

셀룰라 CDMA 시스템의 소프트 핸드오프와 효율적 채널배당방식

正會員 李 吉 永* 正會員 韓 榮 烈**

Soft Handoff and Efficient Channel Assignment Method for Cellular CDMA Systems

Kil Young Lee, Young Yearl Han *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 CDMA 시스템의 소프트 핸드오프 과정을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하고 효율적인 채널할당방법에 대해서 고찰하였다. 소프트 핸드오프의 임계값의 설정에 따라 핸드오프 영역이 변하며 시스템의 성능이 달라진다. 또한 핸드오프 전용채널을 두어 핸드오프가 실패할 확률을 줄이는 방법을 검토하였으며 동적채널할당방식을 적용하여 호의 시도가 많은 셀에 많은 채널을 할당하는 방법을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, the soft handoff procedure of CDMA system is analyzed using the computer simulation and efficient channel assignment methods are investigated. Performance simulations of the handoff procedure varying the threshold values of the handoff region are carried out. To reduce the handoff failure probability, a method of assigning exclusive channels for handoff is examined. Finally, Dynamic Channel Allocation (DCA) algorithm to CDMA system, a method of assigning more channels to the cell of more call attempts, is proposed.

I. 서 론

* 삼성電子
Samsung Electronics
** 漢陽大學校 電子通信工學科
Dept. of Electronic Communication
Engineering Haynag University
論文番號 : 93223
接受日字 : 1993年 11月 17日

이동국이 통화중에 기지국에서 멀어지면 신호의 품질이 떨어진다. 이때 수신신호의 강도가 더 큰 기지국으로 채널을 전환함으로써 통화가 유지될 수 있도록 하는 것을 핸드오프(handoff)라 한다. 아날로그 방식과는 달리 CDMA 시스템에서는 모든 셀들이

동일한 주파수 대역을 사용하고 있으므로 이동국은 핸드오프 영역에서 두 기지국과 동시에 통신을 할 수 있는 소프트 핸드오프(soft handoff)가 가능하다.

아날로그 방식에서는 셀 경계지역에서 페이딩(fading) 또는 그림자(shadowing) 현상 등에 의해서 양쪽 기지국의 신호레벨이 변갑이 높아져 반복적으로 핸드오프를 요구하게 된다. 이러한 현상을 핑퐁효과(ping-pong effect)라 하는데 이 때문에 시스템에 과부하가 걸리고 통화가 끊어지는 경우가 생기게 된다. 반면 소프트 핸드오프는 핸드오프 영역에서 양쪽 셀의 기지국으로부터 신호를 동시에 수신하여 하나로 합성하기 때문에 핑퐁효과가 제거되어 셀의 경계에서 통화가 중단되는 것을 줄일 수 있다. 이러한 잇점은 다른 핸드오프 방식이 "break before make"인 특성을 가지는데 반해서 소프트 핸드오프는 핸드오프 영역에서 "make before break"의 방식을 사용하기 때문이다.

본 논문에서는 이동국이 한 셀에서 호(call)를 시도하여 채널을 할당받고 임의의 방향으로 진행하던 중 다른 셀로 진입하여 핸드오프해 가는 과정을 시뮬레이션하고 이때 발생하는 호자단율 P_H 와 핸드오프 실패율 P_F 등을 분석하고자 한다. 2장에서는 핸드오프 전용채널을 설정하여 호 시도율이 높은 경우 새로 발생하는 호보다 핸드오프 하려는 호에 우선권을 주어 이때 발생하는 핸드오프 실패율을 분석하였다. 3장에서는 셀 간의 통화량의 차이가 비교적 심한 경우 특정 셀에 더 많은 채널을 배당하는 동적채널할당방식에 대해 검토하여 보았다.

