

○
강 민 구, 조 형 래, 강 창 언
연 세 대 학 고 전 자 공 학 과

A Study on the Channel Interference in Mobile Radio

○
Min Goo Kang Hyong Rae Cho Chang Eon Kang
Dept. of Electronic Eng., Yonsei Univ.

ABSTRACT: Co-channel interference probability is calculated for the mobile radio systems operating in a Raileigh fading lognormal shadowing environment with the inverse fourth power law dependence of the area mean signal level. Using this probability, co-channel reuse distance is estimated by channel groups in mobile radio channels.

I. 서 론

이동통신에서의 수신신호는 기지국(Base Station)과 이동국(Mobile Station)의 거리변화와 주변 지형, 지물에 의한 경로손실(Path Loss), 차폐현상(Shielding)과 다경로 페이딩(Multipath Fading) 현상에 의한 변동이 크다.¹⁾ 특히, 이동통신 품질에 크게 영향을 미치는 요소 중 인접 셀(Cell)간의 동일주파수 사용으로 인한 동일채널 간섭(Cochannel Interference)이 있다. 이는 가입자의 급증으로 보다 많은 가입자를 서비스하기 위해 셀분할(Cell Splitting)로 채널수를 증가시키지만 동일채널 거리(Co-channel Distance)가 작아져 동일채널 간섭으로 인해 협대역 변조방식에서 혼신보호비r(Protection Ratio)와 동일채널 간섭 확률이 커진다.²⁾

본 논문에서는 동일채널 간섭이 발생할 확률을 유도하고, 이 확률밀도와 채널군(Cluster)를 이용하여 페이딩과 차폐현상을 고려한 주파수 재사용거리를 계산한다.

이동통신에서는 채널 재사용 거리에 따른 동일채널 간섭이란 열화(Outage)요인에 의해 통화품질이 영향을 받는다. 또한, 지형에 따른 전파 감쇄율은 보통 3~4이다.^{3,5)}

이동국이 자신이 위치한 기지국으로부터 신호 s_1 을 받고, 인접 동일채널로부터 원하지 않는 간섭 신호 s_2 를 받는다면 혼신보호비r(Protection Ratio)을 고려하여 $s_1 \leq r s_2$ 영역에서 동일채널 간섭의 확률을 정의할 수 있다.

이동국 차량이 서비스 지역을 이동함에 따라 다경로 전파로 인해 수신신호 s 는 변동을 받는다. 이 수신신호의 변동은 신호진폭이 Raileigh 확률밀도 함수를 갖고, 정규화된 local mean의 신호진폭은 차폐현상에 의해 6~12dB의 변동이 생긴다.

이동통신에서는 건물과 언덕과 같은 지형의 변동에 따라 차폐신호는 차량의 이동에 따라 local mean의 변화를 가져오며 이는 lognormal의 분포 특성을 갖는다. 수신신호는 lognormal 분포에 의해 local mean은 \bar{s}_d 로 표시되고 \bar{s}_d 의 평균값인 영역평균 \bar{m}_d 에 의해 분류된다. 수신신호 진폭이 갖는 확률밀도 함수를 정의하면, local mean \bar{s} 에 관련된 신호진폭 s 의 Raileigh 페이딩을 고려하여 아래와 같은 밀도함수로 나타낸다.

II. 페이딩과 차폐를 고려한 동일채널 간섭의 밀도함수

$$p(s/\bar{s}) = \frac{\pi s}{2\bar{s}^2} \exp\left\{-\frac{\pi s^2}{4\bar{s}^2}\right\} \text{-----(1)}$$

(여기에서 $\bar{s} = \langle s \rangle$, s의 평균값)

영역평균 m_d 에 대해 local mean이 갖는 lognormal 변화는 밀도함수로 나타낼 수 있다.

$$p(\bar{s}_d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \exp\left\{-\frac{(\bar{s}_d - m_d)^2}{2\sigma^2}\right\} \text{-----(2)}$$

(여기에서 $\langle \bar{s}_d \rangle = m_d$
 σ : 표준편차
 도시지역 6~12dB)

페이딩과 차폐현상을 고려한 신호진폭의 밀도함수는 <식1>과 <식2>를 결합하며, Raileigh 페이딩과 lognormal 페이딩을 고려한 수신신호 진폭의 밀도함수는

