

# DS-CDMA 셀룰라 시스템을 위한 SIR기반의 개선된 호 수락 제어

正會員 김 호 준\*, 박 병 훈\*, 이 진 호\*\*, 황 금 찬\*

## Improved SIR-Based Call Admission Control for DS-CDMA Cellular System

Ho-Joon Kim\*, Byeong-Hoon Park\*, Jin-Ho Lee\*\*,  
Keum-Chan Whang\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 DS-CDMA 셀룰라 시스템에서 추정된 SIR(signal-to-interference ratio) 값을 기반으로 하는 개선된 호 수락 제어(call admission control) 알고리즘을 제안하고 성능을 분석하였다. 제안된 알고리즘은 기지국에서 추정된 역방향 SIR 값에 따라 알고리즘에 의해 계산된 여유용량(residual capacity)을 호 수락 제어의 기준으로 하며, 여유용량은 시스템의 통화품질 저하 확률(outage probability)을 일정 수준 이하로 유지하면서 추가로 허용 가능한 호의 수로 계산한다. 여유용량 계산 시 자기 셀 뿐만 아니라 인접 셀의 SIR 값을 참조하며 이때 인접 셀 간섭 결합계수  $\beta$ 를 사용한다. 본 논문에서는 자기 셀의 통화 부하량에 따라  $\beta$ 값을 가변한 개선된 알고리즘을 제안하고, 시스템의 통화 부하량에 따른 호차단확률(call blocking probability) 및 통화품질저하확률 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 성능 평가를 위해 동일 부하(homogeneous load) 및 밀집 부하(hot spot load) 조건을 고려했으며 개선된 알고리즘이 모든 부하량에서 기존의 알고리즘에 비해 성능이 우수함을 알았다. 특히 과부하 상황에서 통화품질저하확률이 일정한 값 이하로 유지되어 QoS(quality of service)를 확보할 수 있는 효과를 얻었다.

### ABSTRACT

In this paper an improved Signal-to-Interference ratio(SIR)-based call admission control(CAC) algorithm for DS-CDMA cellular system is proposed and its performance is analyzed. This algorithm uses Residual-Capacity defined as the additional number of initial calls that a base station can accept such that system-wide outage probability will be guaranteed to remain below a certain level. The residual capacity at each cell is calculated

\*연세대학교 전기공학과  
\*\*한국 IBM 재직  
論文番號:97261-0726  
接受日字:1997年 7月 26日

according to the reverse-link SIR measured not only at the home cell but also the adjacent cells. Then the adjacent cell interference-coupling coefficient  $\beta$  is used. In this work we propose an improved algorithm that  $\beta$  varies according to the traffic load of the home cell. The influence of traffic condition on system performance, namely blocking probability and outage probability, is then examined via simulation. The performance of the improved algorithm is evaluated both under homogeneous and hot spot traffic loads. The results show that the improved algorithm outperforms conventional algorithms under all load values. Under over-load situation, especially, the improved algorithm gives almost constant outage performance that QoS(quality of service) can be guaranteed.

## I. 서 론

최근 전파 전파 특성과 전력제어에 관련된 DS-CDMA 시스템의 용량에 관한 연구가 많이 발표되고 있다[1]~[6]. 그러나 호 발생 과정의 특성과 호부하의 변화에 따른 셀룰라 시스템의 용량을 연구한 내용은 많지 않다. 또한 DS-CDMA 시스템의 SIR(Signal-to-Interference Ratio) 분포에 관한 컴퓨터 시뮬레이션 결과 [7]와 이론적 해석[17]이 있었으나 통화 부하의 변화를 고려하지는 못했다. 한편 통화 부하의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안으로 DCA(Dynamic Channel Allocation) 기법이 FDMA/CDMA 셀룰라 시스템 및 무선 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 시스템에서 활발히 연구되고 있다[8]~[12]. 그러나 DS-CDMA 셀룰라 시스템에서 채널 할당 문제는 호 수락제어로 볼 수 있다. Zhao[16]는 SIR과 여유용량(residual capacity)을 이용한 호 수락 알고리즘을 제안하였는데 여유용량을 계산할 때 자기 기지국에서 측정된 SIR 값만을 고려하는 알고리즘과, 인접 셀에서 측정된 SIR 값도 고려하는 알고리즘을 제시하여 인접 셀을 고려하는 알고리즘이 셀 간의 통화 부하가 비균일한 상황에서 성능이 우수하다는 결과를 얻었다. 이때 인접 셀의 SIR을 고려하는 정도를 나타내는 인접셀 간섭 결합 계수  $\beta$  값을 통화품질저하확률이 2% 이하가 되는 조건을 만족하는 고정된 값을 사용하였다[16].

본 논문에서는  $\beta$  값이 통화 부하값에 따라 가변하는 개선된 SIR 기반 호 수락 제어(CAC) 알고리즘을 제안하고 그 성능을 연구 한다. 시스템의 성능은 전파 전파 특성과 통화 부하 변화에 따른 호차단확률, 통화품질저하확률을 시뮬레이션 방법을 이용하여 검증한다. 본 논문의 알고리즘에 필요한 SIR 측정 방법은 이미 연구되었고[13] 따라서 시스템을 구현하는 데

는 약간의 추가 부담 이외의 어려움은 없을 것이다. 멀티미디어 트래픽에서의 시스템 성능, 핸드오버 호와 단락호를 고려한 시스템의 성능 분석은 본 연구 이후의 과제이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 본 연구에 사용된 DS-CDMA 셀룰라 시스템 모델, 전파 전파 모델, 통화 모델을 설명한다. III장에서는 DS-CDMA 시스템의 역방향 링크 SIR을 유도하고 개선된 SIR 기반 호수락제어(CAC) 알고리즘을 설명한다. IV장에서는 파라미터가 시스템의 성능에 미치는 영향을 연구하기 위한 시뮬레이션이 수행된다. 알고리즘의 적절한 설계 요소를 선택한 후 성능을 평가하고 상호 비교한다. 마지막으로 결과 고찰과 결론이 V장에 주어진다.

