 거의 일정한 처리율을 나타낸다. 기존의 기법인 경우, 재전송 상태에 있는 단말기들은 계속하여 전송 확률을 감소시키므로 많은 단말기들의 패킷 전송이 허용되지 않고, 이에 따라 그림 7에서처럼 평균 전송 지연은 제안한 PB 기법에 비하여 증가한다.

그림 8과 9는 시스템 부하가 각각 10과 50인 경우,

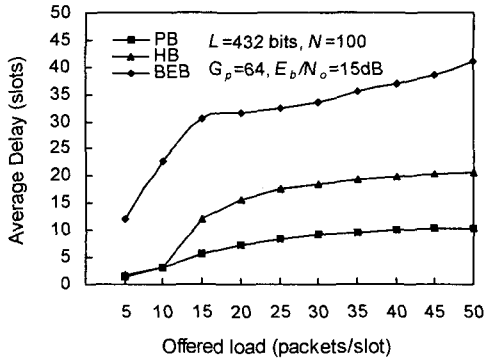


그림 7. 부하에 따른 평균 전송 지연

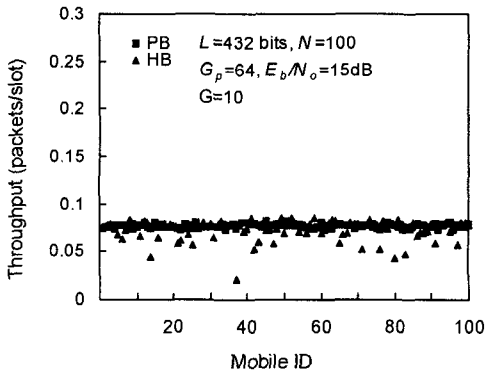


그림 8. 단말기별 처리율 (G=10)

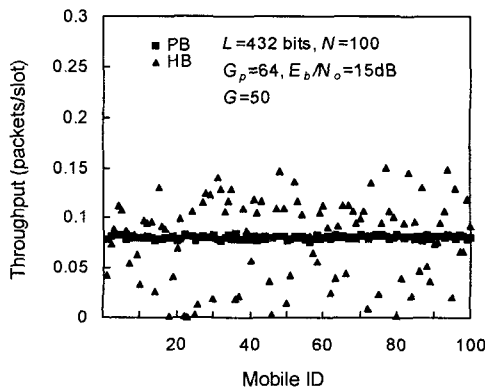


그림 9. 단말기별 처리율 (G=50)

각 단말기들의 처리율을 비교한 것이다. 시스템 부하가 비교적 적은 경우($G=10$), PB 기법 및 HB 기법 모두 각 단말기들에게 거의 동일한 처리율을 제공한다. 반면 시스템 부하가 높은 경우($G=50$), 본 논문에서 제안한 PB 기법은 각 단말기들에게 거의 동일한 처리율을 제공하는 반면, HB 기법에서의 단말기별 처리율 변동은 매우 심하다. 이는 부하가 높을 경우, HB 기법에서는 재전송 상태에 있는 단말기들은 계속하여 전송확률을 줄이므로 전송허용이 되지 않고, 반면 새로운 패킷이 발생하여 경쟁 상태에 있는 단말기들은 무조건 패킷 전송을 시도하므로 재전송 상태 단말기들보다 우선적으로 전송허용이 되기 때문이다.

그림 10은 시스템 부하에 따른 처리율 공평 지수를 비교한 것이다. 처리율 공평 지수는 한 슬롯 동안 각 단말기들이 공평하게 성공적으로 전송할 수 있는 패킷의 수에 대하여 시뮬레이션을 통하여 실제로 측정된 성공 패킷의 수에 대한 관계로써, 이는 다음과 같이 정의된다[8].

$$Fairness = \frac{\left(\sum_{i=1}^K Y_i / Z_i \right)^2}{\sum_{i=1}^K (Y_i / Z_i)^2} \quad (17)$$

여기서, Y_i 와 Z_i 는 단말기 i 에 대하여 각각 실제 측정된 처리율과 공평 처리율을 나타낸다.

그림에서 나타낸 바와 같이 PB 기법은 시스템 부하에 관계없이 모든 단말기들에게 공평한 처리율을 제공한다. 반면, HB 기법은 부하가 증가함에 따라 재전송 단말기들의 과도한 전송 억제로 인하여 공평 지수가 급격히 감소한다.

