

우선순위 기반의 예약 코드 다중 접속 (P-RCMA) 프로토콜

정회원 정 의 훈*

Priority-based Reservation Code Multiple Access (P-RCMA) Protocol

Eui-hoon Jeong* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 우선 순위 기반의 예약 코드 다중 접속 (P-RCMA) 프로토콜을 제안한다. P-RCMA는 기존의 RCMA 프로토콜의 음성 트래픽 성능을 개선한다. P-RCMA는 두 개의 전력 수준을 유지하고 패킷 전송을 위해 공유된 코드를 경쟁하는 시점에 트래픽의 전송 특성을 고려한다. P-RCMA는 기지국 수신 단에서 전력 세기에 따른 캡처 효과를 이용하여 데이터 패킷보다는 음성 예약 패킷에 우선순위를 부여한다. 성능 분석은 EPA (equilibrium point analysis) 방법과 시뮬레이션을 이용하고 성능 척도로 음성 패킷 손실 확률 (voice packet dropping probability) 과 평균 데이터 패킷 전송 지연 (average data packet transmission delay)을 사용한다.

Key Words : MAC protocol, CDMA

ABSTRACT

We propose priority-based reservation code multiple access (P-RCMA) which can enhance voice traffic quality of the previous RCMA. The proposed protocol maintains two power levels and consider traffic characteristics in contending shared available codes to transmit packets. P-RCMA gives priority to the voice request packets rather than data packets by capture effect at the receiver part of base station. We show numerical results from EPA (equilibrium point analysis) analysis and simulation study in terms of voice packet dropping probability and average data packet transmission delay.

I. 서 론

최근 들어 CDMA 시스템은 셀룰라 (cellular) 환경에서 뿐만 아니라, 근거리 무선 통신 환경에서도 널리 사용되고 있다. 그 가운데 대표적인 다중 접속 제어 (media access control) 프로토콜이 예약 코드 다중 접속 프로토콜 (reservation code multiple access) 이다 [1].

RCMA에서는 채널이 슬롯 (slot) 으로 나누어져 있다. 각 슬롯에서는 n ($n \geq 1$) 개의 코드들을 공유한다. 코드는 예약 여부에 따라 가용 코드 (available codes)와 예약 코드 (reserved codes)로 구분된다. 우연히 둘 이상의 패킷이 같은 슬롯에서 같은 코드들 사용해서 전송되는 경우, 이들 간에는 충돌 (collision)이 발생했다고 한다.

터미널에 음성 패킷이 발생한 경우, 터미널은 다음 슬롯에서 가용 코드들 중에서 임의로 하나를 선

* 한국산업기술대학교 컴퓨터 공학과 (ehjeong@kpu.ac.kr)
논문번호 : 030241-0602, 접수일자 : 2003년 6월 2일

택하여 이를 이용해서 음성 예약 패킷 (voice reservation packet)을 전송한다. 이때 음성 예약 패킷이 충돌 없이 기지국에 도달하면 전송에 사용되었던 코드는 해당 터미널에 예약되고 독점적으로 사용된다. 데이터 패킷이 발생한 경우에는 매 데이터 패킷에 대해서 다음 슬롯에서 가용 코드들 중에 임의로 하나를 선택하고 이를 이용하여 데이터 패킷을 전송한다. 이때 충돌이 발생하지 않으면 데이터 패킷은 기지국에 성공적으로 도달하게 된다. RCMA에서는 앞에서 언급했듯이 음성 예약 패킷과 데이터 패킷을 전송할 때에 이들 간에 충돌의 가능성이 존재하고 충돌은 데이터 패킷보다는 지연에 민감한 음성 패킷에 더 안 좋은 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 데이터 패킷보다 음성 예약 패킷 전송에 우선순위를 줌으로써 음성 트래픽의 품질을 개선할 수 있는 P-RCMA (priority-based reservation code multiple access) 프로토콜을 제안한다. P-RCMA에서는 기존의 전력 제어 (power control) 방식을 수정하여 기지국 수신 단에서 수신된 패킷의 전력 수준 (power level)이 높은 전력 수준 (L_{high})과 낮은 전력 수준 (L_{low}) 두 가지로 유지되도록 한다. 그리고 음성 예약 패킷만이 높은 전력 수준으로 기지국에 도달하도록 함으로써, 전력 세기에 따른 캡처 효과 (capture effect)를 이용해서 음성 예약 패킷이 다른 패킷들 보다 기지국에 성공적으로 수신될 확률을 높일 수 있도록 했다. 본 논문에서는 제안된 프로토콜의 성능을 EPA (equilibrium point analysis) 분석 방법과 시뮬레이션을 통해서 측정하고 기존의 RCMA의 성능과 비교 한다.