## II. 시스템 모델

### 가. DS-CDMA 시스템 모델

DS-CDMA 시스템은 FDMA/TDMA 시스템과는 달리 주파수 재사용율이 1.7로서 모든 셀에서 같은 주파수를 다시 사용할 수 있다. 각 사용자의 구별은 고유한 확산 부호를 부여함으로써 이루어진다. 본 논문에서 사용된 DS-CDMA 시스템의 모델과 그와 관련된 가정은 다음과 같다.

- (1) 그림 1과 같이 배열된 동일 크기의 육각형 셀 K 개를 서비스 영역으로 간주하며, 기지국은 각 셀의 중심에 위치하고 전방향성 안테나를 사용한다.
- (2) 역방향 링크와 순방향 링크에 대해 서로 다른 주파수 대역이 할당되는 FDD(Frequency Divided Duplex) 방식을 사용하여, 단말은 기지국 신호로부터만, 기지국은 단말 신호로부터만 간섭 영향을 받는다.

- (3)가우시안 잡음은 무시하며, 신호대-잡음비를 SIR에 의해 결정한다.
- (4)각 단말은 홈 셀의 기지국에 대해 송신 전력을 제어한다.
- (5)시스템에 접속을 시도하는 단말은 전파 감쇄가 가장 적은 셀을 홈 셀로 결정한다.
- (6)음성 활동도는 고려하지 않는다. 즉, 각 단말은 호 완료 시까지 연속적으로 채널을 사용한다.
- (7)단말의 이동성은 고려하지 않으며 각 셀 내에서 균일하게 분포하는 것으로 가정한다.

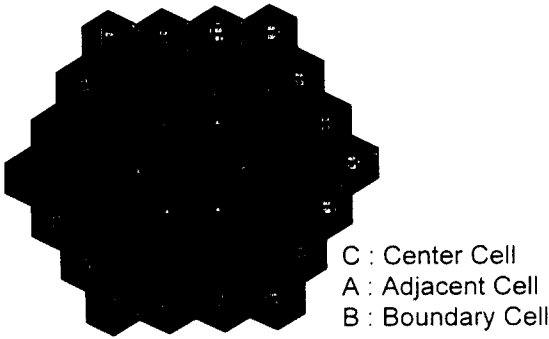


그림 1. 시뮬레이션에 사용된 셀 배열  
Fig. 1 The cellular layout for the simulation

나. 전파 전파 모델

셀룰라 시스템에서의 전파 전파 특성은 거리에 따른 경로 감쇄, 로그노말 쇄도우잉, 다중 경로 페이딩 세가지 요소의 영향을 받으며 이들은 서로 독립적인 것으로 간주할 수 있다[14]. 일반적으로 DS-CDMA 시스템은 경로 감쇄의 평균이 거리의  $\alpha$  승에 비례하고 로그노말 분포에 따른 쇄도우잉이 존재하는 모델을 일반적으로 사용한다[2][14]. 즉 기지국으로부터  $r$  만큼 떨어진 단말에서의 평균 수신 신호의 크기  $\Gamma(r)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\Gamma(r) = 10^{\epsilon/10} r^{-\alpha} \quad (1)$$

이 때 데시벨 단위의  $\epsilon$  는 평균이 영이고 표준 편차가  $\sigma$ 인 정규 분포이다. 이는 거리에 무관하고 5~12 dB의 값을 가지며 도심 실외 환경에서는 8 dB가 일반적

이다. 셀룰라 시스템에서의 경로 감쇄 지수  $\alpha$ 는 2.7~4.0이 일반적이며[5], 본 논문에서는  $\alpha=4$ 를 사용하였다.

다. 통화 모델

셀  $k$ 에서의 호 발생 과정은 평균 발생율  $\lambda_k$ 의 독립적인 포아송 분포로 모델화한다. 발생 호의 위치는 그 셀 내에서 균일한 분포를 갖는 것으로 가정한다. 또한 핸드오버 호는 고려하지 않는다. 이는 역방향 전력 제어가 이루어지기 때문에 핸드오버 호를 고려하면 시스템 전체의 간섭량은 감소하여 시스템의 용량은 개선될 것이기 때문이다. 호 유지 시간은 지수 함수 분포인 랜덤 변수로 모델화한다. 쇄도우잉 때문에 호를 시작하는 단말은 그 지역의 셀에 접속되지 않고 전파 감쇄가 가장 작은 주변의 셀에 접속될 수 있다는 것이 특기할 사항이다.

