

CDMA시스템에서 다중 종류의 문턱치를 사용한 호 수락제어 기법에 대한 연구

학생회원 박 세 권*, 정회원 박 용 완*

A Study on Call Admission Control Scheme based on Multiple Thresholds in the CDMA System

Shi-Quan Piao* Student Member, Yong-Wan Park* Regular Member

요 약

호 수락제어 기법은 CDMA시스템에서 통화중인 호들의 통화품질을 보장하고 시스템의 용량을 증가시킬 수 있는 중요한 기법이다. 본 논문에서는 다중 종류의 문턱치를 사용한 호 수락제어 기법(MCAC : multiple thresholds CAC)을 제시하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 분석하였다. 이 기법에서는 두 가지 종류의 문턱치를 이용하여 새로운 호의 호 신청 수락여부를 결정한다. 첫 번째 문턱치는 통화중인 사용자의 수이고 두 번째 문턱치는 기지국에서 측정되는 신호-대-간섭비이다. 통화중인 사용자의 수가 시스템에서 새로운 사용자를 받아들일 수 있는 충분한 여유용량이 있다고 판단하는 문턱치보다 적으면 신호-대-간섭비를 측정하지 않고 직접 새로운 호의 호 신청을 수락하고 통화중인 사용자의 수가 시스템에서 통화품질을 만족할 수 없다고 판단하는 문턱치보다 많으면 새로운 호의 호 신청을 거절하도록 한다. 통화중인 사용자의 수가 두 문턱치사이에 위치하면 측정된 신호-대-간섭비에 근거하여 호 수락여부를 결정한다. 제안된 알고리즘의 성능평가를 위하여 시스템의 통화품질 저하확률(outage probability)과 호 차단확률(call blocking probability) 및 전 처리확률(pre-processing probability)을 이용하여 제안된 알고리즘의 성능을 기존에 제시된 사용자수에 기반한 알고리즘과 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘과 비교하도록 한다. 실험결과는 제안된 알고리즘이 기존의 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘의 우수한 성능을 유지하면서 호 수락 처리속도를 높일 수 있음을 보여준다.

ABSTRACT

CAC is a very important issue in CDMA system in order to protect the required QoS(quality of service) and increase the system's capacity. In this paper, we proposed and analyzed a call admission control scheme using multiple thresholds, which can provide quick processing time and better performance. There are two effective thresholds used to decide call admission. One is the number of active users, and the other is the signal to interference ratio(SIR). If the threshold of active users are lower than the low number of users threshold, we accept the new call without any other conditions. Otherwise, we check the current SIR to guarantee the quality of our service. System then accepts the new call when the SIR satisfies system requirement. Otherwise, the call will be rejected. Multiple threshold schemes are investigated and their performance is compared with the number of user and power based CAC's. simulation results are provided to evaluate the performance.

* 영남대학교 정보통신공학과 이동통신 연구실(ywpark@yu.ac.kr)

논문번호 : 020278-0614, 접수일자 : 2002년 6월 14일

※ 본 연구는 NTT DoCoMo의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

I. 서론

CDMA시스템은 모든 사용자가 동일한 주파수 대역을 공유하기에 다른 사용자의 영향을 받는 간섭 제한적인 시스템이다. 간섭의 증가는 전체 시스템의 성능에 심각한 영향을 미치며, 결과적으로 통화품질의 저하를 초래하기에 통화품질의 보장을 위해서 다른 사용자들에 의한 간섭을 적당한 레벨로 제어할 필요가 있다. CAC기법은 서비스중인 호들의 통화품질을 모니터링하여 직접 호 수락여부를 결정하는 기법으로 이는 CDMA시스템의 통화품질을 보장해주는 중요한 기법의 하나이다.

DS-CDMA셀룰라 시스템에서 CAC기법은 많은 연구가 진행되어졌다. 이러한 연구를 보면 호 수락여부를 결정하는 문턱치에 근거하여 두 가지 기법으로 분류된다. 첫 번째는 사용자수에 기반한 호 수락 제어 기법(NCAC : number of user based CAC)이고^{[1][2]} 다른 하나는 전력에 기반한 호 수락 제어 기법(PCAC : power based CAC)이다^{[2]-[7]}. Yoshihiro는 NCAC와 PCA 알고리즘에 대하여 설명하였고 그 성능에 대하여 비교 분석하였다^[2]. 이 논문에서 NCAC는 통화품질 저하확률이 시스템에서 요구하는 값을 만족하면서 수락할 수 있는 평균 호의 수를 알아내고 이를 문턱치로 설정하였다. 새로운 호의 호 신청 시 통화중인 사용자의 수와 정해진 문턱치를 비교하여 통화중인 사용자의 수가 정해진 문턱치보다 적으면 호 신청을 수락하고 정해진 문턱치보다 많으면 새로운 호의 호 신청을 거절하도록 하였다. 이는 ZhaoLiu의 논문에서 성능비교대상으로 되고 있는 fixed CAC 기법과 동일하다^[3]. RongFeng Chang은 다중 서비스에서 QoS를 보장하면서 수락할 수 있는 음성 호와 데이터 호의 조합범위를 이론적으로 제시하고 이 조합범위를 호 수락제어에 적용하였다^[1]. 이상의 NCAC알고리즘을 보면 단일서비스 혹은 다중서비스에서 수락할 수 있는 사용자 수의 문턱치를 이론, 또는 실험으로 도출하고 이 문턱치를 통화중인 사용자의 수와 비교하여 새로운 호의 호 수락여부를 결정한다. 이러한 알고리즘은 사용자 수에만 근거하여 호 수락여부를 결정함으로써 시스템의 부하를 증가시키지 않고 실시간으로 빠르게 호 수락제어를

할 수 있지만 PCAC에 비하여 성능이 저하되는 단점이 있다^{[1],[3]}.

