

CDMA 시스템에서 이동국의 송신전력 예측에 기반을 둔 호 수락 방식

정회원 최 성 철*, 윤 원 식**

Mobile Tx Power Prediction-Based Call Admission Control for CDMA System

Seong-Cheol Choi*, Won-Sik Yoon** *Regular Members*

요 약

CDMA 시스템에서 셀의 용량은 그 셀에서 사용 가능한 채널의 수로 정의되고, 이는 셀이 받는 간섭의 양에 의해 제한된다. 새로운 이동국이 홈 셀에서 호가 수락되었을 경우, 이는 홈 또는 인접 셀에 간섭을 준다. 따라서, 본 논문에서는 홈 셀은 새로운 호를 수락할 만큼 용량이 충분하고, 새로운 이동국이 홈 셀에 수락되었을 때 이동국의 송신 전력을 예측 계산한 후, 이를 이용하여 인접 셀들이 받을 간섭의 양을 예측하여 인접 셀들에서 QoS(Quality of Service)가 보장될 경우 호를 수락하는 이동국의 송신 전력 예측에 기반을 둔 호 수락 방식을 제안한다. 모의 실험 결과 제안한 방식은 인접 셀에서 기존 호의 회손 확률(outage probability)이 현저히 감소함을 보여 준다.

Key Words : CDMA, CAC(Call Admission Control)

ABSTRACT

In Code Division Multiple Access (CDMA) system, the cell capacity is defined as the number of available channels in a cell, which is limited by the interferences. When a new call is accepted at its home cell, this adds the interference to the home and its neighboring cells. This paper proposes a call admission control based on mobile transmission power prediction. The home cell has enough capacity to admit new call and if home cell would have admitted a new call, it calculates the mobile transmission power. Also, its neighboring cell can predict the amount of interference using the predicted mobile transmission power. Thus, the new mobile is accepted by its home cell if QoS (Quality Of Service) is guaranteed in its neighboring cells. The simulation result shows that the proposed scheme largely reduces the outage probability in the neighboring cells.

I. 서 론

CDMA(Code Division Multiple Access) 시스템은 제 2세대 및 3세대 이동 통신시스템으로 커다란 주목을 받아왔다. CDMA 시스템의 셀 당 채널 용량은 FDMA 및 TDMA 방식의 셀 당 고정된 채널 용량을 가진 것과는 다르게, 현재 홈 셀 또는 인접 셀에서 통화 중인 사용자에 의해 발생된 총 간섭(interference)

양에 의해 채널 용량이 정해지게 된다[1].

인접 셀들에서 발생된 호에 의한 자신의 셀 내의 채널 용량 감소는 이동 통신 사업자의 커다란 관심사가 되어 왔다. 따라서, 간섭에 의한 채널 용량의 감소를 최소화하고 현재 통화중인 이동국의 통화 품질을 보장하기 위해 기지국에서 이동국의 순방향 및 역방향 링크 전력제어 방식이 제안되었다[2]-[4].

[5]에서 Liu는 새로운 호가 수락되기 위해서는 이

* 대전대학 컴퓨터전자전기학부 정보통신전공(csc@dcc.ac.kr), ** 아주대학교 전자공학부 Telecom 연구실
논문번호 : 020272-0607, 접수일자 : 2002년 6월 7일

동국의 홈 셀 잔여 용량(residual capacity)이 인접 셀의 간섭의 영향을 고려하고도 새로운 호를 수락할 충분한 용량이 있을 경우, 호를 수락하는 SIR(Signal to Interference Ratio)에 기초한 호 수락 방식을 제안하였다. [6]에서는 음성 호와 데이터 호를 고려한 호 수락에 관한 방식을 제시하였는데, 인접 셀이 새로운 호를 수락하고자 하는 홈 셀에 미치는 영향을 무시하였다. 또한, [7]에서는 [6]에서와 같은 방식의 호 수락 제어 방식을 제안하였는데, [6]에서 무시했던 인접 셀의 간섭이 새로운 호를 수락하고자 하는 홈 셀에 주는 영향을 고려하였다.

또한, 다른 호 수락 제어 방식으로는 [8],[9]에서와 같은 셀의 채널 용량을 하나의 호가 점유하는 대역폭을 가정하여 이를 1 B.U (Bandwidth Unit)로 표현하여 한 셀은 고정된 B.U를 갖는다고 가정하여, 셀에서 여분의 B.U가 있을 경우 호를 수락하는 방식이다. 이러한 B.U에 기초한 호 수락 제어 방식은 자국호와 핸드오프 호로 구분하고, 이 두가지 호에 대해 일정한 B.U를 미리 할당하여 동으로서 핸드오프 호의 수락 방식에는 효과적인 대안이 될 수 있으나, CDMA 시스템이 간섭의 양에 따라 채널 용량이 가변된다는 사실에 근거해 보면 인접 셀의 간섭의 영향이 고려되지 않은 점이 단점이다.

