

셀 내 간섭원에 의한 수신기의 신호 대 간섭비 분포 특성

Receiver Carrier-to-Interference Ratio Distribution Characteristics under the Influence of an Intra-Cell Interferer

김 세 진 · 문 원 주 · 성 원 진

Sejin Kim · Wonjoo Moon · Wonjin Sung

요 약

이동 통신 시스템의 성능 분석을 위해서는 정확한 신호 대 간섭비(Carrier-to-Interference Ratio: C/I)에 대한 정보가 중요하다. 셀 내에 간섭원(interferer)이 존재하는 경우, 수신기의 신호 대 간섭 비는 수신기와 정보원의 거리(d_0)와 수신기와 간섭원의 거리(d_1)의 비에 의해 결정된다. 본 논문에서는 정보원, 간섭원 및 수신기의 지정학적 관계를 이용해서 d_0/d_1 의 값에 따른 신호 대 간섭비의 분포를 유도하고, 이를 실험 결과와 비교 및 검증한다. 또한, 제시된 모델을 활용하여 인접 채널 간섭이 존재하는 상황에 적용시, 간섭 영향에 따른 outage 확률을 분석한다.

Abstract

To analyze the performance of mobile communication systems, the exact information of the carrier-to-interference ratio is important. Under the presence of an interferer in a cell, the carrier-to-interference ratio of the receiver is determined by the ratio between the informer-receiver distance(d_0) and the receiver-interferer distance(d_1). In this paper, we derive the carrier-to-interference distribution based on d_0/d_1 values using the geometric relation among the informer, interferer and receiver, and confirm its exactness using the simulation result. We also apply the derivation result to a system with the adjacent channel interference, and analyze the outage probability.

Key words : Carrier-to-Interference Ratio, WCDMA, Satellite DMB, Adjacent Channel Interference

I. 서 론

최근의 이동 통신 시스템은 다양한 멀티미디어 서비스 제공을 위해 고속 전송을 목표로 하며, 이를 위해 광대역의 주파수 자원을 사용하거나 다양한 변조 및 부호화 방식을 통해 전송 성능을 높인다. 이러한 이동 통신 시스템의 전송 성능 분석을 위해서는 정확한 신호 대 간섭비에 대한 정보가 필요하다. 신호 대 간섭비는 간섭 신호의 총 전력에 대한 필요 신호 전력의 비로 정의되며, 적응형 변조 및 부호화와 같은 송수신 채널 품질을 활용하는 시스템에서 주로

이용된다. 즉, 수신기에서 추정된 C/I 레벨에 따라 변조 방식 및 부호율이 결정되어 다음 프레임 수신 시 전송 용량의 증대 및 수신 비트 오류 감소 효과를 얻을 수 있다. 따라서 수신기에서의 C/I 를 개선하기 위한 여러 가지 방식 및 분석 모델이 제시된 바 있으며^[1], 이중 시스템 간 인접 채널 간섭 시 수신 성능 분석^{[2],[3]} 및 동종 시스템 간 인접 채널 간섭 분석^{[4],[5]}, 그리고 간섭원이 존재할 때 수신기에서의 간섭 영향 지표를 확인하기 위한 분석 모델이 연구되어 왔다^{[6],[7]}. 특히 참고문헌 [6]에서는 전력 제어를 활용하는 CDMA 시스템의 상/하향 링크에서 발생할 수

서강대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Sogang University)

· 논문 번호 : 20070608-061

· 수정완료일자 : 2007년 8월 16일

있는 간섭(셀 내 간섭, 셀 간 간섭)에 관한 모델을 제시하고 간섭 수신 전력의 분포를 유도하였으며, 참고문헌 [7]에서는 셀 외부의 간섭원에 의한 수신기의 C/I 분포 모델을 제시한 바 있다. 그러나 이러한 모델이 셀 내에 간섭원이 존재하는 경우에는 동일하게 적용되지 않으며, 대표적으로 이중 시스템 간 서비스 커버리지가 증첩되는 위성 DMB 및 WCDMA 시스템 간의 간섭 영향을 분석하기 위해서는 셀 내에 간섭원이 존재하는 경우에 대한 새로운 분석 모델이 필요하다.

