

論文2002-39TC-9-3

버퍼를 가진 다중코드-코드분할다중접속(MC-CDMA) 시스템에서 동적 전송 제어 프로토콜 설계

(Dynamic Transmission Control Design in Buffered MC-CDMA System)

金 泳 龍 *

(Young-Yong Kim)

요 약

무선 통신망에서의 멀티미디어 전송에 대한 요구는 빠른 속도로 증가하고 있다. 지금까지 CDMA에서의 시스템 분석은 패킷의 재전송을 위한 버퍼가 없는 음성을 위주로 이루어져 왔으나 본 논문에서는 버퍼링과 재전송을 고려한 다양한 QoS 요구조건을 만족할 수 있는 멀티미디어 접속 프로토콜을 제안하고 분석하였다. 먼저 다양한 전송률을 사용할 수 있는 MC-CDMA(Multi-Code CDMA) 전송방식 위에서 버퍼링의 영향을 살펴 보고 다양한 조건에서의 동적 전송률 제어 방식을 제안하고 시뮬레이션을 통해 제시한 방법의 타당성을 검증하였다.

Abstract

The demand for multimedia transmission in wireless networking is rapidly increasing. Performance evaluation in the CDMA system has been carried out on the voice-oriented system without re-transmission or buffering. We propose a multimedia access protocol with buffering and ARQ which can meet a variety of QoS requirements. We study the effect of buffering in MC-CDMA(Multi-Code CDMA) and design a dynamic rate control algorithms, whose simulation shows the efficiency of MC-CDMA.

Keywords : CDMA, Queueing 이론, 멀티미디어, 스케줄링, 흐름제어

I. 서 론

이동 통신 시스템은 음성 위주의 2세대 이동 통신에서 다양한 멀티미디어 서비스의 구현이 가능한 3세대 이동 통신 시스템의 진입이 눈앞에 있는 시기에 와 있다.

CDMA 시스템에서 멀티미디어 서비스를 위한 방법으로 제안된 것 중의 하나가 다중코드-코드 분할 다중접속 시스템(MC-CDMA) 이다. 다중코드-코드 분할다중 접속 시스템(MC-CDMA)에서 이동사용자는 기본 Rate R_b 에서 정수 배인 MR_b 까지 자체의 패킷을 전송할 수 있다.

이 논문에서 우리는 버퍼링과 ARQ(재전송)을 가정한 다. 버퍼링과 재전송이 사용되므로, 패킷의 손실은 과도한 채널간섭에 의한 패킷 에러 대신에 버퍼의 용량 초과에 의한 패킷 손실률로 측정된다. 이에 따라 시스템

* 正會員, 延世大學校 電氣電子工學科

(Dep.of Electrical & Electronics Engineering Yonsei University)

接受日字:2001年9月12日, 수정완료일:2002年8月16日

용량이 버퍼링에 의한 일시적 채널변동의 흡수로부터 얻어진 통계적 다중화 이득(statistical multiplexing gain)에 의해 매우 향상될 수 있음을 예측할 수 있다.

유동흐름 근사법(the fluid flow approximation)을 사용함으로써 이동 사용자 i 의 queueing process를 기술하면 수식 (1)과 같다.

$$q_i(t + \Delta) = \max[0, q_i(t) + R_i(t) - \rho_i(t)] \quad (1)$$

여기서 $q_i(t)$ 는 시간 t 의 사용자 i 의 큐 길이이다. $R_i(t)$ 는 시간간격 $[t, t + \Delta]$ 동안에 사용자 i 의 패킷 도착 수를 나타내며, $\rho_i(t)$ 는 채널의 패킷 서비스율을 나타낸다. 패킷 서비스율은 채널의 상황과 MC-CDMA 시스템에서의 전송률 $u_i(t)$ 에 관련된다.

$$u_i(t) = mR_b, m = 0, \dots, M \quad (2)$$

여기서 M 은 기본 rate의 허용된 배수의 최대치이다. 코드분할다중접속(CDMA) 시스템의 특성에 기반한 다른 사용자의 모든 0이 아닌 전송률은 어떤 사용자의 패킷 에러율 $PER_i(t)$ 에 영향을 미친다.

$$PER_i(t) = f(\vec{m}(t), \sigma_p) \quad (3)$$

여기서 $\vec{m}(t) = \{m_i, i = 1, \dots, N\}$ 는 i 번째 사용자의 전송률을 표현한 원소 m_i 를 포함한 벡터이며 σ_p 는 전력제어 에러의 분산이다.(우리는 [1]에서 설명된 것처럼 random log-normal power control error로 가정하였다).

