

무선 데이터 통신 및 개인 통신을 위한 Mini Slotted CDMA ALOHA 기법의 성능 해석

허 정 석[†] 양 성 룡^{**} 이 정 태^{***}

요 약

최근에는 무선 데이터 통신 및 개인 통신을 위한 다중 접속 기법으로 CDMA 방식이 활발히 연구되고 있다. 또한 다중 접속 방식을 제어하기 위한 기존의 ALOHA 프로토콜은 채널의 충돌로 인한 낮은 성능이 문제점으로 지적되어 왔으나 무선 패킷 통신망에는 적합한 제어 기법으로 입증되어 왔다. 본 논문에서는 ALOHA 기법을 CDMA 기술로 구현한 MS-CDMA-ALOHA(Mini-Slotted-CDMA-ALOHA) 시스템의 성능 분석을 위하여 해석적 모델을 제시하고 제시한 모델의 타당성을 입증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하여 해석결과와 비교하고 성능을 분석하였다. MS-CDMA-ALOHA 시스템의 성능은 기존 슬롯 ALOHA 시스템이나 Slotted-CDMA-ALOHA 보다 개선된 성능을 보여주었고 특히 과부하 상태에서도 처리율과 지연 성능이 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있었다.

Performance Analysis of Mini Slotted CDMA ALOHA System For Wireless Data and Personal Communication

Jeong Seok Heo[†], Seong Ryong Yang^{**} and Jung Tae Lee^{***}

ABSTRACT

CDMA technique has been largely focused for Wireless Data Communication and Personal Communication Network. ALOHA protocol also has been proven to be effective for Packet Radio Network regardless of low throughput due to channel collisions. In this paper, we evaluate the performance of MS-CDMA-ALOHA(Mini-Slotted-CDMA-ALOHA) system, by analytic and simulation method. The superiority of the MS-CDMA-ALOHA system over conventional Slotted ALOHA and Slotted-CDMA-ALOHA systems are clearly demonstrated for throughput, delay and stability performances.

1. 서 론

최근에는 무선 통신망을 이용한 이동 및 개인 통신 서비스(Mobile/Personal Communication Services)에 대한 요구가 증대되고 있다[1, 2, 3, 4]. 이동 통신 서비스는 음성 서비스를 위주로 발전되어 왔으나 최근에는 데이터 통신 서비스에 대한 요구가 증대되고 있는 실정이다. 이를 위해 음성 서비스를 제공하는 기존의 셀룰러 이동 통신망에서 데이터 통신 서비스를 음성 대역 모델

을 이용하여 제공하고 있으나 전송 품질이 나쁘고 특성이 간헐적인 데이터 트래픽에 대해서는 효율이 떨어지는 단점이 있어 데이터 통신 서비스를 위한 무선 데이터 통신망에 대한 연구가 진행되고 있다. 무선 데이터 통신망에 적용하기 위한 다중 접속 방식으로는 FDMA, TDMA 및 CDMA 기법 등이 있으나 FDMA나 TDMA 기법이 주파수나 시간과 같은 물리적 자원에 제한을 받는 점에 비하여 CDMA 기법은 비교적 용이하게 채널을 제공할 수 있는 점과 셀 계획(cell planning)이 상대적으로 쉽다는 잇점 때문에 대역 확산 방식인 CDMA 기법에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다[5, 6]. 한편 무선 데이터 통