본 논문에서는 셀 내에 정보원과 수신기, 그리고 간섭원이 존재하는 경우의 수신기의 분포 모델을 제시하고, 이를 통해 수신 C/I에 대한 누적 분포 함수(Cumulative Distribution Function: CDF) 및 확률 밀도 함수(probability density function: pdf)를 유도한다. 특히 셀 내의 임의의 지점에 수신기와 간섭원이 존재할 확률이 동일한 경우, 정보원과 간섭원 그리고 수신기의 지정학적 관계를 이용하여 수신기의 C/I 분포를 산출한다. 이러한 분포 모델은 이중 시스템 간 인접 채널 간섭뿐만 아니라 동일 채널을 사용하는 동종 시스템 간 간섭 분석에도 적용 가능하다. 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 시스템 모델을 제시하고, III장에서 지정학적 관계를 이용하여 간섭원에 의한 수신 C/I의 분포를 유도하며 모의실험을 통해 본 모델을 검증한다. IV장에서 위성 DMB 및 WCDMA 시스템의 경우를 예로 하여 실제 시스템 간 인접 채널 간섭 분석에도 모델을 적용할 수 있음을 보인 후, V장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

셀 내에 정보원과 간섭원, 그리고 수신기가 존재할 때의 일반적인 간섭 형태는 그림 1과 같다. D 는 정보원과 간섭원 간 거리, d_0 와 d_1 은 각각 정보원과 수신기 간 거리, 간섭원과 수신기 간 거리이고, 신호의 경로 손실을 $L(d) = \beta d^\gamma$ 와 같이 나타낼 때(β : 상수, γ : 경로 손실 지수) 수신기의 신호 대 간섭 비는 다음과 같다.

$$C/I = \frac{\frac{P_0}{L(d_0)}}{\frac{P_1}{L(d_1)}} = \frac{P_0}{\beta d_0^\gamma} \cdot \frac{\beta d_1^\gamma}{P_1} = \frac{P_0}{P_1} \left(\frac{d_1}{d_0}\right)^\gamma \quad (1)$$

이와 같이 수신기의 신호 대 간섭비는 정보원과 수신기 간 거리(d_0)와 간섭원과 수신기 간 거리(d_1)의 비에 의해 결정된다. d_0/d_1 를 랜덤 변수 M 이라 정의하고 M 이 가지는 임의의 값을 m 이라고 할 때, $d_0/d_1 = m$ 인 수신기는 기준 셀 내의 특정 위치에 분포한다. 일정한 d_0 와 d_1 의 비의 값을 가지는 자취는 특정한 값의 증점과 반지름을 갖는 원의 호 위에 존재한다. 이러한 원의 증점을 $G(m)$, 반지름을 $r_1(m)$ 이라고 할 때, $G(m)$ 과 $r_1(m)$ 은 다음과 같이 결정된다.

$$G(m) = \frac{-m^2 D}{m^2 - 1}, \quad r_1(m) = \left| \frac{-mD}{m^2 - 1} \right| \quad (2)$$

따라서 $d_0/d_1 = m$ 인 수신기의 자취는 정보원과 수신기 간 거리와 간섭원과 수신기 간 거리의 비(m)와 정보원과 간섭원 간 거리(D)에 의해 결정된다. $m < 1$ 일 때와 $m > 1$ 일 때, $d_0/d_1 = m$ 을 만족하는 수신기의 분포는 각각 그림 2 및 3과 같다. 이 때 $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역은 그림 2의 $d_0/d_1 = m$ 인 원과 기준 셀(이하 셀)의 증첩된 영역이고, 그림 3의 셀과 원의 증첩된 영역은 $d_0/d_1 \geq m$ 인 영역이다. 따라서 $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역은 셀 넓이와 $d_0/d_1 \geq m$ 인 영역의 차를 통해 구한다. 그림 4는 셀 내에서 $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역을 분석하기 위한 파라미터들이다. 셀 내에 정보원과 간섭원이 있으며, $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역이 $m < 1$ 에 대해 도시되어 있다. r_0 는 셀의 반경, D 는 정보원과 간섭원 간 거리, d_1 은 간섭원과

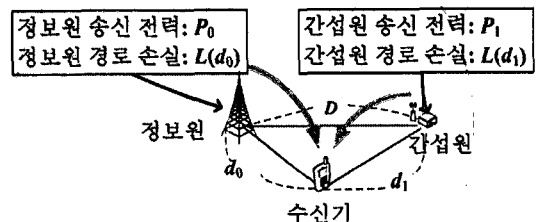


그림 1. 정보원과 간섭원이 존재하는 시스템 모델
Fig. 1. A system model including an informer and an interferer.