이 논문에서 우리는 간섭이 선형적으로 증가하지 않는 MC-CDMA 시스템의 특징을 이용함으로써 특별히 트래픽이 다양한 연관성(Correlation)을 가질 때 MC-CDMA의 성능을 여러 가지 스케줄링 방안에서 분석한다.

이 논문의 나머지부분은 다음과 같다. 우리는 II장에서 이 논문이 다루고 있는 MC-CDMA의 원리에 대해서 설명한다. III장에서 우리는 buffered CDMA의 시스템 용량과 버퍼와 전력제어오류(power control error)의 영향을 분석한다. IV장에서 우리는 MC-CDMA 시스템의 동적인 전송제어 알고리즘을 제안하고 성능을 평가한다. V장에서 이 논문의 결론으로 끝맺는다.

II. 다중코드-코드분할다중접속(MC-CDMA System)

MC-CDMA는 미래 이동/무선 다중매체 통신시스템(future mobile/wireless multimedia communication system)^[2]으로 기대되는 기술로서 부상하고 있다. 이동 사용자는 기본 Rate R_b 에서 정수 배인 MR_b 까지 자체의 패킷을 전송할 수 있다. 이동 사용자가 m-rate data stream을 가진다고 가정하면 직교코드의 집합은 sub-code 연결구조(concatenation scheme)로부터 만들어진다. mobile n 의 pseudo-noise(PN) code로서 주어진 C_n^{PN} , 확산 코드 $\{C_n^{(i)}, i = 1, 2, \dots, M\}$ 는 수식 (4)로부터 획득된다.

$$C_n^{(i)} = C_n^{PN} X D_i, D_i \perp D_j, i \neq j \quad (4)$$

여기서 D_i 's는 Walsh코드의 집합이다.

$C_n^{(i)} \perp C_n^{(j)}, i \neq j$ 가 보장된다는 것에 주목하면 이 구조는 코드가 기지국에서 동시에 도착하면서 직교성능을 유지하기 때문에 자기 간섭을 피한다. 자기 간섭 배제 때문에 다중-rate 전송은 기본-rate^[3]의 단위 전송량 당 보다 적은 전력으로 달성할 수 있다.

우리는 \hat{m} -rate에서 패킷을 전송하는 이동 단말기의 수를 $N_m(\hat{m} = 1, 2, \dots, M)$ 으로 표기하면 \hat{m} -rate 전송으로부터 \hat{m} 코드 중에 하나의 수신기 입출력 전력레벨은 각각 S_m^i 과 S_m^0 로서 표시된다. 유사하게 \hat{m} -rate 패킷 전송으로부터 \hat{m} 코드 중에 하나에 의해 받은 수신기 입출력 간섭레벨은 각각 I_m^i 과 I_m^0 로서 표기된다. MC-CDMA 전송을 위한 부속-코드연결(sub-code concatenation)로 인해 이동 단말 자체내의 \hat{m} -rate 전송^[3]에서 \hat{m} 코드간에 자기-간섭은 없다. 따라서, \hat{m} -rate 패킷전송중의 어느 하나로부터 받은 간섭은 수식 (5)로부터 유도된다.

$$I_m^i = \sum_{k \neq m} k N_k S_k^i + \hat{m} (N_m - 1) S_m^i + N_0 B_{ss} \quad (5)$$

여기서 B_{ss} 는 대역확산후의 신호 대역폭이다.

