

LOS 환경에서 CDMA 기지국 배치를 위한 Path Loss Model의 영향

정회원 민 승 욱*

Effect of Path Loss Models for CDMA Base Station Deployment in LOS Environments

Seungwook Min* *Regular Member*

요 약

CDMA 시스템에서 기지국 용량과 배치는 외부간섭 이동단말 (out-of-cell mobile stations) 에 의한 상향 간섭에 크게 영향을 받는다. 외부간섭 이동단말로부터 전파감쇄의 정확한 예측은 주어진 서비스 품질 (QOS)를 충족시키기 위하여 필요한 장비를 최소화하는 시스템 설계에 필수적이다. 정확하지 않은 예측은 더 많은 기지국의 설치를 요구하는 시스템 설계를 하게한다. 예측 정확도에 따른 필요 장비의 수를 정량화하기 위하여, 본 논문은 고속도로나 도심거리 (street canyon)와 같은 LOS (line of sight) 지역에서의 시스템 설계 요소에 대하여 살펴본다.

Key Words : 기지국 설계, 전파모델 (propagation model), CDMA 시스템 설계, 시스템 용량, 이중경사모델 (two slope model)

ABSTRACT

Cell Capacity and cell layout are strongly dependent on the up-link interference caused by out-of-cell mobiles. Accurate prediction of the propagation path loss from out-of-cell mobiles is essential to achieve system designs that minimize the infrastructure required for a given quality of service (QOS). Less accurate predictions can be expected to yield designs requiring the use of a greater number of base stations. In order to quantify the dependence of infrastructure on prediction accuracy, this paper considers the cellular systems, LOS (line of sight) cells along a road or highway.

I. 서 론

마이크로셀 환경에서의 전파경로 손실을 다룰 때, 일반적으로 통계적 모델을 사용한다. 이러한 모델들은 dB 단위로 경로손실에 대한 단순한 거리의존성을 이용한다. 이때, shadow fading이라 불리는 통계적 편차에 대한 정보를 함께 이용한다. 일반적으로 dB로 측정된 shadow fading은 표준편차 σ 를 갖는 가우시언 확률변수 (Gaussian random variable)로 표시된다. 표

준편차 σ 의 크기는 거리의존성에 대한 경로손실 모델의 체계적인 변화를 나타내는 정도에 의존한다. 결과적으로 σ 는 예측 정확도의 척도로 이용되고, 작은 값이 더 높은 정확도를 나타낸다. 요구되는 서비스 품질 (QOS)을 제공하는데 필요한 장비, 즉 기지국의 수와 예측 정확도의 관계를 보여주기 위하여, 마이크로 셀룰러 시스템의 LOS (line of sight) 환경을 고려할 것이다. LOS가 존재하는 고속도로나 거리를 따라 동작하는 전파예측 모델의 경우, 전파예측모델로서 단일경

※ 본 논문은 2008학년도 상명대학교 일반연구기관 선발과제 연구비를 지원받아 수행한 연구임.

* 상명대학교 컴퓨터과학부 (swmin@smu.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-08-396, 접수일자 : 2010년 8월 15일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 16일

사모델 (single slope model, 혹은 one slope model)과 이중경사모델 (two slope model)의 차이를 계산할 것이다. CDMA 시스템의 상향링크에서 블로킹 확률과 같은 QOS를 결정하는 요소는 이동단말에 의해 발생하는 간섭이다. 접속된 이동단말들의 완벽한 전력제어 (perfect power control)을 가정하면, 전체 간섭은 다른 기지국의 전력제어를 받는 이동단말의 간섭에 의해서 크게 영향을 받는다. 외부 이동단말 (out of cell mobile stations)의 영향은 내부간섭 (in-cell interference) 과 외부간섭 (out-of-cell interference) 간의 수신전력 비율인 f 를 고려함으로써 기지국 용량을 산출할 수 있다¹¹⁻¹⁷. 이러한 간섭비율 f 의 계산은 전파감쇄모델에 크게 영향을 받는다.