[5]의 알고리즘II에서는 새로운 호가 수락될 때 인접 셀에 미치는 영향을 모의 실험에 의해 산정된 평균치를 고려하였다. 이러한 방식은 이동국의 위치에 따른 간섭의 양을 정확히 예측할 수 없다. [6] - [9]의 호 수락 제어 방식은 새로운 이동국이 홈 기지국에서 호가 수락될 때, 인접 셀에 미치는 간섭을 고려하지 않았다. 만일, 인접 셀의 SIR이 셀이 허용할 수 있는 SIR_{TH} 근처에 있다면, 이 셀의 인접 기지국에서 새로운 호가 수락됨으로 인한 간섭의 영향으로 SIR_{TH} 레벨 보다 낮아지게 되어 현재 통화중인 호들의 통화 품질을 보장하기 위해 통화중인 호를 회손(outage)해야 한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 새로운 호 수락 방식을 제안한다. 제안한 호 수락 방식은, 이동국의 홈 기지국이 용량이 충분하고 또한, 인접 셀들은 이동국이 홈 기지국에서 호가 수락되었다고 가정할 경우 받을 간섭의 증가량을 고려하고도 통화 품질이 보장될 때, 홈 기지국은 새로운 호를 수락하는 이동국의 송신 전력 예측에 기반을 둔 호 수락 방식이다. 즉, 새로운 이동국이 홈 기지국에 호 수락을 요구할 때, 이동국이 측정하여 보고한 파일

롯 신호의 세기와 홈 기지국이 송신한 파일롯 신호의 세기의 비율에 무선 전파 모델을 적용하여 홈 기지국은 이동국의 송신 전력을 예측, 계산할 수 있다. 이 때 홈 기지국은 인접 기지국들에게 이동국의 예측 송신 전력과 이동국이 인접 기지국들로부터 수신하여 보고한 파일롯 신호의 전력을 전송한다. 인접 기지국이 받을 간섭의 증가량은 이동국의 송신 전력이 비례하므로, 인접 기지국들은 이를 바탕으로 새로운 호가 수락됨으로 인해 자신이 받을 간섭의 증가량을 계산한다. 인접 기지국들은 이 간섭의 증가량을 현재의 간섭의 양에 더하여 새로운 SIR 값을 계산하여 통화 품질 보장 여부를 이동국의 홈 기지국으로 송신한다. 따라서, 홈 기지국은 자신의 용량과 인접 기지국의 통화 품질을 동시에 만족할 때 호를 수락하고, 그렇지 않은 경우는 호를 차단(blocking)하게 된다.

본 논문의 구성은 I장의 서론에 이어, II장에서 CDMA 시스템의 SIR을 설명하고, III장에서 제안한 호 수락 제어 방식을 기술하고, IV장에서 모의 실험 및 결과를 토의하며, V장에서 결론을 맺는다.

II. CDMA 시스템의 SIR

임의의 기지국에서 음성 호 가입자를 갖는 DS-SS-CDMA 시스템에서, 가입자들은 기지국에 불특정하게 호의 수락을 요구할 것이다. 이 시스템의 채널 대역폭을 W , 음성 호의 bit rate가 R 일 경우, processing gain은 $G = W/R$ 이다. 또한, 이 기지국의 통화 중인 사용자의 수를 M 이라 가정하자. 이러한 시스템에서 기지국은 호를 수락할 때 통화의 품질을 만족하기 위해 일정한 QoS(BER, FER)를 통화 중에 유지해야 한다.

1. 간섭을 고려한 이동국의 SIR

CDMA 시스템은 간섭의 양에 따라 채널의 용량이 제한되므로, 셀은 새로운 호를 수락할 만한 충분한 SIR을 유지하는가를 주기적으로 검사해야한다. 이러한 주기적인 측정은 IS-95 CDMA 시스템에서는 기지국에서 각 이동국으로 부터 수신된 신호의 신호 대 잡음비를 측정하고 있으며 이를 바탕으로 역방향 링크 전력 제어를 위한 전력 조절 명령을 1.25ms 마다 이동국으로 전송하고 있다[10]. 따라서, 기지국에서는 계산하고자 하는 $n(1 \leq n \leq M)$ 번째 이동국의 SIR을 SIR_n 이라 하면,

$$SIR_n = \frac{W}{R} \cdot \frac{P_n}{\sum_{i=1, i \neq n}^M v_i P_i + N_0 W + I_{other}} \quad (1)$$

이 된다.