수신기 입력에서 \hat{m} -rate 패킷전송으로부터 \hat{m} 코드 중에 어느 하나를 위한 interference-plus-noise-power ratio에 대한 signal-power는 수식(6)이다.

$$\begin{aligned} \gamma_m^i &= S_m^i / I_m^i \\ &= \frac{S_m^i}{\sum_{k \neq m} k N_k S_k^i + \hat{m} (N_m - 1) S_m^i + N_0 B_{ss}} \\ &= \frac{\beta_m^i}{\sum_{k \neq m} k N_k \beta_k^i + \hat{m} (N_m - 1) \beta_m^i + \frac{N_0 B_{ss}}{S_1^i}} \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 $\beta_m^i \equiv S_m^i / S_1^i$ for $\hat{m} = 1, 2, \dots, M$

수신기 출력에서 가우시안 모델^[4]을 사용함으로써, \hat{m} -rate 패킷 전송으로부터 \hat{m} 코드 중에 어느 하나를 위한 interference-plus-noise-power ratio에 대한 signal-power는 수식(7)로서 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \gamma_m^0 &= S_m^0 / I_m^0 \\ &= \frac{S_m^i}{\sum_{k \neq m} \frac{k N_k S_k^i}{\frac{3}{2} G} + \frac{\hat{m} (N_m - 1) S_m^i}{\frac{3}{2} G} + N_0 B_b} \\ &= \frac{\beta_m^i}{\sum_{k \neq m} \frac{k N_k \beta_k^i}{\frac{3}{2} G} + \frac{\hat{m} (N_m - 1) \beta_m^i}{\frac{3}{2} G} + \frac{N_0 B_b}{S_1^i}} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 B_b 는 기저신호 대역이고 $G = B_{ss} / B_b$ 은 대역확산 이득이다. (7)로부터 한 코드채널의 출력 신호-대-간섭률(SIR)이 동일 cell에서 모든 트래픽의 전송률과 전력의 함수이다.

$\vec{N} = (N_1, \dots, N_M)$ 은 m -rate($m=1, \dots, M$)로 전송하는 이 동수를 표현하는 벡터이다. 따라서 완벽한 전력제어^[2]의 가정 하에서 다음 등식이 만족된다.

$$N_1 + \frac{\gamma_0 + \frac{3}{2} G}{2\gamma_0 + \frac{3}{2} G} 2N_2 + \dots + \frac{\gamma_0 + \frac{3}{2} G}{M\gamma_0 + \frac{3}{2} G} MN_M < \frac{\gamma_0 + \frac{3}{2} G}{\gamma_0} \quad (8)$$

아래와 같이 $I(m)$ 규정하면

$$I(m) = \frac{\gamma_0 + \frac{3}{2} G}{m\gamma_0 + \frac{3}{2} G} m \quad (9)$$

이는 m -rate 전송으로부터 초래된 간섭의 표현이다. 따라서 (8)식은 수식 (10)으로서 재작성 할 수 있다.

$$S = \sum_{m=1}^M N_m I(m) < C = \frac{\gamma_0 + \frac{3}{2} G}{\gamma_0} \quad (10)$$

여기서 S 는 부하(loadng factor)를 나타내며 C 는 이론적 시스템 용량을 표현하게 된다. 실질적인 간섭(effective interference)은 수식 (11)로서 규정한다.

$$I_e(m) = \frac{I(m)}{m} = \frac{\gamma_0 + \frac{3}{2} G}{m\gamma_0 + \frac{3}{2} G} \quad (11)$$

직관적으로 $I_e(m)$ 은 m -rate 전송이 사용자에게 적용될 때 단위 전송률로부터 초래된 단위 간섭이다. $I_e(m)$ 은 m 의 증가와 함께 전적으로 감소하는 함수임을 주목하자. 따라서 고속 전송률 사용은 항상 단위 전송률당 시스템 용량을 적게 소비한다. 우리는 MC-CDMA 시스템에서 전송 제어 알고리즘의 설계를 위하여 이 특성을 사용할 것이다. 그전에 우리는 다음장에서 코드분할다중분할(CDMA) 시스템용량에서 버퍼링의 영향을 먼저 분석한다.

III. 버퍼링의 영향(Effect of Buffering)

이 장에서 다양한 전송률의 전송을 위한 CDMA 시스템에서 버퍼링의 시스템 용량에 미치는 영향을 조사한다. 버퍼링의 도입과 함께 시스템용량은 통계적 다중화 이득(statistical multiplexing gain)이 버퍼에 의해 일시적 감량을 흡수하기 때문에 매우 증가한다.