III. SIR과 SIR 기반의 호 수락 제어 알고리즘

가. 역방향 링크 간섭과 SIR

DS-CDMA 시스템이 K개의 셀로 구성되어 있고 셀  $k$ 에서  $n_k$ 개의 호가 서비스 중이라고 가정하면 셀  $k$ 의 기지국에서 수신된 신호의 총 전력은 모든 단말로부터 수신된 전력의 합이다.

$$I(k) = \sum_{h=1}^K \sum_{i=1}^{n_h} I_i(h, k) \quad (2)$$

$$= S \times n_k + S \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\zeta_{ih} - \zeta_{ik})/10}$$

여기서  $I_i(h, k)$ 는 단말  $i$ 가 자신의 홈 셀로 송신하는 전력을 셀  $k$ 의 기지국에서 수신한 전력이고,  $r_{ih}$ 는 단말  $i$ 로부터 홈 셀  $h$ 의 기지국까지의 거리이며,  $r_{ik}$ 는 단말  $i$ 로부터 셀  $k$ 의 기지국까지의 거리이다. 또한 S는 한 홈셀 기지국에 연결된 각각의 단말들로부터 수신되는 전력 크기로서 이상적인 역방향 전력제어에 의해 모든 단말은 같은 크기의 전력을 사용한다.

셀  $k$ 의 기지국에서 측정된 신호대-간섭비,  $SIR_k$ 는 다른 모든 단말들로부터의 전력의 합에 대한 통화 대상 단말 전력의 비율로서, 이상적인 역방향 전력제어 방식을 사용하므로 모든 단말로부터 동일한  $SIR_k$  값으로 유입된다.

$$SIR_k = \frac{S}{I(k) - S} \tag{3}$$

$$= \frac{1}{n_k - 1 + \left( \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{\gamma_{ih}}{\gamma_{ik}} \right)^x 10^{(\xi_{ih} - \xi_{ik})/10} \right)}$$

$SIR_k$ 는 랜덤 변수로서 세 가지의 확률 과정 즉, 전파 전파, 통화량 변화 그리고 단말기 분포의 랜덤 프로세스이다. 이  $SIR_k$ 는 자신의 셀과 인접 셀에서의 통화 밀도를 반영하는 값이다.

나. 개선된 SIR 기반의 호 수락 제어 알고리즘

DS-CDMA 시스템에서 한 셀의 여유용량은 시스템의 통화품질저하확률(outage probability)이 어느 수준 이하로 유지될 수 있는 상태에서 허용할 수 있는 추가 호의 갯수를 말한다. 이때 통화품질저하확률은 비트 에너지대-잡음 비율( $E_b/N_0$ )이 특정 임계치보다 작을 확률이다. DS-CDMA 시스템에서 핸드 오버 호를 수용하면 시스템 전체의 간섭량을 줄이게 되므로 간섭만을 생각하면 핸드 오버 호는 그 셀의 여유용량에 영향을 미치지 않는다.

• 개선된 알고리즘

- (1) 각 셀  $k$ 의 기지국은 주기적으로 역방향 링크의  $SIR_k$ 를 측정하고, 그 인접 셀로부터 역방향 링크  $SIR$  측정치를 얻는다.
- (2) 각 셀  $k$ 의 기지국은 자기 셀에서의 통화 부하량  $G$ 를 추정하고 다음 식에 의해  $\beta$ 를 계산한다.

$$\beta(G) = 0.01 \times G \tag{4}$$

- (3) 셀  $k$ 에서의 여유용량  $\mathcal{R}_k$ 는 다음 식에 의해 재계산된다.

$$\mathcal{R}_k = \begin{cases} \min\{\mathcal{R}_k^{(j)} | j \in \kappa(k)\} & \text{if } \min\{\mathcal{R}_k^{(j)} | j \in \kappa(k)\} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{5}$$

여기서

$$\mathcal{R}_k^{(j)} = \begin{cases} \left[ \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \right] & \text{if } j = k \\ \left[ \frac{1}{\beta(G)} \left( \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_j} \right) \right] & \text{if } j \in \kappa(k) \end{cases} \tag{6}$$

이다.

이때  $SIR_{TH}$ 는 기지국 수신단 입력측에서의  $SIR$  임계치이며,  $[X]$ 는  $X$ 이하의 최대 정수이다. 또한  $\min\{X\}$ 는  $X$ 의 최소값이고,  $\kappa(k)$ 는  $k$  셀과 그 인접 셀들을 포함하는 부분집합이며,  $\kappa(k)(k)$ 는  $k$  셀의 인접 셀들만을 포함하는 부분 집합이고,  $\beta$ 는 인접 셀과의 간섭결합계수이며,  $G$ 는 자기 셀에서의 호 발생량이다.

- (4) 셀  $k$ 에서 새 호가 발생하면 기지국은 여유용량  $\mathcal{R}_k$ 를 집감하여  $\mathcal{R}_k > 0$ 이면 새 호를 수락하고 여유용량을 하나 감소 시킨다. 만일  $\mathcal{R}_k \leq 0$ 이면 호를 거부한다.