CDMA시스템은 간섭 제한적인 시스템이므로 사용자 수로 시스템의 정확한 여유용량을 판단하기 어렵다. 만일 인근 셀로부터 받는 간섭량이 증가하면 받아들일 수 있는 사용자 수가 줄어들고 인근 셀로부터 받는 간섭량이 감소하면 받아들일 수 있는 사용자 수가 많아지게 된다. 사용자 수에 기반한 알고리즘에서 고정된 사용자 문턱치를 사용하므로 인근 셀의 간섭의 변화에 따라 시스템용량의 손실, 또는 과부하로 인한 통화품질의 저하를 초래한다. 반면 전력에 기반한 알고리즘에서 전력 문턱치는 CDMA 시스템의 여유용량을 정확하게 산출할 수 있으므로 사용자 수에 기반한 알고리즘보다 우수한 성능을 나타내고 있으며 이로 하여 무선통신의 호 수락제어에서 PCAC기법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. ZhaoLiu는 자신의 논문에서 시스템의 신호-대-간섭비에 기반한 호 수락제어 알고리즘을 제시하였다^[3]. 이 논문에서는 실험으로 요구하는 통화품질 저하확률을 만족할 수 있는 신호-대-간섭비의 문턱치를 도출하고 시뮬레이션을 통하여 사용자수에 기반한 알고리즘보다 성능이 우수함을 증명하였다. Joy는 새로운 사용자의 호 신청 시 호 수락으로 하여 증가하는 전력을 전력제어 알고리즘에 근거하여 예측하고 예측한 증가전력과 기존전력의 합으로 구성된 총 전력이 설정된 문턱치를 초과하는지 여부에 따라 호 수락여부를 결정하도록 하였다^[4]. 전력에 기반한 호 수락제어 알고리즘은 사용자 수에 기반한 알고리즘보다 성능이 우수하지만 신호-대-간섭비를 얻기 위하여 모뎀부를 거친 복조신호를 이용하여야 하므로 시스템의 복잡도가 증가하고 문턱치와 비교할 안정된 전력을 얻기 위하여 일정한 전력제어 주기를 경과하여야 하므로 호 수락제어 시간이 사용자 수에 근거한 알고리즘보다 길어지는 단점이 있다. 호 수락제어 시간의 지연은 시스템에서 불필요한 간섭을 증가시키며 이는 통화품질의 저하와 용량의 감소를 초래한다.

본 논문에서는 PCAC의 우수한 성능을 유지하면서 PCAC의 호 처리시간을 단축할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘에서 호 수락여부를 결정하는 문턱치는 두 가지 종류로 구성되는데 하나는 통화중인 사용자의 수

이고 다른 하나는 신호-대-간섭비이다. 만일 통화중인 사용자의 수가 정해진 문턱치보다 적으면 시스템에서 새로운 사용자를 받아들일 수 있는 충분한 여유가 있다고 판단하고 신호-대-간섭비를 측정하지 않고 직접 호 신청을 수락한다. 통화중인 사용자의 수가 시스템에서 통화 품질을 만족할 수 없다고 판단하는 문턱치보다 많으면 직접 호 신청을 거절하도록 한다. 통화중인 사용자의 수가 두 문턱치 사이에 있게 되면 시스템의 통화품질을 보장하기 위하여 측정된 신호-대-간섭비에 근거하여 새로운 호의 호 신청을 받아들일지를 결정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 본 논문에서 사용하는 시스템모형을 설명하고 3장에서는 셀 간섭비(본 셀 간섭량 대 다른 셀 간섭량의 비)를 이용하여 사용자 수에만 근거하여 시스템의 통화품질 요구조건을 만족하는지 여부를 판단할 수 있는 문턱치를 도출하며 이에 근거하여 4장에서 제시한 알고리즘에 대해 구체적으로 설명한다. 5장에서는 사용한 시스템모형에 근거하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제시한 알고리즘의 성능을 검증한다. 6장은 본 논문의 결론이다.

II. 시스템모형

본 논문에서 사용하는 시스템모형로는 셀 모델, 전파 환경 모델, 호의 특성에 대한 모델 등이 있다.

그림 1은 본 알고리즘에서 사용하는 셀의 모델로서 모두 49개의 셀로 구성된다. 매개의 셀은 정6각형 모양으로서 모두 동일한 크기를 가지며 매개 셀의 변의 길이는 1km로 가정한다. 성능 평가 데이터는 그림 1의 음영구역으로 표시된 중심 셀과 그 인접 셀을 포함한 7개의 셀에서 취한다. 색으로 표시되지 않은 셀은 CDMA시스템의 환경특성(외부 셀로부터의 간섭)을 나타내주기 위하여 사용된다.

CDMA 시스템에서 사용되는 전파환경에는 거리에 따른 전파감쇠, 쇄도우잉, 다중경로 페이딩 세 가지 요소가 있다. 호 수락제어 모델에서 다중경로 페이딩은 평균 수신전력에 영향주지 않으므로 고려하지 않으며 평균 수신전력에 영향주는 거리에 따른 전파감쇠와 쇄도우잉만

고려한다. 보통 셀룰러 시스템에서 전파감쇠는 감쇄지수가 a 인 거리에 따른 경로감쇠와 로그노말 분포를 따르는 쇄도우잉만 고려한다. 만일 단말이 기지국에서 r 만큼 떨어진 거리에 있다면 단말과 기지국사이의 전파환경은 다음과 같이 표시된다.

