

패킷 CDMA망에서 예약 및 채널 상태 감지 기법을 적용한 MAC 프로토콜의 성능 분석

임 인 택

부산외국어대학교

Performance Analysis of MAC Protocol with Packet Reservation and Status Sensing for Packet CDMA Networks

In-Taek Lim

Pusan University of Foreign Studies

E-mail : itlim@taejo.pufs.ac.kr

요 약

패킷 CDMA망에서 음성과 데이터를 통합 서비스하기 위해서는 각 서비스가 요구하는 QoS를 만족시키면서 채널을 효율적으로 사용할 수 있는 MAC 프로토콜이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 마이크로셀룰러 환경의 패킷 CDMA망에서 음성과 데이터 서비스를 통합하기 위한 PRS²-CDMA (Packet Reservation and Status Sensing in CDMA network) MAC 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석하였다. 음성 트래픽인 경우에는 매 발음 구간 동안 채널 예약 방식으로 서비스되고, 데이터 트래픽인 경우에는 매 패킷이 발생할 때마다 기지국으로부터 수신한 채널의 상태 정보를 이용하여 음성 단말기가 사용하지 않는 임의의 채널을 선택하여 서비스된다. 성능 분석을 통하여, 본 논문에서 제안한 기법은 음성과 데이터 트래픽이 요구하는 서비스 품질을 만족하면서 시스템 용량을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In packet CDMA networks, it is important to design a MAC protocol that meets the QoS requirements of the different traffic types and allocates the radio channels efficiently. In this paper, a PRS²-CDMA MAC protocol is proposed for integrating voice and data services in the microcellular packet CDMA networks. In PRS²-CDMA, a voice terminal can reserve a spreading code to transmit voice packets during a talkspurt while a data terminal has to contend for a code for each packet transmission. The numerical results show that the proposed protocol can improve the system capacity, while guaranteeing the QoS of voice and data services.

1. 서 론

무선 멀티미디어 서비스에 대한 사용자들의 요구가 점차 확대됨에 따라 음성 위주의 서비스를 지원하는 셀룰러망 및 PCS망에서 데이터 서비스를 제공하고자하는 다양한 시도가 이루어지고 있으며, 무선 패킷 교환 기술의 발전과 함께 음성과 데이터 서비스를 패킷 교환 방식으로 통합 지원하기 위한 패킷 CDMA망에 대한 연구도 진행되고 있다[1][2]. IMT-2000 시스템인 경우에는 기존

의 회선 방식뿐만 아니라 패킷 방식을 기반으로 한 다양한 형태의 데이터 서비스를 목표로 하여 표준화가 진행되고 있다.

음성과 데이터를 통합 서비스하기 위한 패킷 CDMA망의 설계와 관련하여 중요한 기술적 과제 중 하나는 MAC 프로토콜이다. MAC 프로토콜은 두 트래픽의 서로 다른 서비스 품질을 만족시킬 수 있어야 하며, 공유하는 무선 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 설계되어야 한다. TDMA 기법으로 다중 채널이 제공되는 협대역 패킷 무

선망인 경우, 음성은 채널 예약 방식으로 서비스하고, 데이터는 슬롯 ALOHA 방식으로 서비스하는 다양한 MAC 프로토콜들이 연구되어 왔다 [3][4]. 그러나, 이러한 기법들은 슬롯 당 채널이 단지 한 개뿐이므로 시스템 부하가 증가됨에 따라 빈번한 패킷 충돌로 인하여 성능이 급격히 저하되는 문제점이 있다. 반면, Dastangoo는 S²MA 기법을 CDMA 시스템에 적용하여 성능을 해석하였다[5]. 해석 과정에서 두 개 이상의 단말기가 동일한 확산 코드를 선택할 경우 발생하는 패킷 충돌 현상을 전혀 고려하지 않았으므로 해석 결과는 다소 과대 평가될 수 있는 문제점이 있다. 또한 이 기법에서는 음성의 목음 구간에도 채널을 점유하게 되어 채널의 효율이 저하되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 CDMA 방식으로 다중 채널이 제공되는 셀룰러 패킷 CDMA망에서 예약 기법과 채널 상태 감지 기법을 적용하여 음성과 데이터를 통합 서비스하기 위한 PRS²-CDMA (Packet Reservation and Status Sensing in CDMA) 프로토콜을 제안하고 성능을 분석한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 프로토콜의 상세한 동작 과정을 설명하고, 3장에서는 제안한 프로토콜의 성능 해석과 결과를 분석하고, 마지막으로 결론을 기술한다.