채널의 동적영향을 보는 것이 목적이기 때문에 여기서 우리는 도착 트래픽이 수식 (12)로 규정된 간단한 two-state Markov Chain으로 모델됐다고 가정한다.

$$Q = \begin{bmatrix} -\beta & \beta \\ \alpha & -\alpha \end{bmatrix}, \vec{v} = [0, V_{on}], \vec{\pi} = [1 - \epsilon, \epsilon] \quad (12)$$

β^{-1} 와 α^{-1} 는 지수적인 ON,OFF-기간의 평균이다.

$\lambda = \alpha + \beta$ 이며, λ 는 입력 트래픽 dynamics의 시간척도를 표현한다. 다시 말하면, 만일, λ 가 비교적 크다면, 입력 트래픽의 특성은 매우 자주 변화한다. 반면에 작은 λ 는 입력 트래픽의 느린 변동을 의미한다. v_{on} 는 ON-기간동안 포아송 패킷 발생율이다. $\epsilon = \frac{\beta}{\alpha + \beta}$ 는 ON-기간의 확률이다. \vec{v} 가 각 단계의 도착율을 규정하고, Q 는 Markov Chain의 천이행렬을 표현한다. $\vec{\pi}$ 는 각 state의 steady state probability이다. 비교를 위하여, 우리는 먼저 버퍼링없는 시스템성을 고려하자. 버퍼링이 없는 경우, 패킷 손실률은 단지 채널전송순간에 채널상태로부터 결정된다. 먼저 완전한 전력제어를 가정하자. 이 경우 채널상태를 통제하는 유일한 요인은 ON-state에서 사용자들의 수이다. 비지 않은(non-empty) 버퍼의 사용자들의 수를 N_{on} 이라 하면 수신된 신호대 간섭비율(interference ratio)은 $\gamma(N_{on})$ 가 된다.

$$\gamma(N_{on}) = \frac{1}{\frac{2}{3}G(N_{on} - 1) + \frac{N_0}{Eb}} \quad (13)$$

그림 1은 전력제어에러(power control error)의 분산 σ_p 와 전송하고 있는 이동 단말 수에 따른 전형적인 CDMA 최대 Throughput 곡선을 보여준다. 여기서 순간효율 T는 수식 (14)로서 규정된다.

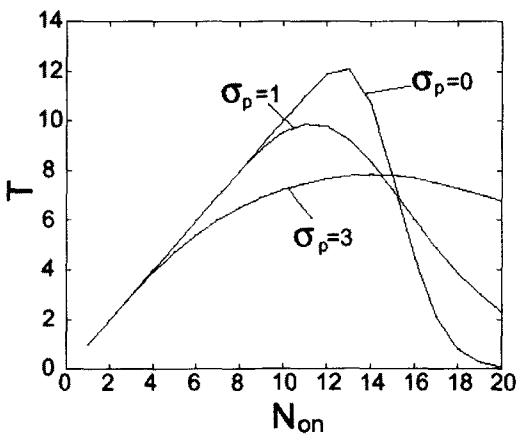


그림 1. 코드분할다중접속시스템에서 N_{on} 대 효율
Fig. 1. throughput vs. N_{on} in CDMA system.

$$T = \sum_{i=1}^{N_{on}} \rho_i \quad (14)$$

나아가 만일 우리가 단일 전송률의 트래픽을 사용한다면 수식 (14)는 수식 (15)로서 사용중인 사용자수 N_{on} 의 함수가 된다.

$$T(N_{on}) = N_{on} \rho(N_{on}) \quad (15)$$

T의 최대값이 달성되는 지점으로서 n_{th} 을 규정하면, N_{on} 값은 $T(N_{on})$ 이 최대가 되고(전체시스템에 대하여) $\rho(N_{on})$ 이 최대가 되는(각 사용자에게 대하여) 경우와 다를 수 있다. 그림 1에서 시스템효율이 전력제어의 정확성에 매우 영향을 받게됨을 볼 수 있다. 사용자의 수가 n_{th} (즉 최대효율이 되는 지점)을 초과할 때 효율이 급격히 악화되는 점 역시 주목할 만하다. 그림 1의 결과는 최대 시스템용량을 달성하기 위하여 철저한 전송제어 필요성을 제기한다. 이 결과와 함께 우리는 우리의 첫 번째 전송제어 알고리즘에 도달한다.

