

도시 핸드오프 지역에서의 cdma2000 1X와 WCDMA간의 다운링크 블로킹 확률 근사

Approximation to the Probability of Downlink Blocking between cdma2000 1X and WCDMA in Urban Handover Areas

박 승 근 · 조 경 록* · 박 덕 규**

Seung-Keun Park · Kyoung-Rok Cho* · Duk-Kyu Park**

요 약

본 논문은 핸드오버 지역에서 cdma2000 1X와 WCDMA간의 적절한 가드 밴드를 결정하기 위하여 다운링크 블로킹을 모델화하고 lower bound approximation을 이용하여 다운링크 블로킹 확률의 근사식을 제안하고 있다. 본 논문의 연구결과에 의한 cdma2000 1X와 WCDMA간의 주파수 공유조건은 기지국의 공용화와 가드밴드(guard band) 1 MHz 이상이다. 또한, 본 논문에서 제안된 다운링크 블로킹 확률 근사식은 Q-함수로 되어 있으므로 Monte-Carlo 방법이 가지고 있는 간접 파라미터 변화에 따른 재계산(recalculation) 단점을 극복하는 해석방법(analytical solution)이다.

Abstract

This paper proposes downlink blocking model and approximation equation using lower bound approximation in order to determine the proper guard band between cdma2000 1X and WCDMA in handover areas. The frequency sharing conditions obtained by the model and approximation equation on blocking probability proposed in the paper, are co-site of base station and guard band higher than 1 MHz. Also, the proposed equation is in the form of Q-function. It is an analytical solution overcoming the drawback of recalculation, belonged to Monte-Carlo technique.

Key words : Blocking Probability, Downlink, Guard Band, IMT-2000 Spectrum, Frequency Sharing

I. 서 론

최근에 TDD와 FDD 등과 같이 다양한 통신방식을 사용하는 IMT-2000 무선국의 등장으로 인하여 IMT-2000 스펙트럼(spectrum)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히, ITU-R WP8F 산하 WG spectrum에서는 인접대역(adjacent band)을 사용하는 IMT-2000무선국간(radio station)의 공유(coexis-

tence)에 관하여 연구하고 있다^[1]. 그리고 ERO(European Radio Office)는 WCDMA 방식의 통신사업자(operator)간에 필요한 최소 채널간격(minimum channel spacing)을 5 MHz로 정하였다^[2].

이와 관련하여 한국과 일본의 IMT-2000 FDD CDMA 스펙트럼 환경에서는 cdma2000 1X과 WCDMA 대역이 인접되어 있으므로 두 통신방식 간의 적절한 가드밴드(guard band)의 설정이 매우 필요한

「이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음(KRF-99-E00210)」

한국전자통신연구원(Technical Regulation Team, ETRI)

*충북대학교 정보통신공학과(Department of Information Communications, Chungbuk University)

**목원대학교 정보통신공학과(Department of Information Communications, Mokwon University)

· 논문 번호: 20020806-094

· 수정완료일자: 2003년 1월 24일

상태이다.

현재 대부분의 CDMA 망 설계에서는 통계 현상을 설명하지 못하는 최소결합손실(minimum coupling loss) 방법을 보완하여 전파 간섭 시나리오(radio interference scenario)에 기초한 Monte-Carlo 기법을 사용하고 있다^{[3],[4]}. 그러나 이와 같은 Monte-Carlo 방법은 간섭 시나리오의 파라미터 변화(change)에 따라 항상 재계산(recalculation)을 하는 단점이 있으며, 모형에 따라 많은 계산시간이 요구된다.

본 논문에서는 위와 같은 Monte-Carlo의 단점을 보완하기 위하여 참고문헌 [5]의 로그노말 분포의 근사식을 이용하여 도심지역(urban area)에서 cdma2000 1X와 WCDMA 간의 다운링크 블로킹 확률의 근사식을 제안한다. 즉, 본 논문에서는 cdma2000 1X와 WCDMA 간의 다운링크 블로킹(downlink blocking)을 모형화하고 참고문헌 [6]의 로그-노말(lognormal random variable)의 합(sum)에 관한 low bound approximation(LBA)을 이용하여 다운링크 블로킹의 확률을 가드 밴드의 Q-function 형태로 근사적으로 구하였다. 그리고 제안한 확률근사 방정식은 Monte-Carlo 방법으로 얻어진 결과와 동일한 결과를 확인할 수 있었다.