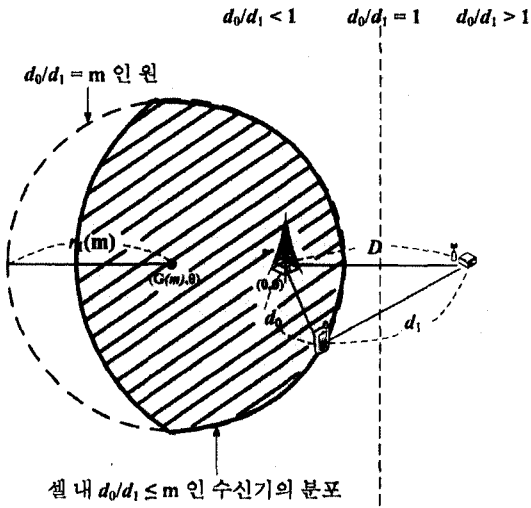


그림 2. $d_0/d_1 \leq m$ 인 수신기의 분포($m < 1$)
Fig. 2. Distribution of the receiver satisfying $d_0/d_1 \leq m$ with $m < 1$.

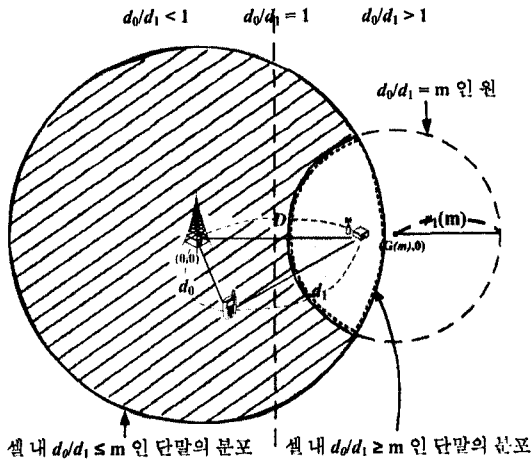


그림 3. $d_0/d_1 \leq m$ 인 수신기의 분포($m > 1$)
Fig. 3. Distribution of the receiver satisfying $d_0/d_1 \leq m$ with $m > 1$.

수신기 간 거리, A_{cell} 은 셀의 면적이다. $G(m)$ 과 $r_1(m)$ 은 각각 $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역의 중심과 반지름이고, $Q(m)$ 은 $G(m)$ 과 정보원의 위치(=원점) 간 거리이므로 $Q(m) = |G(m)|$ 의 관계가 성립한다. θ_0 과 θ_1 은 $(G(m), 0)$ 과 정보원, 수신기의 위치를 세 점으로 하는 삼각형의 양 내각이고, $A(m)$ 은 셀과 $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역의 교차 면적이다.

i) $r_1(m) + Q(m) \leq r_0$ 인 경우,

$$A(m) = \begin{cases} \pi r_1(m)^2, & m < 1 \\ A_{cell} - \pi r_1(m)^2, & m > 1 \end{cases}$$

ii) $r_1(m) + Q(m) > r_0$ 인 경우,

$$A(m) = \begin{cases} r_1(m)^2 \left(\theta_1(m) - \frac{\sin(2\theta_1(m))}{2} \right) \\ + r_0^2 \left(\theta_0(m) - \frac{\sin(2\theta_0(m))}{2} \right), & m < 1 \\ A_{cell} - r_0^2 \left(\theta_0 - \frac{\sin(2\theta_0(m))}{2} \right), & m = 1 \\ A_{cell} - \left(r_1(m)^2 \left(\theta_1(m) - \frac{\sin(2\theta_1(m))}{2} \right) \right. \\ \left. + r_0^2 \left(\theta_0(m) - \frac{\sin(2\theta_0(m))}{2} \right) \right), & m > 1 \end{cases}$$

where

$$\theta_1(m) = \cos^{-1} \left(\frac{r_1(m)^2 + Q(m)^2 - r_0^2}{2r_1(m)Q(m)} \right),$$

$$\theta_0(m) = \cos^{-1} \left(\frac{r_0^2 + Q(m)^2 - r_1(m)^2}{2r_0Q(m)} \right) \quad (3)$$