[†] 정 회 원 : 울산대학교 컴퓨터공학과 부교수

^{**} 정 회 원 : 울산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

^{***} 정 회 원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 부교수

논문접수 : 1994년 8월 20일, 심사완료 : 1994년 11월 10일

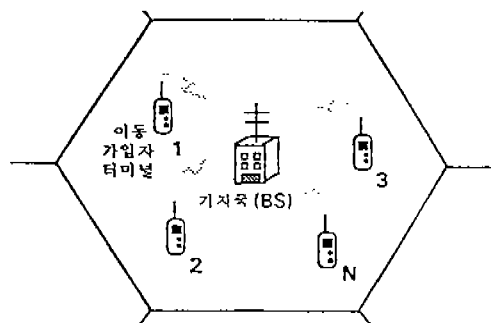
신 서비스를 위한 무선 데이터 통신망의 MAC (Media Access Control) 프로토콜로서는 알고리즘이 간편하여 구현하기 쉽다는 장점 때문에 ALOHA 방식을 중심으로 연구되어 왔으나 트래픽의 증가에 따라 처리율이 급격히 떨어지는 단점이 있었다. 그러나 이를 CDMA 다중 채널 접속 기술에 적용(이하 CDMA-ALOHA 기법이라 함)할 경우 ALOHA 방식의 간편성과 높은 처리율도 얻을 수 있다[7, 8, 9, 10, 11, 12]. CDMA-ALOHA 방식은 대역 확산 통신기법(SSMA: Spread Spectrum Multiple Access)으로서 확산코드(PN code)에 의해 다중 채널이 제공된다. 다중 채널들을 임의의 사용자에게 접속하는 채널 제어 기법으로서의 채널을 슬롯단위로 구분하여 각 슬롯의 시작점에서만 패킷을 전송할 수 있는 S-CDMA-ALOHA(Slotted-CDMA-ALOHA) 방식을 중심으로 연구되어 왔으나, 최근에는 확산코드의 매 칩(chip; 그림 3 참조)의 시작점에서 패킷을 전송할 수 있는 MS-CDMA-ALOHA 방식이 제안되었다. Zhang 등[13]은 MS-CDMA-ALOHA 시스템의 해석이 매우 어렵다는 전제하에 시스템을 간략화하여 성능의 상한치와 하한치(upper and lower bound)를 구하였으나 그들의 값이 근접하지 못하여 MS-CDMA-ALOHA 시스템의 성능을 정확하게 평가한 것으로 보기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 MS-CDMA-ALOHA 시스템의 성능을 정확하게 해석하고 시뮬레이션을 통하여 제시한 해석적 모델의 타당성을 입증하였다. 논문의 구성은 1장에서 서론을, 2장에서는 성능을 해석하고자 하는 MS-CDMA-ALOHA 시스템 구성을 기술하였고, 3장에서 시스템 프로토콜 및 성능해석, 4장에서는 성능해석 및 시뮬레이션 결과를 각각 기술하였으며, 5장에서는 결론을 기술하였다.

2. 시스템 구성

본 논문에서 성능을 분석하고자 하는 무선 데이터 망은 (그림 1)과 같이 N개의 사용자 터미

널과 M개의 채널 그리고 하나의 BS(Base Station)로 구성된 단일 셀 시스템이다. 상호간 직교(orthogonal)하는 M개의 채널은 DS/CDMA(Direct Sequence CDMA)방식의 확산코드(PN code)에 의해 제공되며 확산코드들은 상호간 상호 상관관계 특성(crosscorrelation property)뿐만 아니라 한 코드열 내에서 한 비트 회전 쉬프트시킴 코드들간의 상관관계, 즉, 자기상관관계 특성(auto-correlation property)을 가진다[14]. 그리고 사용자 터미널들이 채널을 공유하기 위한 MAC 프로토콜로서는 MS-CDMA-ALOHA 기법을 사용한다.

BS에는 R개의 수신기가 있고 이들 수신기는 라디오 부(radio section)와 디지털 부(digital section)로 구성된다. 라디오 부는 반송파 에너지를 감지하여 확산코드를 인식하고 인식된 코드를 이용하여 디지털 부에서 데이터가 복원(despreading)된다. 이때 수신기가 송신시에 사용한 확산코드를 사용해 수신 신호를 복원하기 위해서는 상호 확산코드에 대한 약속, 즉 확산코드 프로토콜(spreading code protocol)이 필요하다[15]. 그리고 확산코드 프로토콜은 시스템의 수신기 구조의 복잡성과 관련된 문제이므로 시스템 설계시 중요한 고려 사항이 된다.



(그림 1) MS-CDMA-ALOHA 기법을 이용한 무선 데이터 통신 시스템

(Fig. 1) MS-CDMA-ALOHA wireless data communication system

2.1 MS-CDMA-ALOHA 프로토콜

송신 터미널에 패킷이 발생하면 S-CDMA-ALOHA 기법에서는 매 슬롯의 시작점에서 전송을 시작하는 반면 MS-CDMA-ALOHA 시스템은 (그림 2)와 같이 매 칩의 시작점에서 M개의 채널중 하나를 무작위로 선택, 패킷을 확산시켜 전송한다. 패킷 전송시 둘 이상의 사용자가 동일한 확산코드를 선택 하더라도 전송시점이 한 칩 이상 차이가 나면 확산코드의 자기 상관관계 특성에 의하여 서로 다른 채널로 인식, 패킷을 성공적으로 복원 할 수 있다. 즉, S-CDMA-ALOHA 시스템은 상호 상관관계 특성을 이용하는 반면 MS-CDMA-ALOHA 시스템에서는 상호 상관관계 특성과 자기 상관관계 특성을 동시에 이용하는 기법이다. MS-CDMA-ALOHA 시스템에서 둘 이상의 패킷이 동일한 확산코드를 선택하고 동일한 칩의 시작점에서 전송을 시도하면 이 패킷은 충돌상태가 되며 전송에 실패한다. 따라서 사용자가 패킷의 전송에 실패할 경우는 채널충돌 또는 이용 가능한 수신기를 할당받지 못하는 경우이다. (그림 2)에서 볼때 사용자 A와 B는 동일한 확산코드(C1 코드)를 사용하지만 전송 시작점이 다르기 때문에 충돌한 상태가 아니다. 그러나 사용자 B와 사용자 D의 경우 동일한 확산코드(C1 코드)를 사용하고 동일한 칩의 시작점에서 전송을 시도 하였으므로 이 두 패킷은 충돌한 상태로 전송에 실패한다.