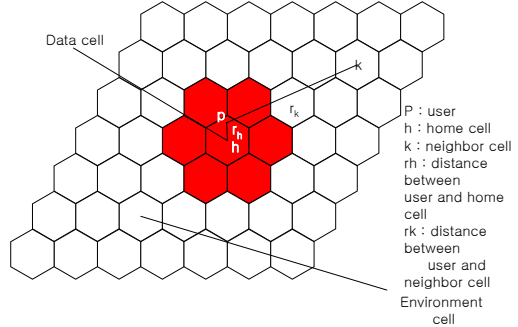


그림 5. 셀 모델

$$\Gamma(r) = 10^{\xi/A_0} r^a \quad (1)$$

여기서 $10^{\xi/A_0}$ 는 쇄도우잉의 영향을 나타내고 ξ 는 평균이 0이고 표준편차가 σ 인 정규분포를 나타낸다. 이 표준편차는 보통 5~12dB의 값을 가지며 본 논문에서는 8dB의 값을 사용한다. 전파감쇄지수 a 는 보통 -3~-5의 값을 가지는데 본 논문에서는 -4를 취한다. 매개 셀에서 총 수신전력은 자기 셀과 다른 셀로부터 받아들인 전체 수신전력의 합이며 완벽한 전력제어로 하여 그 기지국에 접속해 있는 모든 사용자로부터 받는 수신전력은 같다고 가정한다. 앞에서 설명한 단말과 기지국사이의 전파환경 (1)를 이용하면 그림 1에서 홈 셀 h 에서 자기 셀에 있는 사용자로부터 수신한 전력이 P_h 라면 셀 k 에서 이 사용자로부터 받는 간섭량 P_k 는 다음과 같음을 알 수 있다.

$$P_k = P_h \times 10^{(\xi_h - \xi_k)/10} \left(\frac{r_k}{r_h} \right)^a \quad (2)$$

여기서 ξ_h 와 ξ_k 는 각각 사용자와 홈 셀 사용자와 간섭량을 측정하려는 셀 사이의 쇄도우잉을 나타낸다. 매개 셀 내의 사용자는 자기 셀 내에서 균일한 분포를 가진다. 사용자의 이동성은 고려하지 않았으며 쇄도우잉의 영향으로 하여 모든 사용자는 자기의 홈 셀을 정할 때 지리적위치로 가장 가까운 셀이 아니라 전파감쇄

가 가장 작은 셀로 접속을 시도한다.

얼량부하에 따른 알고리즘의 성능을 관찰하기 위하여 얼량부하량을 모델링한다. CDMA 시스템에서 얼량부하량은 발생하는 호의 빈도를 나타내는 호 발생율과 호의 평균지속시간에 의해 결정된다. 매개 셀에서의 호 발생은 독립적이며 발생율이 λ_{call}/sec 인 포아송 분포로 모델화한다. 이 때 시간 τ 사이에 한 셀에서 발생하는 호의 확률은 식 (3)과 같다.

$$P\{X = k\} = \frac{\lambda\tau^k}{k!} e^{-\lambda\tau} \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (3)$$

여기서 k 는 시간 τ 사이에 발생하는 호의 수이다. 호 지속시간은 평균이 $(1/u)$ second인 지수분포로 모델화한다.

III. 다중 문턱치 알고리즘

신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘에서는 시스템의 상태에 관계없이 새로운 사용자가 호신청을 하면 항상 신호-대-간섭비를 측정하고 측정치를 정해진 문턱치와 비교하여 요구하는 통화품질을 만족하는지 여부를 판단하였다. 만일 사용자 수에만 근거하여 시스템에서 통화품질을 만족하는지 여부를 판단할 수 있다면 신호-대-간섭비를 측정하지 않고도 새로운 사용자의 호 수락여부를 결정할 수 있다. 사용자 수에 기반한 알고리즘에서는 시스템에서 수락할 수 있는 평균 호의 수를 문턱치로 설정하고 통화중인 사용자의 수와 이 문턱치를 비교하여 시스템에서 통화품질을 만족하는지 여부를 판단하였지만 판단의 오차로 하여 사용자 수에 기반한 알고리즘의 성능저하를 초래하였다. 이러한 오차를 없애기 위하여 두 개의 사용자 수에 기반한 문턱치 N_{th1} 과 N_{th2} 를 사용하여 시스템의 통화품질 만족여부를 판단한다. N_{th1} 은 통화중인 사용자의 수가 이 문턱치보다 적을 때 오차 없이 통화품질을 만족한다고 판단할 수 있는 문턱치이고 N_{th2} 는 통화중인 사용자 수가 이 문턱치보다 많을 때 통화품질을 전혀 만족할 수 없다고 판단할 수 있는 문턱치이다. 이 장에서는 사용자 수에 기반한 두 개의 문턱치를 도출하기 위하여 셀 간섭비를

정의하고 이에 근거하여 시스템에서 요구하는 비트에너지-대-잡음비를 만족하면서 받아들일 수 있는 사용자 수의 범위를 구하고 문턱치 N_{th1} 과 N_{th2} 를 얻어낸다.

CDMA시스템에서 시스템용량은 자기 셀 사용자의 통화로 하여 점유되는 용량과 외부 셀 사용자가 목표 셀에서 점유하는 용량으로 구성된다. 전체 시스템의 용량이 변하지 않는다면 홈 셀에서 받아들일 수 있는 사용자의 수는 다른 셀이 점유하는 용량에 의하여 결정되며 외부 셀의 사용자가 목표 셀에서 점유하는 용량은 외부 셀로부터 받는 간섭과 목표 셀의 다른 사용자로 인한 간섭의 비, 즉 셀 간섭비로 나타낼 수 있다. 셀 간섭비를 식으로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$F = \frac{I_0 + \eta}{n \cdot p} \quad (4)$$

여기서 F 는 셀 간섭비, n 는 목표 셀에 접속해있는 사용자의 수, p 는 기지국이 한 사용자로부터 받는 전력을 나타내고 I_0 와 η 는 외부 셀로부터 받는 간섭과 가우시안 배경잡음을 나타낸다. 식 (2)를 이용하면 외부 셀로부터 받는 간섭의 양을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_0 = p \cdot \sum_{k \neq hi=1}^{n_k} 10^{(\xi_{ih} - \xi_{ik})/10} \left(\frac{r_{ik}}{r_{ih}} \right)^a \quad (5)$$

셀 간섭비는 각 셀에 있는 사용자의 분포, 전파 전파환경 등의 영향을 받으므로 고정된 값을 가지지 않고 시간에 따라 변하게 되는데 이에 따라 목표 셀에서 측정되는 신호-대-간섭비도 변하게 되며 사용자의 비트에너지-대-잡음비도 따라 변하게 된다. CDMA 시스템에서 비트에너지-대-잡음비는 다음과 같이 나타낸다.

$$\frac{E_b}{N_0} = SIR \times G_p = \frac{p}{(n-1) \cdot p + I_0 + \eta} \times G_p \quad (6)$$

여기서 $\frac{E_b}{N_0}$ 는 목표 셀에서의 비트에너지-대-잡음비를 나타내고 G_p 는 시스템의 대역확산 처리이득을 나타낸다. 식(4)와 (6)으로부터 다음

과 같은 셀 간섭비로 표시되는 비트에너지-대-잡음비를 얻을 수 있다.