II. 제안하는 프로토콜

2.1 프레임 구조

본 논문에서 제안하는 프로토콜이 적용되는 시스템은 하나의 셀 내에 N_s 개의 음성 단말기와 N_d 개의 데이터 단말기가 있는 마이크로셀룰러 패킷 CDMA망으로 가정한다. 셀 내의 모든 단말기들은 기지국과 슬롯 동기 및 확산 코드 동기가 유지되는 것으로 가정한다.

PRS²-CDMA 프로토콜에서는 상향링크와 하향링크를 FDD로 구현하고, 상향링크는 그림 1과 같이 CDMA와 TDMA 방식이 결합된 형태의 프레임 구조를 가정한다. 그림에서 나타낸 바와 같이 하나의 프레임은 k_0 개의 타임 슬롯으로 구성되고, 단말기들은 각 슬롯마다 상호 상관 특성을 가지는 m 개의 확산 코드 중 하나를 이용하여 패킷을 전송한다. 여기서 프레임 길이는 상향링크의 대역폭과 음성 단말기의 샘플링 속도에 따라 결정된다.

단말기에서 발생하는 패킷은 슬롯의 길이와 동일하며, 그림 1에서는 나타낸 바와 같이 프리앰블부, 헤더부, 사용자 정보부, 및 트레일러부로 구성된다. 기지국에서는 매 슬롯의 시작점에서 사용 가능한 확산 코드 정보와 수신한 데이터 패킷에 대한 응답을 방송한다. 한편 상향링크의 다윈 접속 간섭을 줄이기 위하여 기지국에서는 음성 예약 요청 패킷을 수신하면 즉시 그에 대한 응답을 방송한다.

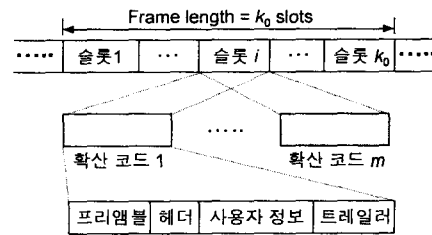


그림 1. 상향링크 및 패킷 구조

2.2 프로토콜 동작

음성 활성 검출기를 사용하는 음성 단말기는 매 슬롯마다 α_v 의 확률로 묵음상태에서 발음상태로 천이하고, γ_v 의 확률로 발음상태에서 묵음상태로 각각 천이한다. 발음구간이 시작된 단말기는 경쟁 상태가 되어서 확산 코드 예약을 시도한다. 경쟁 상태에 있는 음성 단말기는 기지국으로부터 수신한 확산 코드 상태 정보를 이용하여 다음 슬롯의 시작점에서 예약되지 않은 임의의 확산 코드를 선택하여 전송 허용 확률 β 로 예약 요청 패킷을 전송한다. 예약 요청 패킷을 성공적으로 수신하면 기지국에서는 예약에 대한 응답을 즉시 방송한다. 예약에 실패한 단말기는 예약 패킷의 나머지에 대한 전송을 중단하고, 예약에 성공한 단말기는 예약 상태로 천이 되어 발음 구간이 끝날 때까지 예약한 확산 코드를 통하여 매 프레임마다 주기적으로 음성 패킷을 전송한다. 음성 서비스인 경우, 일정 수준 이하의 패킷 오류는 서비스 품질에 영향을 미치지 않지만, 패킷 전송 지연은 심각한 문제가 될 수 있다. 따라서, 일정 시간 (W_{max} 슬롯) 동안 예약에 실패한 패킷은 누락되며, 이로 인한 평균 패킷 누락률이 음성 트래픽의 중요한 성능 평가 변수가 된다.