본 시스템의 송 수신기는 서로 칩 레벨로 동기되어 있으며 데이터 패킷의 구조는 (그림 3)과 같이 프리앰블(preamble), 헤드(header), 데이터, 검사합계(checksum) 부로 구성된다[16]. 수신기가 수신된 신호를 역확산 시키는 과정은 다음과 같다. 수신기의 안테나에 반송파 에너지가 감지되면 사용하지 않는 수신기를 선택 연결하고, 그 수신기의 상관기(correlator)가 확산 코드를 인식(PN code acquisition)한다. 즉 수신기의 라디오 부에서 프리앰블 기간동안 확산코드를 인식하고 헤드, 데이터, 검사합계 부는 수신기의 디지털 부

에 연결되어 인식된 확산코드를 이용 패킷의 나머지 부분을 복원한다. 이때 프리앰블 부의 길이는 상관기 구조(직렬, 병렬구조)에 따라 시스템 설계시 결정 된다. 수신기의 상태는 하나의 패킷을 복원할 동안 사용중 상태를 유지하고 패킷의 복원이 끝나면 휴지상태(idle state)로 복귀한다.



(그림 2) MS-CDMA-ALOHA 시스템의 동작
(Fig. 2) Time structure for MS CDMA ALOHA protocols

프리앰블	헤드	데이터	검사합계
------	----	-----	------

(그림 3) 패킷 구조
(Fig. 3) Packet format

3. 성능해석

본 시스템의 채널은 시스템의 MAC 프로토콜에 대한 성능 해석에 초점을 맞추기 위하여 이상적인 무선채널로 가정하고, 확산 코드의 상호 상관관계 특성과 자기 상관관계 특성이 우수하여 채널간 다중 접속 간섭이 무시될 수 있다고 가정한다.

MS-CDMA-ALOHA 시스템에서는 N개의 사용자가 한 개의 패킷을 성공적으로 전송하고 난 후, 다음 칩에의 확률로 새로운 패킷을 발생시키고, 전송에 실패하여 재 전송 상태(backlogged state)에 있는 사용자는 매 칩 마다 Pr의 확률로 재 전송을 시도하며, 한 패킷 길이는 L개의 칩으로 구성 된다고 가정한다. 따라서 이 시스템에 N개의 사용자로부터 단위시간(칩 기간)당 가해지는 평균 전송 시도율은 다음과 같다.

$$G(bn) = (N - bn)\lambda + bn \cdot Pr$$

bn : 재 전송 상태에 있는 사용자 수

λ : 패킷 전송 시도확률
 P_r : 패킷 재 전송 시도확률

3.1 MS-CDMA-ALOHA 시스템 상태

MS-CDMA-ALOHA 시스템 상태는 매 칩의 종료 시점에서 변하며 다음과 같은 상태변수에 의해 정의된다.

- ① 성공적으로 패킷을 전송중에 있는 사용자 수 $\{x_i\}$
- ② 재 전송 상태에 있는 사용자 수 $\{y_i\}$
- ③ 채널충돌이 발생되었으나 이를 인식하지 못하고 패킷을 전송중에 있는 사용자 수 $\{z_i\}$
- ④ 패킷을 채널충돌없이 전송중이나 수신기 부족으로 수신기를 할당받지 못한 사용자 수 $\{q_i\}$

여기서 새로운 패킷을 발생시킬 수 있는 사용자 수는 상기 네 가지 상태변수가 결정되면 자동적으로 정의 될 수 있다. 즉 새로운 패킷을 발생시킬 수 있는 사용자 수는 전체 사용자 수에서 상기 네 가지 상태에 있는 사용자 수를 제외하면 구할 수 있다.

MS-CDMA-ALOHA 시스템의 성능을 정확히 분석하려면 네 가지 상태변수가 모두 고려하여야 한다. 그러나 네가지 상태를 모두 고려 할 경우 해석적 모델의 해를 구하기 어렵다. 따라서 Zhang[13]등은 이 시스템을 예약 시스템으로 가정하여 ①번항과 ②번항만 고려하고 이를 2차원 마르코브 체인으로 모델화하여 시스템 성능의 상한치(upper bound)를 구하고, 하한치(lower bound)는 변형된 S-CDMA-ALOHA 시스템을 도입하여 구하였다[17]. 그러나 제안된 MS-CDMA-ALOHA 시스템은 패킷 충돌 가능성이 있으며 또 충돌한 패킷은 시스템의 자원(채널, 수신기)을 점유하고 있으므로 ③번항까지 고려하여야 정확한 분석이 될 것이다. 따라서 본 논문에서는 수신기 수에 제약을 가하지 않는다는 가정하에 ④번항을 제외한 나머지 ①번항, ②번항, ③번항을 고려하여 시스템 상태를 정의 하였다.