알고리즘 1 : 단일전송률 순회(Single-Rate Round-Robin)

1. 만일 $N_{on} \leq n_{th}$ 이면, 비지 않은 큐를 가지고 있는 모든 사용자에게 전송허용이 주어진다.
2. 만일 $N_{on} > n_{th}$ 이면, 순회방법(round-robin way)으로 N_{on} 사용자중의 n_{th} 사용자가 선택된다. 그리고 모든 비지 않은 사용자에게 전송허용이 주어진다.

그림 2는 입력 트래픽 역학을 표현하는 λ 와 전력제어에러 σ_p 의 분산에 관해서는 알고리즘 1로 묘사된 것처럼 버퍼/전송제어와 함께 버퍼 없는 단일 전송률 CDMA 시스템의 용량을 비교한다. 우리는 동시에 1% 패킷 손실률의 요구조건을 지원할 수 있는 최대 사용자 수를 비교한다. 버퍼링과 ARQ를 사용하는 경우 일시적인 채널 에러 때문에 패킷에러는 직접적으로 패킷손실로 전환되지는 않는다. 채널에러는 다만 재전송을 초래하고 큐에서 패킷대기의 지연을 증가시킨다. 지연은 버퍼크기(K=128)로부터 한정된다. 단지 버퍼가 가득찰 때 패킷손실은 버퍼초과 때문에 발생한다. 그림 2에서 트래픽 역학 와 전력제어에러분산을 광범위하게 전송 제어

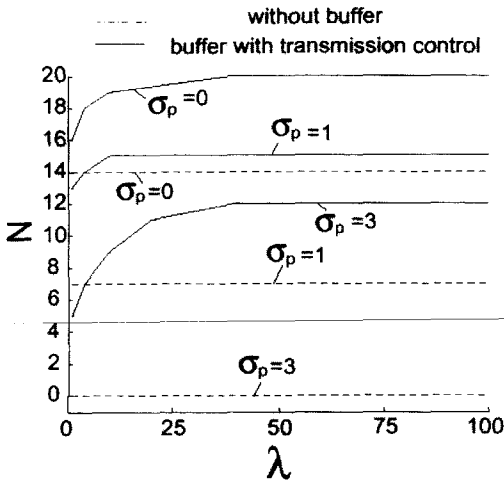


그림 2. 버퍼링의 영향
Fig. 2. Effect of buffering.

하는 버퍼링의 도입으로부터 성능개선을 명백히 볼 수 있다.

전송제어 영향을 알기 위하여, 우리는 그림 3에서 전송제어 시스템과 전송제어 하지 않는 시스템을 비교한다. 전송제어하지 않는 경우, 이동사용자의 큐는 비지 않을 때마다 이동사용자는 전체적인 부하상태에 관계없이 다음 시간 위치(slot)에서 패킷을 전송한다. 전송제어를 하지 않는 시스템 용량은 적당한 전송 제어방법을 가진 시스템의 용량보다 현저히 낮을 수 있음을 볼 수 있다. 이 결과는 안정적인 시스템성능을 위하여 적당한 전송제어가 필요한 버퍼링을 제안한다. 그러나 σ_p 가 커질 때(즉, 전력제어에러의 분산이 커질 때) 전송제어와

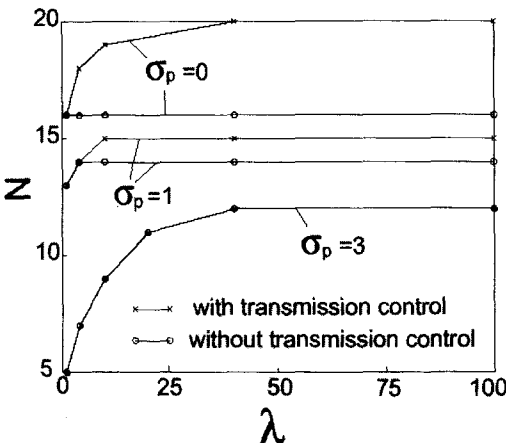


그림 3. 전송제어의 영향
Fig. 3. Effect of transmission control.

비전송 제어 사이의 차이점은 줄어든다. 이것은 σ_p 이 커질 때, N_{on} 이 획기적인 패킷 손실 없는 n_{th} 에 도달하지 않기 때문이다. 그래서 전송제어가 결코 발생하지 않는다. 다음장에서 우리는 다양한 트래픽 결합을 위한 동적 전송 제어 알고리즘을 공부할 것이다.