전술한 바와 같이 여유용량을 계산하는데 역방향 링크의  $SIR$ 를 사용한 이유는 순방향 링크가 송신 전력 제어와 동기식 전송 방식을 사용함으로써 DS-CDMA 시스템의 용량이 역방향 링크에 좌우되기 때문이다[2]. 여유용량을 추정하는데 자기 셀에서 측정된 역방향  $SIR$  값과 인접 셀에서의 역방향  $SIR$  값들을 간섭 결합 계수  $\beta$ 을 고려한 값으로 여유용량을 추정한다. 자기 셀에서 측정된  $SIR$  값은 자기 셀의 용량에 미치는 시스템 전체의 부하의 영향을 반영하기는 하지만, 자기 셀의 부하량이 시스템의 다른 셀에 미치는 효과를 충분히 반영하지는 못한다. 따라서 인접 셀의  $SIR$  측정치와 이를 고려하는 정도를 결정하는 파라미터  $\beta$ 를 사용함으로써 인접 셀이 과부하일 경우 자기 셀의 통화량을 줄이게 된다. 이에 따라 한 셀은 여유용량을 추정할 때 과부하인 인접 셀에게 양보하는 효과를 낸다[16]. Zhao의 알고리즘에서의  $\beta$  값은 0.1에서 0.9 사이의 값을 가지며 시스템 운영 방침에 따라 고정된 값(예, 0.5)을 사용하였다. 그림 4와 그림 5의 결과를 바탕으로 통화 부하량( $G$ )과  $\beta$  두 값의 변화에 따른 성능의 변화를 시뮬레이션을 통해 살펴보면 표 1과 같다. 즉 부하량이 45얼량, 10얼량으로 작아질수록  $\beta$ 값은 0.1에 가까운 작은 값을 사용함으로써 호차단확률을 낮출 수 있고, 부하량이 80얼량 이상으로 커질수록  $\beta$ 값을 0.9에 가까운 큰 값을 사용함으로써 호차단확률 및 통화품질저하확률이 낮아지는 이득을 얻을 수 있다. 따라서 본 알고리즘이 안정된 성능을 내기 위해 최소 부하량 및 최대 부하량을 10얼량 및 90얼량으로 확대 한정하였고,  $\beta$ 값의 허용

범위인 0.1과 0.9에 통화 부하량(G)을 대응시키는 선형변환 관계식으로 식(4)를 사용한다.

본 논문에서의 개선된 알고리즘은 간섭 결합 계수  $\beta$  값을 자기 셀의 호 부하량에 따라 선형적으로 가변함으로써 호차단 확률과 통화품질저하확률 성능의 최대 이득을 얻을 수 있도록 한 알고리즘이다.

#### 다. 성능 평가

성능은 호차단 확률 및 통화품질저하확률로 측정된다. 본 연구에서의 호차단 확률은 다음과 같이 정의된다.

$$P_{BLK}(k) = P_r\{\mathcal{R}_k = 0\} \quad (7)$$

또한 통화품질저하확률은 다음과 같이 정의된다.

$$P_{OTG}(k) = P_r\left\{\frac{E_b}{N_0} < EIR_0\right\} \quad (8)$$

이는 여유용량이 집중적 통합 알고리즘이 아닌 분산 알고리즘에 의해 추정되기 때문이다. 또다른 성능 평가 지표는 얼랑 용량이 있으며 한 셀에서 호차단 확률이  $P_{BLK}(k) = 0.02$ 일 때의 얼랑 부하로 정의된다.

### IV. 시뮬레이션 및 결과

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해, 여유용량  $\mathcal{R}_k$ 를 계산할 때 자기 기지국에서 측정된 SIR 값만을 고려하는 알고리즘(이하 알고리즘 A라 함)과, 인접 셀에서 측정된 SIR 값도 고려하는 알고리즘(이하 알고리즘 B라 함), 그리고 개선된 알고리즘의 호차단 확률 및 통화품질저하확률을 시뮬레이션을 통해 구했다. 이때 II장에서 설명한 DS-CDMA 시스템 모델에 따른  $K = 37$ 인 시스템으로 시뮬레이션을 수행하였으며 셀 구성은 그림 1과 같다. 외곽의 18개 셀은 시스템의 경계로 사용되었다. 이들 경계 지역의 셀들은 인접 셀이 완전히 갖추어지지 않았으므로 제안된 알고리즘을 적용할 수 없고 따라서 고정 호 수락 제어 알고리즘을 적용하였다. 나머지 19개의 내부 셀에 대해 제안된 알고리즘을 적용하여 성능을 평가하였다. 성능 평가를 위한 샘플 데이터는 중심 셀과 그 인접 셀에서 취합하였다. 본 시스템의 음성 부호화율은  $R_s$

$= 32$  Kbps, 확산된 대역폭은  $B_s = 12.5$  MHz로 가정한다. 이에 따라 확산 이득은  $PG = 390.625(26$  dB)이 된다. 전파 전파 감쇄 모델은 감쇄 지수가  $\alpha = 4$ 이고 표준편차가 8 dB인 모델을 사용하였다. 호 발생 부하 변화의 지표로서 평균 발생률  $\lambda_k$ 인 각 셀  $k$ 에 대한 독립 포아송 호 발생 과정이 전 서비스 지역에 균일하게 분포한다. 호 진행 시간은 평균 3분인 지수 분포로 유지됨을 가정한다. 수신기 출력단의 비트에너지-대-간섭비는 비트오율  $10^{-3}$ 에 대해  $EIR_0 = 7$  dB로 가정한다.

본 연구에서는 편의상 SIR 값은 호 요구가 있을 때만 얻을 수 있는 것으로 가정하였다. 실제 시스템에서는 변경 주기에 따라 일정 시간 마다 SIR을 얻을 수 있을 것이다. 역방향 간섭량 측정시간 간격은 1.25 [ms]로 제안되었다[15].

