DBpia

셀룰러 패킷 CDMA 시스템에서 RRA_CDMA MAC 프로토콜의 성능 분석

정회원 임 인 택*

Performance Analysis of RRA_CDMA MAC Protocol In the Cellular Packet CDMA Systems

In-Taek Lim* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 셀룰러 패킷 CDMA 시스템에서 RRA 기법을 적용하여 음성과 데이타 트래픽을 통합 서비스하기 위한 RRA_CDMA MAC 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석했다. 셀룰러 패킷 CDMA 시스템에서 역방향 논리 채널은 WB-TD-CDMA 기법을 기반으로 하여 프레임을 구성하는 타임슬롯과 각 슬롯별 확산코드에 의하여 제공된다. 발음구간이 시작된 음성 단말기들은 다음 슬롯의 시작점에서 확산코드를 예약하고, 발음구간이 끝날 때까지 예약한 확산코드를 배타적으로 사용한다. 반면, 데이타 단말기들은 매 패킷이 발생할 때마다 예약되지 않은 임의의 확산코드를 선택하여 패킷을 전송한다. RRA_CDMA 프로토콜은 RRA 기법과는 달리 확산코드에 의하여 다중 채널이 제공되므로 확산코드의 수에 비례하여 시스템의 용량이 상당히 증가함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, an RRA_CDMA protocol is proposed for the integrated voice and data services in the cellular packet CDMA systems. The proposed protocol employs the RRA scheme. In the cellular packet CDMA systems, the backward logical channels are composed of time slots with multiple spreading codes per slot based on WB-TD-CDMA concept. When a voice terminal begins a talkspurt, it reserves one of the available spreading codes in the next slot and uses the reserved channel exclusively until it ends the talkspurt. On the other hand, whenever a data terminal generates a packet, it selects an available spreading code and transmits its packet. Throughout the results, it is shown that the system capacity increases in proportion to the number of spreading codes.

I. 서 론

PCS 등장으로 인한 이동 통신 가입자의 급속한 증가와 함께, 기존의 음성 위주 통신 서비스로부터 동영상 등과 같은 다양한 형태의 무선 통신 서비스에 대한 요구가 점차 증대되고 있다. 이와 더불어 디지탈 무선 통신 기술의 발전과 함께 무선 멀티미디어 서비스를 위한 다원 접속 방식에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다[1,2]. 한편, 무선 패킷 교환 기술의 발전과 함께 음성 서비스를 위주로 하는 셀룰러망과 무선 데이타 서비스를 위주로 하는 패킷 라디오망을 통합하여 음성과 데이타 서비스를 동시에 지원하기 위한 셀룰러 패킷 CDMA 시스템에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다[3,4].

셀룰러 패킷 CDMA 시스템의 설계와 관련하여 중요한 기술적 과제 중 하나는 MAC 프로토콜이다. 이러한 MAC 프로토콜중에서 Dastangoo는 채널의 상태를 감시하면서 접속을 시도하는 S^2MA(Status

* 부산외국어대학교 컴퓨터공학과(itlim@taejo.pufs.ac.kr)
논문번호 : 98437-1007, 접수일자 : 1998년 10월 7일

www.dbpia.co.kr

Sense Multiple Access) 기법[5]을 CDMA 시스템에 적용한 MAC 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석하였다[6]. 이 기법에서 패킷을 전송하고자 하는 모든 단말기들은 동일한 슬롯에 동일한 확산코드를 사용하여 전송되는 패킷의 존재 여부를 항상 검사해야 하므로 단말기의 구조가 복잡해지는 문제점이 있다. 또한 이 기법에서는 음성 활성 검출기를 사용하지 않으므로 음성의 묵음구간에도 채널을 점유하게 되고, 이에 따라 채널의 이용 효율이 저하되는 문제점이 있다. 반면, Wilson등이 제안한 기법[3]은 데이타뿐만 아니라 음성인 경우에도 패킷이 발생할 때마다 임의의 확산코드를 선택하여 패킷을 전송한다. 따라서 이 기법에서 음성 트래픽인 경우 매 패킷마다 확산코드를 선택해야 하므로 발음구간 동안에도 패킷 충돌이 발생할 수 있고, 이에 따라 음성 패킷이 과다하게 누락될 수 있는 문제점이 있다.

패킷 라디오 망에서 RRA (Reservation Random Access) 기법[7]은 음성 트래픽인 경우 발음구간 동안 채널 예약 방식을 사용하고, 데이타 트래픽인 경우 임의 접속 방식을 사용하여, 효율적으로 음성과 데이타를 통합 서비스하는 MAC 프로토콜이다. 그러나 이 기법은 슬롯 당 제공되는 채널이 단지 한 개뿐이므로 음성 단말기가 이 슬롯을 이미 예약하여 사용 중인 경우에는 다른 단말기의 트래픽을 서비스하지 못하는 문제점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 WB-TD-CDMA (Wideband Time Division and Code Division Multiple Access) 기법[8]을 사용하는 셀룰러 패킷 CDMA 시스템에서 RRA 기법을 적용하여 음성과 데이타를 통합 서비스하기 위한 RRA_CDMA (Reservation Random Access in CDMA) 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석한다.