3.2 MS-CDMA-ALOHA 시스템 성능해석 모델

수신기의 수가 사용자수 보다 클 경우 칩 기간의 종료 시점에서 시스템의 상태는 $\{x, y, z\}$ 로 표시되고 이는 정상상태 천이확률(transition probability)을 갖는 3차원 마르코브 체인을 형성한다. 칩의 종료시점에서 시스템 상태가 $\{x_i=i, y_i=j, z_i=s\}$ 에서 $\{x_{i+1}=l, y_{i+1}=k, z_{i+1}=t\}$ 로 변하는 천이확률을 구하면 (식 1)과 같다.

$$P_{ijs \rightarrow lkt} = \sum_{n=0}^{N-i-s} \min(M, R-i-s, n) \sum_{c_r=0}^n \binom{j}{n-a} p_r^{n-a} (1-p_r)^{j-n+a} \binom{N-i-j-s}{a} \lambda^a (1-\lambda)^{N-i-j-s-a} \binom{i}{l-c_s} q^{c_s+i-l} (1-q)^{i-c_s} \binom{s}{t-u_s} q^{s-t+u_s} (1-q)^{t-u_s} S(c_s, n, M, R-i-s) \quad (1)$$

여기서

$$q = \frac{1}{L}$$

$$u_s = n - c_s$$

$$a = k - j - s + t + c_s$$

$$0 \leq i \leq \min(N, R), \quad 0 \leq j \leq N - i, \quad 0 \leq s \leq \min(N, R)$$

$$0 \leq l \leq \min(N, R), \quad 0 \leq k \leq N - l, \quad 0 \leq t \leq \min(N, R)$$

$$L = \text{패킷의 길이(칩)}$$

n 개의 패킷이 전송을 시도하여 그중 c_s 개가 성공하였다면 충돌한 패킷은 $n - c_s$ 개가 될 것이다. 이를 u_s 라 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$k = j - (n - a) + (s + u_s) - t \quad (2)$$

여기서 $n - a$ 칩의 시작점에서 재 전송상태에 있는 사용자 중에서 전송을 시도하는 사용자수를 의미하고 $\{(s + u_s) - t\}$ 충돌상태가 끝나고 재 전송상태에 들어 가는 사용자수를 의미한다. 따라서 새로운 패킷을 발생시키는 사용자 수를 a 라 할때 다음과 같은 식이 성립한다.

$$a = k - j + n - s + t - n + c_s \tag{3}$$

$$= k - j - s + t + c_s$$

(식 1)에서 $\binom{j}{n-a} p^n (1-p)^{n-a}$ 항은 재 전송상태에 있는 j 개의 사용자 중에서 $n-a$ 개가 재 전송을 시도할 확률을 의미하며 $\binom{N-j-j-s}{a} \lambda^a (1-\lambda)^{N-j-j-s-a}$ 항은 $(N-i-j-s)$ 개의 사용자 중에서 a 개의 사용자가 새롭게 발생한 패킷을 전송할 확률을 의미한다. 즉 N 개의 사용자 중에서 재 전송상태에 있는 사용자수(j), 현재 패킷을 성공적으로 전송 중인 상태에 있는 사용자수(i) 그리고 충돌상태인 패킷을 전송 중인 상태에 있는 사용자수(s)를 제외한 사용자만이 새로운 패킷을 발생시킬 수 있기 때문이다. 또한 (식 1)의 $\binom{s}{l-c} q^{c-t} (1-q)^{s-c}$ 항은 현재 i 개의 패킷이 성공적으로 전송중에 있고 해당 칩 기간에 n 개의 새로운 패킷이 전송시도 되어 c 개가 성공적인 전송을 시작한 상태에서 이 칩의 종료 시점에서 성공적으로 전송 중인 패킷이 l 개가 될 확률을 의미한다. 즉, c 개가 성공적인 전송을 시작하였으므로 칩 기간동안 모두 $i+c$ 개의 패킷이 칩의 종료 시점에서 l 개가 되기 위해서는 이미 성공적인 전송상태를 유지하고 있는 i 개의 패킷 중에서 $l-c$ 개를 제외한 패킷들은 이 칩의 종료시점에서 전송이 완료 되어야 한다. 여기서 q 는 이미 전송중에 있는 패킷이 칩의 종료 시점에서 전송을 완료할 확률이다. 따라서 (식 1)에서 패킷의 고정길이 L 은 평균이 L 인 기하학적으로 분포하는 랜덤 넘버로 통계적으로 근사화 되어있다.