II. cdma 2000 1X와 WCDMA의 다운링크 블로킹 모형

cdma2000과 WCDMA의 다운링크 설계는 각각의 이동국에서 수신된 pilot채널과 CPICH(common pilot channel)채널의 Ec/I_o 와 Active Set기준 T_ADD과 neighbor Set 기준 T_DROP을 이용한다^{[7],[8]}.

본 논문에서는 인접대역의 간섭기지국이 없는 경우에 해당되는 이동국의 Ec/I_o 를 식 (1)의 $[Ec/I_o]$ 로 표현하는데, 일반적으로 핸드오버 지역에서 $[Ec/I_o]$ 는 T_ADD에서 T_DROP 사이의 값을 가진다. 만약에 이동국의 Ec/I_o 가 간섭전력에 의해서 T_DROP이하로 감소하면, 이동국의 호는 블로킹이 되는데 이를 다운링크 블로킹이라고 정의한다. 즉, 인접대역 기지국으로부터 발사되는 전력을 수신받는 이동국의 Ec/I_o 는 식 (1)의 $[Ec/I_o]_{adj}$ 과 같이 원하는 기지국과 원치 않는 기지국의 수신전력비 만큼 낮아진다.

$$[Ec/I_o]_{adj} = [Ec/I_o] - 10 \log(1 + I_{adj}/I_o) \quad [dB] \quad (1)$$

식 (1)의 I_o 와 $[Ec/I_o]$ 는 각각 인접대역으로부터의 간섭이 없는 경우에 특정지점에 대한 이동국의 수신전력과 Ec/I_o 이다. I_{adj} 는 인접대역으로부터 이동국에 수신된 간섭전력이고, $[Ec/I_o]_{adj}$ 는 간섭전력 I_{adj} 에 의한 이동국의 Ec/I_o 이다.

현재 국내 CDMA 셀룰러 및 PCS 사업자들은 셀 가장자리의 핸드오버에 필요한 파라미터 T_ADD와 T_DROP를 각각 -12 dB와 -15 dB로 설정하였으므로, 인접대역 간섭기지국과 원하는 기지국의 전력비 $10 \log(1 + I_{adj}/I_o)$ 가 3 dB 이상 감소하게 되면 핸드오버 지역의 모든 이동국 Ec/I_o 은 T_DROP 이하로 낮아져 통화가 불가능하게 된다.

그리고 본 논문에서는 원하는 다운링크(wanted downlink)로 cdma2000 1X의 각 기지국과 이동국 또는 WCDMA의 각 기지국과 이동국의 다운링크로 정하고, 원치 않는 다운링크(unwanted downlink)로는 cdma2000 1X 기지국과 WCDMA 이동국 또는 WCDMA 기지국과 cdma2000 1X의 이동국으로 형성된 다운링크를 정의한다.

2-1 최소결합손실

식 (2)는 이동국의 $[Ec/I_o]_{adj}$ 를 주파수와 공간이격(frequency and distance separation)의 함수를 이동하여 식 (2)와 같이 표현한다.

$$[Ec/I_o]_{adj} = [Ec/I_o] - 10 \log(1 + I_{adj}(\Delta f, D)/I_o) \quad (2)$$

그리고 $I_{adj}(\Delta f, D)$ 는 식 (3)과 (4)로부터 구해진다^[9].

$$I_{adj}(\Delta f, D) = P_t^I + G_t^I + G_r^v - L(D) - FDR(\Delta f) \quad (3)$$

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int_0^\infty P_t^I(f) df}{\int_0^\infty P_t^I(f) |H(f + \Delta f)|^2 df} \quad (4)$$