여기에서, P_i 는 i 번째 사용자 호에 대한 기지국에서의 수신 전력, R 은 음성 호 사용자의 bit rate, v_i 는 i 번째 사용자 호의 음성 활성화(voice activity) 계수, N_0 는 열잡음 전력 밀도(thermal noise power spectral density)이고, $N_0 W$ 는 열 잡음 전력, I_{other} 는 인접 셀 간섭 전력이다. 음성 사용자의 음성 활성화 계수 v_i 가 v 로 동일하고, 기지국에서 이동국으로의 순방향 전력 제어 방식을 적용하여 기지국에서 이동국들의 수신 전력은 P 로 일정하다고 가정하고, CDMA 시스템은 다중사용자의 간섭의 양에 의해 채널 용량이 결정되므로 열잡음 전력 $N_0 W$ 를 무시하면 식(1)은 다음과 같이 간단히 된다.

$$\begin{aligned} SIR &= \frac{W}{R} \frac{P}{(M-1)vP + I_{other}} \\ &= G \frac{P}{(M-1)vP + I_{other}} \geq SIR_{TH} \quad (2) \end{aligned}$$

호 수락을 요구하는 홈 기지국이 호를 수락하기 위해서는 식(2)의 조건을 만족할 때이다.

2. 인접 셀 간섭(I_{other})

(1) 무선 전파 모델(radio propagation model)

이동 통신시스템은 무선 전파 모델 즉, 거리에 따른 경로 손실(path loss), 다중 경로 페이딩, log-normal shadowing 등에 의해 커다란 영향을 받는다. 기지국에서 수신된 전력은 기지국과 이동국의 거리 r 의 $-a$ 승에 비례한다[5]. 따라서, 기지국에서 수신된 평균 전력은 $P(r)$ 은,

$$P(r) = P_i 10^{(\xi/10)} r^{-a} \quad (3)$$

이다. 여기에서 P_i 는 이동국의 송신 전력, ξ 는 dB로서 평균값 0, 표준 편차 σ 를 갖는 log-normal 분포이다. ξ 는 5-12dB의 범위이고, 거리 r 에 독립이다. 또한, 경로 손실 지수(path loss exponent) a 의 값은 2.7-5.0의 값을 갖는다[1].

(2) 역방향 인접 셀 간섭

$\Phi = \{1, 2, \dots, K\}$ 이고, k ($k \in \Phi$) 셀 안에서 통화 중인 음성 호의 수가 m_k 인 K 개의 셀을 가진

CDMA 시스템에서, 셀 k 에서 수신된 인접 셀 간섭의 총 전력 I_{other} 는

$$I_{other} = P \cdot v \cdot \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{m_h} \left(\frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^a 10^{(\xi_h - \xi_k)/10} \quad (4)$$

이 된다. 여기에서 r_{ih} 는 이동국 i 로부터 그의 홈 셀 h 까지의 거리이고, r_{ik} 는 이동국 i 로부터 간섭의 영향을 받는 셀 k 기지국까지의 거리이다.

III. 제안한 호 수락 제어 방식

1. CDMA 채널

IS-95 CDMA 시스템에서 순방향 채널중의 하나인 파일럿 채널은 통화 채널 보다 4-6dB 높으며, 이동국이 기지국을 구별하기 위한 time offset을 제공하고, 핸드오프시 인접 기지국과의 신호 세기 비교에 사용되며, 동기 검파(coherent detection)를 위한 위상 기준 등을 제공하기 위해 기지국이 항상 송신한다. 통화 채널이 형성되기 전에는 역방향 링크 개루프 전력 제어(reverse link open-loop power control)를 통해서 이동국은 파일럿 채널의 수신 전력이 크면 송신 전력을 낮추고, 작으면 송신 전력을 높인다. 그러므로, 이동국은 기지국들로부터 수신한 파일럿 전력의 세기 측정할 수 있다. 이동국은 파일럿 채널의 time offset을 이용하여 기지국을 구별할 수 있으므로 각 기지국들로부터 수신하여 측정된 파일럿 전력의 세기를 접속(access)채널의 data burst message를 이용하여 호 요구시 홈 기지국으로 송신할 수 있다.

2. 송신 전력 예측

아래 그림 1에서 셀 k 의 인접 셀 h ($i=1, 2, \dots$), 기지국 k 와 h 가 송신한 파일럿 전력을 y_k, y_h 라 하고, 이동국 x 가 수신한 파일럿 전력을 z_k, z_h 라 하면, 기지국 k 는 경로 손실과 송수신한 파일럿 전력의 비를 이용하여 이동국 x 가 수락된 후의 송신 전력을 예측 계산할 수 있다. 따라서, 셀 k 에서 새로운 이동국 x 가 셀 k 안의 기지국으로 송신할 것으로 예측되는 전력 P_t 는

$$P_t = \frac{y_k}{z_k} vP = \left\{ r_{xk}^{-a} 10^{(\xi_x/10)} \right\}^{-1} vP \quad (5)$$

이 된다. 여기에서 r_{xk} 는 이동국 x 로부터 기지국 k 까지의 거리이다.