또 $\binom{i}{i-u} q^{c-t} (1-q)^{s-c}$ 항은 현재 충돌한 패킷을 전송 중인 s 개의 사용자중에서 $i-u$ 개가 칩의 종료 시점에서 계속하여 충돌한 패킷을 전송할 확률이다.

한편 M 개의 채널과 R 개의 수신기가 주어진 상태에서 n 개의 패킷이 전송 시도되어 c 개가 성공하는 조건부 확률 $S(C_s | n, M, R)$ 은 (식 4)와 같이 재귀적(recursive)으로 구할 수 있다[9].

$$S(C_s | n, M, R-1) = (1 - \frac{1}{M})^n S(C_s | n, M$$

$$-1, R) + \sum_{j=1}^n \binom{n}{j} (1 - \frac{1}{M})^{n-j} (\frac{1}{M})^j$$

$$[\gamma_j S(C_s | n-j, M-1, R-1) + (1-\gamma_j) S(C_s | n-j, M-1, R-1)] \tag{4}$$

$$\text{여기서 } \begin{cases} \gamma_1 = 1 \\ \gamma_j = 0, j \neq 1 \end{cases}$$

상기식에서 γ_j 는 j 개의 패킷이 임의의 채널을 선택하여 전송을 시도하고, 그 중 한 개의 패킷이 성공적으로 전송될 확률이다. (식 4)의 첫번째 항은 n 개 패킷이 M 개의 채널 중에서 첫번째 채널을 모두 선택하지 않을 확률이며, $\binom{n}{j} (1 - \frac{1}{M})^{n-j} (\frac{1}{M})^j$ 는 n 개중에서 j 개가 M 개의 채널중에서 첫 번째 채널을 선택할 확률이다. $S(C_s | n, M, R)$ 의 초기 조건은 다음과 같다.

$$S(0 | 1, M, R) = 1 - \gamma_1, \quad S(1 | 1, M, R) = \gamma_1, \quad M \geq 1, R \geq 1$$

$$S(0 | n, 1, R) = 1 - \gamma_n, \quad S(1 | n, 1, R) = \gamma_n, \quad n \geq 1, R \geq 1$$

$$S(k | n, M, R) = 0, \quad k > n \geq 0, \text{ or } k > M \geq 0, \text{ or } k > R \geq 0, \text{ or } k, M, n < 0$$

3.3 처리 성능

전송한 바와 같이 천이확률이 구해지면 시스템의 정상 상태확률은 다음 식에서 구해진다.

$$\Pi = \Pi P \tag{5}$$

$$\text{여기서 } \sum_{i=0}^N \pi_{is} = 1$$

따라서 시스템 처리율 S 는 칩 기간당 발생하는 평균 패킷수가 되며 다음식과 같이 주어진다. 즉, 전체 사용자 중에서 성공적으로 패킷을 전송 중인 사용자, 재 전송상태에 있는 사용자, 충돌 상태에 있는 패킷을 전송 중인 사용자를 제외한 사용자들만이 새로운 패킷을 확률로 발생시키므로 시스템

처리율은 (식 6)과 같다.

$$S = \sum_{ijs} (N-i-j-s) \lambda \pi_{ijs} \quad (6)$$

따라서 슬롯 기간당 처리율, 채널당 처리율 그리고 사용자당 처리율은 각각 (식 7, 8, 9)와 같다.

$$S_l = L * S \quad [\text{packet/slot}] \quad (7)$$

$$S_{M,l} = \frac{S_l}{M} \quad [\text{packet/slot/M}] \quad (8)$$

$$S_{N,l} = \frac{S_l}{N} \quad [\text{packet/slot/N}] \quad (9)$$

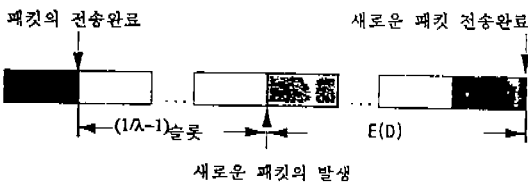
3.4 지연 성능

패킷 지연시간을 패킷이 발생된 시간부터 성공적으로 전송이 완료될 때까지 걸린 시간으로 정의할 경우(전파 지연 시간을 무시), 평균 패킷 지연 시간을 $E(D)$ 라고 하면 정상 상태에서 하나의 패킷을 발생시켜 전송을 완료하기까지 걸리는 시간이 (그림 4)에서 표시되어 있다. 정상 상태에서 s 개의 패킷을 발생시키는데 걸리는 시간은 $\frac{1}{\lambda} - 1$ 이 되고 그 패킷을 전송 완료하는데 걸리는 시간은 $\frac{1}{\lambda} - 1 + E(D)$ 가 된다.