II. 소프트 핸드오프 과정(Soft Handoff Procedure)

2.1 시스템 모델

전 서비스 영역은 반경이 2.5Km인 정육각형 셀로 구성되며 각 셀은 40개의 통화채널을 가지고 있다고 가정하였다. 이때 섹터는 구분되지 않았다. 호의 시도는 셀 전체에서 균일하게 발생되며 각 호의 지속시간 T_m 은 평균지속시간 $\overline{T_m}$ 이 120초인 다음과 같은 지수함수 분포를 갖는다¹⁾.

$$f_{T_m}(t) = \frac{1}{\overline{T_m}} e^{-\frac{t}{\overline{T_m}}} \quad (1)$$

또한 하나의 호가 발생하고 그다음 호가 발생하는데 걸리는 시간 T_a 는 평균이 $\overline{T_a}$ 인 지수함수 분포를 갖는다고 하였다¹⁾.

$$f_{T_a}(t) = \frac{1}{\overline{T_a}} e^{-\frac{t}{\overline{T_a}}} \quad (2)$$

여기서 평균 호 도착시간 $\overline{T_a}$ 를 변화시킴으로써 통화량의 변화를 나타낼 수 있다. 본 논문에서는 통화량을 호 발생율(단위시간당 단위면적당 새로 발생하는 호의 수)로 표현하였다. 각 이동국의 진행방향은 0~360°까지의 임의의 방향으로 호의 지속시간동안 일정하게 유지되게 하였으며 이동속도는 평균속도 50Km/h의 가우시안 분포를 가지며 변한다고 가정하였다²⁾. 이동국이 수신하게 되는 신호의 세기는 일반적으로 사용된 송·수신 안테나 시스템의 종류, 사용 주파수 범위, 주위의 전파환경등 여러가지 요인들에 의해 달라지나 해석의 간편화를 위해서 수신전력의 감쇠는 전파거리의 $-\gamma$ 승에 비례한다고 가정하여 거리에 따른 함수로 나타내면 수신전력은 근사적으로

$$P_r = P_0 - \gamma \log \frac{r}{r_0} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

으로 표현될 수 있다³⁾. 이때 P_0 는 송신단으로부터 r_0 만큼 떨어진 곳에서의 수신전력을 나타내며 r 은 송신단과 수신단 사이의 거리이고 γ 는 전파환경에 대한 전파감쇠지수이다. 일반적으로 γ 는 3에서 4정도의 값을 가지며 본 논문에서는 3.5를 채택하였다.

소프트 핸드오프 방식은 이동국이 셀 내의 임의의 위치에서 호를 시도하여 채널을 할당받고 진행중에 수신된 인접 셀의 파일럿 채널의 신호강도가 임계값 T_{ADD} 이상이 되면 그쪽 기지국으로부터 채널을 할당받아 두 기지국으로부터 신호를 동시에 수신하기 시작한다. 그리고 핸드오프 영역을 진행하던 중에 이전 기지국의 파일럿 신호강도가 임계값 T_{DROP} 이하가 되면 이전 기지국의 채널을 끊고 비로소 새 기지국 신호만으로 통화한다⁴⁾.

그림 1은 식 (3)에 의해서 이동국이 수신되는 두 기지국의 파일럿 신호의 상대적인 전력레벨과 T_{ADD} 와 T_{DROP} , 그리고 이에 따라서 이동국이 #0 셀에서 #1 셀로 이동할 때의 핸드오프 영역을 보여주고 있다. 이동국이 핸드오프 영역에 들어가면 핸드오프를 요구하게 되고 목적 셀(target cell)의 빈 채널을 할당받게 된다. 이때 목적 셀에 빈 채널이 존재하지 않으면 핸드오프 영역에 있는 동안 지속적으로 핸드오프를 요구하게 되며 이전 기지국의 파일럿 강도가 T_{DROP} 이하로 떨어질때까지 목적 셀의 채널을 할당받지 못하면 핸드오프는 실패하게 되고 호가 끊어

지게 된다. 그림 2(a)와 그림 2(b)는 각각 호 발생에 따른 핸드오프 요구횟수와 핸드오프 실패율을 각기 다른 T_ADD 의 레벨에 대해서 보인 것이다. 여기서 핸드오프 실패율은 핸드오프를 요구한 호 중에서 핸드오프에 실패한 호의 비율이다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 T_ADD 의 레벨이 낮아지면 핸드오프의 영역이 넓어지며 따라서 핸드오프가 실패할 확률이 낮아진다. 그러나 핸드오프 영역이 넓어질 경우 이동국들이 핸드오프를 요구하는 횟수가 높아져 시스템에 많은 부하가 걸리게 된다. 임계값 T_ADD 는 시스템이 전체 핸드오프 요구량을 수용할 수 있을 정도로 충분히 높아야 하며, 효율적인 다이버시티를 통해 신호품질이 적절한 레벨을 유지할 수 있을 만큼 충분히 낮아야 한다^[6]. 대체로 핸드오프 실패율을 가능한 낮추어야 하지만 도심지와 같이 호의 발생률이 높은 경우 호의 처리량과 채널의 효율적인 활용면에서 핸드오프 영역을 너무 크게할 수 없다. 이 절 이후부터는 특별한 언급이 없는 한 T_ADD 와 T_DROP 를 각각 -19dB 와 -21dB 로 두고 시뮬레이션을 행하였다.