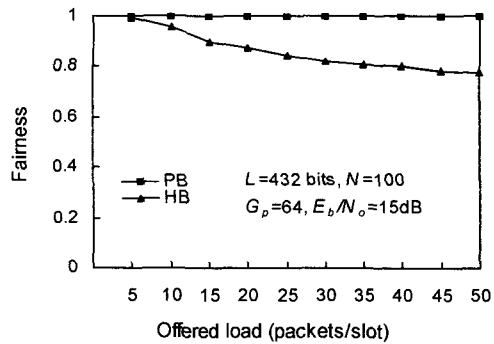


그림 10. 부하에 따른 공평 지수 비교

6. 결 론

본 논문에서는 전용코드 방식의 슬롯 CDMA 시스템에서 전송되는 패킷의 수를 일정한 수준으로 유지시켜서 최적의 시스템 성능을 얻으면서 각 단말기들에게 공평한 패킷 전송을 보장하기 위한 전송확률 제어 기법과 MAC 프로토콜을 제안하였고, 이에 대한 성능을 분석하였다. 제안한 기법에서는 기지국이 매 슬롯마다 망의 부하에 따라 새로운 패킷과 재전송되는 패킷의 전송확률을 동적으로 계산하여 방송하고, 단말기에서는 수신한 전송확률을 기반으로 전송을 시도한다.

성능 분석의 결과, 제안한 기법은 전송되는 패킷의 수를 최대의 처리율을 얻을 수 있는 다원접속간섭의 수 이하로 유지시킬 수 있었다. 이에 따라 제안한 PB 기법은 각 단말기들이 독립적으로 전송확률을 계산하여 패킷 전송을 시도하는 기법에 비하여 우수한 처리율을 얻을 수 있었으며, 시스템 부하에 관계없이 각 단말기에게 공평한 패킷 전송을 보장할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] E. Sousa, and J. A. Silvester, "Spreading code protocols for distributed spread-spectrum packet radio networks," *IEEE Trans. Commun.*, vol.36, no.3, pp.272-280, Mar. 1988.

[2] H. Okada, T. Yamazato, M. Katayama, and A. Ogawa, "CDMA slotted ALOHA system with finite buffer," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E81-A, no.7, pp.1473-1478, July 1998.

[3] O. Sallent, and R. Agustí, "A proposal for an adaptive S-ALOHA access system for a mobile CDMA environment," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol.47, no.3, pp.977-986, Aug. 1998.

[4] S. Choi, and Kang G. Shin, "A unified architecture of wireless networks for real-time and non-real-time communication services," *IEEE/ACM Trans. Networking*, vol.8, no.1, pp.44-59, Feb. 2000.

[5] Ch. V. Verikoukis, and J. J. Olimos, "Up-link

performance of the DQRUMA MAC protocol in a realistic indoor environment for W-ATM networks," in *Proc. VTC2000*, pp.1650-1655, Sept. 2000.

[6] TIA/EIA/IS-95-A, "Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular systems," *Telecommun. Indust. Assn.*, May 1995.

[7] J. F. Frigon, and V. C. M. Leung, "A pseudo-Bayesian ALOHA algorithm with mixed priorities," *ACM Wireless Networks*, vol.7, Issue 1, pp.55-63, Jan. 2001.

[8] T. W. Ban, et al., "A Fair access algorithm for packet data service in DS/CDMA-based slotted-ALOHA system," in *Proc. VTC2000*, pp.1160-1164. 2000.

[9] M. B. Pursley, "Performance evaluation for phase-coded spread-spectrum multiple access communication - Part I: system analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol.COM-25, no.8, pp.795-799, Aug. 1977.

[10] 임인택, "CDMA S-ALOHA 시스템에서 공평한 패킷 전송을 위한 MAC 프로토콜," 한국정보과학회 2003 봄 학술발표논문집, 제30권 제1호, pp.115-117, 2003.4.

[11] R. M. Metcalfe, and D. R. Boggs, "Ethernet: Distributed packet switching for local computer networks," *Commun. of the ACM*, vol. 19, no.7, pp.395-404, July 1976.



임 인 택

1984년 울산대학교 전자계산학과(공학사)
 1986년 서울대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)
 1998년 울산대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
 1986년~1993년 삼성전자(주) 특수연구소 선임연구원
 1993년~1998년 동부산대학 전자계산과 조교수
 1998년 3월~현재 부산외국어대학교 컴퓨터공학부 조교수
 관심분야 : WCDMA, Mobile IP, MAC 프로토콜