II. P-RCMA 프로토콜

일반적인 CDMA 시스템 상에서는 기지국에 도달하는 모든 패킷들의 전력 수준이 동일하도록 전력 제어가 이루어진다. 그래서 패킷들 간에 충돌이 발생하게 되면 충돌에 포함된 모든 패킷들은 기지국에서 수신할 수 없다고 가정한다. 그러나 실제적인 무선 환경에서는 비록 충돌이 발생한 상황일 지라도 패킷들 간에 수신 전력 세기가 차이가 나면 캡처 효과 (capture effect) 에 의해 그 중에서 가장 전력 세기가 큰 패킷이 성공적으로 수신될 수 있다 [2][3][7]. 다음은 본 논문에서는 가정하는 캡처 모

델이다[4].

$$\Gamma_t > R_c \cdot \sum_{j=1, j \neq t}^n \Gamma_j \quad (1)$$

여기서 n 는 충돌에 포함된 패킷의 수이고, Γ_k ($k=1,2,\dots,n$) 는 기지국에서 본 패킷 k 의 수신 전력 세기, R_c 는 캡처 상수이다[4]. 위의 캡처 모델에 따르면, 패킷 t 의 수신 전력 세기 (Γ_t) 가 충돌에 포함된 다른 패킷들의 수신 전력 세기의 합에 상수 R_c 를 곱한 값보다 클 경우에 그 패킷 t 는 기지국에서 성공적으로 수신될 수 있다는 것을 말한다. 여기서 캡처 상수 R_c 는 변조 (modulation) 방식이나 코딩 (coding) 방식에 의해 결정 된다 [4].

P-RCMA는 전력 제어를 통해 높은 전력 수준 (L_{high})과 낮은 전력 수준 (L_{low})을 가지도록 했다. L_{low} 는 기존의 CDMA 시스템에서의 전력 제어 방식을 통해 유지할 수 있고, L_{high} 는 터미널에서 L_{low} 에 의해 유지되는 전력 세기보다 송신 전력을 P 배 높임으로써 유지할 수가 있다. 이때 상수 P 는 캡처 모델에서 캡처 상수 R_c 와 n 의 크기에 의해 결정된다. P-RCMA에서는 터미널이 음성 예약 패킷을 전송할 때에만 L_{high} 의 송신 전력을 사용하고 데이터 패킷을 전송할 경우에는 L_{low} 의 송신 전력을 사용하도록 한다. 이를 통해 음성 예약 패킷과 데이터 패킷 간에 충돌이 발생할 경우에 음성 예약 패킷이 수신 전력 세기에 따른 캡처 효과에 의해 성공적으로 수신될 확률이 높아지도록 했다. 또한, 음성 예약 패킷에 대해서 L_{high} 의 송신 전력 사용하는 것이 보다 높은 MAI (multiple access interference)를 발생시키는 원인 이 될 수 있기 때문에 그 영향을 시뮬레이션 및 분석 방법을 통해 확인한다.

III. 분석

본 장에서는 EPA 방식을 이용해서 제안된 프로토콜을 분석하고 성능 척도 (measure)로서 음성 패킷 손실 확률 (voice packet dropping probability)

과 평균 데이터 패킷 전송 지연 (average data packet transmission delay)을 사용한다.

1. 트래픽 모델

음성은 그림 1에서처럼 두개의 상태를 갖는 마코프 모델 (markov model) 로서 모델링이 된다. 음성은 통화 상태 (talkspurt) 에서 유희 상태 (silence) 로 또는 반대 방향으로 각각 γ 와 σ 의 확률로 전이한다. 반면에 데이터 패킷은 매 슬롯에서 발생 확률 σ_d 로 발생한다.