여기서, P_t^I 와 G_t^I 는 각각 인접대역에 있는 간섭 기지국(interfering base station)의 전력과 송신 공중선 이득이고 G_r^v 는 이동국의 수신 공중선 이득이다. 또한, $L(D)$ 는 간섭 기지국과 이동국간의 거리(D)에 의한 경로손실(path loss)이며, $FDR(\Delta f)$ 는 이동국 수신필터 $|H(f + \Delta f)|$ 와 $P_t^I(f)$ 에 의한 frequency de-

pendent rejection으로 Δf 는 간섭 기지국의 채널 중심주파수와 이동국의 채널 중심주파수간의 이격 주파수이다. 그리고 식 (2)의 $[Ec/Io]_{adj}$ 값은 $I_{adj}(\Delta f, D)/I_o$ 비로 결정되는데, $I_{adj}(\Delta f, D)$ 는 전파모형($L(D)$)과 수신필터 ($|H(f+\Delta f)|$)의 특성에 좌우된다.

본 논문에서는 전파모형을 식 (5)와 같이 가정하였고^[4], cdma2000 1X와 WCDMA의 이동국 수신필터 특성은 각각 IS-95B FIR필터와 root raised cosine (roll-off=0.22) 필터로 정하였다.

$$L(D)=15.3+37.6 \log[D(\text{meters})] \quad (5)$$

2-2 Lower Bound Approximation

본 논문에서는 원치 않는 다운링크를 통하여 이동국에 수신된 N 개의 간섭 기지국 전력을 그림 1과 같이 모형화하였고, 수학적으로 식 (6)과 같이 모델링하였다.

$$[Ec/Io]_{adj} = [Ec/Io] - 10 \log \left\{ 1 + \sum_{j=1}^N I_{adj}(\Delta f, r_{ji})/I_o \right\} \quad (6)$$

식 (6)의 $I_{adj}(\Delta f, r_{ji})$ 는 원치 않는 다운링크 환경에서 특정한 가드 밴드를 기준으로 임의의 이동국 i 에 수신된 간섭 기지국 j 의 전력(power)이다. r_{ji} 는 이동국 i 와 간섭 기지국 j 의 공간거리로 로그노말 새도우잉(Log-normal Shadowing)을 고려하면, 식 (6)은 방정식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$[Ec/Io]_{adj} = \frac{\Psi_i I_o}{I_o + \sum_{j=1}^N K(\Delta f, r_{ji}) + N_o W} \approx \frac{\Psi_i S r_{oi} S h_{oi}}{S r_{oi} S h_{oi} + \sum_{j=1}^N S r_{ji}(\Delta f) S h_{ji}} \quad (7)$$

여기서, 원치 않는 다운링크에서 $S h_{ji} = 10^{q_{ji}/10}$ 는 간섭 기지국 j 와 이동국 i 간의 로그노말 새도우잉이다. 그리고 q_{ji} 는 평균이 영(0)이고 표준편차가 σ 인 가우시안 확률변수(Gaussian random variable)이다. $S r_{ji}(\Delta f) = B_{ji} r_{ji}^{-n} [P_t^j / FDR(\Delta f)]$ 는 간섭 기지국 j 와 이동국 i 간의 전파손실이다. (B_{ji} 는 간섭 기지국 j 와 이동국 i 간의 손실계수이고, r_{ji} 는 간섭 기지국 j 와 이동국 i 의 거리이다. P_t^j 는 동일한 간섭 기지국의

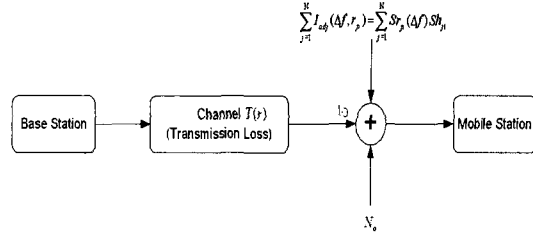


그림 1. 전파간섭 모형

Fig. 1. Downlink blocking model.

전력을 말하고 $FDR(\Delta f)$ 는 식 (4)에서 정의된다.) $j=0$ 인 경우는 원하는 다운링크로 $S h_{oi}$ 는 $10^{q_{oi}/10}$ 로 로그노말 새도우잉이다. $S r_{oi} = B_{oi} r_{oi}^{-n} P_t^o$ 으로 P_t^o 는 원하는 기지국의 전력이고 $B_{oi} r_{oi}^{-n}$ 는 공중선 이득 및 기지국과 이동국의 경로손실을 나타낸다. Ψ_i 는 원하는 다운링크에서 이동국 i 가 수신한 Ec/Io 값이다. 그리고 $N_o W$ 는 잡음전력이다.