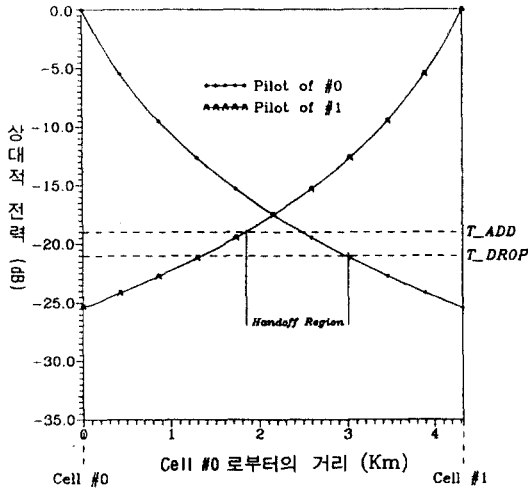


그림 1. 소프트 핸드오프에서 T_ADD 및 T_DROP 그리고 핸드오프 영역

Fig 1. T_ADD , T_DROP and handoff region in the soft handoff process

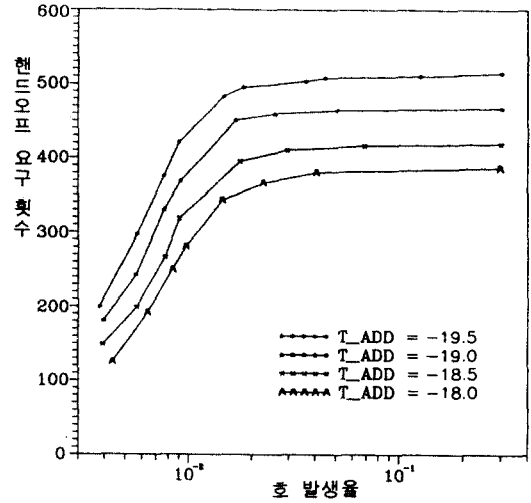


그림 2. (a) 핸드오프 요구횟수 ($T_DROP = -21\text{dB}$)
Fig 2. (a) Number of handoff requests ($T_DROP = -21\text{dB}$)

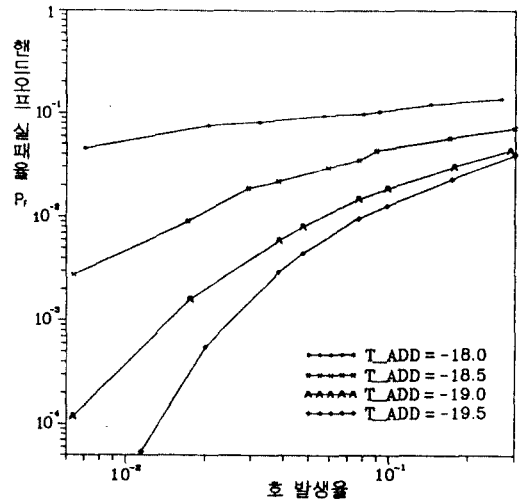


그림 2.(b) 핸드오프 실패율 ($T_DROP = -21\text{dB}$)
Fig. 2.(b) Handoff failure probability ($T_DROP = -21\text{dB}$)

2.2 핸드오프 전용채널 설정

빈 채널이 하나밖에 없는 셀에 호의 시도와 핸드오프의 시도가 동시에 발생하게 되면 핸드오프의 시도

에 우선권을 두는 것이 일반적이다. 이는 통화중에 호가 끊어지는 것을 방지하기 위해서이다. 이와 같이 핸드오프의 시도에 우선권을 주는 한 방법으로 핸드오프 전용채널의 설정을 들 수 있다¹⁾. 핸드오프 전용채널은 핸드오프의 시도에만 할당되지며 새로 발생하는 호의 시도에는 할당되지 않는다.