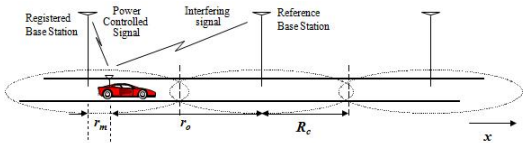


그림 1. LOS 환경의 고속도로 마이크로셀에서의 기지국과 이동단말의 개략도

II. LOS 환경에서의 CDMA 시스템

LOS 환경에서의 CDMA 시스템은 일련의 기지국들이 반경 R_c 를 갖는 선형 배열로서 기지국반경을 나타내는 그림 1에 표시된 것과 같다. 이동단말은 전력제어를 받는 접속된 기지국으로부터 거리 r_m 위치에 놓여있다. 이것은 간섭을 계산하는 기준 기지국 (reference station)으로부터 거리 r_o 만큼 떨어져있다. 고속도로나 거리에서 관측되는 LOS 전파에 대하여, 그림 2의 마름모꼴로 표시되는 수신신호는 측정지점의 섹터평균을 측정에 의한 거리 의존성으로 특징지을 수 있다.

2.1 경로 감쇄 모델

LOS 경로상의 전파는 기지국으로부터의 거리 r 에 대하여 단일 회귀 경사 (single regression slope) s 를 사용하거나, 분기거리 (break point distance) R_b 를 중심으로 두 개의 부분으로 나누어 내부에서의 회귀 경사 s_1 과 외부에서의 회귀경사 s_2 를 이용하여 모델링할 수 있다^{8,9}. 이중경사모델은 경로 감쇄의 전체적인 변화를 좀 더 정확하게 나타내며, 따라서 분기거리 전후의 표준편차 s_1 과 s_2 는 단일경사모델의 s 보다 작아진다. 그림 2는 측정된 데이터에 대한 개선된 예를 보여준다. 시스템 설계를 할 때, 단일경사모델과 이중경

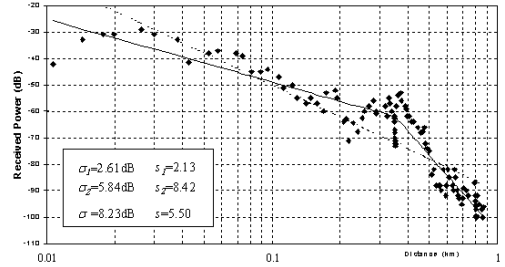


그림 2. LOS 경로에서 측정된 데이터의 단일경사모델과 이중경사모델을 이용한 회귀근사선 (regression fit lines)

사모델을 분리하여 적용함으로써 정확한 전파모델이 채택될 때 시스템 설계의 개선이 얼마나 이루어지는지를 정량적으로 보여줄 수 있다.

그림 2의 점선으로 표현된 단일경사모델은 dB 스케일로 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$PL(dB) = A + 10s \log r - \xi \quad (1)$$

이때, A 는 기준점의 수신전력 (intercept received power)이고, r 은 거리이고, ξ 는 평균 0과 분산 s^2 인 가우시언 확률변수이다. 선형적으로 표시하면, 송신전력에 대한 수신신호의 비인 경로 감쇄는 다음과 같다.

$$P_R = 10^{(\xi-A)/10} r^{-s} \quad (2)$$

평평한 지형에서의 이중경사모델에 대하여, 분기거리 (break point distance) R_b 는 첫 번째 Fresnel zone이 지상에 닿는 거리⁹, 즉

$$R_b = 4h_b h_m / \lambda \quad (3)$$

이때, λ 는 대기 중에서의 파장이고, h_b 과 h_m 는 각각 기지국과 이동단말 안테나의 높이이다. 식 (3)에서 보는 바와 같이 분기거리는 기지국과 이동단말의 안테나 높이의 영향을 받는다. 일반적으로 이동단말의 안테나 높이가 일정하다면, 기지국의 안테나 높이에 따라 분기거리의 조정이 가능하다. 그림 2의 실선으로 표시된 이중경사모델에 대하여, 송신전력에 대한 수신전력의 비는 다음과 같이 주어진다.