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{G_p}{(n-1) + n \cdot F} \quad (7)$$

식 (7)로부터 시스템의 비트에너지-대-잡음비는 홈 셀에서 수용한 사용자의 수와 셀 간섭비에 의하여 결정된다는 것을 알 수 있다. 그림 2는 비트에너지-대-잡음비와 사용자 수, 및 셀 간섭비사이의 관계를 나타낸다. 이 그림에서 Y축은 목표 셀의 비트에너지-대-잡음비를 나타내고 X축은 이 셀에 접속해 있는 사용자수를 나타낸다. 그림으로부터 셀에 접속해 있는 사용자수가 같더라도 셀 간섭비가 작으면 더 높은 비트에너지-대-잡음비를 얻게 되며 셀 간섭비가 크면 더 낮은 비트에너지-대-잡음비를 얻게 됨을 알 수 있다. N_{th1} 과 N_{th2} 의 정의에 따라 셀에서 요구하는 비트에너지-대-잡음비 EIR_0 가 결정되면 그림에서와 같이 $y = EIR_0$ 인 선과 셀 간섭비의 최대, 최소값에 대응하는 함수와의 교차점이 곧 N_{th1} 과 N_{th2} 가 됨을 알 수 있다.

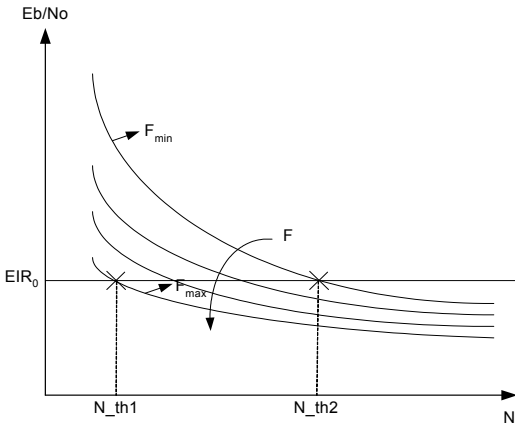


그림 2. 비트에너지-대-잡음비와 사용자수의 관계

만약 셀 간섭비 F 의 최대 값과 최소 값을 알면 식 (7)로부터 셀 내에 n 명의 사용자가 있을 때 얻을 수 있는 비트에너지-대-잡음비의 최소 값과 최대 값을 식 (8)과 (9)와 같이 표시할 수 있다.

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{\min} = \frac{G_p}{(n-1) + n \cdot F_{\max}} \quad (8)$$

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{\max} = \frac{G_p}{(n-1) + n \cdot F_{\min}} \quad (9)$$

위의 두 식에서 n 는 시스템의 통화중인 사용자수를 나타내고 $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{\min}$ 과 $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{\max}$ 는 사용자

수가 n 명일 때 가능한 최소, 최대 비트에너지-대-잡음비이다. F_{\max} 와 F_{\min} 는 최대, 최소 셀 간섭비를 나타낸다. 시스템에서 요구하는 비트에너지-대-잡음비가 EIR_0 라면 N_{th1} 과 N_{th2} 의 정의로부터 식 (8), (9)를 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$EIR_0 = \frac{G_p}{(N_{th1}-1) + N_{th1} \cdot F_{\max}} \quad (10)$$

$$EIR_0 = \frac{G_p}{(N_{th2}-1) + N_{th2} \cdot F_{\min}} \quad (11)$$

여기서 N_{th1} 과 N_{th2} 는 앞에서 정의한 두 개의 문턱치 값이다. 이렇게 구한 값은 정확한 정수가 아닌 소수점을 가진 값으로 나타난다. 하지만 사용자수는 정수로 나타내므로 사용과 이해상의 편리로 사용자 문턱치도 정수로 표시하기로 한다. 이로써 얻어지는 사용자 문턱치는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$N_{th1} = \left\lceil \left[\left(\frac{G_p}{EIR_0} + 1 \right) / (1 + F_{\max}) \right] \right\rceil \quad (12)$$

$$N_{th2} = \left\lceil \left[\left(\frac{G_p}{EIR_0} + 1 \right) / (1 + F_{\min}) \right] \right\rceil \quad (13)$$

여기서 $\lceil x \rceil$ 는 x 보다 작거나 같은 정수를 나타낸다. 실제시스템에서 위의 두 문턱치를 적용하려면 외부 셀 간섭비의 최대, 최소값이 필요하게 된다. 정확한 셀 간섭비의 최대, 최소값을 구하려면 시스템에서 지속적으로 셀 간섭비를 측정하여 이 값을 주기적으로 업데이트해야 한다. 하지만 특정된 시스템에서 외부환경이 크게 변하지 않을 때 이 값이 크게 변하지 않는다고 가정하면 시스템에서 시시각각 외부 셀 간섭비를 측정하지 않고 특정된 시간동안 측정하여 얻어낸 값을 일정한 기간 계속하여 사용할 수 있을 것이다.

신호-대-간섭비에 근거하여 호 수락여부를 결정할 때 시스템에서 측정한 비트에너지-대-잡음비가 요구하는 EIR_0 보다 커야만 호 수락을 할 수 있으므로 신호-대-간섭비의 문턱치는 다음과 같이 근사하게 표시된다.

$$SIR_{th} = \frac{EIR_0}{G_p} \quad (14)$$

신호-대-간섭비 호 수락제어 알고리즘을 사용하는 시스템에서 통화품질은 이 문턱치의 높고 낮음에 의하여 결정된다. 동일한 문턱치일 때에는 시스템부하가 높으면 통화품질이 떨어지게 된다. 그러므로 높은 부하에서도 요구하는 통화품을 보장하기 위하여 실제에서 신호-대-간섭비 문턱치를 사용할 때 상기 근사값보다 약간 높은 값을 채택할 수 있다.