따라서 $\frac{1}{\frac{1}{\lambda} - 1 + E(D)} = \frac{S}{N}$ 가 성립하여 평균

지연시간 $E(D)$ 는 다음 식과 같이 주어진다.

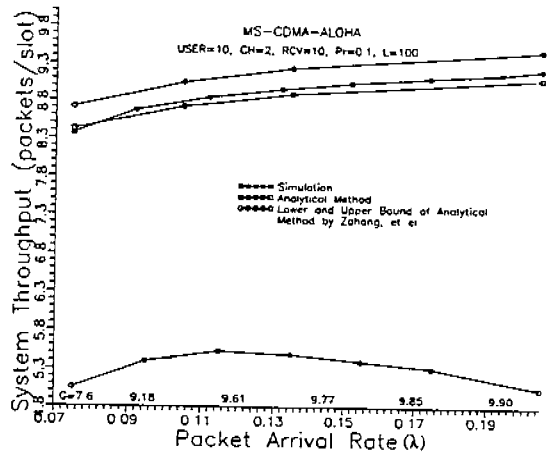
$$E(D) = \frac{N}{S} - \frac{1}{\lambda} + 1 \quad (10)$$



(그림 4) 패킷 지연 시간
(Fig. 4) Timing structure of packet delay

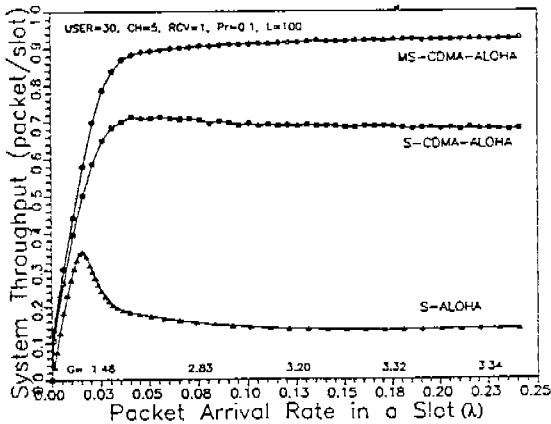
4. 결과 및 분석

본 장에서는 3장에서 유도한 수식의 타당성을 확인하기 위한 시뮬레이션 결과와 해석적 결과를 비교하였다. 제시한 3차원 마르코프 체인으로 모델링한 MS-CDMA-ALOHA 시스템의 성능 해석을 위한 (식 5)의 계산은 MATLAB[18]을 이용하였다. 시뮬레이션은 시스템의 정상상태를 분석하기 위하여 500000 칩 기간동안 수행하여 결과를 얻었다. (그림 5)에서는 Zhang등이 분석한 상한치와 하한치 그리고 본 논문에서 제시한 해석적 결과와 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타냈다. 먼저 해석적 결과를 보면 그 값이 시뮬레이션 결과에 매우 근접하고 있어 제시한 해석적 모델이 Zhang등이 분석한 모델에 비하여 시스템의 동작 상태를 비교적 정확하게 표현하고 있음을 알 수 있다. Zhang등이 제시한 모델[13]의 성능 해석은 그들이 제시한 수식들을 계산하여 표시하였으며 그 결과는 (그림 5)에서 보여주고 있는 바와같이 상한치와 하한치간에 폭이 커서 시스템의 성능을 정확히 평가하는데 한계점을 보이고 있다. 여기서 상한치가 본 논문에서 제시한 해석적 모델의 값보다 더 높은 값을 보여주고있는 것은 MS-CDMA-ALOHA 시스템을 예약 시스템으



(그림 5) MS-CDMA-ALOHA 시스템의 시스템 처리율
(Fig. 5) MS-CDMA-ALOHA System throughput

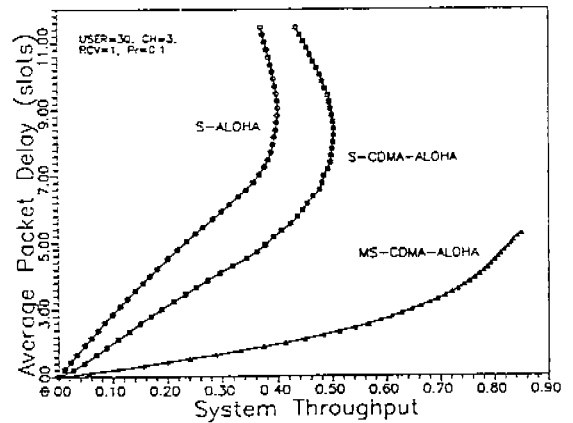
로 가정하여 패킷 충돌현상이 없는 것으로 해석하였기 때문이다. 그러나 충돌현상이 있으며 충돌한 패킷 일지라도 패킷 전송 완료시까지 시스템 자원(채널, 수신기)을 점유하기 때문에 이를 고려하여야만 정확한 모델이 된다. 그리고 하한치가 시스템의 성능을 과소평가하고 있는것은 MS-CDMA-ALOHA 시스템을 개선된 S-CDMA-ALOHA 시스템으로 해석하였기 때문이다.



