

# Upbanded IS-95A CDMA 망에서 Soft/Softer Handoff가 망설계에 미치는 영향분석

정희원 최 홍 석\*, 노 종 선\*\*, 박 판 중\*\*\*

## Analysis of Effects on Cell Planning of IS-95A CDMA Network by Soft/Softer Handoff

Hong-Seok Choi\*, Jong-Seon No\*\*, Pan-Jong Park\*\*\* *Regular Members*

\*본 연구는 (주)데이콤의 연구비지원에 의한 연구결과임.

### 요 약

핸드오프는 CDMA 망에서 시스템의 성능과 용량 등 망설계에 영향을 미치는 매우 중요한 변수인데 본 논문에서는 1.9GHz대의 주파수대역에서 전자파전파모델, IS-95A에서 권고한 소프트 핸드오프 알고리즘, 그리고 무선망설계 변수에 대한 연구를 통하여 소프트핸드오프가 CDMA 무선망설계에 미치는 영향을 분석하기 위한 시뮬레이션 툴을 개발하였다. 이를 이용하여 소프트핸드오프 이득, 소프트핸드오프가 CDMA 시스템 성능과 용량에 미치는 영향등을 종합적으로 분석하였다. 본 셀설계 툴과 분석자료는 PCS와 차세대이동통신과 같은 1.9GHz대역에서의 CDMA 디지털 이동통신환경에서의 무선망설계시에 기지국선정과 시스템 파라미터 최적화 등과 같은 효율적인 무선망설계에 활용될 수 있을 것이다.

### ABSTRACT

Handoff is an important parameter for system performance and capacity analysis in CDMA cell planning. In this paper, simulation tool for analyzing the effects of soft handoff on cell planning of CDMA network is developed by studying propagation model in 1.9GHz frequency spectrum, soft handoff algorithm given by IS-95, and several parameters for CDMA cell planning. By using the tool, soft handoff gain and effects of soft handoff on CDMA system performance and capacity are analyzed. Research results and simulation tool developed in this paper can be used for optimal CDMA cell planning for PCS and IMT-2000 in 1.9GHz frequency spectrum such as locating base station and parameter optimization.

\* 성미전자(주)

\*\* 건국대학교 전자공학과

\*\*\* (주)데이콤

論文番號 : 97088-0306

接受日字 : 1997年 3月 6日

## I. 서 론

이동통신시스템에서 가장 중요한 기술중의 하나인 핸드오프(handoff)는 사용자가 셀간 또는 섹터간을 이동할 때 호를 인계하는 기술로서 IS-95A CDMA 방식 디지털 이동전화시스템에서는 소프트 핸드오프(soft handoff)라는 방식을 사용하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.[1,2,3,4] 소프트 핸드오프를 사용하면 기지국간의 디버시티에 의해 통화성능이 향상될 수 있는 반면 순방향에서의 송신전력 증가와 많은 오버헤드를 필요로 한다. 본 논문에서는 먼저 IS-95A에서 제안된 소프트 핸드오프, 섹터분할에 따른 소프트 핸드오프, 그리고 2-way, 3-way 핸드오프 알고리즘에 관한 내용을 분석하고 PCS의 사용주파수대역인 1.9GHz 대역에서의 전자파전파모델로서 COST231-Hata 모델에 대해 분석하고 여기에 대수정규분포를 갖는 음영을 추가적으로 적용하였으며 무선망 설계변수인 핸드오프 확률, outage 확률, 그리고 서비스 가능영역에 대한 확률인 area reliability 등을 분석하였다.[3,6] 이러한 분석을 토대로 WINDOWS95에서 GUI를 제공하는 CellKK라는 셀플래닝툴을 만들어 19개의 셀, 그리고 57개의 섹터 환경에서 소프트 및 소프트 핸드오프의 사용이 전체적인 시스템의 성능과 용량, 그리고 오버헤드 등의 망설계에 미치는 영향을 분석하였다. 컴퓨터 시뮬레이션은 소프트핸드오프 이득과 이로 인한 시스템용량의 증가를 계산하였고 순방향과 역방향에서의 서비스영역과 핸드오프 영역, 그리고 outage 확률, area reliability, 호손실율 등을 분석하였다.