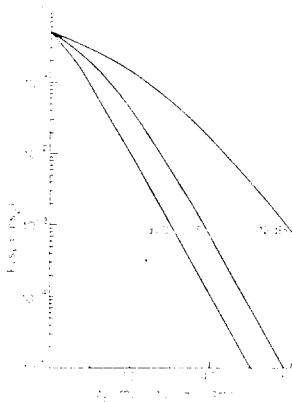
$$p(s) = \int p(s/\bar{s}_d) p(\bar{s}_d) d\bar{s}_d \text{-----(3)}$$

$$= \int \frac{\pi}{8\sigma^2} \left[\frac{s}{\bar{s}_d} \exp\left\{-\frac{\pi s^2}{4\bar{s}_d^2}\right\} \cdot \exp\left\{-\frac{(\bar{s}_d - m_d)^2}{2\sigma^2}\right\} d\bar{s}_d \text{-----(4)}$$

$\bar{s}_d = 20 \log_{10} \bar{s}$ 로 부터 \bar{s} 를 $10^{\bar{s}_d/20}$ 로 치환하면

$$p(s) = \int \frac{\pi}{8\sigma^2} \left[\frac{s}{10^{\bar{s}_d/10}} \exp\left\{-\frac{\pi s^2}{4 \cdot 10^{\bar{s}_d/10}}\right\} \cdot \exp\left\{-\frac{(\bar{s}_d - m_d)^2}{2\sigma^2}\right\} d\bar{s}_d \text{-----(5)}$$

동일채널 간섭은 $s_1 \leq rs_2$ 에서 발생한다. 이런 간섭의



<그림1>페이딩과 차폐를 고려한 동일채널간섭 확률

발생확률은 $s_1 = x$ 치환하고, $x \leq rs_2$ 의 확률을 찾고 x에 대해 적분을 실행하므로써 구할 수 있다.

$$p(s_1 \leq rs_2) = \int_0^{\frac{x}{r}} p(s_1 = x) * p(s_2 \geq \frac{x}{r}) dx \text{-----(6)}$$

<식6>과 <식7>을 정리하면3)

$$p(s_1 \leq rs_2) = \int \frac{\exp(-u^2)}{1 + 10(zd - 2\sigma u)/10} du \text{-----(7)}$$

여기에서 $z_d = m_{d1} - m_{d2} - R$
 $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$
 u : internal variable

<그림1>은 <식7>을 나타낸 것으로 동일채널 간섭이 lognormal 페이딩에서 표준편차와 Z_d 의 함수로 표시할 수 있다. 3)

111. 페이딩과 차폐를 고려한 주파수 재사용 거리
 전파전송의 법칙(전송전력 a_1/d^4 , 평균전력 a_1/d^2)에 따라 원하는 기지국의 송신기에 의해 영역평균의 신호레벨을 정할 수 있다.

$$m_1 = k/d_1^2, \quad m_2 = k/d_2^2 \text{-----(8)}$$

여기에서 두 송신기 출력을 같고,

k는 전파상수로 서로 같다.

d_1 : 이동국에서 원하는 기지국의 송신기까지 거리

d_2 : 이동국에서 원하지 않는 기지국의 송신기까지 거리

같은 전파상수 k이므로

$$m_1/m_2 = d_2^2/d_1^2 \text{-----(9)}$$

<그림1>은 $Z_d = m_{d1} - m_{d2} - R$ 의 함수로 동일채널 간섭의 확률밀도를 보여준다. $Z_d = m_{d1} - m_{d2} - R$ 식을 다시 쓰면

$$m_1/m_2 = z^r \text{이다.} \text{-----(10)}$$

<식9>와 <식10>이용하여

$$d_2/d_1 = \sqrt{z^r} \text{이다.} \text{-----(11)}$$

<표1>과 <표2>는 <그림1>에서 z의 값을 보여주며 페이딩만을 고려한 $D = 1 + d_2/d_1$ 에 대응되는 값을 그리고 페이딩과 $\sigma = 6\text{dB}$, $\sigma = 12\text{dB}$ 의 차폐를 고려한 값을 보여준다

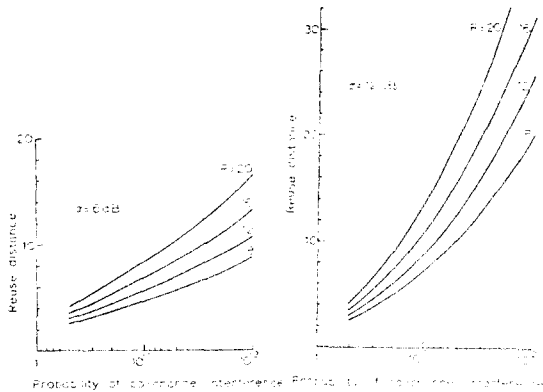
<표1> 페이딩과 6dB 차폐시

재사용거리, $D=1+d_2/d_1$					
$P(s_1 < rs_2)$	z	R=8	12	16	20
0.5	1	2.58	3	3.51	4.61
0.3	1.97	2.96	3.46	4.53	5.44
0.1	5.37	3.74	4.46	6.82	8.33
3×10^{-2}	12.3	4.78	5.76	9.81	12.1
10^{-2}	23.7	6.01	7.31	13.2	16.4
3×10^{-3}	45.7	7.76	9.51	18	22.4