WB-TD-CDMA에서 역방향 논리 채널은 프레임을 구성하는 타임슬롯과 각 슬롯 별 확산코드에 의하여 제공된다. 중앙 기지국은 매 슬롯마다 확산코드의 사용 상태 정보를 방송하고, 발음구간이 시작되어서 채널을 예약하고자 하는 음성 단말기와 패킷을 전송하고자 하는 데이타 단말기는 이 정보를 이용하여 임의의 예약되지않은 확산코드를 선택하여 패킷을 전송한다.

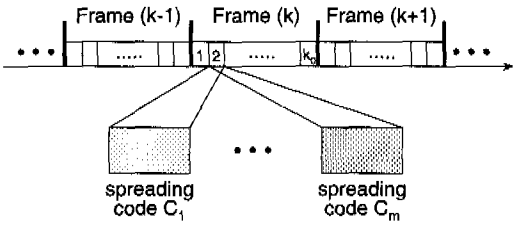
본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에서 제안한 프로토콜을 위한 시스템 구성을 기술하고, III장에서는 프로토콜의 상세한 동작 과정을 설명한다. IV장에서는 제안한 프로토콜의 성능을 해석하고, 해석적 방법에 의한 결과 및 시뮬레이션 결과를 분석하고, 마지막으로 결론을 기술한다.

II. 시스템 구성

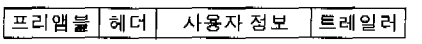
2.1 역방향 채널 구조

본 논문에서 제안하는 RRA_CDMA 프로토콜을 위한 시스템은 셀룰러 패킷 CDMA 시스템으로 가정한다. 셀룰러 패킷 CDMA 시스템은 하나의 기지국을 중심으로 각각 N_v, N_d개의 음성 및 데이타 단말기들로 구성된 중앙 집중형 시스템으로, 모든 단말기들의 트래픽은 패킷 교환 방식으로 처리된다.

WB-TD-CDMA에서 역방향 링크의 프레임 구조는 그림 1(a)과 같다. 그림에서 나타낸 바와 같이 역방향 링크의 논리 채널은 프레임 당 k_0개의 타임슬롯과 각 슬롯별 공유하는 m개의 확산코드에 의하여 제공된다. 모든 단말기에서 발생되는 패킷의 크기는 슬롯의 크기와 동일하며, 통화 상태인 음성 단말기는 매 프레임마다 하나의 음성 패킷을 발생시킨다. 각 단말기에서 발생되는 패킷의 구조는 그림 1(b)와 같이 프리앰블부, 헤더부, 사용자 정보부, 및 트레일러부로 구성된다. 프리앰블부는 기지국 수신기의 상관기들이 확산코드를 인식하기 위하여 사용된다. 헤더부는 전송되는 패킷의 종류 등을 나타내는 제어 필드를 포함하고 있으며, 트레일러부는 오류 제어를 위하여 사용된다.



(a) 프레임 구조



(b) 패킷 구조

그림 1. WB-TD-CDMA의 프레임 및 패킷 구조

2.2 음성 단말기 모델

통화 상태인 음성 단말기는 음성 활성 검출기를 사용하여 그림 2에 나타낸 바와 같이 발음상태(TALK)와 묵음상태(SIL) 중 하나의 상태를 유지한다. 발음상태에 있는 음성 단말기는 매 프레임마다 하나의 음성 패킷을 생성한다. 슬롯의 길이를 τ 라

www.dbpia.co.kr

하고, 평균 묵음구간과 발음구간의 길이를 각각 t_1, t_2라 하면, 음성 단말기의 상태 천이 확률 α_v와γ_v는 각각 다음과 같다[7].

$$\alpha_v = 1 - \exp(-\tau/t_1)$$
$$\gamma_v = 1 - \exp(-\tau/t_2) \quad (1)$$

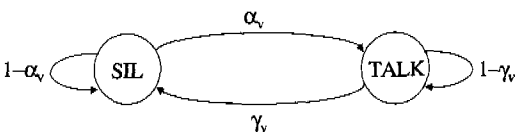


그림 2. 통화 상태 음성 단말기 모델

Ⅲ. RRA_CDMA 프로토콜

RRA_CDMA 프로토콜에서 음성 트래픽은 발음구간 동안 확산코드를 예약하여 서비스되고, 데이타 트래픽은 매 패킷이 발생할 때마다 임의 접속 방식으로 서비스된다. RRA_CDMA 프로토콜의 상세한 동작 과정은 그림 3과 같다. 발음구간이 시작된 음성 단말기의 채널 예약 요청 패킷(RR_pkt)과 데이타 단말기의 데이타 패킷(DATA_pkt)은 다음 슬롯의 시작점에서 m개의 확산코드 중에서 예약되지 않은 임의의 하나를 선택하여 전송된다.