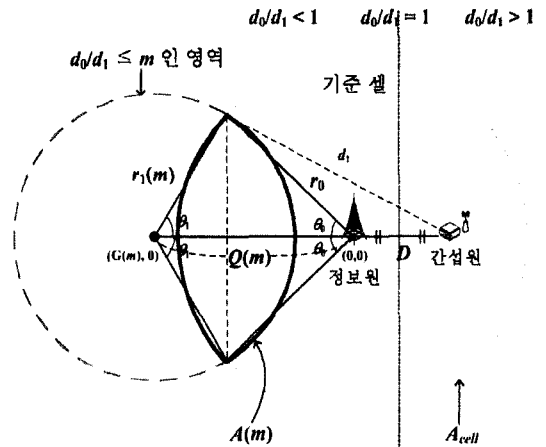


그림 4. d_0/d_1 분포 분석을 위한 파라미터
Fig. 4. Parameters for the distribution analysis of d_0/d_1 .

III. 정보원과 간섭원에 의한 수신기의 C/I 분포 특성

앞에서 d_0/d_1 에 따른 수신기의 분포와 $d_0/d_1 \leq m$ 을 만족하는 영역을 확인하였으며, 본 장에서는 이를 통해 수신기의 C/I 분포를 유도한다. 정보원, 간섭원 및 수신기의 위치 관계에 따라 $d_0/d_1 < 1$ 과 $d_0/d_1 = 1$, $d_0/d_1 > 1$ 인 3가지 경우로 구분하여 분포를 유도한다.

또한, $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역이 모두 셀 내부에 존재할 경우, $(r_1(m)+Q(m) \leq r_0)$ 와 셀과 부분적으로 교차하는 경우, $(r_1(m)+Q(m) > r_0)$ 로 나눌 수 있는데, 각각의 경우에 따라 교차 면적($A(m)$)을 구하는 방법이 다르므로 구분해서 계산한다. $d_0/d_1 \leq m$ 인 전체 영역이 셀 내부에 존재한다면, $m < 1$ 일 때는 $d_0/d_1 \leq m$ 인 원의 넓이를 통해 $A(m)$ 을 구하고, $m > 1$ 일 때는 전체 셀의 넓이(πr_0^2)와 해당 원의 넓이($\pi r_1(m)^2$)와의 차를 통해 $A(m)$ 을 구한다. $d_0/d_1 \leq m$ 인 영역이 셀 외부에도 존재한다면 $d_0/d_1 \leq m$ 을 만족하면서 셀과 중첩되는 영역의 넓이를 구함으로써 $A(m)$ 을 산출한다. 이러한 구분에 의한 $A(m)$ 유도 결과는 식 (3)에 나타난 바와 같다. $A(m)$ 과 CDF 및 pdf의 관계는

$$\begin{aligned}
 F_M(m|D) &= \text{Prob}(M \leq m) \\
 &= \frac{A(m)}{A_{\text{cell}}} = \frac{A(m)}{\pi r_0^2} \\
 f_M(m|D) &= \frac{dF_M(m)}{dm} \quad (4)
 \end{aligned}$$

과 같고, 이에 대한 세부 수식은 부록에 기술되어 있다. 간섭원은 셀 내부의 임의의 지점에 위치할 수 있으므로 정보원과 간섭원간 거리인 D 를 랜덤 변수로 설정할 수 있다. D 의 한 값을 x 라고 할 때, $D=x$ 인 경우의 빈도는 x 를 반경으로 하는 원주의 길이에 비례하므로, 임의의 갭 필러 위치에 따른 D 의 CDF는 식 (5)에서와 같이 x 를 반경으로 하는 원주와 식 (4)의 CDF의 곱을 x 의 범위($0 \sim r_0$)로 적분한 후 정규화하고, pdf는 CDF를 미분하여 구한다. 식 (5)에 의한 CDF 및 pdf와 실험을 통해 얻은 분포를 비교한 결과가 그림 5이며, 그림에서 확인할 수 있

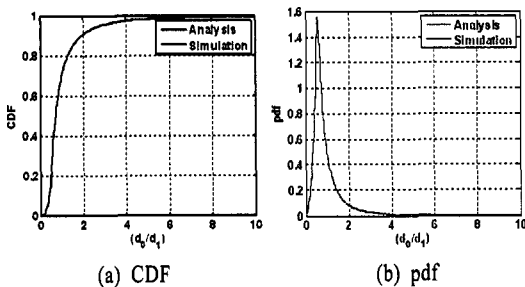


그림 5. 간섭원이 셀 내에 균일한 분포로 존재할 때 $m=d_0/d_1$ 의 통계적 특성

Fig. 5. Statistical characteristics of $m=d_0/d_1$ with a uniformly distributed interferer in a cell.