PRS²-CDMA 프로토콜에서 데이터는 매 패킷마다 경쟁 방식으로 서비스된다. 휴지 상태에 있는 단말기가 하나의 데이터 패킷을 생성하면 경쟁 상태로 천이 하여 음성 단말기에 의해 예약되지 않으면서 음성 단말기가 예약 요청도 하지 않은 확산 코드를 통하여 전송 허용 확률 β 로 전송을 시도한다. 따라서 데이터 단말기는 음성 단말기보다 늦게 전송을 시도하며, 음성 단말기에 비하여 상대적으로 낮은 우선 순위로 서비스된다. 데이터 서비스인 경우, 모든 데이터 패킷은 어느 정도의 지연이 발생하더라도 반드시 전송되어야 하므로, 이로 인한 평균 패킷 지연 시간이 데이터 트래픽의 중요한 성능 평가 변수가 된다.

III. 성능 해석 및 결과 분석

3.1 음성 트래픽의 성능 해석

음성 트래픽은 데이터 트래픽에 비하여 높은 우선 순위로 처리되므로, 음성 단말기의 상태는

데이터 단말기의 상태에 영향을 받지 않는다. 임의의 슬롯에서 음성 단말기는 묵음 상태, 경쟁 상태, 또는 예약 상태에 있게 된다. 슬롯 t 의 시작점에서 음성 트래픽의 시스템 상태 $\{X_v^t=(R_v^t, C_v^t)\}$ 를 예약 상태에 있는 음성 단말기의 수(R_v^t)와 경쟁 상태에 있는 음성 단말기의 수(C_v^t)로 정의하면, X_v^t 는 2차원 유한 상태 마르코브 체인으로 표현될 수 있다. 슬롯 t 의 시작점에서 X_v^t 가 (j, k) 일 때, 묵음 상태에 있는 단말기 중에서 v_i 개가 발음 구간이 시작되고, 경쟁 상태에 있는 단말기 중에서 v_r 개가 그 슬롯의 예약되지 않은 x 개의 확산 코드를 통하여 예약을 시도하여 이 중 s_v 개가 성공한 후, 다음 슬롯에서 시스템 상태가 (r, l) 로 천이할 상태 천이 확률은 다음과 같이 정의된다.

$$Q_{jk, rn}^v = \sum_{i=0}^N \sum_{i'=0}^{N-i} \sum_{i''=0}^k \left\{ \begin{array}{l} \Phi(x, j, k_0, m) b(N_v - j - k, v_i, \alpha_v) \\ b(k, v_r, \beta) b(j + s_v, r, 1 - \gamma_v) S(s_v | v_r, x) \end{array} \right\} \quad (1)$$

여기서,

$$\begin{aligned} s_v &= k + v_i - l, 0 \leq s_v \leq \min(v_r, x) \\ 0 \leq \{j, r\} &\leq \min(N_v, mk_0), 0 \leq k \leq N_v - j, 0 \leq l \leq N_v - r \\ b(n, i, p) &= \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \end{aligned}$$

식 (1)에서 $S(s | n, x)$ 는 x 개의 확산 코드를 통하여 n 개의 패킷을 전송하여 이 중 s 개가 성공할 조건부 확률로써, 다음과 같이 정의된다[6].

$$S(s | n, x) = \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} \left(\frac{1}{x} \right)^j \left(1 - \frac{1}{x} \right)^{n-j} \left\{ \begin{array}{l} \xi_j S(s-1 | n-j, x-1) + \\ (1-\xi_j) S(s | n-j, x-1) \end{array} \right\} \quad (2)$$

여기서 $\xi_j=1, \xi_j=0 (j \neq 1)$

식 (2)의 재귀함수 $S(s | n, x)$ 에 대한 초기 조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x \geq 0 \text{ 이면, } & S(0 | 0, x) = 1, S(1 | 0, x) = 0 \\ n \geq 0 \text{ 이면, } & S(0 | n, 0) = 1, S(1 | n, 0) = 0 \\ x \geq 1 \text{ 이면, } & S(0 | 1, x) = 0, S(1 | 1, x) = 1 \\ n \geq 2 \text{ 이면, } & S(1 | n, 1) = 0, S(0 | n, 1) = 1 \\ S > \text{Min}(n, x) \text{ 이면, } & S(s | n, x) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