$$P_R(r) = 10^{(\xi-A)/10} r^{-s_1} \quad \text{if } r < R_b \quad (4a)$$

$$P_R(r) = 10^{(\xi-A)/10} R_b^{s_2-s_1} r^{-s_1} \quad \text{if } r > R_b \quad (4b)$$

여기에서, 가우시안 확률변수 ξ 는 $r < R_b$ 인 영역에서는 σ_1^2 과 $r > R_b$ 인 영역에서는 σ_2^2 분산을 갖는다.

2.2 외부간섭 (Out of cell Interference) 계산

완벽한 전력제어를 가정하면, 다른 기지국의 접속된 이동단말은 그 기지국의 전력제어를 받는다. 간섭을 일으키는 이동단말이 자신의 기지국으로부터 r_m 만큼 떨어지고, 기준기지국으로부터는 r_o 만큼 떨어져 있다면, 단일경사모델로부터 계산되는 간섭신호 $I(r_o, r_m)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$I(r_m, r_o) = S10^{(\xi_o - \xi_m)/10} r_m^s / r_o^s \quad (5)$$

식 (5)에서, S 는 이상적인 전력제어가 이루어지는 상황에서 기지국 내의 단말로부터 기지국에서 수신된 전력이고, ξ_m 과 ξ_o 는 두 개의 기지국에 대한 shadow fading을 반영하는 가우시안 확률변수이다.

기지국 반경이 분기거리 R_b 보다 큰 경우, 즉 $r_o > R_b$ 가정하면, 간섭신호 $I(r_o, r_m)$ 는 이중경사모델로부터 다음과 같이 계산된다.

$$I(r_o, r_m) = S10^{(\xi_o - \xi_m)/10} R_b^{(s_2 - s_1)} r_m^{s_1} / r_o^{s_2} \quad \text{if } r_m < R_b \quad (6a)$$

$$I(r_o, r_m) = S10^{(\xi_o - \xi_m)/10} r_m^{s_2} / r_o^{s_2} \quad \text{if } r_m > R_b \quad (6b)$$

내부간섭 대비 외부간섭비 f 는 간섭신호 $I(r_o, r_m)$ 의 기대값에 대하여 단위면적당 이동단말 (k_u)과 송신전력 (S)의 곱인 $k_u S$ 를 나누어 주어서 구한다.

$$f \equiv \frac{E[I]}{k_u S} = \frac{1}{k_u S} \left[\int_{\bar{S}_o} E(I(r_o(x), r_m(x))) k dx \right] \quad (7)$$

이때, 적분은 기준 기지국을 제외한 영역인 \bar{S}_o 에 대하여 수행된다. 간섭신호 $I(r_o, r_m)$ 의 기대값은 식 (1)과 (2)의 확률변수 ξ_m 과 ξ_o 사이의 상관계수에 의해서 결정된다. σ_o 과 σ_m 이 각각 ξ_m 과 ξ_o 의 표준편차라면, 상관계수 C_{om} 은 다음과 같다.

$$C_{om} = \frac{E[\xi_o \xi_m]}{\sigma_o \sigma_m} \quad (8)$$

$\beta = (\ln 10)/10$ 로 정의하면, shadow fading의 기대값은 다음과 같이 주어진다.

$$E[10^{(\xi_o - \xi_m)/10}] = e^{(\beta \sigma_{om})^2/2} \quad (9)$$

이때,

$$\sigma_{om}^2 = (\sigma_o - \sigma_m)^2 + 2(1 - C_{om})\sigma_o\sigma_m \quad (10)$$

단일경사모델에서는, $\sigma_o = \sigma_m = \sigma$ 그리고 $\sigma_{om}^2 = 2(1 - C_{om})\sigma^2$ 따라서 f 는 다음과 같다.