#### 가. 설계 요소의 영향

본 논문에서는 성능 지표로 중심 셀과 그 인접 셀에서의 호차단 확률( $P_b$ )과 품질 저하 확률( $P_{OTG}$ )이 측정된다. 본 연구에서 선택한 설계 요소는  $SIR_{TH}$ 와  $\beta$ , 중심 셀에서의 통화 부하 조건 및 부하 변화이다. 이 연구로부터 다음과 같은 내용을 관찰할 수 있다.

첫째, 모든 알고리즘에서 호차단확률보다 통화품질저하확률이  $SIR_{TH}$ 의 변화에 더 민감하다. 통화품질저하확률이 민감한 이유는 완벽한 역방향 링크 전력 제어가 이루어진다는 가정과 변화한 것은 측정된 SIR이 아니고 SIR의 임계치라는 사실 때문으로 볼 수 있다.

둘째, 제안된 알고리즘에서  $\beta$ 가 0.1에서 0.8까지 변할 때 밀집 셀에서의 호차단 확률이 9.1% 감소하고 통화품질저하확률이 30% 감소한 반면 인접 셀에서의 호차단 확률은 65.2% 증가하고 통화품질저하확률은 30% 감소한다.

셋째, 호차단 확률과 통화품질저하확률 사이의 절충점은 대칭적이 아님을 관찰할 수 있다. 호차단확률을 그리 많이 증가시키지 않으면서 통화품질저하확률을 낮추기 위해서는  $\beta$ 를 증가시킬 수 있다.

넷째,  $\beta$ 를 변화 시킴으로써 통화 밀집 셀과 그 인접 셀 사이에 호차단 성능을 절충할 수 있다. 즉 시스템이 호차단확률을 균등화 함으로써 보다 공평한 방향으로 동작한다.

이와 같은 결과를 바탕으로 다양한 설계 요소 값의 변화에 대해 각 알고리즘의 성능을 시뮬레이션에 의해 검증한다. 우선 통화 부하가 균등한 경우에서의  $SIR_{TH}$ 이 변함에 따라 각 알고리즘의 성능을 검증한다. 보통의 부하인 45 얼랑과 과부하인 80 얼랑 환경에서 시뮬레이션이 수행된다. 그 결과는 호차단 확률 및 품질 저하 확률 각각에 대해 그림 2와 3에 나타난다. 각 알고리즘에서  $SIR_{TH}$ 가 증가함에 따라 호차단 확률은 변화가 없는 대신 통화품질저하확률은 크게 개선됨을 알 수 있다. 다음으로 동일 부하 및 밀집 부하 환경에서의  $\beta$ 에 따른 알고리즘의 성능을 검증한다. 그 결과는 그림 4 및 5와 같다. 동일 부하 환경에서는  $\beta$ 가 증가 함에 따라 호차단확률은 거의 같은 값을 유지하는 반면 통화품질저하확률은 감소됨을 알 수 있다. 그러나 밀집 부하 환경에서는 밀집 셀의 호차단확률이 인접 셀의 성능 저하를 대가로 개선됨을 알 수 있다.  $\beta$ 가 증가 함에 따라 밀집 셀과 인접 셀의 호차단확률은 일치하는 경향을 보인다. 이 경향은 시스템을 더욱 공평하게 운영 시키게 된다. 또한  $\beta$  값에 따른 성능의 변화는 통화 부하량의 크기에 따라 다른 효과를 보인다. 즉, 통화 부하량이 작을수록  $\beta$  값을 작게 해야 호차단확률 성능이 우수하고, 통화 부하량이 클수록  $\beta$  값을 크게 해야 호차단확률 및 통화품질 저하확률 성능 개선이 뚜렷해진다. 여기서 통화 부하량에 따라  $\beta$  값을 가변해야 하는 필요성을 찾을 수 있다.

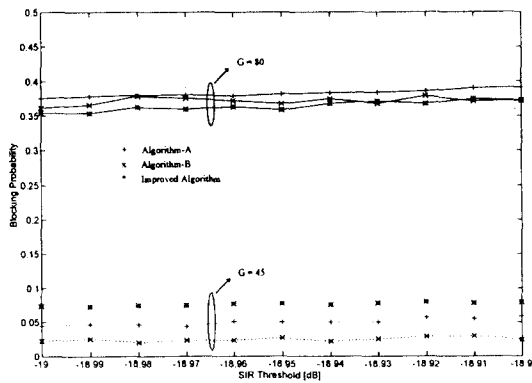


그림 2. 동일 부하에서의 SIR 임계치에 따른 호차단확률  
Fig. 2 Blocking Probability vs. SIR Threshold with homogeneous load