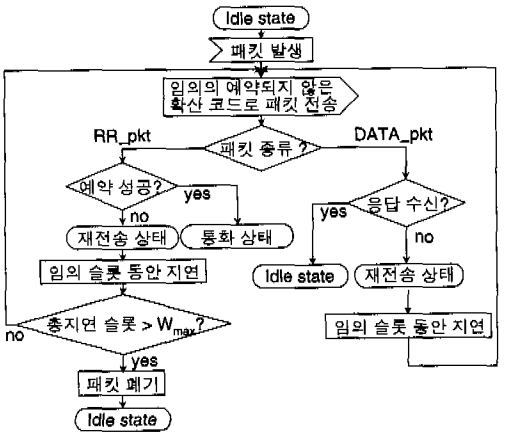


그림 3. RRA_CDMA 프로토콜의 동작

중앙 기지국이 RR_pkt을 성공적으로 수신하면 해당 슬롯의 확산코드를 예약해주고, 순방향 제어 채널을 통하여 예약에 대한 응답을 방송한다. 채널 예약에 성공한 음성 단말기는 통화 상태가 되어서 발음구간이 끝날 때까지 매 프레임의 해당 슬롯에서 예약한 확산코드를 통하여 음성 패킷을 전송한다.

반면 RR_pkt 및 DATA_pkt 전송에 실패한 음성 단말기와 데이타 단말기는 재전송 상태가 되어서 다음 슬롯에서 각각β_v, β_d의 확률로 재전송한다. 재전송 상태에 있는 데이타 단말기는 성공적으로 전송할 때까지 새로운 패킷을 발생시키지 않는다. 발음구간이 시작되어서 다음 슬롯의 시작점에서 새로운 확산코드 예약을 시도하여 실패하고, 재전송 상태에서도 W_{max}-1 슬롯 동안 실패하여 총 W_{max} 슬롯 동안 예약에 실패한 패킷은 버린다. 또한 W_{max} 슬롯 이후부터는 매 프레임 동안 예약에 실패한 패킷은 버린다.

Ⅳ. 성능 해석 및 결과

4.1 상태 천이 확률

임의의 슬롯에서 음성 단말기는 묵음상태, 발음구간이 시작되어서 채널을 예약한 통화상태, 또는 발음구간이 시작되었으나 채널을 예약하지 못한 재전송 상태 중 하나의 상태에 있게 되고, 데이타 단말기는 휴지 상태 또는 재전송 상태에 있게 된다. 따라서 상태 천이 확률을 구하기 위하여 시스템의 상태를 통화 상태인 음성 단말기의 수(R_v), 재전송 상태의 음성 단말기의 수(C_v), 및 재전송 상태의 데이타 단말기의 수(B_d)로 정의한다.

슬롯의 시작점에서 R_v가 k이고, {B_d, C_v}가 {i, j}일 때, 예약되지 않은 x개의 확산코드를 통하여 묵음상태와 재전송 상태의 음성 단말기 중 각각 v_i, v_r개가 채널 예약 요청 패킷을 전송하여 이 중 S_v개가 성공하고, 휴지 상태와 재전송 상태의 데이타 단말기 중 각각 d_i, d_b개가 데이타 패킷을 전송하여 이 중 S_d개가 성공적으로 전송되어서 다음 슬롯에서 {B_d, C_v}가 {b, r}로 될 상태 천이 확률은 다음과 같다.

$$Q_{ij,br}(k) = \sum_{x=0}^{m} \sum_{v_r=\max\{0,j-r\}}^{j} \sum_{v_i=\max\{0,r-j\}}^{\min\{x+r-j,N_v-k-j\}} \sum_{d_i=\max\{0,i-b\}}^{\min\{x+b-i,N_d-i\}} \sum_{d_i=\max\{0,b-i\}} \left[\begin{array}{l} \Phi(x,k,k_0,m)\binom{j}{v_r}\beta_v^{v_r}(1-\beta_v)^{j-v_r} \\ \binom{N_v-k-j}{v_i}\alpha_v^{v_i}(1-\alpha_v)^{N_v-k-j-v_i}\binom{i}{d_b} \\ \beta_d^{d_b}(1-\beta_d)^{i-d_b}\binom{N_d-i}{d_i}\alpha_d^{d_i}(1-\alpha_d)^{N_d-i-d_i} \\ S(S_v+S_d \mid v_r+v_i+d_b+d_i, x) \end{array} \right] \quad (2)$$