## II. 전자파전파 예측모델 분석

PCS의 사용주파수 대역은 이동전화시스템과는 다른 1.9GHz 대역으로 이 주파수 대역에서의 전자파전파환경은 이동전화시스템과는 다르다고 알려져 있다. 따라서 upbanded 주파수 대역에서 전자파전파 모델에 관한 연구 및 이를 토대로 한 IS-95A 시스템의 소프트 핸드오프가 무선망설계에 미치는 영향의 분석은 제한된 주파수대역에서 무선망설계에 매우 필요하다. 이동통신시스템의 전자파전파의 특성은 진행한 거리에 반비례하는 경로손실, 지형지물에 의한 음영, 그리고 패스트페이딩(fast fading) 등으로 구분지을 수 있는데, 이 중에서 패스트페이딩은 rake 수신기와 인터리버,

채널부호 등에 의해 완벽하게 극복될 수 있다고 가정하여 이 논문에서는 경로손실과 음영만을 고려하여 시뮬레이션하였다.

전파손실은 경로손실로 인한 평균감쇄와 표준편차  $\sigma_c$ 를 갖는 음영 효과를 고려하여 다음과 같이 표현하였다.[1,2,3]

$$L(dB) = A_{ref}(dB) + L_f(dB) + \sigma_c(dB) \times G(0,1) \quad (1)$$

여기서  $G(0,1)$ 은 단위 표준편차를 갖는 평균이 0인 가우시안 랜덤변수이고  $L_f$ 는 자유공간손실,  $A_{ref}$ 는 지질에 의해 발생하는 추가감쇄이다. 정규분포를 갖는 랜덤변수를  $x$ 라 할 때 송수신기간의 장애물에 의해 영향을 받게 되는 전파손실은 대수정규분포를 갖는다.

$$L_a = 10^{L/10} = 10^{(L_0 + \sigma_c \cdot x)/10} = L_{0a} \cdot 10^{x\sigma_c/10} \quad (2)$$

위의 식과 같은 전파손실 중 경로손실에 해당하는 부분은 PCS환경에 적합한 채널모델인 COST-231 모델을 사용하였다. COST231-Hata 모델은 도심지의 1.5-2.0GHz 대역에서 1~20 [km]의 거리( $d$ )와 30~200 [m]의 기지국유효안테나 높이( $h_{te}$ ), 1~10 [m]의 이동국유효안테나 높이( $h_{re}$ )의 범위에서 아래의 수식으로 정의된다.[1,2,3]

$$L_{50}(\text{urban})(dB) = 46.3 + 33.9 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_{te}) \log_{10} d + C_M \quad (3)$$

여기서  $C_M = 0$  dB (중소도시 및 교외지역) 또는 3 dB (대도시 지역)이고  $a(h_{re})$ 는 커버리지 영역의 함수로 표현되는 이동국 안테나 실효높이에 대한 상관인자이다.

본 논문에서는 위의 경로손실 모델과  $\sigma_c$ 의 표준편차를 가진 대수정규분포 특성의 음영을 고려하여 무선망을 설계 및 분석을 하였다.

## III. 핸드오프 파라미터와 무선망설계 변수

IS-95A CDMA에서 각 기지국은 오프셋이 다른 짧은 복소 PN 시퀀스를 보내게 되며 이동국은 파일럿

집합 유지(set maintenance)과정에 의해 핸드오프 후보들을 찾게 된다. 파일럿 채널은 이동국에서 PN 시퀀스를 통해 초기동기를 잡는데 쓰이고 동기복조시에 기준위상을 제공한다. 각 셀의 고유한 파일럿채널은  $2^{15}$ 의 길이를 갖는 특정한 짧은 PN 시퀀스를 다중경로로 인한 지연을 극복할 수 있도록 64칩 간격으로 옵셋을 두어 지연시켜 사용하므로 총 512개의 셀에서 각각 다른 파일럿채널을 가지게 된다. 이러한 기지국의 파일럿신호들은 인접셀로부터의 간섭을 최소화하도록 배치하여 이동통신환경에서의 지연에 의한 위상 오류를 더욱 감소시킬 수 있다. 파일럿들은 칩당 수신 파일럿 에너지( $E_c$ ) 대 총 수신 전력스펙트럼밀도( $I_0$ )에 따라 active set, candidate set, neighbor set, remaining set으로 나누어지며 둘 이상의 파일럿이 active set에 포함되면 핸드오프상태에 있게 된다.

파일럿집합들은 neighbor set 및 remaining set이 candidate set으로 등록되는 임계치인 T\_ADD와 active set 및 candidate set에 속한 파일럿들이 종료타이머를 동작시키는 임계치인 T\_DROP과 같은 핸드오프 파라미터에 의해 결정되는데 본 논문에서는 T\_ADD와 T\_DROP을 동일하게 설정하여 시뮬레이션을 하였으며 T\_COMP와 T\_TDROP 등의 파라미터는 고려하지 않았다.