IV. 제안된 알고리즘

제안하는 알고리즘에서 통화중인 사용자 문턱치와 시스템에서 통화품을 나타낼 수 있는 신호-대-간섭비 두 종류의 문턱치를 모두 사용하였다.

그림 3은 알고리즘의 흐름도를 나타낸다.

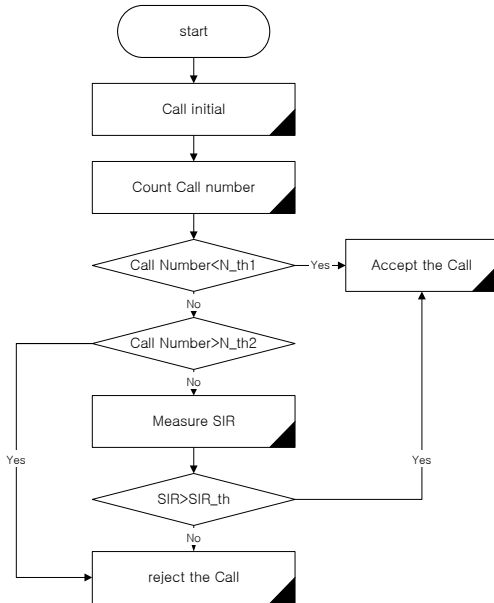


그림 3. 알고리즘 흐름도

알고리즘의 흐름도에서 N_{th1} 과 N_{th2} 는 각각 상, 하 두개의 사용자 문턱치를 나타낸다. N_{th1} 의 정의로부터 사용자수가 N_{th1} 보다 적으면 시스템이 항상 요구하는 비트에너지-대-잡음비를 만족할 수 있으므로 기타의 조건 없이 새로운 호의 호 신청을 수락할 수 있음을

알 수 있다. 만약 사용자수가 문턱치 N_{th2} 보다 많으면 다른 셀로부터의 간섭이 최소치가 되더라도 시스템에서 통화품을 만족할 수 없는 상황이므로 새로운 호의 호 신청을 거절하도록 한다. 사용자수가 문턱치 N_{th1} 과 N_{th2} 사이에 위치하면 외부셀의 간섭량에 의하여 시스템의 통화품질이 결정되는데 간섭량이 많으면 통화품을 만족할 수 없고 간섭량이 적으면 통화품을 만족할 수 있다. 그러므로 이 상황에서는 시스템의 통화품질상태를 확인하고 확인한 통화품질상태에 근거하여 호 수락여부를 결정한다. 통화품질상태를 확인하기 위하여 통화품을 나타낼 수 있는 신호-대-간섭비를 이용하며 측정된 신호-대-간섭비가 요구하는 신호-대-간섭비 문턱치보다 높으면 새로운 호를 수락하고 문턱치보다 낮으면 호 신청을 거절하도록 한다. 알고리즘에서 신호-대-간섭비를 측정하지 않고 사용자수에만 근거하여 직접 호의 수락여부를 결정하는 단계를 전 처리단계라고 하고 신호-대-간섭비의 측정을 거쳐야만 호의 수락여부를 결정하는 단계를 후 처리단계라고 부른다.

V. 시 물 레 이 션

1. 성능평가

제안된 알고리즘에 대하여 컴퓨터 시물레이션을 통하여 그 성능을 검증하며 이를 NCA, PCAC의 성능과 비교한다. 알고리즘의 성능평가를 위하여 호 차단확률, 통화품질 저하확률, 전 처리확률을 사용한다. 호 차단 확률은 다음과 같이 정의한다.

$$P_{blo} = \frac{N_b}{N_t} \quad (15)$$

여기서 N_t 는 총 신청 호의 수를 나타내고 N_b 는 호 신청이 거절된 사용자의 수이다.

통화품질 저하확률은 알고리즘이 시스템의 통화품을 보장하는 작용을 나타내며 다음과 같이 정의한다.

$$P_{out} = PR\left(\frac{E_b}{N_0} < EIR_0\right) \quad (16)$$

통화품질 저하확률은 시스템에서 비트에너지-대-잡음비가 시스템에서 요구하는 목표치 아래로 떨어질 확률이다. 시스템에서 요구하는 통화품질 저하확률은 일정한 요구가 있으며 호 수락제어 알고리즘은 이러한 요구를 만족시켜야 한다. 본 논문에서는 요구되는 통화품질저하확률을 2%로 정한다.

본 알고리즘의 성능평가를 위하여 전 처리확률을 사용하며 이는 다음과 같이 정의된다.

$$P_{re} = \frac{N_{pre}}{N_t} \quad (17)$$

여기서 N_{pre} 는 전체 호 신청자 중에서 전처리단계에서 호 수락여부가 결정되는 사용자의 수이고 N_t 는 전체 호 신청을 한 사용자의 수를 나타낸다. 전 처리단계에서는 사용자수에만 근거하여 호 수락여부가 결정되므로 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘보다 빠른 호 수락결정이 내려짐을 의미한다. 그러므로 전 처리확률은 제시한 알고리즘이 신호-대-간섭비를 이용한 알고리즘보다 호 수락처리시간을 단축시킬 수 있는 작용을 나타내며 이로써 본 알고리즘에서 획득할 수 있는 시간적 이득을 설명할 수 있다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값	설명
C_v	3.6864 Mcps	chip rate
R_v	9.6 kbps	voice rate
G_p	26 dB	voice 확산이득
$(1/u)$	180 (sec)	평균 통화시간 (음성)
a_v	1	음성활동도
EIR_0	7 dB	비트에너지-대-잡음비 (음성)

2. 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션을 통하여 음성 서비스환경과 데이터 서비스환경 두 가지 서비스환경에서 나타나는 알고리즘의 성능을 분석하였다.