<표2> 페이딩과 12dB 차폐시

재사용거리, $D=1+d_2/d_1$					
$P(s_1 < rs_2)$	z	R=8	12	16	20
0.5	1	2.58	3	3.51	4.61
0.3	3.09	2.96	3.46	4.53	5.44
0.1	15.7	3.74	4.46	6.82	8.33
3×10^{-2}	57.5	4.78	5.76	9.81	12.1
10^{-2}	153	6.01	7.31	13.2	16.4
3×10^{-3}	389	7.76	9.51	18	22.4

<그림2>와 <그림3>은 페이딩과 $\sigma=6\text{dB}$, $\sigma=12\text{dB}$ 차폐고려한 동일채널 거리과의 관계를 나타낸 것으로 동일채널 간섭을 피하기 위해 주파수 재사용거리가 멀어야 하며, 주파수 재사용거리는 차폐의 표준편차의 의해 결정됨을 알 수 있다.



페이딩과 차폐현상을 고려한 재사용 거리
 <그림2> $\sigma=6\text{dB}$ 차폐현상 <그림3> $\sigma=12\text{dB}$ 차폐현상

VI. 페이딩과 차폐를 고려한 채널군과 재사용거리(1.3)

하나의 셀에서 사용 가능한 채널수는 전체 채널에서 가용한 채널 수와 관계 있다. 모든 셀은 각각의 셀내에서

$$N_s = N_t / C \text{-----(12)}$$

(여기에서 N_s : 각 셀에서 서비스하는 채널 수
 N_t : 전체 채널 수
 C : 채널군(Cluster) 수)

N_s 의 채널 수를 제공하며, 이는 몇개의 셀로 하나의 채널군을 형성하느냐에 좌우된다. 채널군을 표시하는 C와 주파수 재사용거리 D와의 관계는

$$D = \sqrt{3 \cdot C} \text{-----(13)}$$

(여기에서 $C = i^2 + ij + j^2$ -----(14)
 i, j : 이동변수(shift parameter))이다.

<표3>은 채널군과 주파수 재사용거리와의 관계를 나타내고 있다.

<표3> 채널군과 주파수 재사용거리

채널군	재사용거리	채널군	재사용거리	채널군	재사용거리
3	3	21	7.94	43	11.4
4	3.46	25	8.66	44	11.5
7	4.58	27	9	48	12
9	5.2	28	9.17	49	12.1
12	6	31	9.6	57	13
13	6.24	36	10.4	61	13.5
16	6.93	37	10.5	63	13.7
19	7.55	39	11.8

V. 결론

본 논문에서는 이동통신에서 스펙트럼 효율증대를 위해 셀 크기가 줄어들고 주파수 재사용거리가 가까워질 때, 페이딩과 차폐현상 하에서 인접셀의 동일채널 간섭 확률을 계산하였다. 이 동일채널 간섭 확률밀도 함수를 이용한 주파수 재사용거리를 유도하였으며, 재사용거리가 차폐현상의 표준편차와 관계를 나타내었다. 또한, 몇개의 셀을 하나의 채널군으로 형성함에 따른 재사용거리를 나타내었다.

IV. 참고문헌

[1] W.C.Y.Lee, "Mobile Cellular Telecommunication Systems," 1990.

- [2] G.R. Cooper and R. W. Nettleton, "A Spread Spectrum Technique for High-Capacity Mobile Communications," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol.VT-27, No.4, Nov 1978
- [3] R.C.French, "The Effect of Fading and Shadowing on Channel Reuse in Mobile Radio," *IEEE Trans Veh. Tech.*, vol VT-28, No 3, Aug 1979
- [4] William Gosling, "A Simple Mathematical Method of Co-channel and Adjacent Channel Interference in Land Mobile Radio," *IEEE Trans Veh. Tech.*, vol. VT-29, No4, Nov 1980
- [5] K. Daikoku and H. Ohdate "Optimal Channel Reuse in Cellular Land Mobile Radio Systems," *IEEE Trans Veh.Tech.*, vol VT-32, No.3, Aug 1983
- [6] D.C. Cox, "Cochannel Interference considerations in Frequency Reuse Small-Coverage-Area Radio Systems," *IEEE Trans Commun.*, vol. COM-30, No 1, Jan 1982
- [7] Shigeru Gozono, "Co-channel Interference Measurement Method for Mobile Communicaton," *IEEE Trans Veh. Tech.*, vol. VT-36, No 1, Feb 1987