CDMA 무선망설계 변수로는 소프트핸드오프의 영향을 분석하기 위하여 필요한 핸드오프확률과 outage 확률, area reliability 등이 있다. 핸드오프를 수행하는 영역에 대한 확률은 T\_DROP, T\_ADD 등과 같은 핸드오프 파라미터에 의해 조절되는 순방향에서의  $E_c/I_0$ 로 결정된다. 이동국이 셀1로부터 수신한  $E_c/I_0$ 를  $E_{c1}$ 이라 하면 다음과 같다.[1,2,3]

$$E_{c1} = \frac{\rho_1 S_1 L_1 10^{\gamma_1/10}}{S_1 L_1 10^{\gamma_1/10} + \sum_{k=2}^K S_k L_k 10^{\gamma_k/10} + N_0 W} \quad (4)$$

여기서  $\gamma_k = a\zeta + b\zeta_k$ 는 기지국간의 상관도를 나타내며,  $\zeta$ 는 상관부분을 나타내고  $\zeta_k$ 는 랜덤한 부분을 나타내며 이들은 서로 독립적이며 두 랜덤변수 모두 평균 0와 같은 값의 표준편차를 갖는다.  $\rho_1$ 은 기지국의 총전력 중 파일럿 신호에 할당된 부분이고,  $S_k$ 는 k번째 셀의 총 ERP(effective radiated power),  $L_k$ 는

k번째 셀로부터 이동국에 이르는 경로손실,  $N_0 W$ 는 잡음전력이다.

기지국 1, 2로부터 파일럿 신호를 수신하게 될 때, 2-way 소프트 핸드오프에 대한 확률은 다음과 같다.

$$P_h = \Pr\{E_{c1} > TDROP, E_{c2} > TDROP\} \quad (5)$$

Outage 확률은 이동국에 요구되는 송신전력이 송신할 수 있는 최대전력보다 클 확률이므로, 일반적인 outage 확률은 다음과 같다.

$$P_{out}|No SHO = P[T_1 > T_{max}] \quad (6)$$

2-way 소프트핸드오프 영역에서의 outage 확률은 두 기지국으로부터의 음영에 의한 감쇄가 모두 송신 전력보다 클 경우로 다음과 같이 표현된다.

$$P_{out}|SHO = P[T_1 > T_{max}, T_2 > T_{max}] \quad (7)$$

결과적으로  $P_h$ 를 2-way 소프트 핸드오프확률이라 하면 outage에 대한 확률은 다음식과 같이 표현된다.

$$P_{out} = (1.0 - P_h) \cdot (P_{out}|No SHO) + P_h \cdot (P_{out}|SHO) \quad (8)$$

이동전화시스템에서 전송 링크 성능은 outage가 일어나지 않을 확률, 즉 서비스 가능영역에 대한 확률인 area reliability에 의해 평가되며 이는 다음과 같이 표현된다.[3]

$$\begin{aligned} F_A &= \frac{1}{\pi r_{max}^2} \int (1 - P_{out}(r)) dA \\ &= \frac{1}{\pi r_{max}^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{r_{max}} (1 - P_{out}(r)) r dr d\theta \\ &= \frac{1}{\pi r_{max}^2} \int_0^{r_{max}} (1 - P_{out}(r)) 2\pi r dr \end{aligned} \quad (9)$$

Area reliability는 기지국과 이동국에서 수신되는 신호의  $E_b/N_0$ 가 기준치 이상이 되는 영역을 의미하며 이것은 시스템의  $E_b/N_0$  요구치, 잡음신호 전력, 이동국의 분포, 전력제어, 그리고 핸드오프 등에 의해 영향을 받는다.