$$f = e^{(1 - C_{om})(\beta\sigma)^2} \left[\frac{1}{2R_c} \int_{\bar{S}_o} \left[\frac{r_m(x)}{r_o(x)} \right]^s dx \right] \quad (11)$$

기준 기지국에 대하여 간섭을 주는 기지국이 양쪽으로 대칭적으로 위치하고 있다고 가정하면, 식 (11)은 다음과 같은 형태로 바꿀 수 있다.

$$f = e^{(1 - C_{om})(\beta\sigma)^2} \left[\frac{1}{R_c} \sum_{n=1}^n \int_{(n-1)R_c}^{nR_c} \left[\frac{w}{nR_c + w} \right]^s dw \right] \quad (12)$$

이중경사모델에 대하여는, 식 (4)로부터 구할 수 있다. $R_c > R_b$ 일 때, $\sigma_o = \sigma_2$ 이고, $r_m < R_b$ 혹은 $r_m > R_b$ 에 대하여 각각 $\sigma_m = \sigma_1, \sigma_2$ 이다. 따라서,

$$\sigma_{om}^2 = \begin{cases} \sigma_{o1}^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + 2(1 - C_{om})\sigma_1\sigma_2, & r_m < R_b \\ \sigma_{o2}^2 = 2(1 - C_{om})\sigma_2^2, & r_m > R_b \end{cases} \quad (13)$$

식 (7)은 이중경사모델에 대하여 다음과 같이 변화된다.

$$f = e^{(\beta\sigma_{o1})^2/2} \left\{ \frac{1}{R_c} R_b^{(s_2 - s_1)} \sum_{n=1}^n \int_{-R_c}^{R_c} \frac{w^{s_1}}{(nR_c + w)^{s_2}} dw \right\} + e^{(\beta\sigma_{o2})^2/2} \left\{ \frac{1}{R_c} \sum_{n=1}^n \left[\int_{-R_c}^{R_c} \left(\frac{w}{nR_c + w} \right)^{s_2} dw + \int_{-R_c}^{R_c} \left(\frac{w}{nR_c + w} \right)^{s_2} dw \right] \right\} \quad (14)$$

간섭에 있어서 shadow fading의 영향을 분석하기 위하여 두 가지 핸드오프 시나리오, 하드 핸드오프와 소프트 핸드오프를 고려한다. 여기에서 사용되는 하드 핸드오프는 이동단말이 가장 가까운 기지국에 접속한 것을 의미한다⁷⁾. 소프트 핸드오프의 경우는 이동단말이 두 개 이상의 기지국에 의해서 전력제어를 받을 수 있다는 것을 의미한다. 여기에서 가입자는 가장 가까운 두 개의 기지국에 대하여 소프트 핸드오프가 허용되고, 수신신호가 가장 강한 기지국의 전력제어를 받는다. 이 경우에 기준 기지국에 전체 간섭은 기준 기지국 내에 있으나 이웃 기지국의 전력제어를 받는 이동단말에 의한 영향과 기준 기지국 밖에 있는 이동단

말의 영향을 받는다.

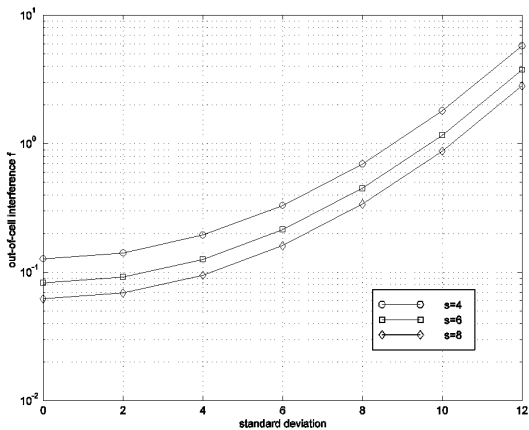
III. LOS 환경에서의 모의실험

단일경사 모델과 이중경사 모델에 대하여, 두 가지 모델의 하드 핸드오프와 소프트 핸드오프에 대하여 내부간섭에 대한 외부간섭의 비율인 f 를 계산한다. 이것은 고속도로에 위치한 이동단말의 효과를 누적하고, shadow fading에 해당하는 확률변수에 대하여 통계특성을 계산함으로써 구할 수 있다. 중요한 매개변수 중에 하나인 접속된 기지국과 기준기지국에 대한 이동단말 신호감쇠의 상관성을 나타내는 상관계수 C 이다.