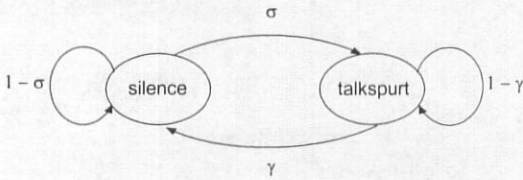


그림 1: 음성 모델

2. 음성 시스템

그림 2 는 음성 시스템을 보여 주고 있다. 터미널 유희 상태 (SIL)와 경쟁 상태 (CON), 코드 i 를 예약한 상태 (RC_i, i = 1,2,...,N) 총 N+2 개의 상태를 갖는다. 여기서 N 은 공유된 코드의 총 수를 의미한다. 유희 상태에서 음성 통화가 발생하기를 기다리고, 음성 통화가 발생하면 경쟁 상태로 전이한다. 경쟁 상태에서는 음성 예약 패킷을 전송하기 위해 가용 코드들 중에 하나를 임의로 선택하고 (코드 i) 전송 확률 (P_v) 로 다음 슬롯에서 전송을 시도 한다. 만약에 충돌 없이 음성 예약 패킷이 전송되면 사용된 코드 i 는 예약되고 RC_i 상태로 전이한다. 음성 통화가 끝나면 다시 유희 상태로 전이한다.

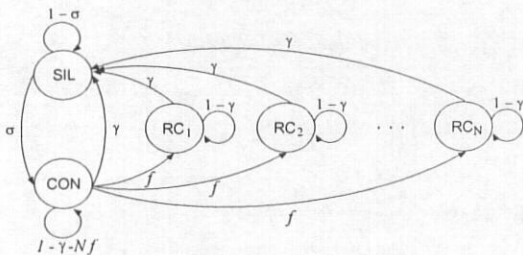


그림 2: 음성 시스템 모델

위의 음성 시스템 모델을 기반으로, 다음의 사건들

(E_{vk}, k=0,1,...,6) 을 정의한다.

- E_{v0}: 경쟁 상태에서 유희 상태로 전이하지 않음;
- E_{v1}: 코드가 예약되어 있지 않음;
- E_{v2}: 가용 코드들 중에서 코드 하나를 선택함;
- E_{v3}: 음성 예약 패킷을 다음 슬롯에서 전송할 확률이 P_v 임;
- E_{v4}: 전송된 음성 예약 패킷과 충돌하는 다른 음성 예약 패킷이 없음;
- E_{v5}: 전송된 음성 예약 패킷과 충돌하는 데이터 패킷이 없거나 D_{max} 만큼만 존재함;
- E_{v6}: 전송된 음성 예약 패킷이 MAI 로 인해 발생한 에러를 복구하고 정상적으로 수신됨.

여기서, D_{max} 는 음성 예약 패킷과 충돌했지만 수신 전력 세기에 따른 캡처 효과로 인해 음성 예약 패킷이 성공적으로 수신되는 데에 영향을 주지 않는 데이터 패킷의 최대 수를 의미한다. 사건 E_{v0} 이 발생할 확률 값인 Pr{E_{v0}}는 1-γ 이 된다. Pr{E_{v1}} 와 Pr{E_{v3}} 는 각각 1-r 와 P_v 가 된다. 여기서 r 은 코드가 예약될 확률을 말한다. Pr{E_{v2}} 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Pr\{E_{v2}\} &= \sum_{l=1}^N \left(\frac{N-1}{l-1} r \right)^{N-l} (1-r)^{l-1} \cdot \frac{1}{l} \\ &= \frac{1}{(1-r)N} (1-r)^N \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, 총 N 개의 공유된 코드들 중에서 l 개의 가용 코드가 존재하고 그 중에서 하나가 선택될 확률은 $\frac{1}{l}$ 이 된다. Pr{E_{v4}} 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Pr\{E_{v4}\} &= (1-P_v \cdot \Pr\{E_{v2}\})^{c-1} \\ &= [1-P_v (1-r)^N / (1-r)N]^{c-1} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, c 는 경쟁 상태에 있는 터미널의 수를 말한다

다. 만약에 b 를 데이터 패킷을 전송해야 하는 터미널의 수라고 하면 $\Pr\{E_{i5}\}$ 는 다음과 같다.