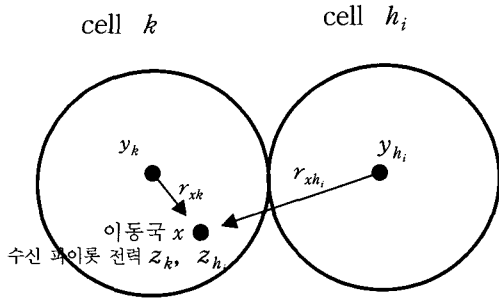


그림 1. 이동국의 송신 전력 예측 모델

셀 h_i 의 기지국들은 셀 k 의 기지국에서 새로운 호가 수락될 경우 증가될 간섭의 양, ΔI 는 아래 식 (6)과 같다.

$$\Delta I = \frac{z_{h_i}}{y_{h_i}} P_t = \frac{z_{h_i}}{y_{h_i}} \cdot \frac{y_k}{z_k} \cdot vP$$

$$= \left(\frac{r_{xh_i}}{r_{xk}}\right)^{-\alpha} \cdot 10^{(\epsilon_{xh_i} - \epsilon_{xk})/10} \cdot vP \quad (6)$$

여기에서 r_{xh_i} 는 기지국 h_i 와 이동국 x 까지의 거리이다.

3. 인접 기지국의 전체 간섭 양을 고려한 SIR

새로운 호가 셀 k 의 기지국에서 수락되었을 때의 간섭의 양을 고려하면, 기지국 h_i 에서 결과적인 SIR_{h_i} 는

$$SIR_{h_i} = G \cdot \frac{P}{(M-1)vP + I_{other} + \Delta I}$$

$$\geq SIR_{TH} \quad (7)$$

이 된다. 여기에서 식 (7)의 우변의 분모에 ΔI 가 없을 경우(새로운 호가 수락되지 않은 경우) 통화중에 통화 품질을 만족하기 위해서는 $SIR_{h_i} \geq SIR_{TH}$ 이어야 한다. 셀 k 의 기지국에서 새로운 이동국 x 가 수락됨으로 인한 간섭의 증가량 ΔI 가 더해짐으로서 식(7)이 $SIR_{h_i} < SIR_{TH}$ 가 될 수 있다. 이 때는 셀 h_i 는 통화중인 많은 가입자를 위해 특정 통화중 가입자의 호를 회손해야 한다. 따라서, 이러한 통화중인 호를 회손하는 경우가 생기지 않도록 셀 h_i 의 기지국들은 셀 k 의 기지국으로 새로운 호를 수락하지 않도록 신호(NOK_{h_i})를 전송한다. 따라서, 셀 k 의 기지국은 자신의 SIR이 새로운 호를 수락할 정도로 충분히 여유가 있고, 인접 기지국들로부터 전부 OK_{h_i} 신호를 수신해야 이동국 x

의 새로운 호를 수락한다.

이상의 호 수락 제어 방식을 요약하면 아래와 같다.

- ① 기지국 $\Phi = \{1, 2, \dots, K\}$ 이고, 기지국 $k(k \in \Phi)$ 와 인접 기지국 $h_i(i=1, 2, \dots, l)$, ($h_i \in \Phi, l \leq K$)는 주기적으로 역방향 SIR_k, SIR_{h_i} 를 측정 update한다.
 - ② 기지국 k 안의 이동국 x 가 새로운 호를 요구함과 동시에 기지국들로부터 수신한 파일럿 전력의 세기 z_k, z_{h_i} 를 기지국 k 로 송신한다.
 - ③ 기지국 k 는 이동국 x 의 호가 수락되었을 때를 가정하여 SIR_x 를 계산한다. 이때, $SIR_x < SIR_{REQ}(7dB)$ 이면, 새로운 호를 차단하고, 아니면 이동국의 송신 예측 전력 P_t 를 계산하고, 인접 기지국들에게 z_{h_i} 와 함께 전송한다.
 - ④ 인접 기지국 h_i 는 수신한 이동국 x 의 송신 예측 전력 P_t 와 z_{h_i} 를 이용하여 ΔI 를 계산하고, 이를 이용한 전체 SIR을 다시 계산한다. 이때, $SIR_{h_i} < SIR_{TH}$ 이면 NOK_{h_i} 를, 아니면 OK_{h_i} 를 기지국 k 로 송신한다.
 - ⑤ 기지국 k 는 인접 기지국 h_i 로부터 전부 OK_{h_i} 를 수신하면 이동국 x 를 수락하고, 그렇지 않으면 새로운 호를 차단한다.
- 그림 2는 호 수락 제어 방식의 흐름도를 보여준다.

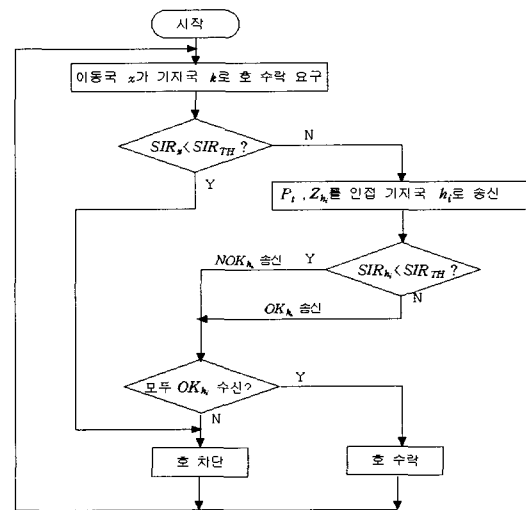


그림 2. 호 수락 방식 흐름도

IV. 모의 실험 및 토의

$E_b/N_0 = 7\text{dB}$ 로 하였다.