식 (6)과 식 (7)에 의하면, $S(r_{oi}, \Delta f) = \sum_{j=1}^N I_{adj}(\Delta f, r_{ji})/I_o$ 는 식 (8)과 같이 된다.

$$S(r_{oi}, \Delta f) = \sum_{j=1}^N \frac{S r_{ji}(\Delta f) S h_{ji}}{S r_{oi} S h_{oi}} = \sum_{j=1}^N \left(\frac{B_{ji}}{B_{oi}} \right) \left(\frac{r_{oi}}{r_{ji}} \right)^n \left(\frac{P_t^j / FDR(\Delta f)}{P_t^o} \right) 10^{(q_{ji} - q_{oi})/10} = \sum_{j=1}^N e^{Y_j} \quad (8)$$

그리고 식 (8)의 Y_j 는 다음과 같은 평균과 표준편차를 가지고 있는 가우시안 확률변수이다.

$$E[Y_j] = \ln \left(\frac{B_{ji}}{B_{oi}} \right) + n \ln \left(\frac{r_{oi}}{r_{ji}} \right) + \ln \left(\frac{P_t^j / FDR(\Delta f)}{P_t^o} \right), \quad \sigma_{Y_j} = \sqrt{2} \frac{\ln(10)}{10} \sigma$$

따라서, $S(r_{oi}, \Delta f)$ 는 로그노말 확률변수의 합으로 구성되므로 본 논문에서는 로그노말 확률변수의 합 분포는 lower bound로 근사할 수 있는 참고문헌 [6]의 결과를 이용하여 $P[S(r_{oi}, \Delta f) \geq x]$ 를 식 (9)와 같이 근사적으로 구하는 방법을 제안한다.

$$P[S(r_{oi}, \Delta f) \geq x] = P\left[\sum_{j=1}^N e^{Y_j} \geq x \right] \approx 1 - \left\{ \prod_{j=1}^N \left[1 - Q \left(\frac{\ln(x) - E(Y_j)}{\sigma_{Y_j}} \right) \right] \right\} \quad (9)$$

그리고 식 (9)의 기준값 x 는 T_ADD와 TDROP의 전력비를 $10 \log(1 + I_{adj}/I_o)$ 이 3 dB 증가하면, 핸드 오버 지역의 모든 이동국은 T_DROP 상태가 되어 다운링크 블록킹이 발생하므로, 3 dB를 비로 환산한 0.9953로 설정하였다.

III. 실험과 시뮬레이션

3-1 실험

본 논문의 실험구성은 그림 2와 같이 cdma2000 1X와 WCDMA 신호발생기, 감쇠기와 Ec/I_o 측정기로 하였다^[10]. 그리고 cdma2000 1X와 WCDMA간의 가드 밴드(ΔX)는 칩속도(chip rate)를 기준으로 그림 3과 같이 정의한다. 즉, 가드 밴드가 없는 경우($\Delta X=0$)에 cdma2000과 WCDMA간의 최소 채널간격(Δf_{min})은 2.5344 MHz이다.

식 (2)를 이용한 $[Ec/I_o]_{adj}$ 계산에 필요한 $FDR(\Delta f = \Delta f_{min} + \Delta X)$ 는 cdma2000 1X와 WCDMA 신호발생기의 스펙트럼을 샘플링한 후 각각의 IS-95B FIR 필터와 root raised cosine 필터 특성을 적용하여 그림 4와 같이 구하였다.

본 실험에서는 원하는 다운링크의 이동국 Ec/I_o 를 -7 dB로 고정하고, 가드밴드가 없는 조건($\Delta X = 0$ MHz)에서 Ec/I_o 측정기에 수신되는 전력 I_o 는 -75 dBm, 그리고 $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)$ 는 -45 dBm 또는 -60 dBm로 설정될 수 있도록 감쇠기(attenuator)를 조정 한 후에 가드 밴드(ΔX)를 변화시키면서 cdma2000 1X와 WCDMA의 $[Ec/I_o]_{adj}$ 값을 측정하였다. 수신전력 I_o 를 -75 dBm으로 가정한 이유는 도심의 옥외에서 측정된 IS-95 CDMA 이동국의 수신전력 범위가 -75 dBm ~ -70 dBm이기 때문이다.