한편, 식 (1)의 $\Phi(x, j, k_0, m)$ 은 j 개의 단말기가 예약된 상태에서 임의의 슬롯에 x 개의 확산 코드가 남아 있을 채널 가용 확률이다. 각 슬롯마다 최대 m 개의 채널이 있으면서 예약된 j 개의 단말기를 k_0 개의 슬롯에 분배하는 경우의 수를 $D(j, k_0, m)$ 라 하면[5], 이것을 이용한 $\Phi(x, j, k_0, m)$ 은 다음과 같이 구해진다.

$$D(j, k_0, m) = \sum_{i=0}^{k_0} (-1)^i \binom{k_0}{i} \binom{j + k_0 - i(m+1) - 1}{k_0 - 1} \quad (4)$$

$$\Phi(x, j, k_0, m) = \frac{D(j-m+x, k_0-1, m)}{D(j, k_0, m)} \quad (5)$$

이상과 같이 상태 천이 확률이 계산되면 예약 상태에 있는 단말기의 수와 경쟁 상태에 있는 단말기의 수가 각각 (r, l) 일 정상 상태 확률은 다음과 같이 구해진다[7].

$$\Pi_{rl}^v = \sum_{j=0}^{\min(N_v, mk_0)} \sum_{i=0}^{N-j} Q_{jk, rl}^v \cdot \Pi_{jk}^v \quad (6)$$

$$\sum_{j=0}^{\min(N_v, mk_0)} \sum_{i=0}^N \Pi_{jk}^v = 1$$

지연에 민감한 음성 트래픽의 QoS를 만족시키기 위하여 PRS²-CDMA 프로토콜에서는 W_{max} 슬

롯 내에 예약하지 못한 음성 패킷은 버린다. 하나의 발음 구간 동안 L 개의 패킷이 생성되는 경우, 경쟁 상태로 천이한 단말기가 W_{max} 슬롯 내에 예약하지 못하면 첫 번째 패킷은 누락된다. 발음상태 동안에는 매 프레임마다 하나의 음성 패킷이 생성되므로 W_{max} 슬롯 이후부터는 매 프레임마다 예약에 실패한 음성 패킷은 누락된다. 또한 $W_{max}+(L-1)k_0$ 슬롯 동안 예약하지 못하면 전체 L 개의 패킷이 모두 누락된다. 하나의 발음 구간 동안 k 개의 패킷이 누락될 확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Pr\{n_{drop} = k | L\} & \\ &= \begin{cases} 1 - f^{W_{max}} & , \text{ for } k=0 \\ f^{W_{max}+(k-1)k_0} - f^{W_{max}+kk_0} & , \text{ for } 1 \leq k \leq L-1 \\ f^{W_{max}+(L-1)k_0} & , \text{ for } k=L \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, f 는 경쟁 상태에 있는 단말기가 예약에 실패할 확률로서, 다음과 같이 정의된다.

$$f = 1 - \sum_{k=0}^{\min(N_v, mk_0)} \sum_{i=0}^{N-k} \sum_{i'=0}^k \sum_{i''=0}^k \left\{ \Phi(x, r, k_0, m) b(l, v_r, \beta) \right\} S(v_r | v_r, x) \Pi_{ri}^v \quad (8)$$

평균 누락되는 패킷 수 $E\{n_{drop}\}$ 은 다음과 같다.

$$E\{n_{drop}\} = \frac{f^{W_{max}}}{1 - (1-\gamma)f^k} \quad (9)$$

여기서 γ 는 한 프레임에서 발음 구간이 종료될 확률을 나타낸다.