제안된 호 수락 방식의 성능 평가를 위한 모의 실험 환경은 아래와 같으며, 셀의 구조는 그림 3에 보여준다.

1. 모의 실험 환경

- ① 셀은 그림 3과 같은 정육각형이고, 기지국은 셀의 중앙에 위치하며 전방향 안테나이다. 홈 셀 k 의 first-tier인 $h_i (i=1, 2, \dots, 6)$ 만을 고려한다.
- ② 음성 호만을 고려하며, 동시에 2개 이상의 호가 하나의 기지국으로 호 수락 요구를 하지 않는다.
- ③ 완전한 전력 제어를 가정하여, 기지국에서 수신한 이동국의 전력은 일정하다고 가정한다.
- ④ 이동국은 각 셀에 균등 분포하고, 호 발생은 평균 발생률은 λ 를 가지는 포아송(Poisson) 분포이다. 또한, 호의 지속 시간은 평균 μ 이고, 지수 분포한다.
- ⑤ 셀의 크기는 모두 같고, 기지국과 이동국은 line-of-sight를 가정한다.
- ⑥ 이동국의 홈 기지국은 기지국에서 수신한 이동국의 수신 전력이 가장 센 기지국으로 한다. 이는 이동국의 가장 가까운 기지국이 홈 기지국이 되는 것이 아니라 경로 손실이 가장 적은 기지국이 되는 것이다.

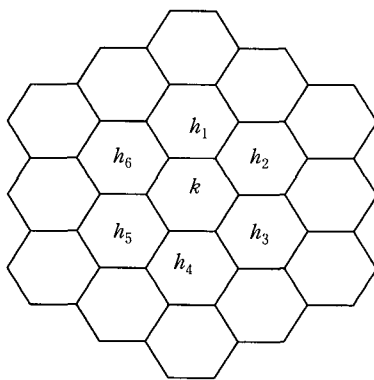


그림 3. 셀 배치도

2. 모의 실험 변수

표 1의 모의 실험을 위해 변수는 [11]에서 권고하는 수치를 고려하였다. 음성 호의 경우 BER(Bit Error Rate)을 10^{-3} 을 얻기 위해 요구되는 SIR은

표 1. 모의 실험 변수

Parameter	Value	Description
W	1.2288Mcps	Spreading Bandwidth
SIR	7dB	음성호의SIR, (E_b/N_0)
v	0.4	음성 활성화 계수
R	9.6Kbps	음성호 bit rate
μ	1/180 (1/sec)	음성 평균 service rate

3. 모의 실험 결과 및 토의

(1) 간섭의 양 및 채널 용량

그림 4는 인접 셀에서 점유된 채널 용량에 따른 경로 손실지수 α 가 3, 4, 5인 경우의 홈 셀에서 받는 간섭의 전력을 보여준다. 감쇠가 많이 일어나는 경우는 경로 손실 지수 α 가 커져서 상대적으로 인접 셀이 홈 셀에게 주는 간섭의 양이 줄어드는 효과가 있다. CDMA 시스템은 간섭의 양에 의해 셀의 용량이 결정되므로 간섭의 양 감소는 용량 증가 효과를 볼 수 있다. 예를 들어, 인접 셀들의 부하가 50어랑(erlang)인 경우 α 가 3에서 5로 증가하면, 홈 셀에서의 간섭의 양은 -104.0dB 에서 -107.9dB 로 감소하게 되어 용량 증대 효과가 있다.