(그림 6) 제공된 부하에 대한 시스템 처리율
(Fig. 6) Throughputs vs. Offered Load

(그림 6)에서 30명의 사용자, 5개의 확산코드, 1개의 수신기 그리고 Pr과 L이 각각 0.1과 100으로 주어질때 시뮬레이션 결과로 슬롯 ALOHA, S-CDMA-ALOHA, MS-CDMA-ALOHA 방식의 처리 성능을 비교하였다. 그러나 슬롯 ALOHA (S-ALOHA), S-CDMA-ALOHA 시스템의 성능 결과는 타 방식과 비교를 위하여 잘 알려진 기존의 연구결과[19, 20]를 각각 인용하여 나타낸 것이다. 시스템 처리율을 살펴보면 슬롯 ALOHA 시스템은 최대 36%, S-CDMA-ALOHA 시스템은 65%정도를 보여주고 있는데 반해 MS-CDMA-ALOHA 시스템은 90% 정도의 우수한 처리성능을 보여주고 있다. 이는 기존 슬롯 ALOHA 방식의 충돌율이 매우 높으나 S-CDMA-ALOHA 시스템에서는 충돌율이 상당히 개선되기 때문이다. 즉 S-CDMA-ALOHA 방식에서는 CDMA 채널의 상호 상관관계 특성을 이용

비록 동일한 슬롯에 두개 이상의 패킷이 전송을 시도하더라도 바르 충돌이 발생하는 것은 아니기 때문이다. 동일한 슬롯일지라도 확산코드만 다른 수신기는 서로 다른 채널로 인식 수신할 수 있다. 한편 MS-CDMA-ALOHA 방식에서는 비록 동일한 확산코드 일지라도 전송하는 칩 시점이 다르면 확산코드의 자기 상관관계 특성을 이용 서로 다른 채널로 인식할 수 있기 때문에 충돌확률이 현저히 감소한다. 특히 MS-CDMA-ALOHA 방식은 과부하 상태에서도 시스템이 안정적으로 처리율을 유지하고 있음을 알 수 있다.



(그림 7) 시스템 처리율에 대한 지연 특성
(Fig. 7) Packet delay vs system throughput

(그림 7)은 CDMA-ALOHA 시스템들의 지연 특성에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있는데 슬롯 ALOHA 및 S-CDMA-ALOHA 시스템은 과부하 상태가 되면 기하급수적으로 지연이 증가 되지만 MS-CDMA-ALOHA 방식은 개선된 지연특성을 유지하고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

무선 데이터 통신망을 이용한 이동통신 서비스나 개인통신 서비스의 경우 예상되는 수요증가로 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 다중 접속방식이 필요하다. CDMA 기법에 의해 채널을 제공하고 이들 채널의 제어 기법으로

ALOHA 프로토콜을 적용하는 CDMA-ALOHA 시스템에 대한 연구가 진행되어 왔다.

본 논문에서는 매 칩의 시작점에서 전송을 시도하는 MS-CDMA-ALOHA 시스템에 대한 해석 모델을 제시하고 시뮬레이션을 수행하여 모델의 타당성을 입증하였다. 또한 그 처리성능 및 지연 성능을 평가하였다.

CDMA-ALOHA 시스템들은, 특히 MS-CDMA-ALOHA 시스템은 기존의 ALOHA 시스템과는 달리 성능이 개선되고 과부하 상태에서도 안정된 성능을 유지하고 있음을 볼 때, 무선 데이터 통신 및 PCN등의 다중접속 프로토콜로 적합함을 알 수 있었다.