음성 패킷 누락률은 발음 구간 동안 생성된 패킷 수에 대하여 누락된 패킷 수의 비율로 정의된다. 따라서 식 (9)에서 얻은 식을 이용한 음성 패킷 누락률(P_{drop})은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{drop} = \gamma f \cdot \frac{f^{W_{max}}}{1 - (1-\gamma)f^k} \quad (10)$$

3.2 데이터 트래픽의 성능 해석

데이터 트래픽은 음성 트래픽보다 우선 순위가 낮으므로 데이터 단말기의 상태 천이는 음성 단말기의 상태에 영향을 받는다. 임의의 슬롯에서 데이터 단말기는 휴지 상태 또는 경쟁 상태에 있게 된다. 슬롯 t 에서 경쟁 상태에 있는 데이터 단말기의 수를 C_d^t 라 하면 데이터 트래픽의 시스템의 상태 X_d^t 는 (C_d^t, R_d^t, C_v^t) 로 표현될 수 있다.

임의 슬롯의 시스템 상태가 (i, j, k) 일 때, 다음 슬롯에서 (b, r, l) 로 천이될 상태 천이 확률은 다음과 같다.

$$Q_{ijk, brl}^d = \sum_{i'=0}^m \sum_{i''=0}^{N-i-k} \sum_{i'''=0}^k \sum_{i''''=0}^k \sum_{i''''=0}^k \left\{ \begin{array}{l} \Phi(x, j, k_0, m) b(N_v - j - k, v_i, \alpha_v) b(k, v_r, \beta) \\ b(j + s_v, r, 1 - \gamma_v) b(N_d - i, d_i, \alpha_d) \\ b(i, d_b, \beta) S(s_v | v_r, x) S(s_d | d_b, x - s_v) \end{array} \right\} \quad (11)$$

여기서,

$$\begin{aligned} s_v &= k + v_i - l, 0 \leq s_v \leq \min(x, v_r) \\ s_d &= i + d_i - b, 0 \leq s_d \leq \min(x - s_v, d_b) \\ 0 \leq \{i, b\} &\leq N_d, 0 \leq \{j, r\} \leq \min(N_v, mk_0) \\ 0 \leq k &\leq N_v - j, 0 \leq l \leq N_v - r \end{aligned}$$

식 (11)에서 α_d 는 매 슬롯마다 데이터 패킷의 발생률이다. 이상과 같이 상태 천이 확률이 계산되면 경쟁 상태에 있는 데이터 단말기의 수, 예약 상태에 있는 음성 단말기의 수, 및 경쟁 상태에 있는 음성 단말기의 수가 각각 (b, r, l) 일 정상 상태 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\prod_{bri}^d = \sum_{i=0}^{N_d} \sum_{j=0}^{\min(N_d, m_k)} \sum_{k=0}^{N_d} Q_{ijk}^d \cdot \prod_{bri}^d \quad (12)$$

$$\sum_{i=0}^{N_d} \sum_{j=0}^{\min(N_d, m_k)} \sum_{k=0}^{N_d} \prod_{bri}^d = 1$$

데이터 트래픽의 중요한 성능 변수로는 처리율과 평균 지연 시간이다. 처리율을 슬롯 당 성공적으로 전송되는 패킷 수로 정의하면 데이터 트래픽의 처리율은 다음과 같다.

$$\eta_d = \alpha_d \left(N_d - \sum_{i=0}^{N_d} \sum_{j=0}^{\min(N_d, m_k)} \sum_{k=0}^{N_d} b_i \prod_{bri}^d \right) \quad (13)$$

한편 평균 지연 시간(D_d)을 패킷이 발생된 시점부터 성공적으로 전송이 완료될 때까지 소요된 슬롯의 수로 정의할 경우, 평균 지연 시간은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_d = \frac{N_d}{\eta_d} - \frac{1}{\alpha_d} + 1 \quad (14)$$

3.3 결과 분석

성능 분석을 위한 시스템 변수로서 슬롯의 길이를 4msec로 하고, 평균 묵음구간의 길이와 발음구간의 길이를 각각 1.35sec와 1.0sec로 가정하였다. 또한, 하나의 프레임은 5개의 슬롯으로 구성되며, 두 프레임 이내에 예약 실패한 음성 패킷은 누락시킨다고 가정하였다.