$$\Pr\{E_{i5}\} = \sum_{i=0}^{D_{\max}} \binom{b}{i} (P_d(1-r)^N)/(1-r)^N)^i \cdot (1-P_d(1-r)^N)/(1-r)^N)^{b-i} \quad (4)$$

$\Pr\{E_{i6}\}$ 은 $1-P_{pe}$ 로 나타낼 수 있다. 이때, P_{pe} 는 MAI로 인해 패킷에 에러가 발생할 확률을 말한다. 채널 코딩으로 인해 최대 수정 가능한 비트 에러의 수를 B_{\max} 라고 한다면, P_{pe} 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{pe} = \sum_{m=0}^{S_{pkt}} \binom{S_{pkt}}{m} P_{be}^m (1-P_{be})^{(n-m)}$$

여기서, S_{pkt} 는 음성 패킷이 크기를 말하고, P_{be} 는 비트 에러 확률을 말한다. P_{be} 는 가우시안 방법으로, $Q(\text{SNR})$ [6], 으로 근사화 할 수 있다. SNR 은 신호에 대한 잡음의 비율을 말하고 다음과 같이 표현된다.

$$\text{SNR} = \frac{\sum_{i=0}^{D_{\max}} 3 \cdot G \cdot L_{high} \cdot P_{\sim}(i)}{((b-i) + r \cdot N) \cdot L_{low} + (c-1) \cdot L_{high} + i \cdot G \cdot L_{high}} \quad (6)$$

여기서, G 처리 이득 (processing gain)을 말하고 $P_{\sim}(i)$ 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$P_{\sim}(i) = \binom{b}{i} (P_d(1-r)^N)/(1-r)^N)^i (1-P_d(1-r)^N)/(1-r)^N)^{b-i}$$

위에서 언급한 각 사건별로 얻은 확률 값들을 이용해서 터미널이 경쟁 상태 (CON) 에서 RC_i 상태로 전이할 확률 f 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f = \Pr\{E_{i6}\}$$

$$= (1-\gamma) \cdot P_v \cdot (1-P_d(1-r))^{c-1} \cdot (1-P_{pe}) \cdot \sum_{i=0}^{T_{\max}} \binom{b}{i} (P_d(1-r))^i \cdot (1-P_d(1-r))^{b-i} \quad (6)$$

여기서, P_v 와 P_d 는 다음과 같이 정의된다.

$$P_v = \frac{P_v}{N} (1-r)^N, P_d = \frac{P_d}{N} (1-r)^N. \quad (7)$$

3. 데이터 시스템

데이터 시스템은 그림 3에서 보는 것과 같이 버퍼 상태로 모델링 될 수 있다. 전송할 데이터가 발생하면서부터 유휴 상태에서 경쟁 상태로 천이하여 매 슬롯마다 임의로 선택된 가용 코드를 이용해서 패킷 전송을 시도하게 된다. 이때 매 슬롯에서의 전송 확률은 P_d 이고, 버퍼의 크기는 무한하다고 가정한다. 그림 3에서, BUF_j 는 터미널이 j 개의 데이터 패킷을 가지고 있다는 의미이다. 데이터 시스템에서의 사건 (E_{dk} , $k=0,1,\dots,5$) 들은 다음과 같이 정의된다.

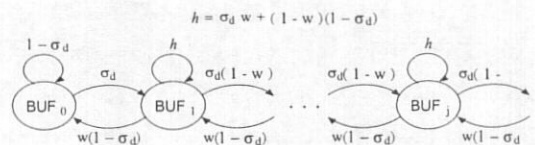


그림 3. 데이터 시스템 모델

- E_{d0} : 코드가 예약되어 있지 않음;
- E_{d1} : 가용 코드들 중에서 코드 하나를 선택함;
- E_{d2} : 데이터 패킷을 다음 슬롯에서 전송할 확률이 P_d 임;
- E_{d3} : 전송된 데이터 패킷과 충돌하는 다른 음성 예약 패킷이 없음;
- E_{d4} : 전송된 데이터 패킷과 충돌하는 다른 데이터

패킷이 없음;

E_{d5} : 전송된 데이터 패킷이 MAI 로 인해 발생 한 에러를 복구하고 정상적으로 수신됨.