#### IV. 시뮬레이션 톨 구현 및 결과

셀설계를 위한 프로그램인 CellKK는 WINDOWS95에서 실행되며 Borland C4.5로 개발하였다. 시스템 환경은 19개의 셀과 57개의 섹터를 가진 2차 티어까지를 고려하여 각 셀마다 사용자를 발생시키고 기지국과의 통화를 모델링하여 outage 확률과 핸드오프 확률, area reliability, 호손실율과 차단율 등의 시스템 성능에 관계된 변수들을 분석하였다. 이 프로그램은 순방향/역방향, 그리고 전방향셀/3-섹터셀을 선택할 수 있으며 입력변수와 그 범위는 다음과 같다. 파일럿전력비는 10~25%, 역방향 전력제어오류는 0, 0.5, 1, 2 dB 이고 시뮬레이션은 1~10000번까지 반복할 수 있으며 파일럿채널의  $E_c/I_0$ 의 임계값과 핸드오프 파라미터는  $-20 \sim -8\text{dB}$ 까지 선택할 수 있다. 핸드오프의 종류는 하드, 2-way 소프트, 3-way 소프트 핸드오프로 나누었고 요구되는  $E_b/N_0$ 을 3~20dB까지 변화시킬 수 있으며 기지국과 이동국의 안테나높이는 각각 30~200m, 1~10m이고 채널환경은 대도시중심과 중소도시/도심외곽지역으로 구분된다. 음영효과와 표준편차는 0~10dB까지 변화시킬 수 있으며 각 셀마다 사용중인 이동국의 수를 1~100명까지 발생시켜 랜덤하게 분포하도록 하고 최대  $525 \times 525$ 의 픽셀의 화면에서 모든점에 대해 소프트 핸드오프 이득, 핸드오프 확률, outage 확률 등을 계산할 수 있다.

각셀은 전방향성안테나를 사용했을 때와  $120^\circ$ 의 지향성안테나를 사용했을 때로 나눌 수 있고 3-섹터 안테나 방사패턴은 다음과 같은 파라볼라 형태를 사용하였고 본 모의실험에서 a와 b는 각각  $-15\text{ dB}$ 와  $-4\text{dB}$ 를 선택하였다.[3]

$$G_s(\theta) = \begin{cases} 1 - \frac{(1-b)}{(\pi/3)^2} \theta^2; & |\theta| \leq \sqrt{\frac{1-a}{1-b}} \frac{\pi}{3} \\ a; & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (10)$$

여기서 front-to-back ratio [dB] =  $-10 \log a'$ ,  
sector crossover에서의 감쇄 [dB] =  $-10 \log b'$ 이다.

셀당 이동국의 수는 10명부터 100명까지 변할 수 있도록 하였고 아래의 그림 1에 도시된 바와같이 사용자를 랜덤하게 분포시키기 위해  $2\sqrt{3} \times 3/2R$ 의 사

각형에 사용자수만큼의 좌표를 발생시켜 빗금친 영역에서 발생한 사용자를 오른쪽으로 이동시켜 육각형의 셀모양이 되도록 하였다.

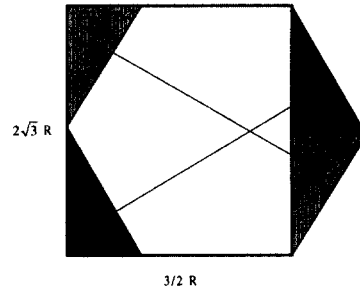


그림 1. 균일분포를 갖는 이동국의 발생  
Fig. 1 Generation of uniformly distributed mobile station

그림 2와 같이 CDMA 시스템 환경에서 음영을 고려한 COST-231-Hata 모델을 사용하여 소프트 핸드오프를 사용했을 때의 시스템 용량을 분석하였다. 사용자  $j$ 는 area reliability를 90%로 가정한 경우에 소프트 핸드오프를 사용했을 때와 하드핸드오프를 사용했을 때의 송신전력의 차를 계산하고 이를 모든 사용자에게 대해 확장시켜 셀 내부의 총 간섭을 구함으로써 시스템 용량을 증가를 정량적으로 측정하였다.

역방향링크의 경우 소프트 핸드오프 영역에 있는 이

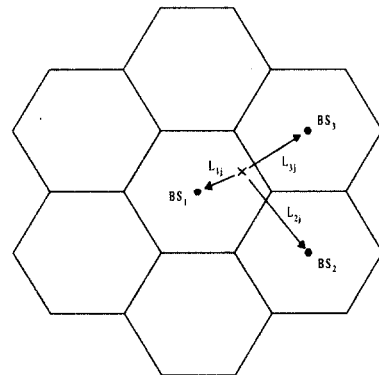


그림 2. 시스템 용량계산을 위한 셀환경 모델  
Fig. 2 Cell model for calculation of system capacity

동국은 선택다이버시티에 의해 2개 이상의 기지국까지의 신호성분 중에서 가장 우수한 경로가 선택되어 복조된다. 완벽한 전력제어가 이루어진다면 임의의 이동국은 기지국까지의 가장 작은 감쇄만큼의 전력을 송신하게 될 것이다. 즉 소프트 핸드오프시의 기지국과 이동국  $j$  사이의 신호감쇄는 다음과 같이 결정된다.

$$L_{Mj} = \text{Min}(L_{1j}, L_{2j}, L_{3j}, \dots) \quad (11)$$

여기서  $L_{ij}$ 는  $i$ 번째 기지국과  $j$ 번째 이동국사이의 거리이다.