듯이 분석 결과와 실험 결과가 서로 일치함을 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 F_M(m) &= \frac{\int_0^{r_0} 2\pi x \times F_M(m|x) dx}{\int_0^{r_0} 2\pi x dx} \\
 f_M(m) &= \frac{dF_M(m)}{dm} \quad (5)
 \end{aligned}$$

수신기의 C/I가 Γ [dB]인 경우의 C/I 분포는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{C/I의 CDF: } F_M(m), \quad m &= 10^{\frac{\Gamma}{10}} \\
 \text{C/I의 pdf: } f_M(m), \quad m &= 10^{\frac{\Gamma}{10}} \quad (6)
 \end{aligned}$$

IV. 인접 채널 간섭 시 활용

제시된 C/I 모델은 셀 내의 동일 채널 간 간섭뿐만 아니라 인접 채널 간 간섭 분석에도 적용될 수 있다. 이 경우, 식 (1)의 C/I가 d_0/d_1 에 의해서만 결정되지 않고, 다음 식과 같이 인접 채널 간섭 비(L_{ACIR} : adjacent channel interference ratio)에 의해서도 영향을 받는다^[8]. 인접 채널 간섭에 의한 수신기의 C/I 분포는 동일 채널 간 간섭에 의한 C/I 분포와 비교할 때 전체적으로 L_{ACIR} 만큼 향상됨을 식 (7)을 통해 알 수 있다. 인접 채널 간섭 영향을 확인할 대상 시스템은 2,500~2,690 MHz의 IMT-2000 추가 대역에서 서비스될 예정인 WCDMA와 해당 대역 내(2,630~2,655 MHz)에서 현재 서비스 중인 위성 DMB이다. 위성 DMB와 WCDMA 표준을 이용한 모의 실험을 통해 두 시스템의 신호 전력 스펙트럼 밀도를 구한 결과는 그림 6과 같으며^{[9],[10]}. 위성 DMB 갭 필러에서 WCDMA 수신기로의 L_{ACIR} 이 그 반대의 경우보다 작기 때문에 위성 DMB 갭 필러 간섭에 의한 WCDMA 수신기의 C/I 분포를 간섭 분석의 대상으로 한다. 이러한 인접 채널 간의 간섭 영향 정도를 분석하기 위한 지표로서, 수신기의 하향 링크의 신호 대 간섭비가 특정 문턱값을 만족시키지 못하는 확률로 정의되는 outage 확률을 산출하며, 문턱값이 $\Gamma_{\text{threshold}}$ [dB]일 때 수신기의 outage 확률($=P_{\text{outage}}$)은 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{C/I} &= \frac{\frac{P_0}{L(d_0)}}{\frac{P_1}{L(d_1)L_{ACIR}}} = \frac{\frac{P_0}{\beta d_0^\gamma}}{\frac{P_1}{\beta d_1^\gamma L_{ACIR}}} = \frac{L_{ACIR} \frac{P_0}{P_1}}{\left(\frac{d_0}{d_1}\right)^\gamma} \quad (7)
 \end{aligned}$$

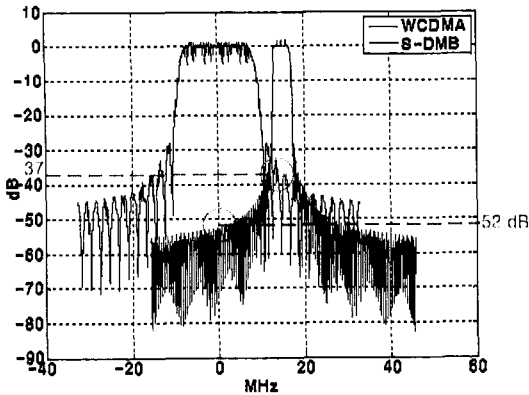


그림 6. 위성 DMB와 WCDMA의 L_{ACIR} 비교
Fig. 6. Comparison of the L_{ACIR} between the S-DMB and WCDMA systems.

$$P_{outage} = F_M(m), \quad m = 10 \frac{L_{ACIR} - \Gamma_{outage}}{10\gamma} \quad (8)$$

실험 환경은 반경이 1 km인 원형 셀을 기준 셀로 하며 위성 DMB 갭 필러는 셀의 중심으로부터 200, 400, 600, 800[m] 및 셀 내 균일한 분포로 위치시킨다. WCDMA 기지국(정보원)과 위성 DMB 갭 필러(간섭원)는 셀 내에 한 개씩 존재하고 기지국과 갭 필러의 송신 전력(P_0, P_1)은 각각 동일하다고 가정한다.