그리고 사건별 확률을 다음과 같은 수식으로 표현 된다.

$$\begin{aligned} \Pr\{E_{d0}\} &= \Pr\{E_{v1}\} = 1-r \\ \Pr\{E_{d1}\} &= \Pr\{E_{v2}\} = \frac{1-r^N}{(1-r)N} \\ \Pr\{E_{d2}\} &= P_d \\ \Pr\{E_{d3}\} &= (1-P_d \cdot \Pr\{E_{d1}\})^c \\ \Pr\{E_{d4}\} &= (1-P_d \cdot \Pr\{E_{d1}\})^{(b-1)} \\ \Pr\{E_{d5}\} &= (1-P_{pe}) \end{aligned} \quad (8)$$

$\Pr\{E_{d5}\}$ 에서 P_{pe} 는 음성 시스템과 유사한 방식으로 계산되고, SNR 다음과 같다.

$$\text{SNR} = \frac{3 \cdot G \cdot L_{low}}{(b+rN-1) \cdot L_{low} + c \cdot L_{high}} \quad (9)$$

데이터 패킷이 슬롯에서 성공적으로 전송될 확률, w , 다음과 같이 표현된다.

$$w = N(1-P_{pe}) \bar{P}_{d1} (1-\bar{P}_{d2}(1-r))^c (1-\bar{P}_{d2}(1-r))^{b-1} \quad (10)$$

4. EPA에 의한 분석

P-RCMA 시스템은 다음의 상태 벡터, Ω 로 표현된다.

$$\Omega = (S, C, R_1, R_2, \dots, R_N, B_0, B_1, \dots, B_j, \dots) \quad (11)$$

여기서 S 와 C, R 은 각각 유희와 경쟁, RC_j

상태에 있는 음성 패킷을 전송하는 터미널의 수 (음성 터미널)에 해당한다. 그리고 B_j 는 BUF_j 상태에 있는 데이터 패킷을 전송하는 터미널 (데이터 터미널)의 수이다. 음성 터미널과 데이터 터미널의 수를 각각 M_v 와 M_d 라고 하면, 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\begin{aligned} S + C + \sum_{i=1}^N R_i &= M_v \\ \sum_{i=0}^{\infty} B_i &= M_d \end{aligned} \quad (12)$$

EPA 분석 방법에서는 모든 상태의 입력량과 출력량이 같아지는 균형 시점 (equilibrium point) 가 존재한다고 가정한다. 균형 시점, ω , 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\omega = (s, c, r_1, r_2, \dots, r_N, b_0, b_1, \dots, b_j, \dots). \quad (13)$$

그리고 수식 2와 3으로부터 다음의 수식들을 도출할 수 있다.

$$c = \gamma + Nr = \gamma s \sigma \quad (SIL) \quad (14)$$

$$r = \gamma c f \quad (RC_j) \quad (15)$$

$$b_0 \sigma_d = b_1 w (1 - \sigma_d) \quad (BUF_0) \quad (16)$$

$$b_0 \sigma_d + b_2 w (1 - \sigma_d) = b_1 w (1 - \sigma_d) + b_1 \sigma_d (1 - w) \quad (BUF_1) \quad (17)$$

$$b_j [w (1 - \sigma_d) + \sigma_d (1 - w)] = b_{j+1} w (1 - \sigma_d) + b_{j-1} \sigma_d (1 - w) \quad (BUF_j, j \geq 2) \quad (18)$$

균형 시점에서 수식 (4.12) 는 다음과 같이 된다.

$$s + c + Nr = M_v$$

$$b + b_0 = \sum_{i=0}^{\infty} b_i = M_d$$

(19)

균형 시점에서는 위의 수식들이 변수 b 와 c , r 로 표현되고 이들 변수를 기반으로 음성 패킷 손실 확률과 평균 데이터 패킷 전송 지연을 구할 수 있다.