시뮬레이션 수행 시 사용한 각종 환경의 설정은 아래 표 1에 열거한 바와 같다. 표와 같이 음성서비스에서 음성 활동도는 고려하지 않았으며(즉 음성활동도는 1) 포아송 분포를 따르는 호 지속시간의 평균은 180sec를 사용한

다. 확산대역은 cdma-2000에서 제안한 3.6864 MHz를 사용하고 음성 테이터율은 9.6Kbps를 사용한다. 이로써 얻어지는 확산이득은 $G_p = 384$ (약 26dB)이다. 음성서비스에서 만족해야 할 BER 10^{-3} 을 얻을 수 있는 비트에너지-대-잡음비는 7dB이다. 본 논문에서는 전력제어가 완벽하게 이루어진다고 가정하였으므로 한 셀에서 자신의 셀에 접속해 있는 모든 사용자들로부터 받는 수신전력은 같으며 이 수신전력을 1로 표준화한다.

시뮬레이션 시간은 모든 알고리즘에 대하여 중심 셀에서 발생하는 전체 호의 수가 100000이 될 때까지를 적용한다.

3. 알고리즘 성능분석

표 1의 음성서비스 파라미터를 시뮬레이션에 적용하여 음성서비스환경에서 제시한 알고리즘이 나타내는 성능을 분석한다. 제시한 알고리즘의 성능을 분석하려면 알고리즘의 전 처리단계에서 이용하는 사용자수 문턱치 N_{th1} 과 N_{th2} , 그리고 후 처리단계에서 이용하는 신호-대-간섭비 문턱치를 도출하여야 한다. 사용자수 문턱치를 도출하기 위하여는 이와 연관된 셀 간섭비를 알아야 한다.

그림 4는 호 수락제어 알고리즘을 사용하지 않은 상태에서 시간에 따라 변하는 셀 간섭비이다.

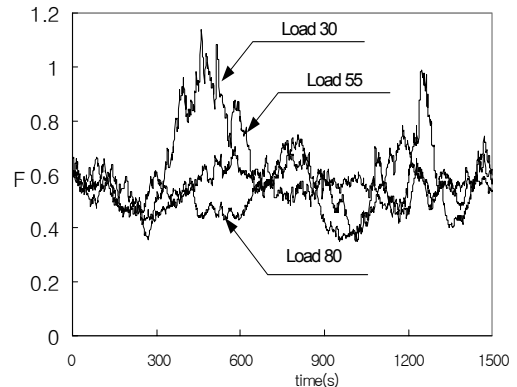


그림 4. 셀 간섭비

그림에서 보면 높은 부하에서 셀 간섭비는 낮은 부하의 셀 간섭비에 비해 안정적인 경향을 나타내고 있다. 이는 낮은 부하에서 사용자수가 적으므로 다른 셀의 사용자수의 증가가

셀 간섭비에 주는 영향이 부하가 높을 때보다 상대적으로 작기 때문이다. 그림 4에서 셀 간섭비의 최대치와 최소치는 각각 1.1389와 0.3503으로 나타나고 있다. 셀 간섭비의 최대값과 최소값을 각각 식 (12), (13)에 대입하면 음성서비스환경에서 N_{th1} 과 N_{th2} 를 얻을 수 있으며 이 값이 각각 36과 58임을 알 수 있다.

후 처리단계에서는 신호-대-간섭비에 근거한 알고리즘을 적용하게 되며 이때 사용하는 신호-대-간섭비 문턱치는 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘에서 제시한 방법과 같은 방법으로 얻어낸다. 식 (14)를 이용하여 이론적으로 얻어낸 신호-대-간섭비 문턱치는 -19.00dB 이다. 하지만 부하가 높은 상황에서는 이 문턱치값을 이용하여 호 수락여부를 결정하게 되면 시스템에서 요구하는 통화품질 저하확률을 만족할 수 없다. 이 문턱치값을 증가시키면서 관찰하는 최대부하 (80Erlang)에서도 여전히 요구하는 통화품질을 만족시킬 수 있는 호 수락제어 문턱치를 얻어낼 수 있다. 이러한 실험방법을 통하여 최대부하 (80 Erlang)에서도 시스템의 통화품질 저하확률 2%를 만족할 수 있는 신호-대-간섭비 문턱치 -18.95dB 를 얻어낼 수 있으며 제시한 알고리즘의 후 처리단계의 신호-대-간섭비 문턱치도 동일한 값을 적용한다. 사용자수에 기반한 알고리즘에서도 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘과 같은 방식으로 최대부하에서도 시스템에서 요구하는 통화품질 저하확률을 만족시킬 수 있는 사용자 문턱치를 얻어낼 수 있다. 실험에서 이 문턱치는 48명으로 나타난다. 위에서 얻어낸 문턱치에 근거하여 제시한 알고리즘과 PCAC, NCAC의 성능을 비교한다. 그림 5와 그림 6은 각각 부하의 변화에 따라 나타나는 세 알고리즘의 호 차단확률과 통화품질 저하확률을 나타낸다. 그림 5에서 보면 제시한 알고리즘의 호 차단확률성능이 NCAC보다 우수하고 PCAC와 비슷하게 나타나고 있다. 두 문턱치 N_{th1} 과 N_{th2} 를 정확하게 구해냈을 경우 제시한 알고리즘의 호 차단확률성능은 PCAC와 같아야 한다. 그림 5에서 제시한 알고리즘과 PCAC 사이에 미세한 성능차이가 나타나는 것은 두 문턱치 N_{th1} , N_{th2} 를 구할 때 오차가 있었음을 의미한다. 이 오차는 다음과 같은 원인에 의해 생긴다. 이것은 문턱치를 얻

기 위해 셀 간섭비를 관찰한 결과는 호 수락제어 알고리즘이 적용되지 않은 상황이기 때문에 특정된 호 수락제어 알고리즘을 적용한 후 셀 간섭비 최대, 최소값이 변할 수 있기 때문이다. 그림 6에서 보면 세 알고리즘이 모두 요구하는 2%의 통화품질을 만족하지만 NCAC의 통화품질 저하확률이 제일 높고 PCAC의 통화품질 저하확률이 제일 낮게 나타나고 있으며 제시한 알고리즘의 성능은 두 알고리즘 성능사이에 위치하고 있다.