경로 손실 지수(γ)는 각각 2, 3, 4인 경우에 대해 실험을 수행한다. 그림 7은 $L_{ACIR}=40$ dB일 때 기지국과 갭 필러 간 간격에 따른 수식의 C/I 분포를 실험적

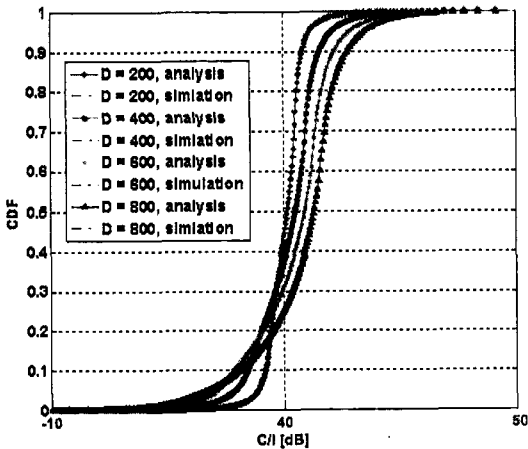


그림 7. 기지국과 갭 필러 간 간격(D)에 따른 C/I 분포
Fig. 7. C/I distribution according to the distance between the BS and the Gap-filler.

결과와 비교한 것이며, 그림 8은 셀 내에 갭 필러가 임의의 위치에 존재하는 경우의 C/I 분포이다. 기지국-갭 필러 간 간격이 커질수록, 수신기의 C/I 가 전체적으로 고르게 분포하고, 수신 C/I 의 문턱값이 0~10 dB에서 결정될 경우 수신기-갭 필러간 간격이 커질수록 문턱값을 넘지 못할 확률이 높아짐을 확인할 수 있으며, 위 경우 모두에서 모델을 통한 결과와 실제 실험 결과가 일치함을 확인할 수 있다. 그림 9는 위성 DMB 갭 필러 신호의 $L_{ACIR}=40$ dB이고 $\gamma=2, 3, 4$ 인 경우에 대한 수신기의 C/I 분포이며, 그림 10은 $\gamma=3$ 이고 $L_{ACIR}=30, 40, 50$ dB인 경우의 C/I 분포를

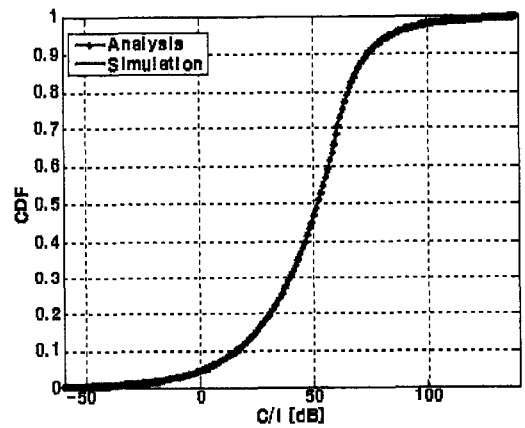


그림 8. 갭 필러가 셀 내에서 균일한 분포로 존재할 때의 C/I 분포
Fig. 8. C/I distribution according to the uniform distribution of the Gap-filler in a cell.

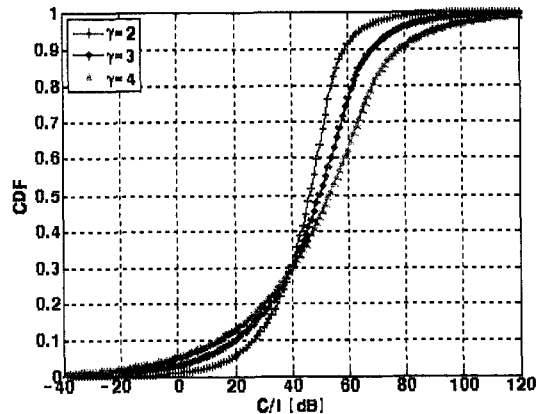


그림 9. γ 의 변화에 따른 C/I 분포($L_{ACIR}=40$ dB)
Fig. 9. C/I distribution for varying γ with $L_{ACIR}=40$ dB.