5. 음성 패킷 손실 확률

D 를 음성 패킷에 대한 최대 지연 시간으로 가정하면, D 시간을 지나서 기지국에 도달하는 음성 패킷들은 손실된 것으로 본다. v 는 터미널이 경쟁 상태에 있을 확률이고 다음과 같이 표현된다.

$$v = 1 - \gamma - f \tag{20}$$

그러면, L 을 음성 통화 (talkspurt) 의 길이라고 가정할 때에 음성 통화 안에서 손실된 음성 패킷의 평균값은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \overline{N}_{drop} &= \sum_{k=0}^L k \cdot \Pr\{N_{drop}=k\} \\ &= \sum_{L=1}^{\infty} \sum_{k=0}^L k \cdot \Pr\{N_{drop}=k \mid L\} \cdot \Pr\{L\} \\ &= \frac{v\gamma}{[1-v(1-\gamma)]^2} + \frac{v^D(1-\gamma)^D}{1-v} \times \\ &\quad \left[1 - \frac{v\gamma(2+v\gamma-2v)}{[1-v(1-\gamma)]^2} \right] \end{aligned} \tag{21}$$

여기서, $\Pr\{L\} = \gamma(1-\gamma)^{L-1}$ 이다. 결국, 음성 패킷 손실 확률, P_{drop} 은 다음과 같이 표현된다.

$$P_{drop} = \frac{\overline{N}_{drop}}{L} \tag{22}$$

여기서, \overline{L} 는 평균 음성 통화의 길이이고

$$\sum_{L=1}^{\infty} L \cdot \Pr\{L\} \text{ 으로 계산된다.}$$

6. 평균 데이터 패킷 전송 지연

데이터 패킷이 전송되기까지 평균 지연 시간,

\overline{T} , 은 다음과 같다.

$$\overline{T} = \sum_{j=1}^{\infty} j(1-w)^j w = \frac{1-w}{w} \text{ (slots)}$$

버퍼에 이미 j 개의 데이터 패킷이 대기 중인 터미널에 새로이 도달한 데이터 패킷의 평균 대기 시간은 $\frac{1-w}{w}(j+1)$ 이 된다. 그리고 평형 시점일 때에, 터미널이 BUF_j 상태에 있을 확률은 b_j $LSLANTM_d$ 이다. 결국, 평균 데이터 패킷 전송 지연 시간, \overline{D}_{av} 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \overline{D}_{av} &= (1-w) \sum_{j=0}^{\infty} \frac{j+1}{w} \Pr\{BUF_j\} \\ &= \frac{b_0}{wM_d} + \frac{1}{wM_d} \sum_{j=1}^{\infty} (j+1)b_j \\ &= \frac{1-w}{w} \cdot \frac{(1-\rho_d\sigma_d)}{1-\rho_d} \end{aligned}$$

여기서, $\rho_d = \sigma_d w$ 이다.

IV. 분석 및 시뮬레이션 결과

본 장에서는 제안된 P-RCMA의 EPA 분석 및 시뮬레이션 결과를 수치적으로 살펴본다. 결과를 얻기 위해 음성과 데이터 트래픽이 공존하는 환경을 가정하였고 시스템 부하를 증가시키면서 성능을 살펴보았다. 시스템 부하는 같은 수의 음성 터미널 (M_v)과 데이터 터미널 (M_d)에 의해 구성한다고 가정하였고, 채널 코딩은 최대 2 비트까지 자체 교정이 가능하다고 가정하였다. 테이블 1은 분석 및 시뮬레이션에 사용된 파라미터들을 보여준다.

각 성능 척도에 대해, 제안된 P-RCMA와 기존의 RCMA를 비교한다. P-RCMA에 대해서는 충돌 시의 캡처 능력에 따라 2가지 경우를 생각한다. 첫째는 충돌에 음성 예약 패킷 하나와 데이터 패킷 하나가 포함되더라도 음성 예약 패킷을 성공적으로

테이블 1. 시스템 파라미터

Item	Value
데이터 패킷 도착률 (packet/slot/user)	0.16
음성 트래픽의 평균 통화 구간 길이 (sec)	1.0
음성 트래픽의 평균 유희 구간 길이 (sec)	1.35c
슬롯 길이 (msec)	20
처리 이득 (G)	128
채널 속도 (kbits/s)	$8 \times G$
음성 트래픽 속도 (kbits/s)	8
패킷 크기 (bits)	160
공유 코드의 수	40
음성 패킷의 최대 지연 시간 (msec)	100
전송 확률 (P_v, P_d)	1.0, 1.0

수신할 수 있는 경우 P-RCMA(TOL1) 이고, 두 번째는 최대 데이터 패킷 두개가 충돌에 포함되더라도 음성 예약 패킷을 성공적으로 수신할 수 있는 경우 P-RCMA(TOL2) 이다.