3.1 경사도 (slope index)와 표준편차 σ 의 영향 분석

그림 3은 단일경사모델의 하드 핸드오프인 경우, f 를 다양한 경사도 s 에 대하여 표준편차 σ 의 함수로 표시한 것이다. 이 계산을 위하여 두 개의 가장 가까운 기지국의 shadow fading의 상관계수는 0.5로 하였다.

시스템 설계에서 전파감쇠 예측의 정확성을 나타내는 표준편차 σ 가 증가함에 따라 f 도 증가함을 알 수 있다. 또한, 경사도 s 가 증가할수록 외부간섭이 기지국에 도달하는 거리가 제한되므로 f 는 감소하는 것으로 나타난다. 이중경사모델에서 $R_c \geq R_b$ 인 지역에서는 외부 이동단말로부터 발생한 간섭은 큰 경사도 s_2 에 의해 제한된다. 그림 4에서 보여지는 바와 같이 $R_c \geq 2R_c$ 인 지역에서는 이중경사모델의 결과가 단일경사모델의 $s = s_2$ 인 경우의 결과와 거의 유사하게 나타난다. 결과적으로, 기지국 반경이 분기거리의 2배



(a) 단일경사모델

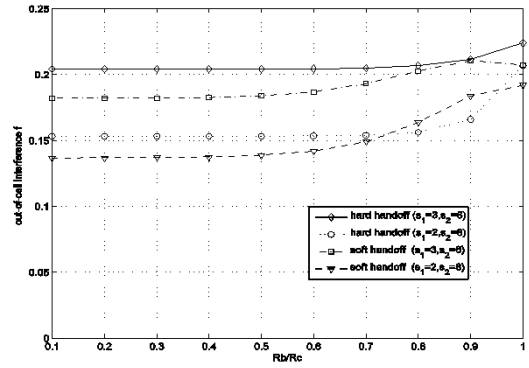


그림 4. 이중경사모델 ($s_1=3, \sigma_1=2.6$ and $s_2=6, \sigma_2=5.8$)에서 f 에 대한 분기거리 R_b/R_c 의 영향

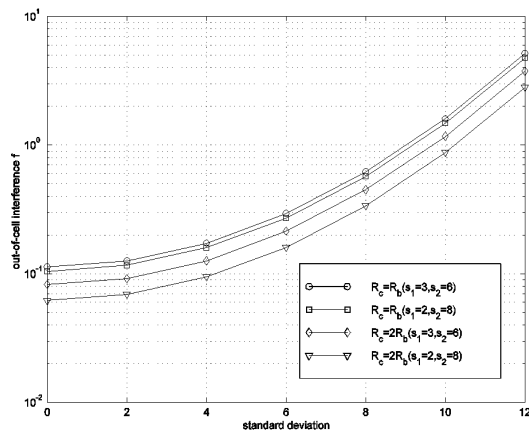
이상인 경우 $R_c \geq 2R_b$ 이면, R_b 는 시스템 설계의 매개변수가 되지 않는다.

이중경사모델은 단일경사모델에 비하여 더 큰 경사도 s_2 와 더 작은 표준편차 σ_2 를 가지는 두 가지 장점이 있다. 예를 들어 f 에 대한 이러한 영향을 살펴보기 위하여, 그림 2의 경사도와 표준편차의 값을 이용하여 f 를 계산할 수 있다. 단일경사모델의 경우 $f=0.408$, 반면에 이중경사모델의 경우는 훨씬 낮은 $f=0.168$ 로 계산된다.