www.dbpia.co.kr

여기서, $S_v = j - r + v_i$, $S_d = i - b + d_i$

식 (2)에서 α_d는 매 슬롯에서 새로운 데이터 패킷이 생성될 확률이다. 식 (2)의 $\Phi(x,k,k_0,m)$은 한 프레임에서 k개의 음성 단말기가 채널을 예약한 상태에서 임의의 슬롯에 x개의 확산코드가 남아 있을 채널 가용 확률이다. 하나의 프레임 내에서 모든 채널은 모든 단말기에 의해서 동일한 확률로 선택될 수 있으므로 각 슬롯마다 최대 m개의 채널이 있으면서 k개의 단말기를 k_0개의 슬롯에 분배하는 경우의 수를 $D(k,k_0,m)$[6]라 하면, 이것을 이용한 채널 가용 확률 $\Phi(x,k,k_0,m)$은 다음과 같이 구해진다.

$$D(k,k_0,m)=\sum_{i=0}^{k_0}(-1)^i\binom{k_0}{i}\binom{k+k_0-i(m+1)-1}{k_0-1} \quad (3)$$

$$\Phi(x,k,k_0,m)=\frac{D(k-m+x,k_0-1,m)}{D(k,k_0,m)} \quad (4)$$

식 (2)에서 $S(s|n,x)$는 x개의 확산코드를 통하여 n개의 패킷 중 s개가 성공적으로 전송될 조건부 확률이다. n개 중 j개가 임의의 첫번째 확산코드를 선택하여 전송한다면, $S(s|n,x)$는 다음과 같이 재귀적으로 정의될 수 있다[9].

$$S(s\mid n,x)=\sum_{j=0}^{n}\binom{n}{j}\left(\frac{1}{x}\right)^j\left(1-\frac{1}{x}\right)^{n-j}\left\{\begin{matrix}\zeta_j S(s-1\mid n-j,x-1)+\\(1-\zeta_j)S(s\mid n-j,x-1)\end{matrix}\right\} \quad (5)$$

여기서 $\zeta_1=1$, $\zeta_j=0$ $(j\neq 1)$

식 (5)의 재귀함수 $S(s|n,x)$에 대한 초기 조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}&x\geq 0 \text{ 이면, } S(0\mid 0,x)=1, S(1\mid 0,x)=0\\&n\geq 0 \text{ 이면, } S(0\mid n,0)=1, S(1\mid n,0)=0\\&x\geq 1 \text{ 이면, } S(0\mid 1,x)=0, S(1\mid 1,x)=1\\&n\geq 2 \text{ 이면, } S(1\mid n,1)=0, S(0\mid n,1)=1\\&S>\min\{n,x\} \text{ 이면, } S(s\mid n,x)=0\end{aligned} \quad (6)$$

이상과 같이 상태 천이 확률이 계산되면 k개의 음성 단말기가 채널을 예약한 상태에서 재전송 상태에 있는 데이타 단말기와 음성 단말기가 각각 b, r개일 확률은 다음과 같다.

$$\Pi(br\mid k)=\sum_{i=0}^{N_d}\sum_{j=0}^{N_v-k}\Pi(ij\mid k)\cdot Q_{ij,br}(k)$$
$$\sum_{b=0}^{N_d}\sum_{r=0}^{N_v-k}\Pi(br\mid k)=1 \quad (7)$$

여기서, $0\leq k\leq N_v$, $0\leq r\leq N_v-k$, $0\leq b\leq N_d$

또한, k개의 음성 단말기가 채널을 예약한 상태에서, r개의 음성 단말기가 재전송 상태에 있을 정상 상태 확률 $\Pi^v(r|k)$는 다음과 같다.

$$\Pi^v(r\mid k)=\sum_{b=0}^{N_d}\Pi(br\mid k) \quad (8)$$

여기서, $0\leq k\leq N_v$, $0\leq r\leq N_v-k$

다음은 위에서 계산한 정상 상태 확률을 이용하여 채널을 예약한 단말기 수에 대한 모델링을 한다. 묵음 또는 재전송 상태의 단말기 중 한 개가 성공적으로 채널을 예약할 유효 도착률 λ_k는 다음과 같이 정의된다.

$$\lambda_k=\sum_{r=0}^{N_v-k}\sum_{x=1}^{m}\sum_{v_r=0}^{r}\sum_{v_i=0}^{N_v-k-r}\left\{\begin{matrix}\Phi(x,k,k_0,m)\binom{r}{v_r}\beta_v^{v_r}(1-\beta_v)^{r-v_r}\binom{N_v-k-r}{v_i}\\ \alpha_v^{v_i}(1-\alpha_v)^{N_v-k-r-v_i}S(1\mid v_r+v_i,x)\Pi^v(r\mid k)\end{matrix}\right\} \quad (9)$$