1. 음성 패킷 손실 확률

그림 4는 RCMA 와 P-RCMA(TOL1), P-RCMA(TOL2) 의 음성 패킷 손실 확률 성능을 보여주고 있다. 각 프로토콜에 대해서 분석과 시뮬레이션에 의한 결과를 같이 보였다. 그림 4에 따르면 분석과 시뮬레이션의 결과가 거의 일치함을 알 수가 있다.

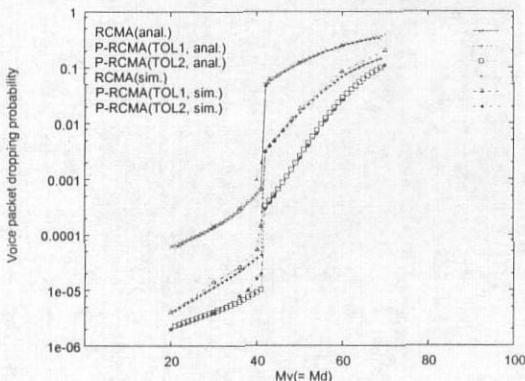


그림 4. 시스템 부하와 음성 패킷 손실 확률

또한, 기존의 RCMA 보다는 P-RCMA(TOL1) 와 P-RCMA(TOL2) 가 보다 좋은 성능을 보여 줌

을 알 수 있다. 이는 수신 전력 세기 따른 캡처 효과를 통해 음성의 품질이 개선되었다는 것을 의미한다. 그리고 캡처 능력이 높을수록 더 좋은 성능이 나타남을 알 수 있다. 하지만, 더 높은 캡처 능력을 위해서는 보다 높은 전력 수준으로 음성 예약 패킷을 송신해야 함으로 이는 다른 패킷에 대해 MAI로 작용하기 때문에 이 또한 고려가 돼야 한다. 구체적인 수치로 볼 때에 최대 허용 가능한 음성 손실 확률을 1%로 가정 한다면, RCMA와 P-RCMA(TOL1), P-RCMA(TOL2) 는 각각 최대 41 와 47, 55 개의 터미널을 허용 품질을 만족시키면서 서비스 할 수 있음을 알 수 있다.

2. 평균 데이터 패킷 전송 지연

그림 5 는 RCMA 와 P-RCMA(TOL1), P-RCMA(TOL2) 의 평균 데이터 패킷 전송 지연 성능을 보여주고 있다. 결과에 따르면, 데이터 터미널의 수 $M_d (= M_v)$ 가 42를 넘어서는 순간 모든 프로토콜의 성능이 급격하게 나빠짐을 알 수 있다. 이 순간이 임계 순간 (saturation point) 으로 볼 수 있으며 이 순간부터 전송 패킷들 간에 충돌이 급격히 늘어나면서 성능이 크게 악화된다.

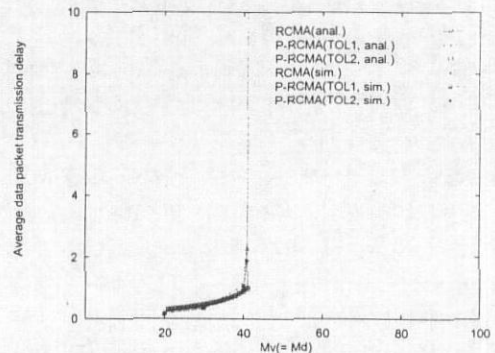


그림 5. 시스템 부하와 평균 데이터 패킷 지연 시간

P-RCMA의 MAI 발생 효과를 보기 위해 임계 순간 이전에 P-RCMA의 성능과 기존의 RCMA 의 성능을 비교해 보면, 거의 같은 성능을 보여 줌을 알 수 있다. 이는 P-RCMA에서 음성 예약 패킷을 높은 전력 수준으로 전송하는 것이 데이터 패킷에 영향을 거의 미치지 않음을 말한다. 이는 임의의 슬롯에서 음성 예약 패킷의 수가 데이터 패킷에 비해