IV. 동적전송율제어(Dynamic transmission rate control)

이 장에서 우리는 다양한 트래픽 상황에서 버퍼링을 가진 MC-CDMA 시스템을 위한 전송제어의 문제를 조사한다. 우리는 기본적으로 이동사용자의 버퍼 상태에 대하여 완벽한 기지국의 정보를 가정하고, 이 가장아래 알고리즘을 개발한다.

우선 단일 전송률(single rate)으로 출발하여 나중에 복합전송률(multi-rate)로 확장한다.

1. 단일전송률 접근(Single-rate access)

이 경우, 만일 허용된다면 $m \in \{0,1\}$ (즉, 각 사용자)는 각 시간 slot에서 기본률로 전송을 할 수 있다. 우리는 각 사용자에게 대하여 이산시간(i.i.d) 동종의 트래픽 특징을 가정하였다. 따라서 동적 전송 제어 문제는 각 시간 slot에서 각 사용자에게 대한 전송허용을 위한 가부결정으로 국한된다.

$$u_i(j) = m_i(\Phi, \sigma_p, R_i(j), j' \leftarrow q(j)) \quad (16)$$

(16)에서 요소간에 전송제어를 위한 능동 매개변수로서 $\vec{\sigma}_p, \vec{q}$ 을 선택한다. σ_p 는 앞장에서 본 것처럼 전력제어에러가 획기적으로 시스템성능에 영향을 주는 개념으로 중요한 요소다. \vec{q} 는 큐가 집적된 입력 트래픽 자취의 이동된 버전이기에 $R_i(j), j' < j$ 정보를 포함하고 측정하기 쉽다. 유한 크기버퍼에 대하여 버퍼 초과를 줄이기 위하여 큰 버퍼점유 사용자에게 우선권을 주는 것이 직관적이다. 이러한 생각과 함께 알고리즘 2는 알고리즘 1을 기본으로 하고 가장 큰 버퍼점유를 n_{th} 사용자가 선택하고 버퍼초과로부터 가능한 패킷손실을 방지하기 위하여 그 시간 slot에 전송허용을 준다.

알고리즘 2 : 단일전송률 큐 정렬(Single-Rate Sorted-

Queue)

1. 만일 $N_{on} \leq n_{th}$ 이면, 비지 않는 큐에 대하여 모든 사용자에게 전송허용이 주어진다.
2. 만일 $N_{on} > n_{th}$ 이면, 내림차순으로 $\rho_i(j)$ 정렬
3. 2단계에서 정렬된 목록의 위로부터 N_{on} 사용자중에 n_{th} 사용자를 선택하고 전송허용을 준다.

그림 4는 알고리즘 1과 알고리즘 2간의 지연성능비교 (the delay performance comparison)를 보여주며, 여기서 전송선택은 큐 상태에 관계없이 순회방법(round-robin way)으로 발생한다. 이 그림에서 우리는 패킷 손실이 버퍼초과가 지연성능을 왜곡하지 않기에 무한크기 큐를 가정한다.

두 알고리즘은 단지 전송순서가 다르기 때문에 평균 지연성능은 크게 다르지 않음을 보여준다. 직관적으로 알고리즘 2는 약간의 부하 상태에서 이용이 우수하기에 알고리즘 1보다 좀더 우수하다. 약간의 부하상태에서 알고리즘 2는 비지 않는 큐에서 더 많은 사용자를 가진다. 그러나 지연의 분산은 알고리즘 2에서 심각한 부하 사용자에게 더 많은 전송허용을 적용하는 경향을 가지므로 줄어든다. 이런 점에서 우리는 이 경우에 유한버퍼 크기(K=128)를 적용했다. 그림 5는 패킷 손실률과 두

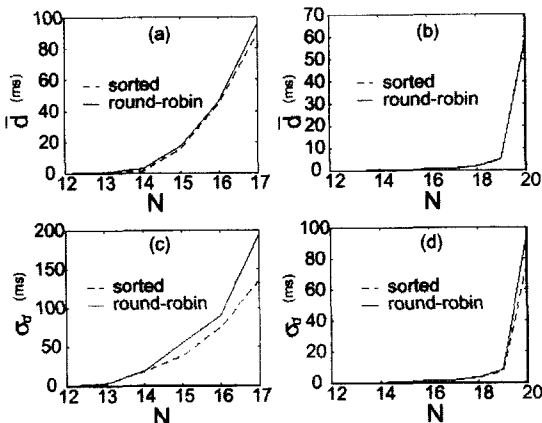


그림 4. 평균패킷접속지연 (a) large time scale($\lambda=1$) (b) small time scale($\lambda=100$)과 지연의 표준편차 (c) large time scale($\lambda=1$) (d) small time scale($\lambda=100$) 대 N