이동통신 채널환경은 지형과 시간에 따라 불규칙하게 변하므로 일반적으로 소프트핸드오프시에 90% 이상의 area reliability에 대한 요구를 만족시키는 임계치  $L_{SH}$ 는 아래와 같이 정의된다.

$$L_{SH} \Leftarrow \text{Prob}\{L_{Mj} < L_{SH}\} = 0.9 \quad (12)$$

마찬가지로 하드핸드오프시의 이동국  $j$ 에 대해 90%의 area reliability를 만족시키는 신호감쇄 또는 이동국의 송신전력을 아래와 같이 정의한다.

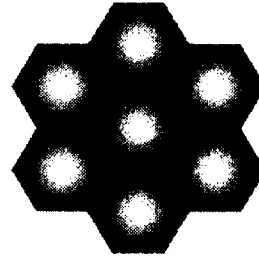
$$L_{HH} \Leftarrow \text{Prob}\{L_{1j} < L_{HH}\} = 0.9 \quad (13)$$

시스템에서 요구되는 성능을 만족시키기 위해 필요한 이동국의 송신전력은 하드핸드오프보다 소프트핸드오프를 사용했을때 감소하게 되며 이를 소프트핸드오프 이득이라고 하고 7셀 지형에서의 소프트핸드오프 이득은 아래의 그림 3과 같다.

$$g_j = L_{HH} - L_{SH} \text{ [dB]} \quad (14)$$

이동국은 셀영역 안에서의 위치에 따라 수 dB의 소프트 핸드오프 이득을 얻게 되어 하드핸드오프와 비교해 볼 때 송신전력이 감소하므로 이것은 다른사용자 간섭을 감소시키게 된다. 즉, 소프트 핸드오프에 의한 총간섭감소팩터는 다음과 같이 표현된다.

$$G = \frac{\sum_{j=1}^{5520} 10^{-\frac{g_j}{10}}}{5520} \quad (15)$$



<Legend>  
 0~0.5 dB : White  
 0.5~1.0 dB : Yellow  
 1.0~3.0 dB : LightCyan  
 3.0~5.0 dB : Cyan  
 5.0~7.0 dB : Blue  
 7.0~9.0 dB : LightMagenta  
 9.0 dB~ : Red

그림 3. 소프트핸드오프 이득의 영역  
 Fig. 3 Region of soft handoff gain

그림 4의 (a)에서 보면 대수정규분포를 갖는 음영에 대한 표준편차를 증가시키면 소프트 핸드오프 이득이 증가하는 것을 확인하였으며 일반적으로 표준편차가 8인 경우 2-way 핸드오프는 2.4dB, 3-way 핸드오프는 3.2dB의 소프트 핸드오프 이득을 보였으며 그 이상의 다이버시티 차수에 대해서는 큰 차이를 보이지 않았다. 셀영역 전체에 대한 소프트핸드오프 이득은 총간섭량을 감소시켰으며 이것은 시스템 용량을 증가시키게 되며 이는 다음과 같이 표현된다.

$$C_{\text{gain}} = G^{-1} \quad (16)$$

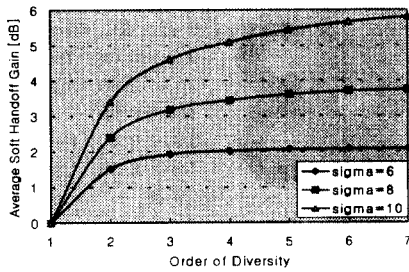
$$= -10 \log G \text{ [dB]}$$

그림 4의 (b)로부터 음영의 표준편차가 8인 경우 3-way 소프트핸드오프를 사용했을 때 하드핸드오프의 경우보다 2배 이상의 용량증가를 가져온다는 것을 알 수 있었다.

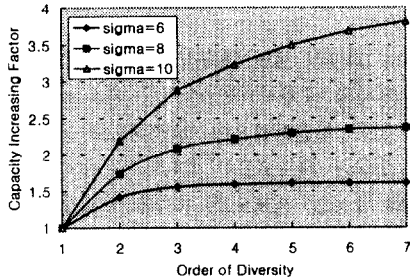
다음의 그림은 셀설계틀을 사용하여 3-섹터 안테나를 사용하고  $E_c/I_0$  임계치와 핸드오프 파라미터를 모두 -14dB로 하였을 때 서비스영역과 핸드오프 영역을 나타낸 그림이다.