본 논문에 사용된 시뮬레이션에서는 통화 채널의 갯수를 N 이라 하고 N 개의 채널중에서 핸드오프용으로

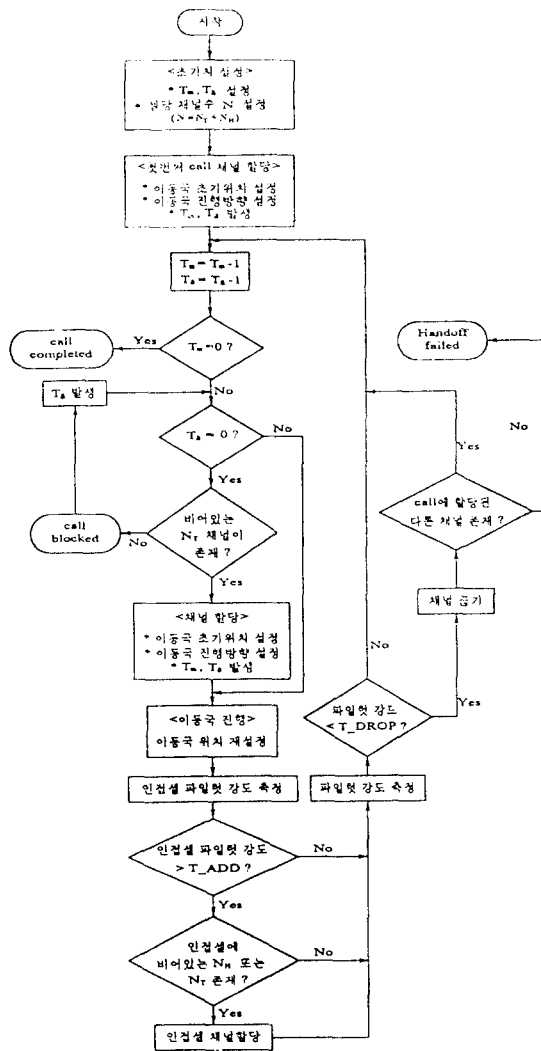


그림 3. 핸드오프 전용채널을 설정한 경우의 소프트 핸드오프 시뮬레이션 알고리즘

Fig 3. Simulation algorithm for soft handoff in the case of assigning exclusive channels for handoff

만 사용되는 채널을 N_H 개 만큼 두고 나머지를 N_F 라 두어 새로 발생하는 호와 핸드오프하는 호에 배당할 수 있게 하여 핸드오프에 우선권을 두었다. 이와 같은 채널할당 방식을 갖는 소프트 핸드오프의 알고리즘을 그림 3에 나타내었다.

그림 4는 $N = 40$ 일 때 N_H 를 변경시키면서 나타난 P_B 와 P_F 의 그래프이다. 여기서 호 차단율 P_B 는 전체 시도된 호 중에서 채널의 부족으로 인하여 채널을 할당받지 못한 호의 비율이고, 핸드오프 실패율 P_F 는 앞에서 설명한 바와 같이 핸드오프를 요구한 호 중에서 핸드오프 영역을 벗어날 때까지 인접셀의 채널을 할당받지 못하여 핸드오프에 실패한 호의 비율이다. 처음 시도되는 호는 호가 발생했을 때 빈 채널이 존재하지 않으면 차단되지만 핸드오프를 요구하는 호는 빈 채널이 없을 경우 핸드오프 영역 내에서 지속적으로 채널을 요구하므로 일반적으로 $P_F < P_B$ 이 된다. 이 그래프에서 알 수 있듯이 호 발생율이 비교적 낮은 경우 P_F 는 핸드오프 전용채널의 수에 관계없이 거의 0이 되며 이때는 핸드오프 전용채널을 따로 설정할 필요가 없으나, 호 발생율이 높은 경우 N_H 가 0, 1, 2로 증가함에 따라 P_B 는 변화가 거의 없으나 P_F 는 현저하게 감소함을 알 수 있다. 즉, 통화량이 많을 때 핸드오프 전용 채널을 두면 통화중 인접 셀로 핸드오프할 때 호가 끊어지는 것을 줄일 수 있다.