슬롯 당 확산 코드의 수에 따른 패킷 누락률을 TDMA 시스템의 S²MA 기법과 비교하여 그림 2에 나타내었다. 허용하는 최대 패킷 누락률을 1%로 가정할 경우, S²MA에서는 약 13개의 음성 단말기를 동시에 지원할 수 있지만, m=3으로 가정한 PRS²-CDMA에서는 S²MA보다 약 3.4배 이상 더 많은 음성 단말기를 지원할 수 있다. 전송 허용 확률을 증가시키면 패킷 충돌 확률은 증가된다. 그림 3에서는 전송 허용 확률과 음성 단말기의 수에 따른 패킷 누락률을 S²MA와 PRS²-CDMA (m=3)를 비교하여 나타내었다. S²MA에서는 전송 허용 확률을 증가시키면 패킷 충돌 확률이 급격히 증가하여 패킷 누락률은 급격히 증가한다. 그러나 PRS²-CDMA에서는 S²MA과는 달리 슬롯 당 채널이 다수 개 있으므로 음성 단말기의 수가 35 이하에서는 비교적 안정적인 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 확산 코드의 수와 전송 허용 확률이 음성 트래픽의 성능에 미치는 점을 고려하여 그림 4에서는 전송 허용 확률의 변화와 확산 코드 수에 따른 패킷 누락률을 나타내었다. 슬롯 당 확산 코드의 수가 적은 경우 전송 허용 확률을 증가시키면 패킷 충돌 확률의 증가로 인하여 패킷 누락률이 급격히 증가하지만, 이와는 달리 확산 코드의 수가 많은 경우에는 패킷 누락률이 그다지 증가하지 않음을 알 수 있었다.

음성과 데이터 단말기의 수를 각각 8개 일 때, β 를 0.3으로 가정하여 확산 코드의 수에 따른 패킷의 평균 지연 시간을 그림 5에 나타내었다. 데이터 패킷은 음성 단말기의 예약 요청 패킷보다 늦게 전송되므로 음성 트래픽보다 상대적으로 우선순위가 낮다. 뿐만 아니라 확산 코드의 수가 적으면 대부분의 확산 코드가 이미 예약되어 있다.

따라서 확산 코드의 수가 적은 경우에는 데이터 패킷의 지연 시간이 급격히 증가함을 알 수 있다. 전송 허용 확률의 증가에 따른 패킷의 지연 시간을 그림 6에 나타내었다. 그림에서 나타낸 바와 같이 확산 코드의 수가 적은 경우, 일정 수준 이하의 전송 허용 확률에서는 전송 허용 확률을 증가시키면 데이터 패킷의 평균 지연 시간은 감소하지만, 일정 수준 이상의 전송 허용 확률에서는 패킷의 빈번한 충돌로 인하여 지연 시간이 급격히 증가한다. 반면, 확산 코드의 수가 많은 경우에는 전송 허용 확률의 증가에도 불구하고 비교적 안정적인 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 패킷 CDMA 망에서 음성과 데이터를 통합 서비스하기 위한 PRS²-CDMA 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석하였다. 지연에 민감한 음성 트래픽인 경우, 발음상태로 천 이하하면 확산 코드를 예약하여 발음구간이 종료될 때까지 예약한 확산 코드를 통하여 서비스하고, 데이터 트래픽은 패킷이 발생할 때마다 기지국으로부터 수신한 채널 상태 정보를 이용하여 예약되지 않은 확산 코드 중에서 음성 단말기에 의한 예약 요청이 없는 임의의 확산 코드를 선택하여 패킷을 전송한다.