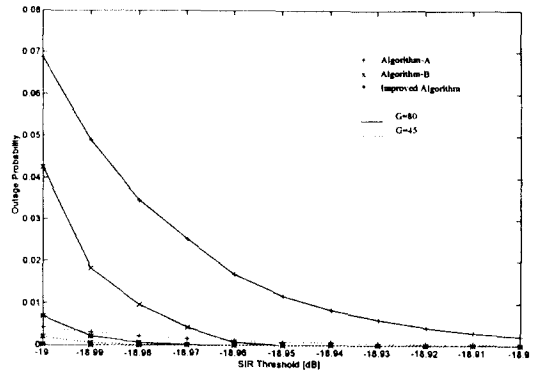


그림 3. 동일 부하에서의 SIR 임계치에 따른 통화품질저하 확률

Fig. 3 Outage Probability vs. SIR Threshold with homogeneous load

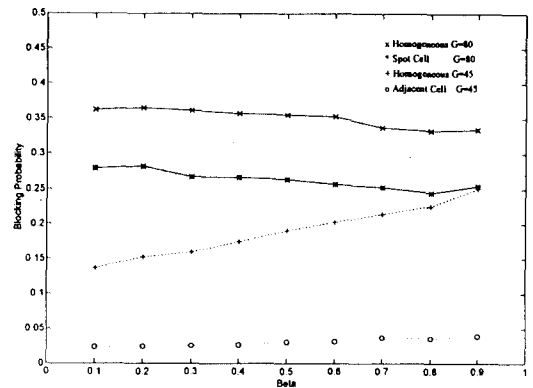


그림 4. 간섭 결합 계수  $\beta$ 에 따른 호차단확률

Fig. 4 Blocking Probability vs. adjacent cell interference coupling coefficient  $\beta$

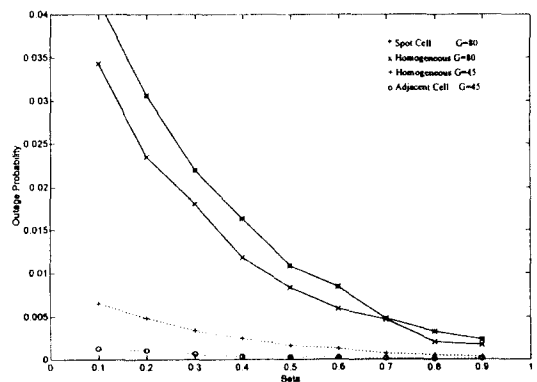


그림 5. 간섭 결합 계수  $\beta$ 에 따른 통화품질저하 확률

Fig. 5 Outage Probability vs. adjacent cell interference coupling coefficient  $\beta$

나. 설계 요소의 선택

설계 요소를 선택하는 것은 호차단확률과 통화품질저하확률을 절충하는 과정으로 볼 수 있다. 만일 통화품질저하확률이 높은 것을 허용하는 경우라면 낮은  $SIR_{TH}$ 을 선택하여 더 많은 호를 수락하고 따라서 호차단확률이 감소할 것이다. 그렇지 않으면 더 적은 수의 호만 수락되고 높은 호차단확률의 대가로 통화품질저하확률이 감소할 것이다. 알고리즘 B에서  $\beta$ 값을 선택함으로써 동일 부하 환경에서는 비슷한 상호절충 효과를 얻을 수 있다. 그러나 밀집 셀과 그 인접 셀 사이에는 호차단확률을 균등화 하는 추가적인 효과를 얻을 수 있다. 디자인 요소를 선택하기 위해 취한 기준은 모든 통화 부하 상황에서 통화품질저하확률이 2% 보다 작게 유지할 수 있게 하는 것이다. 이 조건과 함께 알고리즘 A에서는  $SIR_{TH} = -18.96$  dB를 사용하였고, 알고리즘 B에서는  $SIR_{TH} = -18.99$  dB 그리고  $\beta = 0.5$ 를 사용하였으며, 개선된 알고리즘에서는  $SIR_{TH} = -18.99$  dB를 사용하였다.

다. 성능 비교

IV장의 파라미터에 따라 시뮬레이션을 통해 균일 통화 부하 환경과 밀집 통화 부하 환경에서의 SIR 기반의 호 수락 알고리즘의 성능을 비교한다. 모든 부하량에 대해 통화품질저하확률이 2% 이하일 조건에서 고정 호 수락 제어 알고리즘이 허용할 수 있는 호의 수가 52임을 시뮬레이션에 의해 알았다. 성능 비교를 위해 밀집 셀의 부하량은 인접 셀의 부하량에 비해 50% 높은 것으로 정하였다. 시뮬레이션 시간은 각 알고리즘에 대해 100000번의 호가 발생한 시간까지로 정하였다.

시뮬레이션 수행 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 그림 6은 동일부하환경에서 각 알고리즘의 호차단 확률을 보여준다. 부하가 60 Erlang 이하인 경우에는 알고리즘 A의 성능이 우수하고 그 이상에서는 알고리즘 B의 성능이 우수하였으며, 과부하의 경우는 개선된 알고리즘의 성능이 약간 더 우수하였다.
- (2) 그림 7은 동일부하 환경에서 각 알고리즘의 통화품질저하확률을 나타낸다. 고정 알고리즘, 알고리즘 A, 알고리즘 B, 개선된 알고리즘 순으로 성능

이 우수함을 알 수 있었다.

- (3) 그림 8은 밀집부하가 존재하는 환경에서의 호차단 확률 성능을 보여준다. 전 부하 영역에 걸쳐 알고리즘 A에 비해 알고리즘 B, 개선된 알고리즘이 우수하다. 개선된 알고리즘은 인접 셀에서의 성능이 우수하다. 이때 밀집 셀과 인접 셀 사이에 호차단 확률을 균등화 하는 효과는 알고리즘 A, 개선된 알고리즘, 알고리즘 B순으로 높음을 알 수 있었다.
- (4) 그림 9는 밀집부하가 존재하는 환경에서의 통화품질저하확률 성능을 보여준다. 알고리즘 A, 알고리즘 B, 개선된 알고리즘 순으로 성능이 우수함을 알 수 있었다. 특히 통화품질저하확률이 통화 부하가 증가함에 따라 커지지 않고 일정한 값으로 유지됨을 확인할 수 있었다.