제시한 알고리즘의 PCAC보다 우수한 성능은 전 처리단계를 거치면서 얻어지는 시간적 이득인데 이를 그림 7에서와 같이 전 처리확률로 나타내었다. 그림 7에서 보면 낮은 부하조건에서는 알고리즘이 얻는 전 처리확률이 50% 이상에 달한다. 부하의 증가와 함께 이러한 처리이득이 급격히 감소하지만 여전히 10% 정도의 이득을 얻을 수 있다.

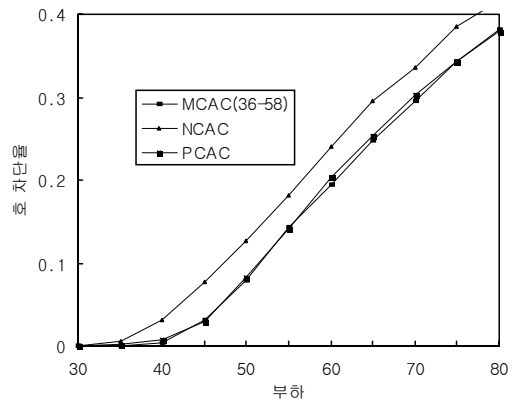


그림 5. 부하의 변화에 따른 호 차단확률

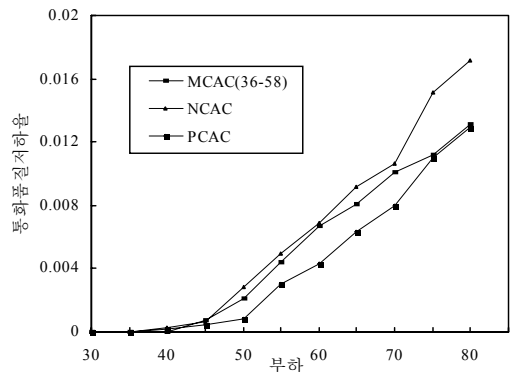


그림 6. 부하의 변화에 따른 통화품질저하확률

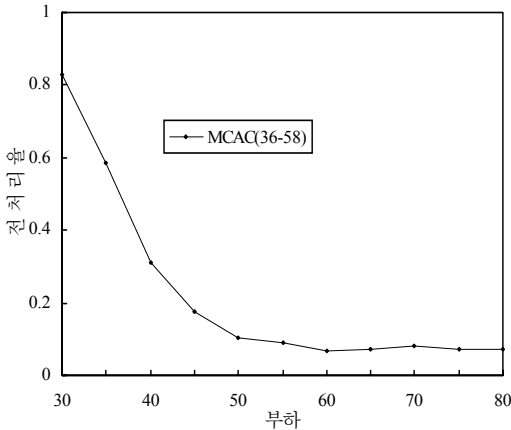


그림 7. 부하에 따른 전 처리이득

4) 문턱치에 대한 설계

음성서비스에서 셀 간섭비에 기반하여 알고리즘의 사용자 문턱치 N_{th1} 과 N_{th2} 의 값 36과 58을 얻었다. 문턱치의 변화가 알고리즘의 성능에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 N_{th1} 과 N_{th2} 를 각각 36과 58에서부터 접근시키면서 문턱치의 변화에 따르는 알고리즘의 성능을 관찰하였다.

그림 8, 그림 9, 그림 10은 각각 N_{th1} 과 N_{th2} 의 변화에 따라 나타나는 알고리즘의 호 차단확률, 통화품질 저하확률, 전 처리확률을 나타내고 있다. 그림 8에서 보면 호 차단 확률은 N_{th2} 가 낮을 때 (50, 52) 비교적 높게 나타나며 비교적 높은 N_{th2} 에서는 비슷한 호 차단 확률을 나타내고 있다. 반면 그림 9에서 보는 바와 같이 통화품질 저하확률은 N_{th2} 가 커짐에 따라 높아짐을 알 수 있다. 이들 모두 N_{th1} 의 영향을 적게 받는다는 것을 알 수 있다. 그림 10의 전처리확률을 보면 전 처리확률이 N_{th2} 의 영향을 가장 심하게 받는다는 것을 알 수 있다. N_{th1} 도 전 처리확률에 영향주게 되는데 N_{th1} 이 증가함에 따라 전 처리확률도 증가한다.

전반적으로 문턱치의 변화에 따라 알고리즘의 호 차단확률과 통화품질저하확률, 전 처리확률사이에 일정한 상관관계가 존재함을 알 수 있다. 높은 통화품질저하확률을 대가로 낮은 호 차단확률과 높은 전 처리이득을 얻을 수 있다.

반대로 호 차단확률을 낮추려면 통화품질 및 전 처리성능의 저하를 동반하게 된다. 그러므로 알고리즘의 실제응용에서 요구에 따라 적당한 문턱치를 선택하여 사용할 수 있다는 것을 알 수 있다.