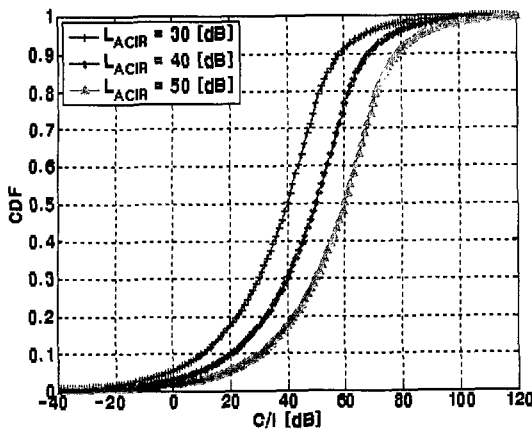


그림 10. L_{ACIR} 변화에 따른 C/I 분포 ($\gamma=3$)
 Fig. 10. C/I distribution for varying L_{ACIR} with $\gamma=3$.

도시한 결과이다. γ 가 클수록 C/I 값이 더 넓게 분포하고, 동일 채널 간섭에 비해 인접 채널 간섭의 경우 C/I 분포가 L_{ACIR} 만큼 우측으로 이동된다. 그림 11은 식 (8)에서 $L_{ACIR}=40$ dB일 때 γ 변화에 따른 outage 확률의 분포이며, 그림 12는 $\gamma=3$ 일 때 L_{ACIR} 에 따른 outage 확률의 분포를 나타낸 결과이다. C/I 의 문턱값이 0 dB라면 γ 가 3에서 4로 변화할 때의 outage 확률이 3×10^{-5} 에서 3.6×10^{-3} 로 약 120배 증가함을 알 수 있다. L_{ACIR} 이 30 dB에서 40 dB로 증가할 때의 outage 확률은 2.5×10^{-3} 에서 3×10^{-5} 로 약 84배 감소한다. 이 범위에서의 γ 와 L_{ACIR} 의 값에 따라 outage 확률이 민감하게 변화하므로 모의실험을 통

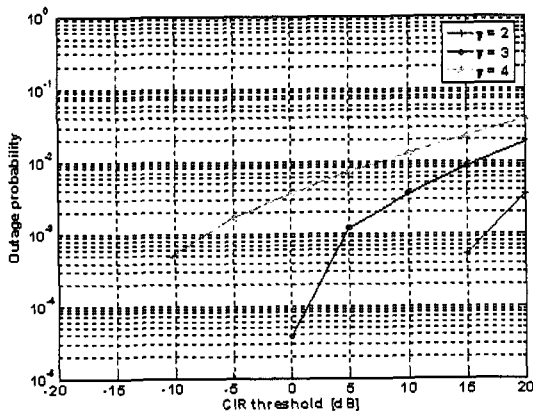


그림 11. γ 의 변화에 따른 수신기의 outage 확률 ($L_{ACIR}=40$ dB)
 Fig. 11. Outage probability of the receiver for varying γ with $L_{ACIR}=40$ dB.

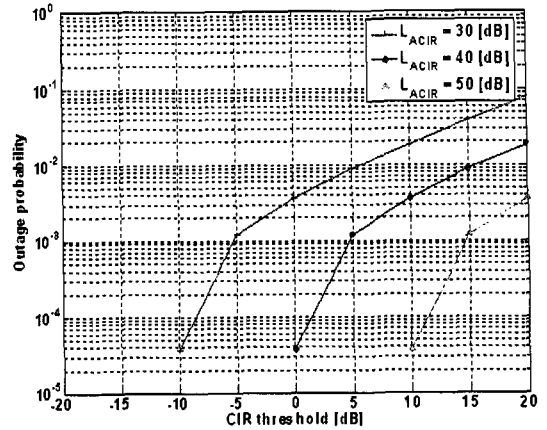


그림 12. L_{ACIR} 의 변화에 따른 수신기의 outage 확률 ($\gamma=3$)
 Fig. 12. Outage probability of the receiver for varying L_{ACIR} with $\gamma=3$.