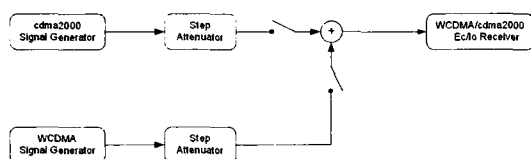


그림 2. Ec/I_o 측정실험 구성

Fig. 2. MCL experiment configuration.

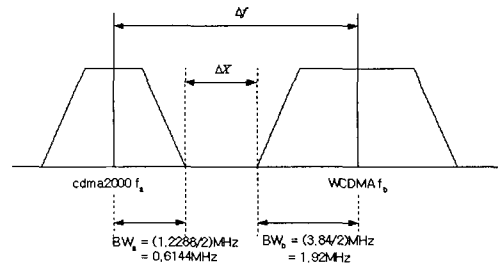


그림 3. 가드 밴드의 정의

Fig. 3. Definition of guard band.

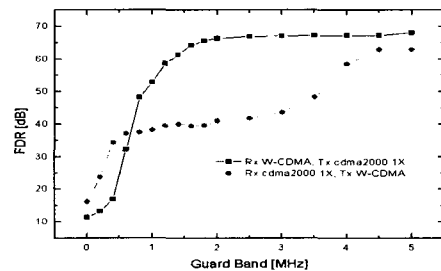


그림 4. 이동국의 $FDR(\Delta f = \Delta f_{min} + \Delta X)$ 값

Fig. 4. $FDR(\Delta f = \Delta f_{min} + \Delta X)$ of Mobile Station.

그리고 위와 같은 실험결과와 가드 밴드에 대한 $[Ec/I_o]_{adj}$ 측정값은 식 (2)와 $FDR(\Delta f)$ 을 이용한 식 (10)에 의해서 예측할 수 있다.

$$[Ec/I_o]_{adj} = [Ec/I_o] - 10 \log \left\{ 1 + \frac{I_{adj}(\Delta f_{min}, D) / FDR(\Delta f_{min} + \Delta X)}{I_o} \right\} \quad [dB] \quad (10)$$

그림 5와 6을 보면, 식 (10)의 $[Ec/I_o]_{adj}$ 예측값과 본 실험을 통한 $[Ec/I_o]_{adj}$ 측정값(measured value)이 일치하고 있으므로, 본 논문에서 구한 그림 4의 $FDR(\Delta f)$ 는 매우 정확하고, 이러한 값을 식 (10)에 활용할 수 있다. 그리고 본 실험에 적용한 간섭전력 $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)$ 의 원치 않는 다운링크의 거리를 구하기 위하여 cdma2000 1X와 WCDMA의 기지국 전력을 43 dBm, 기지국의 송신 공중선 이득을 15 dBi, 이동국의 수신 공중선 이득을 0 dBi로 가정하였다.

식 (5)의 전파모형에 도심지역의 셀 가장자리(cell boundary)에 위치한 이동국의 수신전력을 -75 dBm으로 가정한다면, 원하는 다운링크의 거리는 1400미터이다. 또한, 가드 밴드가 없는 경우($\Delta X=0$ MHz)에 $FDR(\Delta f_{min}=2.533$ MHz)을 이용하여 간섭전

표 1. 간섭거리

Table 1. Distance of radio interference.