파라미터를 변경하여 파일럿에 할당되는 전력을 높이거나  $E_c/I_0$ 의 임계값을 낮게 설정하면 서비스되지 않는 영역이 감소하고 핸드오프 영역이 증가함을 알 수 있었다.

또한 파일럿할당전력과 임계치를 위의 경우와 동일하게 설정한 후 하드 핸드오프를 수행할 경우 서비스되지 않는 지역은 증가하게 됨을 볼 수 있고, 2-way



(a)



(b)

그림 4. 소프트핸드오프 이득

- (a) 평균 소프트핸드오프 이득
- (b) 소프트핸드오프 이득으로 인한 시스템용량 증가

Fig. 4 Soft handoff gain

- (a) Average soft handoff gain
- (b) System capacity increase from soft handoff gain

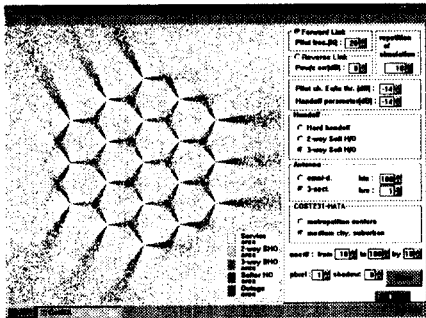


그림 5. 3-way 소프트핸드오프시의 서비스영역과 핸드오프 영역 ( $E_c/I_0$  임계치 = -14dB/핸드오프 파라미터 = -14dB)

Fig. 5 Service area and handoff region for 3-way soft handoff ( $E_c/I_0$  threshold = -14dB/handoff parameter = -14dB)

소프트 핸드오프의 경우에는 3-way 소프트 핸드오프 영역이 2-way 소프트 핸드오프 영역으로 표시되고 outage 영역도 증가하게 된다.

그림 6은 핸드오프 파라미터를 -20dB부터 -10dB 까지 변화시키면서 2-way 핸드오프영역에 대한 확률, 3-way 핸드오프영역에 대한 확률, 그리고 추가적으로 필요한 채널카드의 수를 측정 한 것이다.

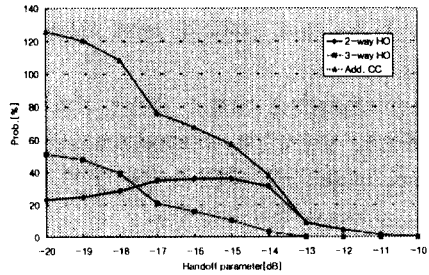


그림 6. 핸드오프 파라미터에 따른 핸드오프 영역과 추가적인 채널카드의 수

Fig. 6 Handoff region and additional number of channel card according to handoff parameter

그림 7은 파일럿전력비를 20%로 고정시켰을 때 하드핸드오프와 소프트핸드오프의 area reliability를 비교한 것이다. 이 그림을 보면 소프트 혹은 하드 핸드오프의 경우에 서로 비슷한 성능을 가지는 것을 확인 하였는데 이것은 소프트핸드오프가 디버시티 이득으로 인한 장점을 제공하지만 순방향링크에서 추가적으로 핸드오프채널을 점유함으로써 간섭을 증가시켜 이를 상쇄시키기 때문이라고 추측된다. 즉, 순방향에서 소프트핸드오프를 사용하였을 때의 이득은 거의 존재하지 않는다는 결론을 얻었다.

역방향 링크에서의 시스템 성능은 기지국에서 수신된 C/I를 바탕으로 outage 확률, 호차단율, 호손실을 등으로 평가된다. 하드핸드오프인 경우에 이동국은 서비스 기지국까지 전력제어를 통해 송신한 신호로부터  $E_b/N_0$ 를 측정하여 outage가 발생했는지를 결정한다. 그러나 소프트핸드오프의 경우는 핸드오프를 수행중인 2~3개의 기지국 중에서 전송경로의 손실이 가장 적은 기지국을 기준으로 전력제어된 신호를 송신하게 되면 기지국에서는 각각 수신기를 통해 복조