발음 구간의 길이를 평균이 $1/\gamma_v$인 기하 분포로 가정하면 채널을 예약한 k개의 음성 단말기 중 하나가 임의의 슬롯에서 발음 구간이 끝날 확률 μ_k는 $\gamma_v k/k_0$가 된다[6]. 발음 구간의 도착간 시간을 포아송 분포로 하고 서비스 시간을 지수 분포로 하면, 임의의 슬롯에서 예약된 음성 단말기의 수는 M/M/1/k 큐잉 시스템으로 모델링 되어서 평형 상태에서 k개의 음성 단말기가 예약되어 있을 확률 $P_e^v(k)$는 다음과 같다[10].

$$P_e^v(k)=P_e^v(0)\prod_{i=0}^{k-1}\frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}},$$
$$P_e^v(0)=\left[1+\sum_{k=1}^{\min\{N_d,mk_0\}}\prod_{i=0}^{k-1}\frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}}\right]^{-1} \quad (10)$$

4.2 패킷 누락률

하나의 발음구간이 L개의 패킷으로 구성될 경우, W_{max} 슬롯 이내에 채널 예약을 성공하면 누락되는 패킷이 없다. 하지만 W_{max} 슬롯 이내에 예약하지 못하면 발음구간의 맨 처음 패킷이 누락된다. 발음구간 동안에는 정확히 k_0 슬롯마다 하나의 패킷이 발생되므로 W_{max} 슬롯부터 $W_{max}+k_0$ 슬롯 동안 예약하지 못하면 두 번째 패킷이 누락된다. 또한 $W_{max}+(L-1)k_0$ 슬롯 동안 예약하지 못하면 전체 L개의 패킷이 모두 누락된다. 따라서 L개의 패킷으로 구성되는 하나의 발음구간 동안 k개의 음성 패킷이 누락될 확률은 다음과 같다.

www.dbpia.co.kr

$$\Pr\{n_{drop}=k \mid L\}=$$
$$\begin{cases} 1-(1-S_{nv})(1-S_{rv})^{W_{\max}-1}, & \text{for } k=0 \\ (1-S_{nv})\left\{\begin{matrix}(1-S_{rv})^{W_{\max}+(k-1)k_0-1} \\ -(1-S_{rv})^{W_{\max}+kk_0-1}\end{matrix}\right\}, & \text{for } 1\le k\le L-1 \\ (1-S_{nv})(1-S_{rv})^{W_{\max}+(L-1)k_0-1}, & \text{for } k=L \end{cases} \tag{11}$$

여기서 S_{nv}는 새로운 채널 예약 요청이 성공할 확률이고, S_{rv}는 재시도한 채널 예약 요청이 성공할 확률로서, 각각은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$S_{nv}=\sum_{k=0}^{\min\{N_d,mk_0\}}\sum_{r=0}^{N_v-k}\sum_{v_i=0}^{N_v-k-r}\sum_{x=1}^{m} \left\{\begin{matrix}\Phi(x,k,k_0,m)(1-\beta_v)^r\binom{N_v-k-r}{v_i}\alpha_v^{v_i} \\ (1-\alpha_v)^{N_v-k-r-v_i}S(v_i \mid v_i,x)\Pi^v(r \mid k)P_e^v(k)\end{matrix}\right\} \tag{12}$$

$$S_{rv}=\sum_{k=0}^{\min\{N_d,mk_0\}}\sum_{r=0}^{N_v-k}\sum_{v_r=0}^{r}\sum_{x=1}^{m} \left\{\begin{matrix}\Phi(x,k,k_0,m)(1-\alpha_v)^{N_v-k-r}\binom{r}{v_r}\beta_v^{v_r} \\ (1-\beta_v)^{r-v_r}S(v_r \mid v_r,x)\Pi^v(r \mid k)P_e^v(k)\end{matrix}\right\} \tag{13}$$

발음구간의 길이가 L개 패킷일 때 누락되는 평균 패킷 수 $E\{n_{drop}|L\}$, 발음구간의 길이가 L개 패킷일 확률 $\Pr\{L\}$, 및 이를 이용한 평균 누락되는 패킷 수 $E\{n_{drop}\}$은 각각 다음과 같다.

$$E\{n_{drop} \mid L\}=\sum_{k=0}^{L}k\Pr\{n_{drop}=k \mid L\}$$
$$=(1-S_{nv})(1-S_{rv})^{W_{\max}-1}\frac{1-(1-S_{rv})^{k_0L}}{1-(1-S_{rv})^{k_0}} \tag{14}$$

$$\Pr\{L\}=\gamma_f(1-\gamma_f)^{L-1} \tag{15}$$

$$E\{n_{drop}\}=\sum_{L=1}^{\infty}E\{n_{drop} \mid L\}\Pr\{L\} =\frac{(1-S_{nv})(1-S_{rv})^{W_{\max}-1}}{1-(1-\gamma_f)(1-S_{rv})^{k_0}} \tag{16}$$

여기서 γ_f는 한 프레임에서 발음 구간이 끝날 확률이다.