Interference Power	Power level	Unwanted downlink	Distance (m)
$I_{adj}(\Delta f_{min}, D)$	-45 dBm	cdma2000 1X BS \rightarrow WCDMA MS	107
		WCDMA BS \rightarrow cdma2000 1X MS	80
	-60 dBm	cdma2000 1X BS \rightarrow WCDMA MS	268
		WCDMA BS \rightarrow cdma2000 1X MS	201

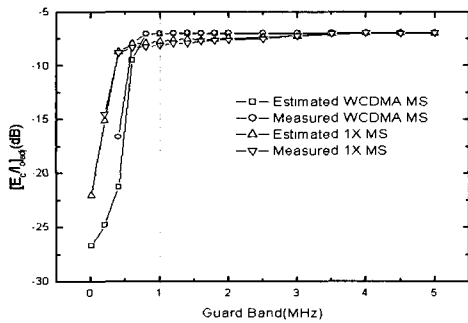


그림 5. $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)/I_o = 15$ dB 경우의 비교

Fig. 5. Comparison in case $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)/I_o = 15$ dB.

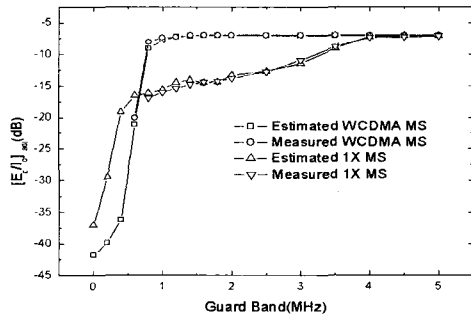


그림 6. $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)/I_o = 30$ dB 경우의 비교

Fig. 6. Comparison in case $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)/I_o = 30$ dB.

력 $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)$ 을 -45 dBm과 -60 dBm로 설정한 경우 원치 않는 다운링크 거리는 표 1과 같다.

본 실험에 의하면, 그림 5는 $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)/I_o$ 비가 15 dB인 경우에 다운링크 블록킹이 발생되지 않는 가드 밴드로 1 MHz가 필요하다는 것을 보여 주고 있다. 그림 6은 $I_{adj}(\Delta f_{min}, D)/I_o$ 비가 30 dB인 경우에 cdma2000 1X 기지국과 WCDMA 이동국의 원치 않는 다운링크의 가드 밴드는 1 MHz가 필요하지만, WCDMA 기지국과 cdma2000 1X 이동국의 원치 않는 다운링크에서 필요한 가드 밴드는 3.53 MHz 이상이 필요하다는 것을 보여주고 있다.

3-2 시뮬레이션

본 논문에서는 제시된 다운링크 블록킹 모형을 기준으로 Monte-Carlo 기법의 블록킹 확률과 본 논문에서 제안한 블록킹 확률 근사식 (9)의 결과를 비교한다. 그리고 본 시뮬레이션에서는 cdma2000 1X와 WCDMA 실험의 RF 규격을 이용하고 식 (5)에 식 (11)과 같은 로그노말 색도우잉을 고려하고, 표준편차 σ 는 10 dB이다^[4].

$$L_{shadowing} = L + G(\sigma) \quad [dB] \quad (11)$$

여기에서는 다운링크 블록킹 확률을 비교할 목적으로 그림 7과 같이 원하는 다운링크와 두 개의 원치 않는 다운링크를 설정하였고, 원하는 다운링크 거리는 수신감도 -75 dBm을 기준으로 식 (11)로부터 계산하여 1400미터로 설정하였고, 원치 않는 다운링크의 거리는 변화를 주었다. 그리고 본 시뮬레이션에서는 이동국의 수신필터에 의해서 인접대역의 간섭기지국 전력은 40~50 dB 감쇠가 되므로, 간섭기지국의 수를 2개로 제한하였다.

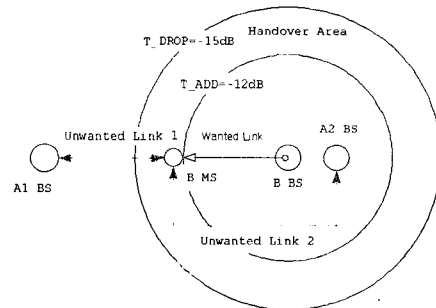


그림 7. 다운링크 블록킹 모형

Fig. 7. Downlink blocking model.