3.2 상관계수 C의 영향 분석

이동단말 근방의 두 개의 기지국에 대한 shadow fading의 상관계수는 외부간섭비 f 에 영향을 준다.

그림 4는 두 가지 모델에 대하여 하드 핸드오프와 소프트 핸드오프에 대한 영향을 보여준다. 상관계수가 0에서 1로 증가할 때, 내부간섭 대비 외부간섭비 f 는



(b) 이중경사모델

그림 3. 전파예측모델의 경사도(slope index)에 대한 표준편차 σ 의 변화에 대한 외부간섭비 f

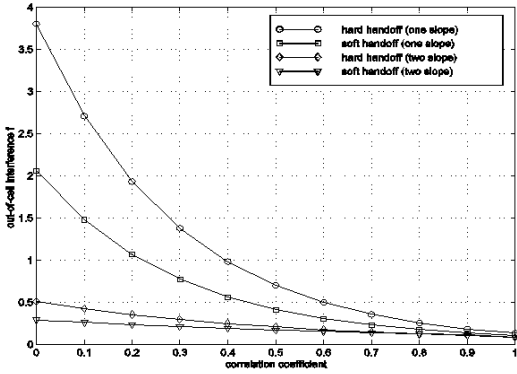


그림 5. $R_c=2R_b$ 일 때 단일경사모델 ($s=4, \sigma=8$) 과 이중경사모델 ($s_1=3, \sigma_1=2.6$ and $s_2=6, \sigma_2=5.8$)에 대한 상관계수에 대한 f 의 변화

단조 감소한다. 예측모델로서 단일경사모델의 사용보다 이중경사모델을 사용함으로써 얻어지는 이득은 $s_2 > s$ 과 $\sigma_{1,2} < \sigma$ 등의 조건으로부터 얻어지는 결과이다. 하드 핸드오프를 사용하는 것보다 소프트 핸드오프 방식을 사용하였을 때 얻어지는 이득은 상관계수가 작을 때 크게 얻어진다. 상관계수는 0.5로 가정되는 경우가 있으나^[6] 측정으로 얻어진 결과는 거리가 500미터 이상 떨어지면 0.3 보다 작은 값을 갖는다^[10,11]. 비현실적으로 큰 상관계수의 사용은 기지국 용량이나 서비스 지역을 과대평가할 수도 있다.

3.3 시스템 설계

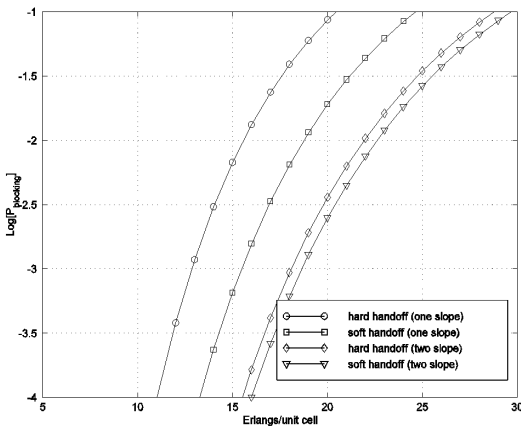
상향링크에 대한 소프트 블로킹 (soft blocking)은 전체 간섭전력과 잠음전력이 정해진 최대 허용 간섭수준을 넘었을 때 발생한다^[7]. 기지국당 사용자의 수

k_u 에 대하여 전체 간섭의 합은 $S(I+f)k_u$, 따라서 f 를 감소시키면 k_u 를 증가시킬 수 있으므로 같은 수의 가입자를 지원하기 위하여 더 적은 수의 기지국이 필요하게 된다.