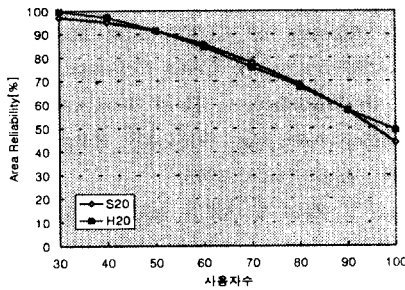


그림 7. 파일럿전력비가 20%일때 하드핸드오프와 소프트 핸드오프의 area reliability 비교

Fig. 7 Comparison of area reliability of hard handoff and soft handoff when 20% of pilot channel power ratio

된 신호를 MSC(mobile switching center)로 보내어 그 중 가장 우수한 신호를 선택하게된다. 이러한 선택 디버시티(selection diversity)이득은 소프트핸드오프 이득을 발생시켜 outage 확률과 호차단율, 호손실율 등의 측면에서 이득을 제공한다.

다음의 그림 8을 보면 시스템에 접속하고 있는 사용자가 늘어났을 때 outage 확률이 증가하는 것을 보여 준다. 또한 전력제어오류의 표준편차가 각각 1dB, 2dB 일 때 outage 확률은 전체적으로 증가함을 볼 수 있다.

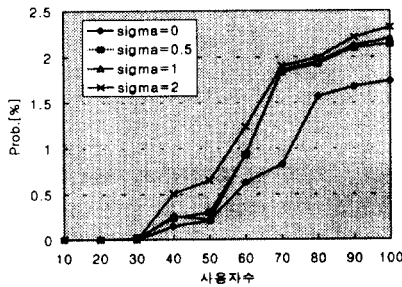


그림 8. 전력제어오류에 따른 outage 확률  
Fig. 8 Outage probability according to power control error

CDMA 시스템에서 사용되는 한셀을 가정했을 때 셀 내의 사용자가 증가하게되면 전체적인 간섭량이 증가 하게 되므로 이동국에서는 요구되는  $E_b/N_0$ 를 만족시키기 위해서 송신전력을 증가시켜야 한다. 이때 셀가장

자리에 있는 이동국은 자신의 최대송신전력을 초과하게 되어 호가 손실(drop)되므로 셀의 크기가 작아지게 된다. 이렇게 간섭량이 한계에 도달한 상황에서 새로운 호를 받아들이면 수신성능이 가장 나쁜 이동국이 손실되므로, 이보다는 새로운 호를 차단(block)시키기 위해 블로킹이라는 방법을 사용한다. 하드블로킹은 일정한 사용자 수를 미리 정해놓고 그 이상의 호시도에 대해 차단시키는 것을 말하며 소프트블로킹은 전체적인  $E_b/N_0$ 의 임계값을 정해놓고 그 이상일 경우 차단하는 방법이다.

호손실은 outage가 계속해서 1초이상 지속되는 경우로 가정하였다.

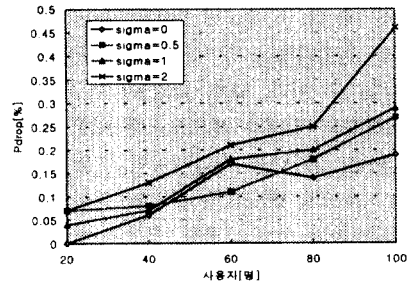


그림 9. 전력제어오류에 따른 호손실율  
Fig. 9 Call drop probability according to power control error

그림 9에서 시스템에 접속하고 있는 사용자가 늘어났을 때 호손실률이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 전력제어오류의 표준편차가 증가할 때 호손실률이 급격히 증가함을 볼 수 있다. 그리고 그림 10에서 하드핸드오프와 소프트핸드오프시의 outage 확률을 도시하였다.

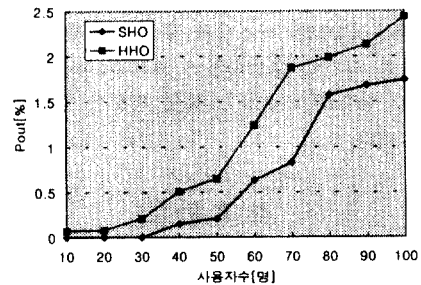


그림 10. 소프트핸드오프 및 하드핸드오프의 outage 확률  
Fig. 10 Outage probability for soft handoff and hard handoff

### VI. 결 론

본 논문에서는 핸드오프를 사용함으로써 발생하는 CDMA 시스템의 성능에 관계되는 서비스확률, outage 확률, 호손실율, area reliability 등의 변화를 분석하고 또한 추가적으로 망에 필요한 오버헤드를 분석함으로써 soft/softer 핸드오프가 망설계에 미치는 영향을 분석하였다.