음성 패킷의 누락률은 발음구간 동안 생성되는 평균 음성 패킷 수에 대하여 누락되는 평균 패킷 수의 비율로 정의된다. 따라서 식 (16)에서 얻은 식을 이용한 RRA_CDMA 프로토콜의 음성 패킷 누락률(P_{drop})은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{drop}=\gamma_f\cdot\frac{(1-S_{nv})(1-S_{rv})^{W_{\max}-1}}{1-(1-\gamma_f)(1-S_{rv})^{k_0}} \tag{17}$$

4.3 처리율 및 지연 성능

RRA_CDMA 프로토콜의 처리율을 슬롯 당 성공적으로 전송되는 모든 패킷의 수로 정의하면, 처리율(η)은 다음과 같이 정의된다.

$$\eta=\sum_{k=0}^{\min\{N_d,mk_0\}}\frac{k}{k_0}P_e^v(k)+\sum_{k=0}^{\min\{N_d,mk_0\}}\sum_{x=0}^{m}x\Phi(x,k,k_0,m)\lambda_m P_e^v(k) +\alpha_d\left(N_d-\sum_{k=0}^{\min\{N_d,mk_0\}}\sum_{b=0}^{N_d}\sum_{r=0}^{N_v-k}b\Pi(br \mid k)P_e^v(k)\right) \tag{18}$$

식 (18)에서 첫 번째 항은 슬롯 당 채널을 예약하여 통화상태에 있는 음성 단말기의 수를 나타내고, 두 번째 항은 채널 예약에 성공하는 음성 단말기 수를 나타내고, 세 번째 항은 데이타 트래픽의 처리율(η_d)를 나타낸다.

한편, 데이타 트래픽의 패킷 지연 시간(D_d)을 패킷이 발생된 시점부터 성공적으로 전송이 완료될 때까지 소요된 슬롯 수로 정의할 경우[11], 평균 패킷 지연 시간은 다음과 같이 표현된다.

$$D_d=\frac{N_d}{\eta_d}-\frac{1}{\alpha_d}+1 \tag{19}$$

4.4 해석 및 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 RRA_CDMA 프로토콜의 성능 해석에 대한 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 해석적 방법에서 적용한 가정들과 동일하게 하였으며, 4×10^5 슬롯 동안 매 슬롯마다 누락되는 음성 패킷의 수를 세어서 평균값으로 계산한 결과이다.

그림 4는 협대역 TDMA 시스템에서의 RRA 기법과 슬롯 당 확산코드가 3개(m=3)인 경우의 RRA_CDMA 프로토콜의 음성 패킷 누락률을 프레임 당 슬롯의 수에 따라 나타낸 것이다. 대부분의 음성 단말기 수에서 해석적 방법에 의한 결과가 시뮬레이션 결과와 거의 일치함을 알 수 있다. 최대 허용 패킷 누락률을 0.1로 할 경우, 프레임 당 슬롯의 수가 5개(k_0=5)일 때 RRA 기법은 최대 15개의 음성 단말기만 지원할 수 있다. 그러나 RRA_CDMA 프로토콜에서 최대 서비스될 수 있는 음성 단말기의 수는 45개로 RRA 기법의 3배가 된다. 음성 CODEC

www.dbpia.co.kr

기술의 발전에 따라 낮은 음성 코딩률에서도 일정 수준의 음성 품질을 보장할 수 있다. 이 경우 음성 코딩률을 낮게 하면 프레임 당 슬롯의 수가 증가하고, 이에 따라 RRA_CDMA 프로토콜에서 제공되는 역방향 논리 채널의 수가 증가한다. 따라서 허용하는 패킷 누락률 범위 내에서 서비스할 수 있는 음성 단말기의 수가 상당히 증가함을 알 수 있다. 이와 같이 본 논문에서 제안한 프로토콜에서는 확산 코드와 슬롯에 의하여 다중 채널이 제공되므로 RRA 기법보다 더 많은 음성 단말기를 수용할 수 있다.