테이블 2. 음성 예약 패킷과 데이터 패킷, 예약된 코드로 전송되는 음성 패킷의 평균 수

M	$\mu(=M/d)$	음성 예약 패킷의 평균 수	데이터 패킷의 평균 수	예약된 코드로 전송되는 음성 패킷 수
20		0.17	3.59	8.35
30		0.25	6.07	12.42
40		0.34	10.80	16.57
41		0.36	12.61	17.02
42		0.50	41.36	17.27
44		0.56	43.71	17.98

월등히 적기 때문이다. 테이블 2는 각 시스템 부하에 대해 각 패킷들의 평균 숫자의 예를 보여 주고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 RCMA의 음성 트래픽의 품질을 개선할 수 있는 P-RCMA 프로토콜을 제안하였다. P-RCMA는 전력 제어를 통해 두 가지의 전력 수준을 유지하고 음성 예약 패킷에 대해서는 높은 전송 전력 수준으로 전송하는 방법을 사용한다. 이는 충돌 시에도 수신 전력 세기에 따른 캡처 효과를 통해 음성 예약 패킷이 데이터 패킷에 우선하여 수신될 수 있도록 해준다. 제안된 프로토콜의 성능은 EPA 분석 방법과 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 이때 음성 예약 패킷을 높은 전력 수준으로 전송함으로써 생길 수 있는 다른 패킷에 대한 MAI를 고려하였다. 분석 결과에 따르면, P-RCMA에서는 기존의 RCMA에 비해 음성 품질 개선을 통해 34% 더 많은 음성 터미널을 서비스할 수 있었다. 그리고 데이터 패킷의 평균 전송 지연에서는 거의 차이가 없는 성능을 보여 주었다. P-RCMA에 있어서, 음성 예약 패킷에 대해서는 높은 전력 수준으로 전송하는 데에도 다른 패킷에 대한 MAI가 적은 것은 다른 패킷에 비해서 음성 예약 패킷의 평균 수가 월등히 적기 때문이다.

참고 문헌

[1] L. Tan, Q. T. Zhang, "A reservation random access protocol for voice/data integrated spread-spectrum multiple-access systems," *IEEE Journal on Selected Areas in Commun.*,

Vol 14, no. 9, pp. 1717-1727, 1996.

[2] M. B. Pursley,, "The role of spread spectrum in packet radio networks," *Proceeding of The IEEE*, Vol 75, pp. 116-134, Jan. 1987.

[3] V. Wong, C. Leung, "A transmit power control scheme for improving performance in a mobile packet radio system," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, Vol 43, pp. 174-180, 1994.

[4] C. T. Lau, C. Leung, "Capture models for mobile packet radio networks," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol 40, pp. 917-925, May 1992.

[5] R. Prasad, M. G. Jansen, A. Kegel, "Capacity analysis of cellular direct sequence code division multiple access system with imperfect power control," *IEICE Trans. on Commun.*, Vol E76-B, pp. 894-905, Aug. 1993.

[6] S. Zhao, J. Kuang, "Unequal power control in ATM/CDMA wireless communication networks," *Proc. IEEE ICUPC*, pp. 795-799, 1997.

[7] K. W. Cheun, S. Y. Kim, "Joint Delay-Power Capture in Spread-Spectrum Packet Radio Networks," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol 46, pp. 450-453, Apr. 1998.

정 의 훈 (Eui-hoon Jeong)

정회원



1991년 2월 : 경북대학교 컴퓨터 공학과 졸업
 1994년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 석사
 2000년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 박사
 2000년 3월 ~ 2002년 3월 : 한국전자통신연구원 무선

통신 연구소 IMT-2000 개발 분부 단말기 모델 연구팀 선임 연구원으로 단말기 모델의 트랜스포트 채널 제어 소프트웨어 개발
 2002년 4월 ~ 2003년 1월 : CDMA 1X 핸드폰에서 SMS 소프트웨어 개발
 2003년 9월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터 공학과 겸임 강사로 재직중
 <관심 분야> 무선 통신 MAC 프로토콜, 차세대 통신 시스템 통신 프로토콜.