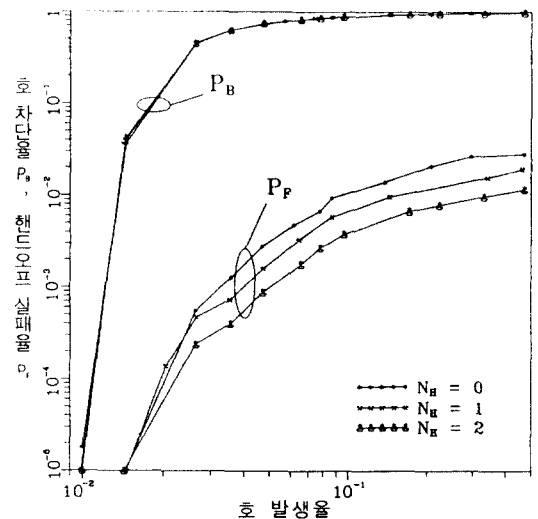


그림 4. 핸드오프 전용채널의 설정에 따른 호 차단율 및 핸드오프 실패율

Fig 4. Blocking prob. and Handoff failure prob. in the case of assigning exclusive channels for handoff

III. 동적채널할당 방식의 적용

앞의 절에서는 모든 셀에 같은 수의 채널을 배당했을 때의 성능을 살펴 보았다. 그러나 러시 아워(rush hours)일때 일부 지역에 차량이 집중되어 호의 발생률이 지역에 따라 균등하지 않게 된다. FDMA와 TDMA 방식에서는 셀당 채널의 수가 고정되어 있으므로 이 경우에 일부 지역에서는 채널이 부족하지만 다른 지역에서는 채널이 남아있는 경우가 발생된다. 이에 비해 CDMA 시스템의 경우 한 셀에 할당할 수 있는 채널의 수는 인접 셀의 부하(load)와 관련이 있다. 따라서 인접셀의 사용자의 수가 적을 경우 특정 셀의 용량을 증가시킬 수가 있다.

하나의 셀에 상대적으로 많은 채널을 배당할 경우 늘어난 간섭의 양을 줄이기 위해 인접셀에 배당된 채널 수를 줄여야 한다. 특정 셀의 사용자수에 따른 인접 셀의 사용자수를 구하기 위해서 그림 5과 같은 모델을 설정하였다. 셀 내에 존재하는 모든 사용자의 신호전력은 기지국에 같은 세기로 도달되는 완벽하게 전력제어된 시스템을 가정하자. 식 (3)에서 r_0 를 1로 정규화시키면 기준 기지국으로부터 r만큼 떨어진 거리에 있는 사용자의 송신신호가 기지국 수신기에 수신될 때 수신신호의 크기는 $P_r = P_0 r^{-\gamma}$ 의 형태로 표현된다. 따라서 모든 셀의 각 사용자는 자신이 속한 셀의 기지국에서 자신의 신호가 P_0 의 전력으로 수신되도록 하기 위해서 $P_t = r^\gamma P_0$ 의 전력으로 송신한다.

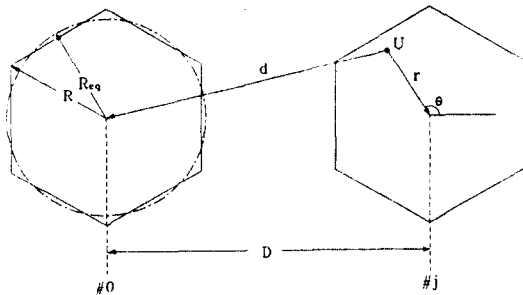


그림 5. 다중접속 간섭 모델
Fig 5. Modeling of multiple access interferences

편의상 #0 셀을 기준 셀이라 하고 기준 셀의 기지국을 기준 기지국이라 할때 인접 셀로부터 기준 셀에 도달되는 간섭신호의 크기를 생각해 보자. 기준 셀에 인접한 임의의 한 셀내에서 기지국으로부터 r만큼 떨어진 곳에 있는 한 사용자 U를 가정해 보자. 이 사용자의 좌표를 (r, θ) 라 하고 이 사용자가 속해있는 기지국에서 기준 기지국까지의 거리를 D라 할때 이 사용자로부터 기준 기지국까지의 거리 d는

$$d = [D^2 + r^2 - 2 \cdot r \cdot D \cos \theta]^{1/2} \quad (4)$$

으로 표현되며 기준 기지국에 도달되는 사용자 U의 신호 전력은

$$P_r = P_t \cdot d^{-\gamma} \\ = P_0 \cdot \left[1 + \left(\frac{D}{r} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{D}{r} \right) \cdot \cos \theta \right]^{-\gamma/2} \quad (5)$$

이 된다.