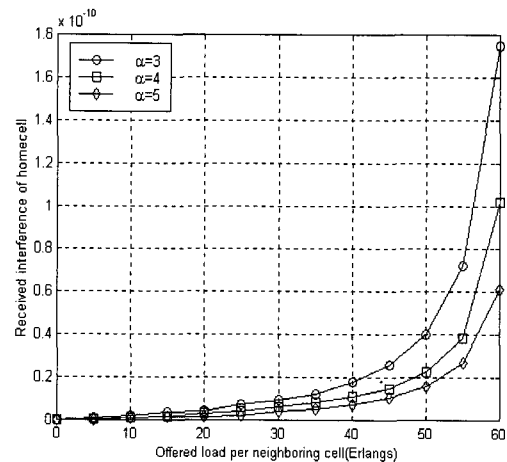


그림 4. 경로 손실 지수를 고려한 인접 셀들의 점유 용량 변화에 따른 홈 셀의 간섭의 양 변화

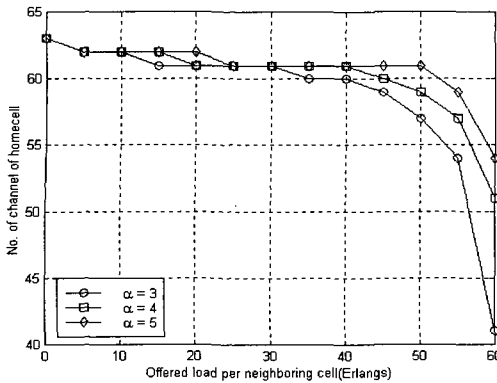


그림 5. 경로 감쇠 지수를 고려한 인접 셀들의 점유 용량 변화에 따른 CDMA 역방향 링크 용량 변화

그림 5는 홈 셀 주위의 인접 셀들에서 점유된 부하의 양에 따른 경로 손실 지수 α 가 3, 4, 5인 경우의 홈 셀에서의 용량 변화를 보여준다. 경로 손실 지수 α 가 5인 경우는 그림 4에서 설명한 바와 같이 인접 셀들이 홈 셀에 미치는 간섭의 양이 작으므로 홈 셀에서 α 가 3인 경우 보다 용량 증가 효과가 있다. 예를 들어, 경로 손실 지수 α 가 3에서 5로 커지면 인접 셀에서 60 채널이 점유된 경우 홈 셀의 용량 변화는 41채널에서 54채널로 13 채널이 증가하게 된다. 인접 셀들의 점유 용량이 50 이상이 될 때 그림 4에서 홈 셀에서 받는 간섭의 양이 가파르게 증가한다. 따라서, 식 (2)의 분모가 커지게 되고, 순간적으로 SIR이 저하될 것이다. 이때, 기지국이 이동국으로 순방향 전력 제어를 하므로 홈 기지국에서 수신 전력이 증가하게 되어 결과적으로 그림 5에서 홈 셀의 채널 용량은 급격히 감소하게 된다.

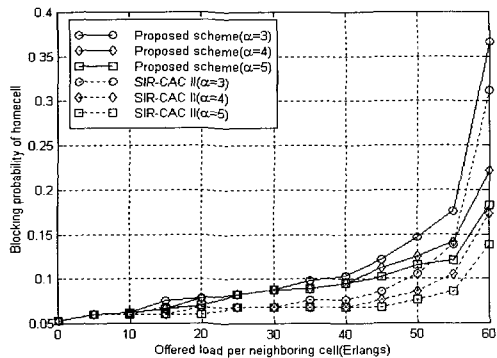


그림 6. $\alpha = 3, 4, 5$ 인 경우의 제안한 방식과 SIR-CAC II 방식의 차단 확률.

(2) 성능 비교

[5]에서 제안한 알고리즘 II(SIR-CAC II)와 제안하는 방식과 성능 비교를 하였다.

그림 6은 표 1에 나타난 변수 값과 그림 5의 모의 실험 결과에서 산출된 홈 셀 채널 용량을 이용하여 SIR-CAC II와 제안하는 방식의 모의 실험 결과이다. 홈 기지국에서 새로운 호가 수락을 요구할 경우 인접 셀에서는 ΔI (식 (6) 참조) 만큼 간섭의 증가가 생긴다. 이 ΔI 로 인한 제안한 방식과 SIR-CAC II의 차단 확률을 보여준다. 제안하는 방식은 홈 기지국에서 새로운 호가 수락되기 위해서는 홈 셀의 용량이 충분하고, 인접 셀에서 받은 간섭의 양 ΔI 를 고려한 SIR이 SIR_{TH} 값보다 커야 한다. 만일, 홈 셀의 용량은 충분하지만, 인접 셀에서 ΔI 를 고려한 SIR이 SIR_{TH} 이하로 되면 홈 셀은 새로운 호를 차단한다. 그러나, SIR-CAC II는 인접 셀 간섭을 고려한 홈 셀의 용량만 충분하면, 새로운 호를 수락한다. 즉, 새로운 호 수락에 따른 ΔI 로 인한 인접 셀에서의 호의 회손은 무시하였다. 따라서, 본 논문에서 제안한 이동국의 송신 전력 예측에 기초한 호 수락 방식의 차단 확률이 그렇지 않은 경우 보다 크다. 예를 들어, 그림 5의 경로 감쇠 지수 α 가 3의 경우, 인접 셀의 용량이 15에서 30으로 증가할 때, 홈 셀의 용량은 61 채널로 일정하다. 그러나, 같은 조건에서 그림 6의 경우는 차단 확률이 0.075에서 0.084로 증가한다. 반면에 인접 셀에서 ΔI 로 인한 SIR이 SIR_{TH} 이하로 되는 경우를 무시한 경우는 홈 셀의 차단 확률이 0.068로 일정하다. 인접 셀의 통화 부하가 증가할수록 인접 셀은 상대적으로 SIR_{TH} 에 도달하게 되는 확률이 높아진다. 인접 셀이 SIR_{TH} 에 도달했을 때, 홈 셀에서 새로운 호 수락 요구가 있을 경우, 인접 셀은 자신의 이동국의 통화 품질을 보장하기 위해 홈 셀이 새로운 호를 수락하지 못하도록 NOK_{h_i} 정보를 전송한다. 따라서, 홈 셀은 용량이 충분할지라도 새로운 호를 수락하지 못하므로 차단 확률은 증가한다. 또한, 인접 셀의 부하가 증가할수록 홈 셀의 차단 확률은 증가한다. 차단 확률의 증가는 새로운 이동국의 호를 수락하는 조건이 강화됨으로 인한 결과라고 할 수 있다.