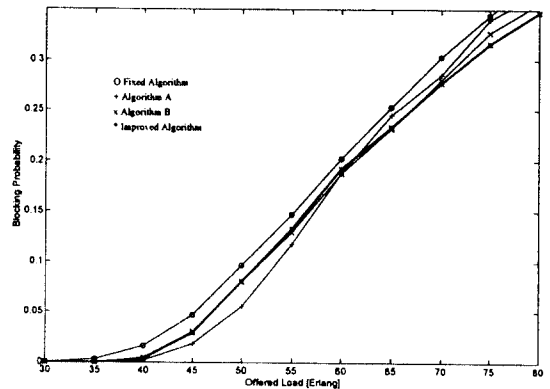


그림 6. 동일 부하 변화에 따른 호차단확률  
Fig. 6 Blocking probability vs. homogeneous load per cell

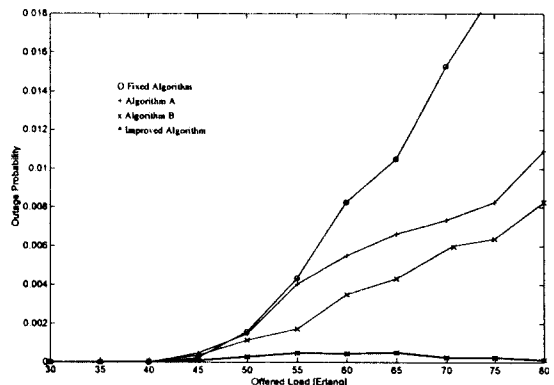


그림 7. 동일 부하 변화에 따른 통화품질저하확률  
Fig. 7 Outage probability vs. homogeneous load per cell

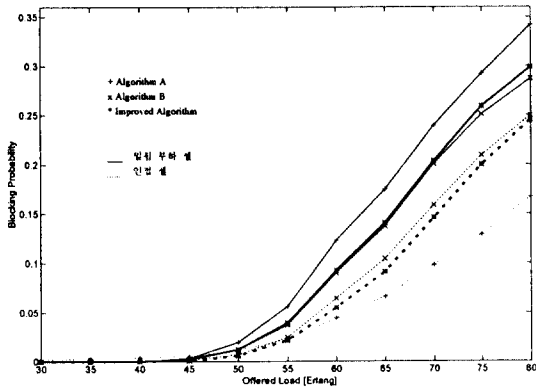


그림 8. 밀집 셀에서의 통화량에 따른 호차단확률  
Fig. 8 Blocking probability vs. load in a hot spot cell

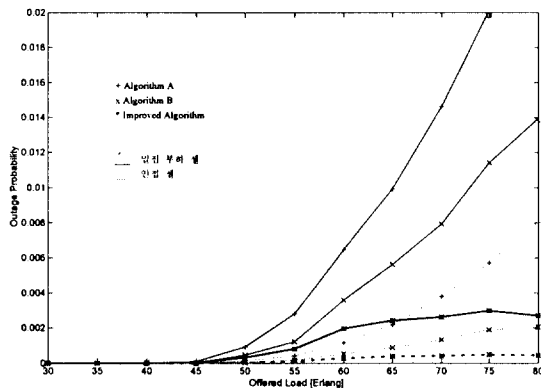


그림 9. 밀집 셀에서의 통화량에 따른 통화품질저하확률  
Fig. 9 Outage probability vs. load in a hot spot cell

표 1. 통화 부하량과 간섭결합계수  $\beta$ 의 변화에 따른 성능의 변화

Table 1. Traffic Load and coefficient  $\beta$  vs. performance variation

통화 부하량(G)	10얼량		45얼량		80얼량		90얼량	
간섭결합계수( $\beta$ )	0.1	0.9	0.1	0.9	0.1	0.9	0.1	0.9
호차단확률	0.002	0.01	0.05	0.15	0.27	0.25	0.42	0.31
통화품질저하확률	0.001	0.001	0.001	0.001	0.04	0.002	0.05	0.004

III장의 정의에 의한 또다른 성능 지표로서, 동일부하 환경과 밀집부하 환경에서의 시스템 용량은 그림 6과 그림 8로부터 다음과 같이 구해 질 수 있다. 동일부하 환경에서는 알고리즘 A, 알고리즘 B, 개선된 알고리즘의 용량은 각각 45, 42, 42 얼량이고, 밀집부하에서는 각각 50, 52, 52 얼량임을 알 수 있었다. 이는 제안된 알고리즘이 시스템 용량 손실 없이 호차단확률을 성능과 통화품질저하확률 성능을 개선할 수 있음을 보여준다.