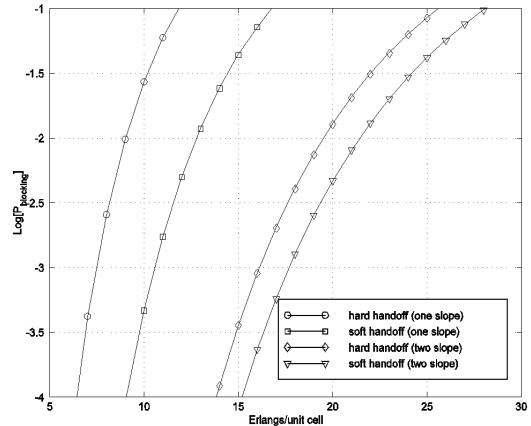
다른 전파모델의 사용이 시스템 설계에 얼마나 영향을 끼치는지 알아보기 위하여 다음과 같은 시스템 매개변수들을 이용하였다.

- Offered traffic = 10 Erlangs/km
- Blocking probability = 0.01
- Bit Energy/(Interference +Noise) = 7dB
- Interference/Noise = 10
- Bandwidth = 1.25MHz
- Bit Rate = 9600 bps
- Imperfect power control standard deviation = 2.5dB

위에서 언급한 매개변수들을 이용하여 기지국당 Erlang 용량은 [7]의 방식을 이용하였다. Erlang 용량은 블로킹 확률에 대하여 구할 수 있다. 그림 6은 동일한 블로킹 확률에 대한 Erlang 용량이 상관계수에 따라 변화하는 것을 볼 수 있다. 큰 상관계수를 이용하면 시스템 용량이 과다하게 계산될 수 있다는 점을 보여준다. 요구되는 트래픽을 충족시키기 위하여 기지국 반경을 결정할 수 있다. 표 1은 기지국당 용량과 요구되는 트래픽을 만족시키기 위한 기지국 반경 등의 결과를 보여준다. 이때, $R_b < R_c/2$ 를 만족하는 기지국 반경이 가정된다.



(a) 상관계수 C=0.5



(b) 상관계수 C=0.2

그림 6. Offered traffic에 대한 블로킹 확률 ($R_c=2R_b$)

표 1. 단일경사모델과 이중경사모델을 이용한 시스템 설계

(a) 상관계수 C=0.5

	One Slope Model		Two Slope Model	
	hard handoff	soft handoff	hard handoff	soft handoff
σ , standard deviation	$\sigma = 8$ dB		$\sigma_1 = 2.6$ dB, $\sigma_2 = 5.8$ dB	
slope index	$s = 4$		$s_1 = 3, s_2 = 6$	
f	0.696	0.408	0.204	0.168
Erlang capacity/unit cell	15.6	18.8	22.0	22.6
cell radius R_c	0.78 km	0.98 km	1.10 km	1.13 km

(b) 상관계수 C=0.2

	One Slope Model		Two Slope Model	
	hard handoff	soft handoff	hard handoff	soft handoff
σ , standard deviation	$\sigma = 8$ dB		$\sigma_1 = 2.6$ dB, $\sigma_2 = 5.8$ dB	
slope index	$s = 4$		$s_1 = 3, s_2 = 6$	
f	1.927	1.063	0.351	0.231
Erlang capacity/unit cell	9.0	12.7	19.5	21.2
cell radius R_c	0.45 km	0.64 km	0.98 km	1.06 km

표 1은 각각의 핸드오프 프로토콜에 대하여, 이중경사모델을 이용하여 예측한 기지국당 용량이 단일경사모델을 이용한 것 보다 높게 나왔다. 이러한 이유는 이중경사모델이 높은 경사도 s_2 와 예측 값에 대한 작은 분산을 갖기 때문이다. 결과적으로, 트래픽 요구사항을 만족시키는 시스템 설계를 위하여 단일경사모델을 사용하는 경우보다 더 작은 기지국 장비가 필요하다는 것을 보여준다. 이중경사모델을 사용할 경우의 기지국 반경의 증가는 특히 기지국간 신호의 상관계수가 작을 때 확연한 차이를 보인다. 단일경사모델은 이중경사모델 보다 상관계수의 영향이 훨씬 크게 나타났다. 소프트 핸드오프는 두 모델 모두에서 기지국 반경의 증가를 가져온다. 소프트 핸드오프를 사용함으로써, 이중경사모델의 경우 기지국 반경이 0.98 km에서 1.06 km로 증가하는 반면, 단일경사모델의 경우에는 0.45 km에서 0.64 km로 증가했다.