그림 8은 두 개의 원치 않는 다운링크 거리를 $r_{1i} = 80$ m와 $r_{2i} = 2720$ m인 경우로 설정하여

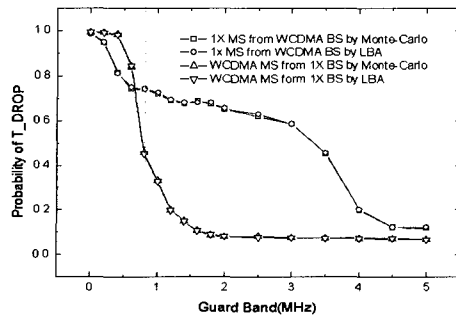


그림 8. Monte-Carlo와 제안된 근사식의 블록킹 확률 비교
Fig. 8. Comparison of blocking probability by Monte-Carlo and proposed equation.

Monte-Carlo와 본 논문에서 제시한 근사식 (9)의 결과를 비교한 것으로 각 다운링크 조건에 대하여 Monte-Carlo 블록킹 확률결과 (\square , \triangle)와 근사식 (9)의 계산결과 (\circ , ∇)는 거의 일치하고 있다. 그러므로 본 논문의 근사식을 사용하면, Monte-Carlo 방법에서 이용하는 샘플링 단계가 필요없다.

또한, 그림 8에서는 가드 밴드 800 kHz 이후부터는 cdma2000 1X 이동국의 블록킹 확률보다 WCDMA 이동국의 블록킹 확률이 더 높다는 것을 관찰할 수 있는데, 이러한 현상은 그림 4. 이동국의 FDR ($\Delta f = \Delta f_{min} + \Delta X$) 특성에 기인한다. 즉, 가드 밴드 1 MHz 이후에는 WCDMA 이동국의 FDR 감쇠특성이 cdma2000 이동국의 FDR 감쇠특성보다 좋다.

그림 9를 보면, cdma2000 1X 기지국과 WCDMA 기지국을 공용화($r_{1i}=1400$ m와 $r_{2i}=1400$ m)한 경우에는 Monte-Carlo와 본 논문의 제안 식 (9)의 결과는 동일하다. 그리고 가드 밴드가 없는 조건(ΔX

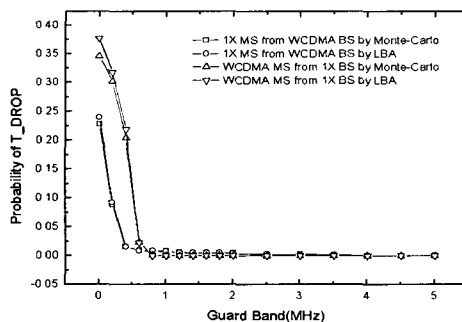


그림 9. 공용화된 경우의 다운링크 블록킹 확률비교
Fig. 9. Downlink blocking probability in co-site.

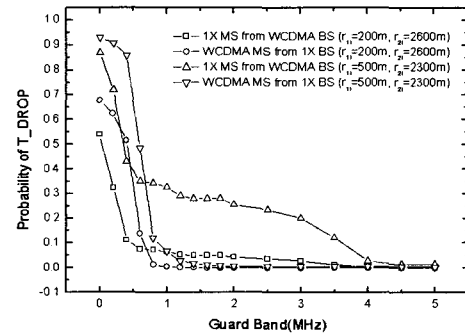


그림 10. 원치 않은 다운링크 거리별 블록킹 확률
Fig. 10. Downlink blocking probability by unwanted downlink distance.

= 0 MHz)에서는 WCDMA 이동국의 블록킹 확률이 cdma2000 1X 이동국의 다운링크 블록킹 확률보다 더 높지만, 가드 밴드 1 MHz 이후부터는 동일하게 매우 낮다. 또한, 그림 9의 시뮬레이션 결과는 2개의 시스템 기지국을 공용화할 경우에 블록킹 확률이 매우 낮아지는 것을 보여주고 있는데, 이러한 현상은 기지국의 공용화로 인하여 인접대역의 간섭기 지국과 서비스를 받고 있는 이동국의 거리가 멀어지기 때문이다.