핸드오프 영역은 T\_ADD와 T\_DROP과 같은 핸드오프 파라미터와 파워로전력비에 의해 변화하게 되어 핸드오프 영역에 있는 사용자는 순방향링크에서 rake 수신기를 사용하여 다이버시티의 효과에 의한 신호성분의 품질이 향상된다. 그러나 핸드오프의 사용은 순방향링크에서 하나의 이동국에 대해 중복된 통화채널점유시킴으로 간섭전력을 증가시키고 시스템용량에 제한을 가져올 수 있다. 또한 채널카드와 같은 추가적인 망오버헤드의 발생과 핸드오프에 대한 메시지전달은 망이 빠른 시간안에 처리해야할 부하를 가중시킬 수 있다. 그러므로 핸드오프 영역의 최적화는 호절단율의 감소를 통한 서비스 품질 향상과 시스템용량 확대 측면에서 매우 중요하다.

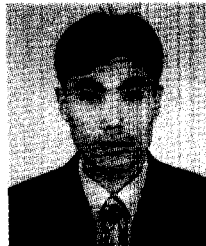
간섭제한 시스템인 CDMA 방식에서 역방향 전력제어를 통해 간섭신호를 최소화시킴으로써 보다 많은 가입자를 수용할 수 있는데 실제 무선통신환경에서 발생하게 되는 전력제어오류를 고려하여 시스템용량과 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 그리고 시스템 성능에 중요한 변수가 되는 호차단율과 호손실율, 그리고 area reliability에 관한 분석을 하였다.

따라서 본 연구결과는 셀설계틀을 사용하여 1.9GHz 대역의 이동통신 환경에서 핸드오프에 관련된 여러 가지 파라미터가 CDMA 시스템과 어떠한 영향을 가지고 있는지에 대한 개념을 정립하는데 도움을 줄 수 있고, 향후 CDMA 시스템의 무선망 설계와 운용시스템에 대한 시스템 운용환경의 최적화 작업과 같은 엔지니어링 업무에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

1. P. Carter, U. Goni, P. Patel and R. Boice, "CDMA Soft Handoff Gain and its Effect on Cell Planning", 96이동통신기술워크숍, pp.151-159, 1996.

2. P. Patel, U. Goni, E. Miller and P. Carter, "A Simple Analysis of CDMA Soft Handoff Gain and its Effects on the Cell's Coverage Area", 5th WINLAB Workshop on Third Generation Wireless Information Networks, WINLAB, Rutgers University, NJ, April 26-27, 1995.  
3. U. Goni, P. Patel, E. Miller, and P. Carter, "Effect of Soft Handoff on CDMA Network Planning", 2nd International Workshop on Mobile Multi-Media Communications, Bristol University, UK, April '95.  
4. A. J. Viterbi, A. M. Viterbi, K. S. Gilhousen, and E. Zehavi, "Soft Handoff Extends CDMA Cell Coverage and Increases Reverse Link Capacity", ISSSTA '94., June, 1994.  
5. K. S. Gilhousen, et al., "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE Trans. Vehicular Technology, pp. 303-312, Nov. 1990.  
6. TIA/EIA IS-95A PN-3421, Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular system, Telecommunication Industry Association.



최 홍 석(Hong Seok Choi) 정회원  
1995년 2월: 건국대학교 공과대학 전자공학과(공학사)  
1997년 2월: 건국대학교 공과대학 전자공학과(공학석사)  
1997년 3월~현재: 성미전자 연구소

※주관심분야: 부호이론, 이동통신

노 종 선(Jong-Seon No) 정회원  
현재: 건국대학교 전자공학과 부교수  
한국통신학회 논문지 제23권 5호 참조





박 판 중 (Pan-Jong Park) 정회원

1959년 4월 23일

1982년 2월 : 경북대학교 공과대학  
전자공학과 졸업(학사)

1989년 12월 : Texas A&M University, 전기전자공  
학과 대학원(석사)

1991년 12월 : Texas A&M University, 전기전자공학과  
대학원(석사)

1982년 1월 ~ 1987년 3월 : 국방과학연구소 연구원

1992년 3월 ~ 1994년 1월 : 한국통신기술(주) 부장

1994년 2월 ~ 현재 : 데이콤 종합연구소 책임연구원  
무선용융기술팀장

※ 주관심분야 : 디지털 통신, CDMA, 통신용 모뎀 ASIC  
설계