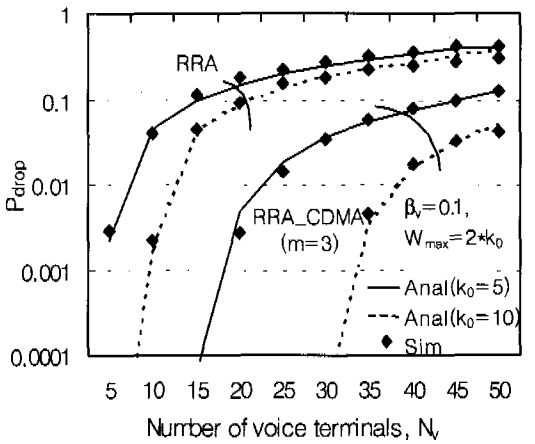


그림 4. 논리 채널의 수에 따른 패킷 누락률

그림 5와 6은 음성 단말기의 수에 따른 패킷 누락률과 시스템 처리율을 채널 예약 재시도 확률에 따라 각각 나타낸 것이다. 재시도 확률을 0.3으로 할 경우 RRA 기법에서는 음성 단말기 수가 30 이상일 때 패킷 누락률과 시스템 처리율 성능이 급격히 저하된다. 이는 RRA 기법에서는 슬롯 당 채널이 단지 한 개뿐이므로 재시도 확률을 증가 시킴에 따라 패킷 충돌 확률이 급격히 증가하기 때문이다. 반면, RRA_CDMA 프로토콜에서는 확산 코드에 의한 채널이 슬롯 당 다수 개가 있으므로 비교적 안정적인 성능을 나타냈다.

확산코드의 수에 따른 데이타 트래픽의 지연 성능을 그림 7에 나타냈다. 확산코드의 수가 적을 때는 대부분의 채널을 음성 단말기들이 예약하여 사용하므로 많은 데이타 패킷들이 전송에 실패하게 되고, 이에 따라 지연 성능은 급격히 저하된다. 그림에서 나타낸 바와 같이 확산코드의 수를 증가 시키면 데이타 트래픽의 지연 성능은 상당히 개선된다.

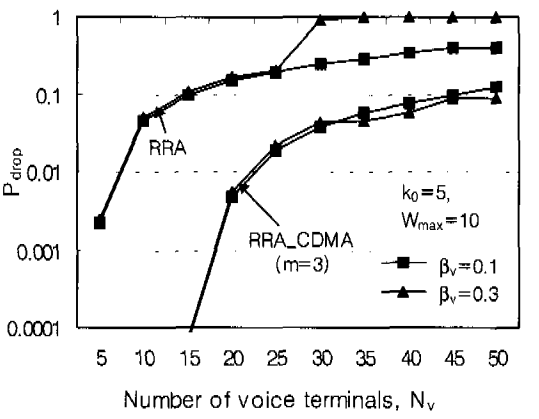


그림 5. 채널 예약 재시도 확률 별 패킷 누락률

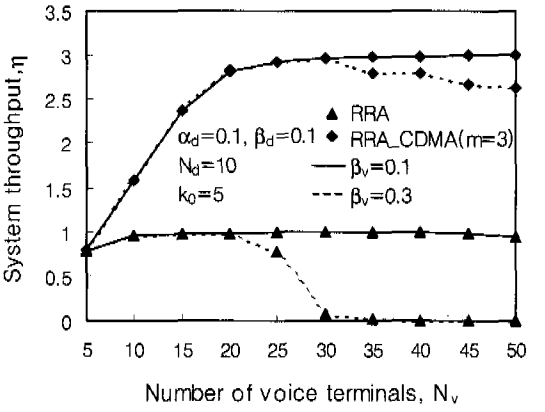


그림 6. 시스템 처리율

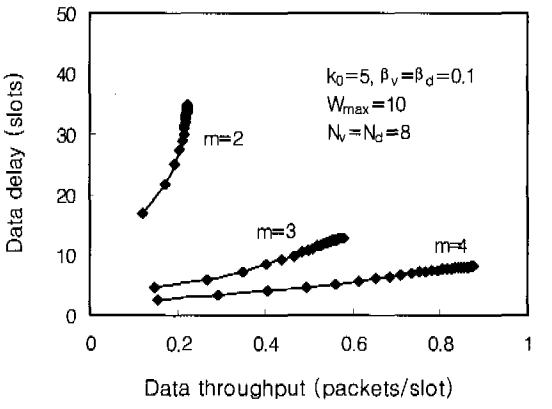


그림 7. 데이타 트래픽의 지연 성능

V. 결 론

본 논문에서는 WB-TD-CDMA 기법을 사용하는

www.dbpia.co.kr

셀룰러 패킷 CDMA 시스템에서 RRA 기법을 적용하여 음성과 데이타 트래픽을 통합 서비스하기 위한 RRA_CDMA 프로토콜을 제안하고 이에 대한 성능을 분석하였다. 음성 트래픽인 경우 발음구간이 시작되면 다음 슬롯의 시작점에서 공유하는 확산코드 채널 중 예약되지 않은 임의의 하나를 선택해서 채널 예약 요청을 하고, 채널이 예약되면 발음구간이 종료될 때까지 그 채널을 배타적으로 사용하는 예약 방식을 사용한다. 한편 데이타 트래픽인 경우에는 매 패킷이 발생할 때마다 임의 접속 방식을 사용하여 공유하는 채널 중 임의의 빈 채널을 선택해서 패킷을 전송한다.