CDMA 시스템에서는 다른 사용자로부터 받게 되는 간섭의 정도에 따라 성능이 크게 좌우되므로 효과적으로 간섭의 양을 줄이는 방법이 요구된다. 다른 사용자부터 받게되는 혹은, 자신이 다른 사용자에게 미치는 간섭의 양을 줄일 수 있는 기술로는 전력제어 뿐 아니라 빙터화와 음성 듀티율의 적용을 들 수 있다. 빙터화는 각 셀을 몇개의 벡터로 나누고 지향성 안테나를 이용하여 신호가 다른 방향으로 전송되지 않게 하는 방법이며 음성 듀티율의 적용은 통화중 데이터 전송율을 변화시킴으로써 말을 하지 않는 동안 간섭의 양을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 따라서 음성 듀티율을 v 라고 할 때 -일반적으로 음성 듀티율은 35%~40% 정도이다- 기준 기지국에서 수신되는 기준 셀의 각 사용자로부터의 평균 수신신호전력의 크기는 $v \cdot P_0$ 이며 인접 셀의 사용자로부터의 평균 수신신호전력의 크기는 (5)식으로부터

$$v \cdot P_0 \left[1 + \left(\frac{D}{r} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{D}{r} \right) \cdot \cos \theta \right]^{-\gamma/2} \text{ 이 된다.}$$

기준 셀에 인접한 K개의 셀 내의 사용자들로부터 이와 같은 간섭신호가 도달한다고 하고 기준 셀에는 N명, 각 인접 셀에는 N_1, N_2, \dots, N_K 명의 사용자가 존재한다고 할 때 기준 기지국의 수신기에 수신된 신호 중 i번째 사용자에 대한 비트에너지 대 잡음밀도의 비는

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_i = \frac{i\text{번째 이용자의 신호전력}/R}{\text{총 수신 간섭신력}/W}$$

$$= \frac{P_0/R}{[v(N-1)P_0 + I + \eta]/W} \quad (6)$$

으로 표현된다^[8]. 여기서 R과 W는 각각 데이터 전송율과 확산부호의 대역폭이며 I는 기준셀에 도달되는 인접 셀의 사용자들의 간섭신호 성분, 그리고 η 는 배경잡음을 나타낸다. 간섭신호 I는 K개의 인접 셀로부터 오는 간섭신호들의 합으로 나타나는데 j번째 셀에서 i번째 사용자의 좌표가 (r_j, θ_j) 라 하면 그 사용자로부터 오는 간섭신호 I_{ji} 는

$$I_{ji} = v \cdot P_0 \left[1 + \left(\frac{D_j}{r_i}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{D_j}{r_i}\right) \cdot \cos \theta_j \right]^{-\gamma/2} \quad (7)$$

로 주어지며 따라서 인접셀들의 간섭신호 I는

$$I = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} I_{ji} \quad (8)$$

으로 표현된다.

위 (7)식에서 각 사용자 신호의 거리에 따른 전력전파감쇠변수를 L_{ji} 라 하여 아래와 같이 정의하자.

$$L_{ji} \equiv \left[1 + \left(\frac{D_j}{r_i}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{D_j}{r_i}\right) \cdot \cos \theta_j \right]^{-\gamma/2} \quad (9)$$

전 사용자들이 셀 내에서 균일하게 분포한다고 하면 임의의 사용자 U의 위치 (r_i, θ_i) 에 대한 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(\theta_i) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \theta_i \leq 2\pi \quad (10)$$

$$g(r_i) = \frac{2r_i}{R_{eq}^2}, \quad 0 \leq r_i \leq R_{eq} \quad (11)$$

따라서 j번째 인접 셀의 한 사용자의 위치에 대한 전력전파감쇠변수의 평균값은 다음과 같다.

$$\bar{L}_j = \int_0^{R_{eq}} \int_0^{2\pi} L_{ji} \cdot f(\theta_i) \cdot g(r_i) d\theta_i dr_i \quad (12)$$

다음 표 1은 기준 셀 주변의 36개 셀에 대한 \bar{L}_j 의 값을 정리한 것이다.