PRS²-CDMA 프로토콜에서는 확산 코드와 타임 슬롯에 의하여 다중 채널이 제공되므로 S²MA 기법에 비하여 시스템 용량을 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다. 또한 전송 허용 확률의 증가에도 불구하고 비교적 안정적인 성능을 얻을 수 있었다. 확산 코드의 수에 따른 전송 허용 확률이 시스템의 성능에 영향을 미친다는 분석 결과로부터, 트래픽의 부하에 따라 전송 허용 확률을 제어하는 기법이 계속 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] TIA/EIA, Data Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Digital Cellular System, TIA/EIA/IS-99, Jan. 1995
- [2] Rajamani Ganesh, et al., "Performance of Cellular Packet CDMA in an Integrated Voice/Data Networks," *International Jr. of Wireless Information Networks*, Vol.1, No.3, pp.199-222, 1994
- [3] D. J. Goodman, et al., "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.37, No.8, pp.885-890, Aug. 1989
- [4] R. Al-Naami, and D. Saha, "Status Sense Multiple Access (S²MA) Communication,"

- IEEE Trans. on Commun., Vol.40, No.6, pp.996-1002, Jun. 1996
- [5] S. Dastangoo, "A Multimedia Medium Access Control Protocol for ATM Based Mobile Networks," Proc. PIMRC95, pp.794-798, Sept. 1995
- [6] 임인택, 허정석, "무선 멀티미디어 서비스를 위한 CRV/CSD-CDMA 프로토콜의 성능 분석," 한국정보과학회 논문지(A), 제25권, 제3호, pp.288-296, 1998. 3
- [7] L. Kleinlock, Queueing Systems Volume 1 : Theory, John Wiley & Sons, 1975

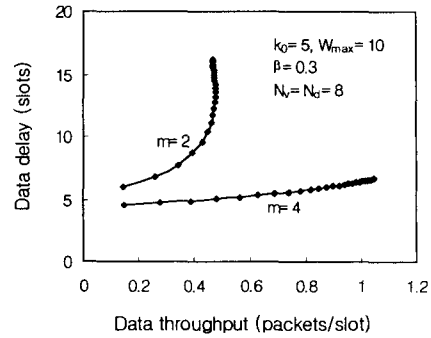


그림 5. 확산 코드의 수에 따른 데이터 지연

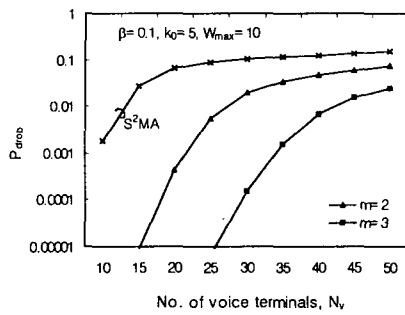


그림 2. 확산 코드 수에 따른 패킷 누락률

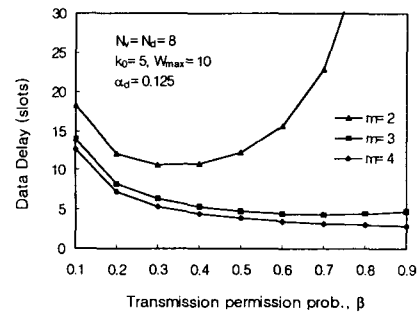


그림 6. 전송 허용 확률에 따른 데이터 지연

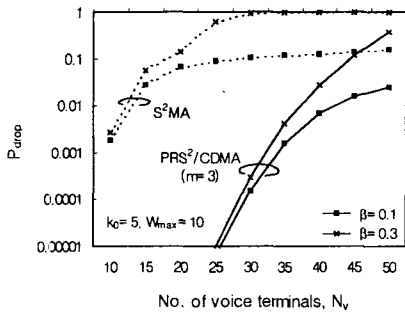


그림 3. 전송 허용 확률 별 패킷 누락률

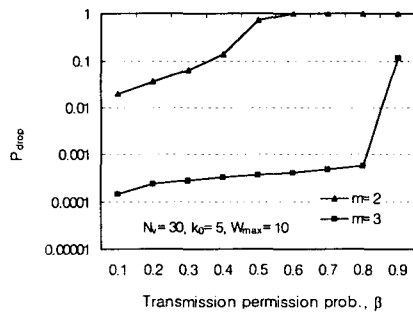


그림 4. 확산 코드 수와 전송 허용 확률에 따른 패킷 누락률