해 구한 약 37 dB의 L_{ACIR} 은 3GPP에서 권장하는 $L_{ACIR}=45$ dB임을 고려할 때, 추가적인 필터링, 인접 채널 간 주파수 이격 증가, 또는 필터에서의 적절한 창을 사용해서, 인접 채널의 간섭 영향을 감소시키기 위해 L_{ACIR} 을 40 dB 이상으로 증가시키는 것이 필요하다.

V. 결 론

본 논문에서는 셀 내에 하나의 정보원과 간섭원, 그리고 수신기가 있을 때, 수신기의 C/I 를 d_0/d_1 의 비로 표현할 수 있으며 d_0/d_1 의 분포를 통해 셀 내의 간섭원에 의해 영향을 받는 수신기의 C/I 의 분포를 지정학적 관계를 이용하여 CDF와 pdf로 유도하고 실험적 결과와의 비교를 통해 이를 검증하였다. 특히 위성 DMB와 WCDMA 시스템 간 인접 채널 간섭에 대해, 간섭에 의해 영향 받는 수신기의 C/I 의 분포 및 outage 확률을 산출하여 인접 채널 간섭 정도를 확인하였다. 이와 같이 이 모델은 동일 채널 간섭뿐만 아니라 이종 시스템 간 인접 채널 간섭 분석에도 적용 가능하며, 셀 내에 정보원과 간섭원, 수신기가 존재할 때 간섭원의 위치에 따른 수신기의 신호 대 간섭 비를 예측하는데 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] L. C. Wang, C. T. Lea, "Macrodiversity cochannel

- interference analysis", *Electronic Letters*, vol. 31, no. 8, pp. 614-616, Apr. 1995.
- [2] K. Heiska, H. Posti, P. Muszynski, P. Aikio, J. Numminen, and M. Hämäläinen, "Capacity reduction of WCDMA downlink in the presence of interference from adjacent narrow-band system", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 51, pp. 37-51, Jan. 2002.
- [3] H. Holma, F. Velez, "Performance of WCDMA1900 in the presence of uncoordinated narrow-band GSM interference", in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conf.(VTC)*, pp. 821-824, 2002.
- [4] J. Dumont, S. Lasaulce, and J. M. Chaufray, "Adjacent channel interference in WCDMA networks equipped with multiple antennas mobile stations", in *Proc. Signal Processing for Advanced Wireless Communications(SPAWC)*, Jul. 2004.
- [5] G. Povey, L. Gatzoulis, L. Stewart, and I. Band, "WCDMA inter-operator interference and dead zones", in *Proc. European Personnel Mobile Communications Conference*, Apr. 2003.
- [6] W. W. S. Wong, E. S. Sousa, "Single frequency broadcast system performance in a power-controlled CDMA cellular network", *IEEE WCNC*, pp. 692-697, Sep. 2000.
- [7] A. Masmoudi, S. Tabbane, "Other-cell- interference factor distribution model in downlink WCDMA systems", in *Proc. the 7th ACM international Symp. Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, pp. 268-275, 2004.
- [8] 3GPP TSG RAN WG4, *Evaluation of up-and downlink adjacent channel performance*, Turin, TSGR4#2(99)048, Feb. 1999.
- [9] 3GPP TR 25.104 v7.3.0, *Base Station(BS) radio transmission and reception(FDD)*, Mar. 2006.
- [10] TTAS.KO-07.0027, *Standard for Satellite Digital Multimedia Broadcasting Transmitter/Receiver Interface*, Sep. 2004.

김 세 진



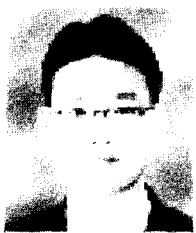
2006년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)
 2006년 3월~현재: 서강대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 디지털통신, 간섭분석, 채널코딩

성 원 진



1990년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1992년 5월: University of Michigan, EECS (공학석사)
 1995년 12월: University of Michigan, EECS (공학박사)
 1996년 1월~2000년 8월: Hughes Network Systems사 책임연구원
 2000년 9월~현재: 서강대학교 전자공학과 부교수
 [주 관심분야] 이동무선통신, 통계적통신이론, MIMO, 위성모뎀

문 원 주



2005년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)
 2007년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학석사)
 [주 관심분야] 디지털 통신, CR, 간섭 분석