따라서 인접셀의 간섭신호 I는 다음 (13) 식으로 간략화될 수 있으며

표 1. 인접셀의 전력전파감쇠변수의 평균값

Table 1. Average values of power transmission attenuation variables of adjacent cells

D_j	셀의 갯수 (n)	\bar{L}_j
$\sqrt{3}$	6	0.07659
3	6	0.00691
$2\sqrt{3}$	6	0.00395
$\sqrt{21}$	12	0.00139
$3\sqrt{3}$	6	0.00087

$$I = v P_0 \sum_{j=1}^K \bar{L}_j \cdot N_j \quad (13)$$

이를 (4)식에 대입하면

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_i = \frac{W/R}{v \cdot (N-1) + v \sum_{j=1}^K \bar{L}_j \cdot N_j + \eta/P_0} \quad (14)$$

이 된다. 따라서 기준 셀의 사용자수를 N, 기준 셀을 제외한 나머지 셀의 사용자수를 N_R 이라 할때 기준 셀의 사용자수에 따른 인접 셀의 사용자수는

$$N_R = \frac{1}{v \cdot \sum_{j=1}^K \bar{L}_j} \left[-v(N-1) + \frac{W/R}{E_b/N_0} - \frac{1}{\zeta} \right] \quad (15)$$

이 된다. 여기서 $\zeta (= \frac{P_0}{\eta})$ 는 신호전력대 배경잡음을 나타낸다. 다음 그림 6은 $W/R=128$, $E_b/N_0=7\text{dB}$, $v=0.4$ 일 때 기준 셀의 채널수를 증가시키에 따라 나머지 인접 셀들에 배당할 수 있는 채널수를 ζ 값의 변화에 따라 나타낸 것이다.

그림 7은 (15)식에서 ζ 가 0dB일 때 핸드오프 전용 채널을 두지 않은 상태에서 기준 셀과 인접 셀에 할당하는 채널수를 변화시켰을 때 기준 셀과 한 인접 셀이 한시간 동안 처리할 수 있는 호의 수를 시뮬레이션을 통해서 나타낸 것이다. 이때 앞에서와 마찬가지로 이동국이 셀의 경계영역에서 핸드오프를 요구하게 되면 소프트 핸드오프가 이루어지도록 하였다. 여기서 인접셀들(Cell#1~Cell#36)의호 발생율은 비교적 낮은 값인 0.01로 일정하게 유지되게 하고 기준셀(Cell#0)의호 발생율을 변화시켰을때 나타나는 변

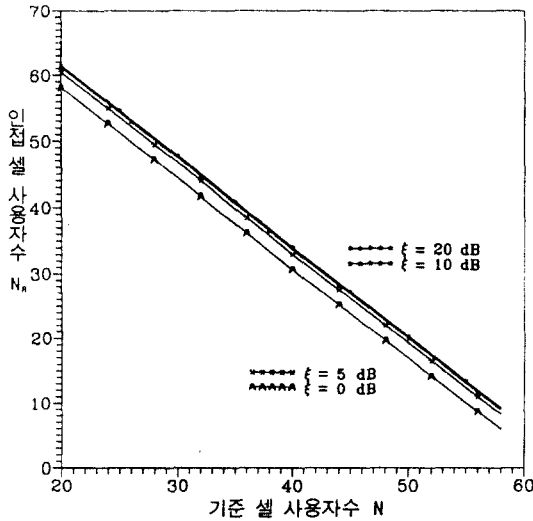


그림 6. 기준셀의 부하에 따른 인접셀에 할당 가능한 채널 수

Fig 6. Number of allocable channels to an adjacent cell with load of reference cell