### V. 결론

본 논문에서는 DS-CDMA 시스템에서의 호 수락 제어 알고리즘으로 신호대-간섭비(SIR)를 기준으로 호 수락을 결정하되 자기 셀의 SIR만을 고려하는 방법과 인접 셀의 SIR도 함께 고려하는 방법을 연구하였다. 그리고 자기 셀의 통화량에 따라 인접 셀의 SIR 고려 정도를 가변하는 개선된 알고리즘을 제안하고 그 성능을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

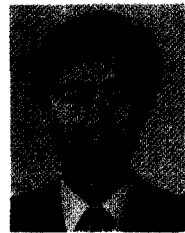
본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 각 알고리즘은 모든 통화 부하량에 대해 호차단확률을 크게 증가 시키지 않는 범위에서 통화품질저하확률이 2% 이내가 되도록 하는 신호대-간섭비 문턱치  $SIR_{TH}$ 를 선택할 수 있었다. 개선된 알고리즘은 과부하 상황에서 기존의 알고리즘(알고리즘A와 알고리즘B)에 비해 성능이 우수하였다. 밀집 셀(hot spot cell)에서 공평성을 향상하기 위해 인접 셀 간섭결합계수  $\beta$ 를 사용함으로써 시스템 성능을 향상시킬 수 있었다. 특히  $\beta$ 를 통화 부하에 비례하게 가변함으로써 통화품질저하확률이 일정 값 이하로 현저히 개선되는 효과를 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 개선된 호 수락 제어 알고리즘은 과부하 상황에서도 QoS(Quality of Service)를 확보할 수 있으므로 멀티미디어 무선 네트워크에 적용될 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

1. W.C.Y. Lee, "Overview of cellular CDMA," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 40, pp. 291-302, May 1991.
2. K.S. Gilhousen, I.M. Jacobs, R. Padovani, A.J.



- Viterbi, L.A. Weaver, Jr., and C.E. Wheatley, "On the capacity of a cellular CDMA system," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 40, pp. 303-312, May 1991.
3. G.L. Stuber and C.Khao, "Analysis of a multiple-cell direct-sequence CDMA cellular mobile radio system," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 10, pp. 669-679, May 1992.
  4. L.B. Milstein, T. S. Rappaport, and R. Barghoun, "Performance evaluation for cellular CDMA," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 10, pp. 680-688, May 1992.
  5. 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.
  6. R.R. Gejji, "Forward-link-power control in CDMA cellular systems," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol 41, pp. 479-487, Nov. 1992.
  7. C.C. Huang, "Computer simulation of a direct sequence spread spectrum cellular radio architecture," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 41 pp. 479-487, NOV. 1992.
  8. D.E. Everitt and N.W. Macfadyen, "Analysis of multicellular mobile radio telephone systems with loss," British Telecom. Technol. J., vol. 1, pp. 37-45, 1983.
  9. D. Everitt and D. Manfield, "Performance analysis of cellular mobile communication systems with dynamic channel assignment," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, pp. 1172-1180, Oct. 1989.
  10. R. Beck and H. Panzer, "Strategies for handover and dynamic channel allocation in micro-cellular mobile radio systems," in Proc. IEEE Vehic. Tech. Conf., May 1989, pp. 178-185.
  11. R. W. Nettleton, "A high capacity assignment method for cellular mobile telephone systems," in Proc. IEEE Vehic. Tech. Conf., May 1989, pp. 359-367.
  12. L. J. Cimini, Jr., G. J. Doschini, and C.-L. I, "Call blocking performanec of distributed algorithms for dynamic channel allocation in microcells," in Proc. IEEE ICC'92, 1992. pp. 1327-1332.
  13. A. Salmasi, "An overview of code division multiple access (CDMA) applied to the design of personal communications networks," in S. Nanda and D. Goodman, Eds., Third Generation Wireless Information Networks. Boston, MA :Kluwer, 1992, pp. 277-298.
  14. G.L. Stuber, L-B. Yiin, and E.M. Long, "Outage control in digital cellular system," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 40, pp. 177-187, Feb. 1991.
  15. IS-95 "Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system," 1993.
  16. Zhao Liu, Magda E. Zarki, "SIR-based call admission control for DS-CDMA cellular systems," IEEE Journal on Selected Area in Communications, vol. 12, May 1994.
  17. Michele Zorzi, "On the analytical computation of the interference statistics with applications to the performance evaluation of mobile radio system," IEEE Trans. Commun., vol. 45, pp. 103-109, Jan. 1997.



김 호 준(Ho-Joon Kim) 정회원

1963년 6월 6일생

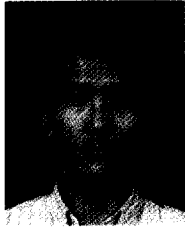
1986년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1988년 2월:연세대학교 본대학원 전기공학과 졸업(석사)

1988년 3월~1993년 4월:삼성종합기술원 근무

1993년 3월~현재:연세대학교 본대학원 전기공학과 박사과정

※주관심분야:멀티미디어 네트워크, 이동통신시스템, 디지털 신호처리



박 병 훈(Byeong-Hoon Park) 정회원

1986년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1988년 2월:연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1988년 3월~1994년 2월:삼성전자 선임연구원

1994년 3월~현재:연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정

※주관심분야:이동통신, 통신 프로토콜, 멀티미디어 네트워크



이 진 호(Jin-Ho Lee) 정회원

1982년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1984년 2월:연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1997년 8월:연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1984년 1월~1989년 6월:LG 정보통신 근무

1989년 7월~현재:한국 IBM 재직

※주관심분야:대역확산통신, 무선 ATM망, 이동무선 통신, Internet 통신

황 금 찬(Keum-Chan Whang) 정회원

정회원

1944년 7월 18일생

1967년 2월:연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1979년 6월:Polytechnic Institute of New York Electrical Eng.(Ph.D)

1980년 9월~현재:연세대학교 전기공학과 교수

※주관심분야:이동무선통신, 대역확산 통신, 무선 패킷망, 광대역 통신망, 탄성표면파 소자 및 그 응용 분야