성능 분석의 결과를 볼 때, 본 논문에서 제안한 프로토콜에서는 확산코드와 타임슬롯에 의하여 다중 채널이 제공되므로 TDMA 시스템에서의 RRA 기법보다 우수한 성능을 나타냈다. 채널 예약 재시도 확률의 증가에도 불구하고 RRA_CDMA 프로토콜은 비교적 안정적인 성능을 나타냈다. 또한 확산코드 채널의 수가 적을 때는 대부분의 채널을 음성 단말기가 예약하여 사용하므로 데이타 트래픽의 성능은 매우 저하되지만, 확산코드 채널의 수를 증가시키면 데이타 트래픽의 성능이 상당히 개선됨을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안하는 RRA_CDMA 프로토콜은 음성 트래픽인 경우 일단 채널이 예약되면 예약된 채널을 배타적으로 사용하여 음성 패킷을 전송하므로 매 음성 패킷마다 경쟁하는 방법과는 달리 패킷 누락이 없는 특징이 있다. 본 논문의 결과들은 시스템을 설계함에 있어서 얻고자 하는 시스템 성능 수준과 단말기의 수에 따른 적정 개수의 채널을 선택하기 위한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에 이어서 WB-TD-CDMA 기법에서 비디오 트래픽을 서비스하기 위한 MAC 프로토콜의 설계와 성능 분석이 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] W.Honcharenko, J.P.Kruys, D.Y.Lee, and N.J.Shah, "Broadband Wireless Access," *IEEE Commun. Mag.*, Vol.35, No.1, pp.20-26, Jan. 1997.

[2] K. Pahlavan, A. Zahedi, and P. Krishnamurthy, "Wideband Local Access : Wireless LAN and Wireless ATM," *IEEE Commun. Mag.*, Vol.35, No.11, pp.34-40, Nov. 1997.

[3] N. D. Wilson, et al., "Packet CDMA Versus Dynamic TDMA for Multiple Access in an Integrated Voice/Data PCN," *IEEE Jr. on Selected Areas in Commun.*, Vol.11, No.6, pp.870-884, Aug. 1993.

[4] R. Pichna, Q. Wang, and V. K. Bhargava, "Performance of Cellular Packet CDMA Carrying Two Types of Traffic," *Proc. IEEE Pacific Rim Conf. On Commun., Computers, and Signal Processing*, pp.453-456, May 1995.

[5] R. Al-Naami, and D. Saha, "Status Sense Multiple-Access (S^2MA) Communication," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.40, No.6, pp.996-1002, Jun. 1996.

[6] S. Dastangoo, "A Multimedia Medium Access Control Protocol for ATM Based Mobile Networks," *Proc. PIMRC'95*, pp.794-798, Sept. 1995

[7] S. Jangi, and L. F. Merakos, "Performance Analysis of Reservation Random Access Protocols for Wireless Access Networks," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.42, No.2/3/4, pp.1223-1234, Feb./Mar./Apr. 1994.

[8] E. Nikula, et al., "FRAMES Multiple Access for UMTS and IMT-2000," *IEEE Personal Commun. Mag.*, Vol.5, No.2, pp.16-24, Apr. 1998.

[9] 임인택, 허정석, "무선 패킷 통신을 위한 CDMA-ALOHA/FEC 기법의 성능 분석," *한국정보과학회 논문지(A)*, 제24권 제3호, pp.280-287, 1997. 3.

[10] L.Kleinlock, *Queueing Systems Volume 1 : Theory*, John Wiley & Sons, 1975.

[11] 허정석, 양성룡, 이정태, "무선 데이타 통신을 위한 CDMA_ALOHA 기법의 성능 분석," *한국통신학회 논문지*, 제19권 제7호, pp.1272-1281, 1994. 7.

www.dbpia.co.kr

임 인 택(In-Tack Lim) 정회원

1984년 2월 : 울산대학교 전자계산학과(공학사)
1986년 2월 : 서울대학교 대학원 계산통계학과 (이학석사)
1998년 2월 : 울산대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)

1986년 1월~1993년 2월 : 삼성전자(주) 특수연구소 선임연구원
1993년 3월~1998년 2월 : 동부산대학 전자계산과 조교수
1998년 3월~현재 : 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 전임강사
<주관심 분야> 무선 ATM망, Mobile IP, MAC 프로토콜

www.dbpia.co.kr