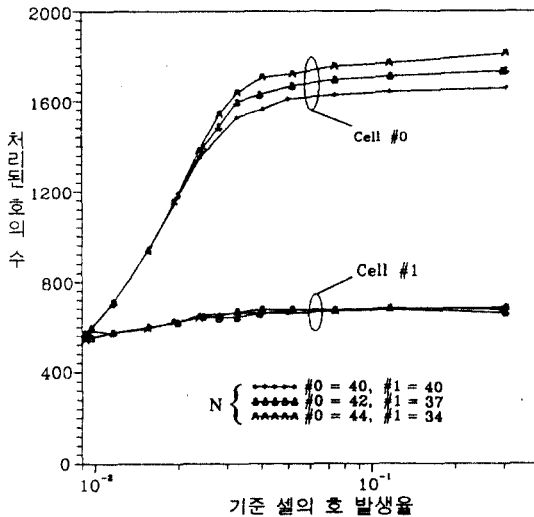


그림 7. 동적채널할당 방식을 적용한 경우 기준 셀 및 인접 셀의 호 처리수

Fig 7. Number of processed calls in a reference cell and an adjacent cell with dynamic channel assignment method

화를 관찰하였다. 이 그래프에서 알 수 있듯이 기준 셀의 호 발생율이 다른 인접 셀에 비해서 상대적으로 대단히 높을때 기준 셀에 할당하는 채널수를 증가시키면 인접 셀에서는 감소된 채널수에 의해 처리되는 호의 수는 변화가 거의 없으나 기준 셀에서는 처리할 수 있는 호의 수가 증가됨을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 셀룰라 CDMA 시스템에서 핸드오프 전용채널을 설정함으로써 이동국이 핸드오프 할 때 발생하는 호 차단율 및 핸드오프 실패율을 분석해보았으며 동적채널할당방식에 따른 호 처리율을 분석하였다.

주어진 환경하에서 동일 셀 및 인접 셀의 다른 사용자들의 간섭에 의해 한 셀에 할당될 수 있는 채널 수는 한정될 수 밖에 없다. 그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 핸드오프 실패율을 줄이기 위해서 핸드오프 전용채널을 두거나 시스템에 걸리는 부하에 따라서 셀마다 할당하는 채널수를 달리하여 호 시도율이 높은 셀에서 많은 채널을 할당하는 등 어떻게 효율적으로 채널을 배당하는가에 따라 시스템의 성능이 크게 달라짐을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures," *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, Vol. VT-33, No. 3, pp 77-92, August 1986.
2. W. C. Y. Lee and H. L. Smith, "A Computer Simulation Model for the Evaluation of Mobile Systems in the Military Tactical Environment," *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, Vol. VT-32, No. 2., pp 177-190, May 1983.
3. William C. Y. Lee, *Mobile Communications Design Fundamentals*, John Wiley & Sons, Inc., 1993.
4. A. Salmasi and K. S. Gilhousen, "On the System Design Aspects of Code Division Multiple Access(CDMA) Applied to Digital Cellular and Personal Communications Networks," in *Proc.*

- 41th IEEE Veh. Technol. Conf., St. Louis, pp. 57-62, May 1991.
5. Qualcomm Incorporated, *Proposed EIA/TIA Interim Standard*, 1992.
 6. S. Wang and I. Wang, "Effect of Soft Handoff, Frequency Reuse and Non-Ideal Antenna Sectorization on CDMA System Capacity," *43th IEEE Veh. Technol. Conf.*, pp. 850-854, May 1993.
 7. P. Gaasvik, M. Cornefjord and V. Svensson, "Different Methods of Giving Priority to Handoff Traffic in a Mobile System with Directed Retry," in *Proc. 41th IEEE Veh. Technol. Conf.*, pp. 549-553, May 1991.
 8. K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani, A. J. Vitervi, L. A. Weaver, and C. E. Wheatley, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, VT-40, May 1991, pp. 291-302.



李吉永 (Kil-young, Lee)

1969년 8월 29일생
1992년 2월 : 한양대학교 전자
통신공학과 공학사
1994년 2월 : 한양대학교 전자
통신공학과 공학석사
1994년 2월 ~ 현재 : 삼성전자
인부



韓榮烈 (Young-yeal, Han)

1960년 2월 : 서울대학교 전자
공학사
1976년 5월 : 미주리주립대학교
대학원 공학석사
1979년 5월 : 미주리주립대학교
대학원 공학박사
1980년 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신공학과 교수
1980년 ~ 1991년 : 본학회이사, 상임이사
1991년 ~ 현재 : 본학회 회장