Fig. 4. Average packet access delay. (a) large time scale($\lambda=1$) (b) small time scale($\lambda=100$) and standard deviation of delay (c) large time scale($\lambda=1$) (d) small time scale($\lambda=100$) vs. N

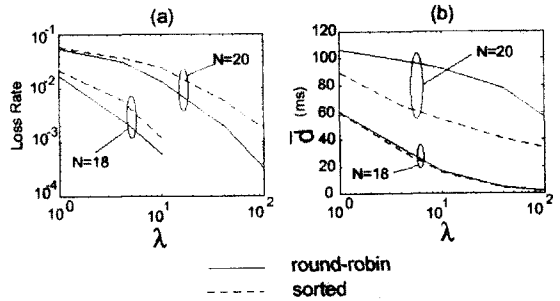


그림 5. (a) 패킷 손실률과 (b) 단일전송률의 경우에서 λ 대 지연평균지연성능

Fig. 5. (a) Packet loss rate and (b) delay average delay performance vs. λ in single rate case.

알고리즘의 지연성능을 보여준다. 양 알고리즘이 무한버퍼의 경우에 동일평균효율을 가지는 점을 주목하자. 단지 무한버퍼의 경우 지연성능과 패킷손실성능은 교체된다. 입력 트래픽의 상관관계는 증가(λ 가 감소)함으로써 지연과 패킷손실성능은 둘 다 양 알고리즘에서 나쁘게 된다.

2. 복합전송률 접근(Multi-rate access)

이 경우 단지 하나의 트래픽 종류가 단일 트래픽 특성과 QOS 요구와 힘세 존재한다. 그러나 다중전송비율은 ($m=1, \dots, M$) 모든 사용자에게 허용된다. 이 경우 우리의 프로토콜 설계는 다음의 MC-CDMA 시스템의 중요한 특성에 기반한다.

특성 1 : effective interference는 m 의 증가와 함께 엄격히 감소하는 함수이다.

$$I_e(m) = \frac{I(m)}{m} = \frac{\gamma_0 + \frac{2}{3}G}{m\gamma_0 + \frac{2}{3}G}$$

직관적으로 고 전송율을 사용하는 수단은 단위 rate당 용량을 덜 소비한다. 이점을 고려하여, 우리는 만일 큐 정렬 목록의 위로부터 사용자에게 최대전송률을 할당한다면 시스템 용량을 좀더 잘 이용할 수 있다. 좀더 나은 효율과 지연성능을 위하여 사용한 특성 1의 효과를 조사하기 위하여 두개의 다른 알고리즘을 비교한다.

알고리즘 3 : 복합전송률 순회(multi-rate round-robin)

1. $m_i = \max(q_i, M)$.

2. $\sum_{i=1}^{Non} I_c(m_i)m_i < S$ 동안, 1 단계를 반복하고 다음 사용자를 선택한다.

알고리즘 4 : 복합전송률 큐 정렬(multi-rate sorted queue)

1. q_i 의 내림차순으로 사용자들을 정렬한다.
2. 목록의 위로부터 $\sum_{i=1}^{Non} I_c(m_i)m_i < S$ 동안 $m_i = \max(M, q_i)$ 을 할당한다.

알고리즘 3은 사용자들을 순서적으로 선택하고 각 사용자에게 최대 가능한 비율을 할당하므로 순회방법(round-robin)으로 부를 수 있다. 알고리즘 4는 정렬된 버퍼의 점유목록의 위 사용자부터 최대 가능한 비율을 할당하므로 큐 정렬 알고리즘(a sorted queue algorithm)으로 부를 수 있다.