시스템 모델 설정시 사용자 수 만큼 수신기가 있다는 가정으로 수신기 수에 제약을 가하지 않았으나 차후 시스템의 구현시에는 한정된 수신기들을 많은 사용자가 공유하는 방식이 될 것이므로 이에 대한 해석방법과 시스템 자원(채널수, 수신기수)의 변화에 따른 성능 변화를 평가하는 연구를 수행할 예정이다. 또한 MS-CDMA-ALOHA 방식의 구현을 고려할때 송수신기간 칩 레벨의 동기 확보가 해결해야할 문제점으로 예상되며, 특히 본 시스템에 사용한 확산코드 프로토콜은 송신측에서 주어진 확산코드들 중에서 무작위로 하나를 선택 송신하고 수신측에서 이를 인식하여 복원하는 기법을 사용하고 있으나 이는 수신기와 상관기 구조의 복잡성과 관련되는 사항이므로 이에 대한 연구가 아울러 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] William C. Y. Lee, Mobile Communications Design Fundamentals, John Wiley & Sons Inc, 1993.
 [2] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunication System, McGRAW-HILL 1990.
 [3] R. L. Pickholtz, "Theory of Spread-Spectrum Communications-A Tutorial," IEEE

Trans. Comm., Vol. COM-30, No. 5, pp. 129-158, May 1982.
 [4] K. S. Gilhousen, et al., "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE Trnas. on Veh. Technol., Vol. 40, No. 2, pp. 303-312, May 1991.
 [5] "Wireless Access & Personal Communications Networks," Communication & Marketing Systems, Bethesda, MD. 20854
 [6] "Wideband Spread Spectrum Digital Cellular Dual-Mode Mobile System-Base Station Compatibility Standard," TR45, EIA/TIA Interim Standard, Feb. 1993.
 [7] Dimitrios Makrakis, "Spread Slotted ALOHA Techniques for Mobile and Personal Satellite Communication Systems," IEEE JSAC., Vol. 10, No. 6, pp. 985-1002, Aug. 1992.
 [8] Dimitrios Makrakis, K. M. Sundara Murthy, "Spread Slotted ALOHA Techniques for Mobile and Personal Satellite Communication Systems," IEEE JSAC., Vol. 10, No 6, pp. 985-1005, Aug. 1992.
 [9] Wuyi Yue, "The Effect of Capture on Performance of Multichannel Slotted ALOHA Systems," IEEE Trans on comm., Vol. 39, No. 6, pp. 818-822, Jun. 1991.
 [10] D. Raychaudhuri, "The Performance of Random Access Packet Switched Code Division Multiple Access Systems," IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-29, No. 6, Jun. 1981.
 [11] B. Ramamurthi, et al., "Perfect-Capture ALOHA for Local Radio Communications," IEEE JSAC., Vol. SAC-5, No. 5, pp. 806-813, Jun. 1987.
 [12] Christian Namislo, "Analysis of Mobile Radio Slotted ALOHA Networks," IEEE JSAC., Vol. SAC-2, No. 4, pp. 583-588,

Jul. 1984.

[13] Zhensheng Zhang, et al., "Performance Analysis and Simulation of Code Division Multiple Access(CDMA) Cellular Digital Network," IEEE VTC. '93, pp. 420-423, May 1993.

[14] Bernard Sklar, Digital Communications, Prentice-Hall International, Inc. 1988.

[15] Elvino S. Sousa, John A. Silvester, "Spreading Code Protocols for Distributed Spread-Spectrum Packet Radio Networks," IEEE Trans. on Comm., Vol. 36, No. 3, pp. 272-281, Mar. 1988.

[16] Robert E. Kahu, et al., "Advances in Packet Radio Technology," Proceedings of the IEEE, Vol. 66, No. 11, pp. 1468-1496, Nov. 1978.

[17] Zhensheng Zhang, Yow-Jong Liu, "Performance Analysis of Multiple Access Protocols for CDMA Cellular and Personal Communication Services," IEEE Inforcom '93, pp. 1214-1221, 1993.

[18] MATLAB, The MathWorks, Inc., 1993.

[19] Andrew S. Tanenbaum, Computer Network, Prentice-Hall, Inc., 1989.



허 정 석

1976년 서울대학교 공과대학 졸업(학사)
 1986년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
 1994년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료
 1980년 ~ 1983년 한국전자통신연구소 선임연구원

1983년 ~ 1986년 한국통신 연구개발단 선임연구원
 1986년 ~ 현재 울산대학교 컴퓨터공학과 부교수
 관심분야: B-ISDN, Multimedia 통신, PCN



양 성 룡

1989년 울산대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
 1992년 울산대학교 전자공학과(석사)
 1992 ~ 현재 울산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 관심분야: B-ISDN, Multimedia 통신, PCN



이 정 태

1976년 부산대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1983년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
 1988년 서울대학교 컴퓨터공학과(박사)
 1976년 ~ 1984년 한국전자통신연구소 선임연구원

1985년 ~ 1988년 동아대학교 전산공학과 조교수
 1992년 ~ 1993년 일본 NTT 초청연구원
 현재 부산대학교 컴퓨터공학과 부교수
 관심분야: 컴퓨터 네트워크, B-ISDN, PCN