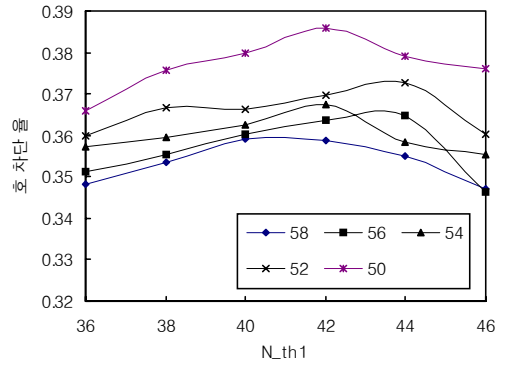


그림 8. 사용자 문턱치에 따른 호 차단 확률

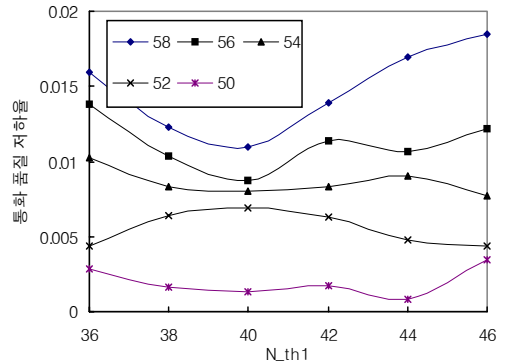


그림 9. 사용자 문턱치에 따른 통화품질저하확률

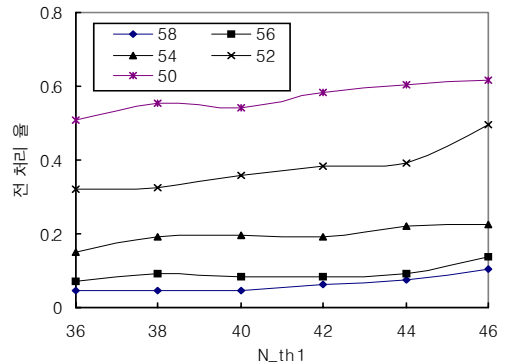


그림 10. 사용자 문턱치에 따른 전 처리확률

VI. 결 론

본 논문에서는 CDMA 시스템의 통화품질 보장 및 용량증대를 위한 호 수락제어 알고리즘을 제시하였다. 우선 기존의 제시되고 있는 주요한 알고리즘에 대하여 알아보고 여기에 기초하여 N CAC와 PCAC를 결합한 알고리즘을 제시하였으며 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 검증하였다.

제시한 알고리즘에서 두 가지 종류의 문턱치를 사용하여 새로운 호의 호 수락여부를 결정하도록 하였다. 그 하나는 통화중인 사용자의 수이고 다른 하나는 신호-대-간섭비이다. 제시한 알고리즘에서는 우선 통화중인 사용자의 수를 확인하고 새로운 호를 받아들일지를 결정함으로써 이 부분의 호는 신호-대-전력에 대한 측정이 필요 없으며 빠른 호 수락제어 결정이 내러지게 된다. 이 범위를 결정하기 위하여 다른 셀의 간섭비에 대해 관찰하고 이 간섭비에 기초하여 신호-대-간섭비를 측정하지 않고 직접 호의 수락여부를 결정할 수 있는 범위를 결정한다. 그러므로 알고리즘의 호 차단확률과 통화품질저하확률은 기존에 제시되고 있는 사용자수에 기반한 알고리즘보다 우수하고 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘과 거의 비슷한 성능을 나타내고 있다. 하지만 시스템의 상황에 근거하여 일부의 호가 신호-대-간섭비에 대한 측정을 거치지 않고 직접 호 수락여부가 결정되도록 하므로 기존의 신호-대-간섭비에 기반한 알고리즘보다 그 호 수락여부 결정시간이 많이 단축된다는 장점이 있다.

실험결과에서 보면 제시한 알고리즘이 낮은 부하조건에서 80%의 전처리 이득을 얻는다는 것을 알 수 있었다. 부하가 높아짐에 따라 이러한 전처리 이득이 감소하지만 여전히 10~20%의 전처리 이득을 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] Rong-Fong Chang and Shiun-Wein wang, "QOS-Based Call Admission for Intergrated Voice and DATA in CDMA Systems", IEEE VTC pp. 623-627, 1996.

[2] Yoshihiro Ishikawa and Narumi Umeda, "Capacity Design and Performance of Call Admission Control in Cellular CDMA Systems", IEEE journal on Selected Areas in Communications, 15, pp. 1627-1635, October 1997.

[3] Zhao Liu and Magda El Zarki, "SI R-Based Call Admission Control for DS-CDMA Cellular Systems", IEEE JSAC. Vol. 12, pp. 638-644, May 1994.

[4] Joy Kury and Paul Memelstein "Call Admission the Uplink of a CDMA System based on Total Received Power", IEEE VTC, pp. 1431-1436, 1999.

[5] Kuenyoung Kim, Youngnam Han, "A Call Admission Control with Thresholds for Multi-rate Traffic in CDMA Systems", 3G wireless, pp. 609-6d13, 2000.

[6] C.Y. Huang, R.D. Yates, "Call admission in power controlled CDMA systems", in Proc. Of IEEE Veh. Technology Conf, VTC-96, May 1996.

[7] N. Bambos and G. Pottie, "Power control based admission policies in cellular radio networks", In IEEE Global Telecommunications conference, GLOBECOM-92, 1992.

[8] A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang capacity of a power controlled CDMA system", IEEE j. select. Areas Commun. Vol. 11, pp. 892-900, Aug 1993.

[9] T.S. Rappaport and L.B. Milstein, "Effect of radio propagation path loss on DS-CDMA cellular frequency reuse efficiency for the reverse channel", IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 41, pp. 231-242, Aug. 1992

[10] Dongwoo Kim, "On upper bounds

of SIR-based call admission threshold in power-controlled DS-SSMA mobile systems", IEEE Communications Letters, vol. 6, pp. 13-15, Jan 2002.

[11]Wha Sook Jeon and Dong Geun Jeong, "Admission control of multimedia calls in CDMA mobile systems", VTC 2001 Spring, vol. 2, pp. 886-890, 2001.

박 세 권(Shi-Quan Piao) 학생회원



1999년 7월 : 북경대학교 전자공학과 졸업 (학사)
2002년 2월 : 영남대학교 정보통신공학과 (석사)
2002년 3월~현재 : 영남대학교 정보통신공학과 박사과정

<주관심분야> 무선통신, 호 수락제어, 무선자원 관리

박 용 완(Yong-Wan Park) 정회원



1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
1984년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
1989년 2월: 뉴욕주립대 전자공학과 졸업 (석사)
1992년 2월: 뉴욕주립대

전자공학과 졸업 (박사)
1992년 10월~1993년 12월: 캘리포니아 공과대학 Research Fellow
1994년 1월~1996년 8월: SKT기술 연구부장
1996년 9월~현재: 영남대학교 전자정보공학부 부교수
2000년 1월~2000년 2월: NTT DoCoMo 연구소 초빙교수
2003년 1월~현재: UC Irvine 방문교수