그림 6은 유한 버퍼크기의 알고리즘간에 지연성능의 비교를 보여준다. 제안된 최대 큐 우선 알고리즘은 다양한 트래픽 특성에 대하여 다른 알고리즘보다 좀더 우수한 성능을 보유함을 보여줄 수 있다. 알고리즘 4는 일시적인 심각한 부하에서 사용자에게 유리함에도 불구하고

자체의 지연분산은 시스템용량의 효율적인 사용으로부터 전체효율이 증가하기 때문에 알고리즘 3보다 작아짐을 주목하자.

V. 결 론

이 논문에서 우리는 버퍼를 가진 다중코드(MC) CDMA 시스템의 성능을 분석하였다. 버퍼의 도입은 채널 변동의 일시적인 변화를 흡수함으로써 시스템 성능을 획기적으로 증가시킨다. 버퍼링이 사용될 때 채널의 순간적인 열화에 의한 패킷 손실은 재전송에 의하여 버퍼에 저장되며 패킷 손실은 버퍼의 초과에 의해서만 나타난다. 우리는 각 시간 slot에서 전송하는 사용자의 수를 적절하게 제어 할 수 있는 방안을 제안하였다. 시스템용량은 지연변화의 특정범위가 허용된다면 가변 비트 트래픽(Variable Bit Rate Traffic)에 대하여 현저하게 개선할 수 있다. MC-CDMA 시스템의 성능은 전력 제어 정확성과 입력 트래픽 역학에 의해 결정되며 트래픽 역학은 버퍼를 가진 CDMA 시스템 성능에 현저한 영향을 미친다. 제안된 큐 정렬 전송제어 알고리즘을 사용함으로써 최대 효율을 위하여 MC-CDMA의 특징을 완전히 사용할 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] A.J. Viterbi, "CDMA : Principles of Spread Spectrum Communications", Addison-Wesley, Reading, MA, 1995.
- [2] Z. Liu, M.J. Karol, M. El Zarki, and K.Y. Eng, "A Demand-Assignment Access Control for Multi-Code DS-SS CDMA Wireless Packet(ATM) Networks", Proc. IEEE Infocom'96, pp. 713-721, Mar. 1996,
- [3] C.L. I and K.K. Sabnani, "Variable Spreading Gain CDMA with Adaptive Control for True Packet Switching Wireless Networks", Proc. IEEE ICC'95, pp. 725-730, Jun. 1995,
- [4] M. B. Pursley, "Performance Evaluation for Phase-Coded Spread-Spectrum Multiple-Access Communication-Part I : System Analysis", IEEE Transactions on Communications, Vol. 25, No. 8, pp. 795-799, Aug. 1977,

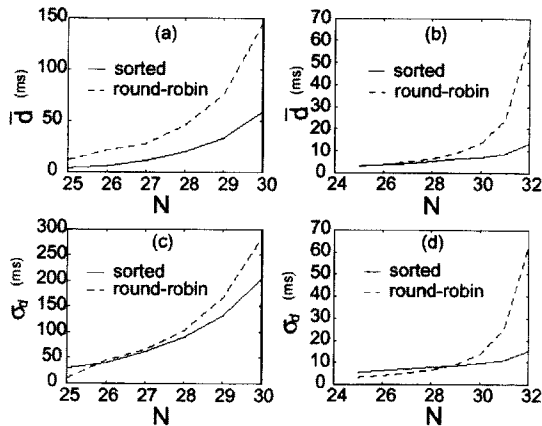


그림 6. 평균패킷접속지연 (a) slow traffic dynamics ($\lambda=1$) (b) fast traffic dynamics($\lambda=100$)과 다중전송률의 경우에서 N 대 지연의 표준편차 (c) slow traffic dynamics ($\lambda=1$) (d) fast traffic dynamics ($\lambda=100$)

Fig. 6. Average packet access delay. (a) slow traffic dynamics ($\lambda=1$) (b) fast traffic dynamics($\lambda=100$) and standard deviation of delay (c) slow traffic dynamics ($\lambda=1$) (d) fast traffic dynamics ($\lambda=100$) vs. N for multi rate case

저 자 소 개



金 泳 龍(正會員)

1991년 : 서울대 전자공학과 졸업.

1993년 : 동대학원 석사. 1999년 :
Universtiy of Texas at Austin
Ph.D. 2000년~현재 : 연세대학교
전기전자공학부 교수. <주관심분
야 : 컴퓨터 네트워크, 이동통신>