그러나, 이러한 조건은 장점도 제공하는데, 그것은 인접 셀에서의 회손 확률이 감소된다는 것이다. 일반적으로 사용자는 호의 회손이 차단 보다 더욱 심각

하게 느낀다[12]. 통신에서 호의 차단과 회손은 항상 양면성을 가지는데 이는 제한된 용량에 기인한다.

그림 7은 SIR-CAC II와 제안하는 방식의 호 회손 확률을 보여준다. 이 실험에서 이동국이 새로운 호의 수락을 홈 기지국으로 요구할 때, 인접 셀의 SIR이 SIR_{TH} 에 있을 경우, 제안한 방식은 인접 셀이 홈 셀에게 새로운 호를 수락하지 못하도록 NOK_{h_i} 신호를 송신하므로 인접 셀의 회손 확률은 0이 되고(그림 7), 홈 셀의 차단 확률은 증가한다(그림 6). 그렇지 않은 경우 즉, SIR-CAC II의 인접 셀 간섭을 고려한 홈 셀의 잔여 용량만 충분하면 새로운 호를 수락하는 경우에 인접 셀의 회손 확률은 홈 셀의 부하가 증가할 수록 증가됨을 알 수 있다. 홈 셀의 부하 증가는 새로운 호 수락 요구 증가가 되고, 결국 수락된다면 인접 셀이 SIR_{TH} 에 있을 경우 호의 회손으로 나타난다. 홈 셀의 부하 증가는 인접 셀의 용량 감소가 되어 인접 셀 스스로가 우선 새로운 호 수락 요구를 차단한다. 따라서, 홈 셀의 차단 확률(그림 6)은 인접 셀의 부하가 55에서 60으로 증가할 때 급격히 증가하는 반면, 인접 셀의 회손 확률은 차단 확률만큼 급격히 증가하지 않는다.

호의 회손은 편의상 제일 먼저 수락된 호를 회손하였다. 이러한 방법의 호의 회손은 실험의 편의성 때문에 채택하였으며 호의 회손에 관한 연구는 본 논문의 관점이 아니므로 앞으로의 과제로 남겨둔다.

제안된 방식에 따른 새로운 호의 수락 방식은 홈 셀에서 호의 차단 확률은 증가됐지만 인접 셀에서 회손 확률의 획기적인 감소는 현재 통화중인 사용자들에게 만족감을 줄 것이다.

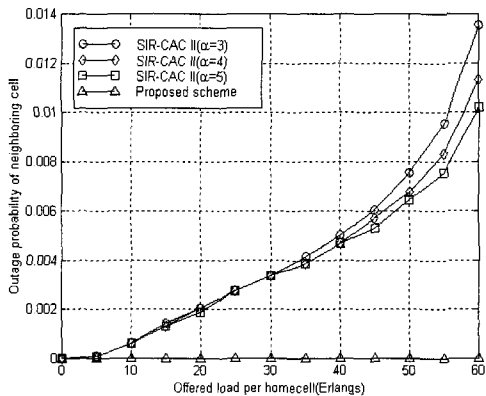


그림 7. $\alpha = 3, 4, 5$ 인 경우의 제안한 방식과 SIR-CAC II 방식의 호 회손 확률

V. 결론

본 논문에서는 새로운 이동국이 홈 기지국으로 호 수락을 요구할 때, 인접 기지국들의 통화 품질을 보장할 수 있는 호 수락 방식을 제안하였다. 제안한 호 수락 방식은 이동국의 송신 전력을 예측하여 인접 기지국에서 받을 간섭의 양을 정확히 예측함으로써 인접 기지국의 통화 품질을 보장하고자 하였다. 컴퓨터 모의 실험에서 제안된 방식으로 새로운 호를 수락하는 방식은 SIR-CAC II의 방식 보다 인접 셀에서 현재 통화중인 호의 통화 품질을 보장함을 보여주었다. 따라서, 호의 회손 확률은 감소하여 통화자의 통화 품질을 보장하여 만족을 준다. 그러나, 홈 셀에서 새로운 호의 차단 확률은 인접 셀의 통화 품질을 보장하기 위해 반대로 증가하게 된다. 기존 호의 지속적인 통화 유지는 새로운 호의 차단보다 우선권[12]을 기지국이 부여하고 있어 차단 확률의 증가를 감수하였다.