IV. 결 론

본 논문은 콜 블로킹 확률과 같은 QoS의 실제적인 예측에 의한 장비를 덜 사용하는 보수적인 시스템 설계를 위한 정확한 전파모델 사용의 중요성을 보여준다. 이중경사모델에서 R_b/R_c 가 증가한다면, 즉 분기거리 (break point distance) R_b 가 기지국의 경계까

지 확장되면, 외부 기지국의 간섭의 증가로 시스템 용량은 감소한다. R_b 는 기지국 반경 R_c 의 1/2 보다 작으면 기지국 용량에 영향이 없다는 것을 보였다.

Shadowing loss 의 상관계수도 기지국 용량 산정에 영향을 끼친다. 상관계수가 과대평가되면 외부간섭이 과소평가되어 시스템 용량은 과대평가될 수 있다. 따라서 고속도로와 같은 LOS 환경의 경우에, 단일경사모델의 사용보다 이중경사모델의 사용에 의한 시스템 설계의 정확성을 개선할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] H.-S. Cho; M.Y. Chung, S.H. Kang, and D.K. Sung; "Performance analysis of cross- and cigar-shaped urban microcells considering user mobility characteristics," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.49, No.1, pp.105-116, Jan 2000.
- [2] C.S. Kang, H.-S. Cho, and D.K. Sung, "Capacity analysis of spectrally overlaid macro/microcellular CDMA systems supporting multiple types of traffic," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.52, No.2, pp.333-345, March 2003.
- [3] B.T. Ahmed, M.C. Ramon, and LH. Ariet, "Capacity and interference statistics of Highways W-CDMA Cigar-shaped microcells (Uplink analysis)," IEEE Comm. Letters, Vol.6, No.5, pp.172-174, May 2002.
- [4] D.H. Kim, D.D. Lee, H.J. Kim, and K.C. Whang, "Capacity analysis of macro/microcellular CDMA with power ratio control and tilted antenna" IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.49, No.1, pp.34-42, Jan. 2000.
- [5] K. S. Gilhousen et al., "On the Capacity of a Cellular CDMA Systems," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.40, No.2, pp.303-312, May 1991
- [6] A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," IEEE J. Sel. Areas Comm., Vol.11, No.6, pp.892-899, August 1993.
- [7] A. J. Viterbi et al., "Soft Handoff Extends CDMA Cell Coverage and Increases Reverse Link Capacity," IEEE J. Sel. Areas Comm., Vol.12, No.8, pp.1281-1288, Oct., 1994.

- [8] H. H. Xia, H. L. Bertoni, L. R. Maciel, A. L. S0tewart and R. Rowe, "Radio Propagation Characteristics for LOS Microcellular Mobile and Personal Communications", IEEE Trans. Antennas and Propagations, Vol.4, No.10, Oct. 1993.
- [9] D. Har ,H. L. Bertoni, and S. Kim "Effect of Propagation Modeling on LOS Microcellular System Design" IJWIN, Vol.4, No.2, pp.113-123, 1997.
- [10] A. Mawira, "Models for the spatial correlation functions of the (Log)-Normal component of the variability of VHF/UHF field strength in Urban environment" 3rd PIMRC, Boston, MA, Oct., pp.436-440, 1992.
- [11] M. Gudmundson, "Correlation Model for Shadow Fading in Mobile Radio Systems," Electronic Letters, Vol.27, No.23, Nov. 1991.

민 승 욱 (Seungwook Min)

정회원



1987년 2월 서울대학교(공학사)
1990년 2월 KAIST(석사)
1999년 6월 Polytechnic Univ.
(박사)
2007년 3월~현재 상명대학교
<관심분야> WLAN system,
CDMA system cell
planning