그림 10은 블록킹 확률 근사식 (9)를 이용하여 구한 원치 않은 다운링크 거리에 따른 블록킹 확률을 보여주고 있는데, 본 논문에서 제안한 블록킹 확률 근사식 (9)는 cdma2000 1X 기지국과 WCDMA 기지국의 공용화가 불가능한 지역에서 거리별 공유조건을 구할 경우에 활용될 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 cdma2000 1X와 WCDMA의 블록킹 확률은 근사적으로 구하는 Q 함수를 제안한 것으로 Monte-Carlo 기법의 단점인 간섭 시나리오의 파라미터 변화에 의한 재계산 단계를 생략한 방법이다.

본 논문의 실험과 시뮬레이션 결과에 의하면, 인접대역을 사용하는 cdma2000 1X와 WCDMA간의 공유조건으로는 기지국의 공용화와 1 MHz 이상의 가드 밴드가 필요하다. 즉, 기지국의 공용화와 cdma2000 1X와 WCDMA간의 최소 채널간격 3.53 MHz은 다운링크 블록킹이 일어나지 않는 것을 보장한다.

또한, 본 논문의 블록킹 근사식은 기지국의 공용화가 어려운 도심과 교외의 경계지역에서 원치 않는 다운링크 거리별로 적절한 가드 밴드의 산출에 이용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R, *WP8F 6th Chairman report*, 8F/489, Tokyo, Oct. 2001.
- [2] ERC, *Harmonized Utilization of Spectrum for Terrestrial Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) Operating within the Bands 1900~1980 MHz, 2010~2025 MHz and 2110~2170 MHz*, ERC/DEC/(99) 25, 29. Nov. 1999.
- [3] Jin Yang, William C. Y. Lee and Sung-Hyuk Shin, "Design aspects and system evaluations of IS-95 based CDMA systems", *Proc. 6th IEEE International Conf.*, vol. 2, pp. 381-385, 1997.
- [4] 3GPP, *RF Systems Scenarios (Release 4)*, 3GPP TR 25.942 vol. 4.1.0, 2001.
- [5] M. Poza, A. Heras, J. Lablanca and E. Lopez, "Downlink interference estimation in UMTS", vol. 37, no. 9, *Electronics letter* 2001.
- [6] Slimance Ben Slimane, "Bounds on the distribution of a sum of independent lognormal random variables", *IEEE Transaction on Communications*, vol. 49, no. 6, June 2001.
- [7] Kyoung IL Kim, *HandBook of CDMA system Design, Engineering, and Optimization*, Prentice Hall PTR, 2000.
- [8] Holma, Toskala, *WCDMA for UMTS*, Wiley, 2000.
- [9] ITU-R, *Frequency and Distance Separations*, ITU-R Recommendation SM. 337-4, 1997.
- [10] Agilent, *E7476A W-CDMA(UMTS) Drive Test system with the E6455C IMT2000 digital Receiver*, 2001.

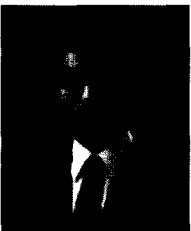
박 승 근



1993년 8월: 고려대학교 대학원 응용통계 전공 (공학석사)
2002년 3월: 충북대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정수료
1993년 8월~현재: 한국전자통신연구원 기술기준연구팀 선임연구원

[주 관심분야] 스펙트럼공학, 전파간섭 완화기술, 불요발사 표준화

조 경 록



1977년 3월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1989년 3월: 동경대학교 전자공학과 (공학석사)
1992년 3월: 동경대학교 전자공학과 (공학박사)
1979년~1986년: LG전자 TV연구소

1999년~2000년: Oregon State Univ. 객원교수
1992년~현재: 충북대학교 전기전자공학부 교수
[주 관심분야] 통신시스템LSI설계, 고속저전력회로설계

박 덕 규



1984년: 인천시립대학교 전자공학과 (공학사)
1986년: 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1992년: 일본 Keio대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
1992년~1995년: 일본 우정성 통신 종합연구소(CRL) 과학기술특별연구원

1998년~1999년: 한국전자통신연구원 무선통신 표준연구센터 초빙연구원
2000년~2001년: 일본 YRP이동통신기반기술연구소 객원주임연구원
1995년~현재: 목원대학교 전자정보통신공학과 부교수
[주 관심분야] 이동통신시스템, 위상동기루프, 무선통신 표준, 스펙트럼관리 등