최악의 경우를 고려하여 기지국당 고정된 채널용량[1]을 사용하는 기존의 방식과 비교하여 주변 환경(경로 감쇠 지수, 인접 셀로 부터의 간섭의 양 등)에 따른 홈 셀의 용량이 가변적인 제안하는 방식은 용량 증대 효과를 볼 수 있다.

앞으로 CDMA 시스템이 멀티미디어 서비스로 전이됨에 따라 음성, 데이터, 비디오 등의 멀티미디어 서비스인 경우 서로 다른 통화 품질을 요구하므로 이에 대한 호 수락 제어 방식이 더 연구되어야 할 분야로 사료된다.

참고 문헌

- [1] Sungmoon M. Shin, Cheol-Hye Cho, and Dan Keun Sung, "Interference-Based Channel Assignment for DS-CDMA Cellular Systems," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 233-239, Jan. 1999.
- [2] Roy D. Yates and Ching-Yao Huang, "Integrated Power Control and Base Station Assignment," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 44, no. 3, pp. 638-644, Aug. 1995.
- [3] Moh Lim Sim, Erry Gunaran, Boon-Hee Soong, and Cheong-Boon Soh, "Performance Study of Close-Loop Power Control Algorithm for a Cellular CDMA System," *IEEE Trans.*

on *Veh Technol.*, vol. 44 no. 3, pp. 911-921, May 1999.

[4] Duk Kyung Kim and Dan Keun Sung, "Capacity Estimation for an SIR-Based Power-Controlled CDMA System Supporting ON-OFF Traffic," *IEEE Trans. on Veh Technol.*, vol. 49, no. 4, pp. 1094-1101, July 2000.

[5] Zhao Liu, "SIR-Based Call Admission Control for DS-CDMA Cellular Systems," *IEEE J. Select Area Commun.*, vol. 12, no. 4, pp. 638-644, May 1994.

[6] Hwa-Young Um and Soon-Yong Lim, "Call Admission Control Schemes for DS-CDMA Cellular System Supporting an Integrated Voice/Data Traffic," *Proc. of the Third IEEE Symposium on Computers and Commun.*, pp. 365-369, June 1999.

[7] Kuenyoung Kim and Youngram Han, "A Call Admission Control with Thresholds for Multirate Traffic in CDMA Systems," *IEEE Trans. on Veh Technol.*, pp. 830-834, Tokyo, Japan, May 2000.

[8] Calos Oliveira, Jaime Bae Kim, and Tatsuya Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks," *IEEE J. Select Areas Commun.*, vol. 16, no. 6, pp. 858-874, Aug. 1998.

[9] Manyoo Han and Arne A. Nilsson, "Population-Based Call Admission Control in Wireless Cellular Networks," *Proc. of the Third IEEE Symposium on Computers and Commun.*, pp. 365-369, New Orleans, USA. June 1998.

[10] CDMA System Engineering Training Handbook - Volume 1, Qualcomm, 1994

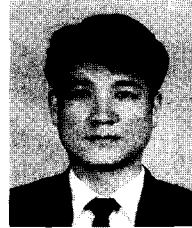
[11] *Mobile Station-Base Station Compatibility Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Systems*, TIA/ EIA Interim Standard(IS-95), July 1993.

[12] Parameswaran Ramanathan and Krishna M. Sivalingan, "Dynamic Resource Allocation Schemes During Handoff for Mobile Multimedia Wireless Networks," *IEEE J.*

Select Areas Commun., vol. 17 no. 7, pp. 1270-1283, July 1999.

최 성 철(Seong-Cheol Choi)

정회원



1986년 2월 : 아주대학교
전자공학과(공학사)
1998년 2월 : 연세대학교
산업대학원(공학석사)
2002년 2월 : 아주대학교
전자공학부 박사수료

1986년 ~ 1989년 : 대우통신 TDX개발단 연구원
1989년 ~ 1998년 : LG산전 선임연구원
1998년 ~ 현재 : 대천대학 컴퓨터전자전기학부
조교수

<주관심분야> 이동통신 무선자원관리, IMT-2000, 모바일 IP,

윤 원 식(Won-Sik Yoon)

정회원



1984년 2월 : 서울대학교
제어계측공학과 졸업
(공학사)
1986년 2월 : 한국과학기술
원 전기 및 전자공학과 졸업
(공학석사)
1991년 2월 : 한국과학기술

원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
1986년 1월 ~ 1991년 4월 : 금성전기 연구소
선임연구원
1991년 5월 ~ 1994년 8월 : LG정밀 연구소
책임연구원
1995년 9월 ~ 1996년 8월 : University of
Victoria, 방문교수
1994년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 전자공학부
부교수

<주관심분야> 이동통신, 무선네트워크, 센서네트워크, 유비쿼터스 네트워크