

CDMA 중계기와 기지국간 간섭영향에 대한 고찰

오대호* · 고남영*

군산대학교

A study about the interference effects between CDMA repeaters and base stations

Dae-ho Oh* · Dong-sun Hong**

*Kunsan national University

E-mail : daero00@kunsan.ac.kr

요 약

지하공간 또는 음영지역 해소를 위한 방안으로 CDMA 시스템에서 많이 사용하고 있는 중계기는 기지국의 성능 및 서비스 또는 타 서비스에 영향을 준다. 본 논문에서는 CDMA 중계기 사용시 고려해야 할 사항과 중계기가 CDMA 기지국에 미치는 영향을 고찰하고 중계기에 의한 영향을 최소화하기 위한 운용 조건을 알아보려 한다.

ABSTRACT

To resolve the problems of underground space and shade area, repeaters which is used in CDMA system affect the performance and services of a base station or the other services. In this paper, we propose relevant procedures in using CDMA repeaters and the effect of CDMA base stations. We also want to know the operating conditions for the reduction of the effect of repeaters.

키워드

중계기, 기지국, 셀, Noise

I. 서 론

이동통신의 폭발적 수요증가와 함께 이동통신의 용량을 늘리기 위한 디지털 CDMA 방식에 대한 관심이 증대되어 왔고, 최근에는 다수의 PCS사업자들이 CDMA 방식을 채택하고 있다. CDMA 방식을 채택하고 있는 사업자에게 [주된 관심사는 용량증대, 품질향상, 서비스영역 확대 등이 있다. CDMA 시스템의 용량과 품질은 간섭에 의하여 크게 영향을 받으므로 간섭을 최소화하려는 여러 가지 노력들이 이루어지고 있다. 아울러 서비스 영역을 확대하기 위한 방법 중의 하나로 지하공간 또는 음영지역 해소를 위한 방안이 강구되고 있다. 이런 음영지역과 지하공간의 해소를 위한 방법으로 중계기의 사용이 고려될 수 있고 이중 비교적 비용이 저렴하고 설치가 용이한 점으로 인해 CDMA 시스템에서도 중계기가 많이 활용되고 있다. 그러

나 중계기 서비스시 여러 가지 사항을 고려하여야 하고, 중계기에 의한 영향 분석을 통해서 적절한 운용이 될 수 있도록 조건을 갖출 필요가 있다.

II. 이동통신 중계기 서비스 시 고려사항

지하공간 또는 음영지역 해소를 위하여 중계기를 사용할 경우, 중계기의 성능을 좌우하는 규격조건과 지상 서비스에 대한 영향을 최소화하기 위한 운용 조건이 매우 중요한 사항이다. 특히, CDMA 중계기의 경우 FA 증설에 대비한 구조이어야 하며, Spurious 및 IMD 특성이 엄격해야 하고, 인접 TRS와의 격리도를 위한 필터 특성, Self-generated Noise Power를 최소화 할 수 있는 NF 특성 및 적절한 운용을 위한 이득의 설정이 주요한 고려사항이다.

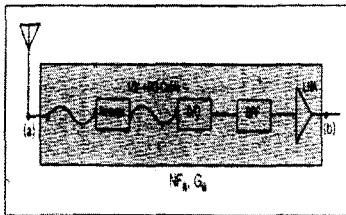
III. CDMA 기지국 성능 분석

CDMA 기지국의 성능 중 가장 큰 관심사는 용량으로, 이는 송신 전력과 간섭에 의해 제한된다. 용량은 크게 순방향 용량과 역방향 용량으로 구분할 수 있다. 순방향 용량은 기지국의 송신출력에 의하여 좌우된다. 순방향 통화채널의 Digital Gain은 모든 단말기에서 요구되는 품질을 만족할 수 있도록 전력제어에 의하여 할당되며, 요구되는 Digital Gain의 합이 기지국의 총전력을 초과할 때 한계에 도달하게 된다.

역방향 용량의 경우 각 단말기는 기지국의 수신단에서 일정한 신호대 잡음비가 유지되도록 전력제어에 의하여 송신출력을 조절한다. 단말기 수가 증가할수록 잡음 성분이 증가하므로 이를 극복하기 위하여 전체적으로 모든 단말기의 송신출력이 증가하게 되고, 단말기가 요구되는 출력을 내지 못하는 경우에 도달하게 된다. CDMA 기지국의 용량은 순방향 용량과 역방향 용량 중 더 적은 값으로 결정되며 이는 주로 역방향 용량이다.

1. CDMA 기지국 성능 분석

CDMA 기지국의 성능을 분석하기 위해서 CDMA 기지국의 수신부를 다음과 같이 간략하게 표현할 수 있다.



역방향 전력제어에 의해 각 단말기로부터 수신전력이 동일하다고 할때, (a) 지점에서의 한 단말기에 대한 수신신호의 비트당 에너지대 총 간섭신호의 비는 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{E_b}{I_o} = \frac{\frac{P}{R}}{N_0 + \frac{(N-1)vp}{W}}$$

- E_b = 비트당 에너지
- I_o = 단위 주파수당 총 간섭신호(Watts/Hz)
- P = 사용자당 수신 전력(Watts)
- R = 데이터 레이트(bits/sec)
- N_0 = 열잡음 전력밀도(Watts/Hz)
- N = 사용자 수
- W = 칩 레이트(chips/sec)

v = 음성 활성화율

위의 경우는 타셀로부터 간섭 신호를 고려하지 않은 경우이고, 실제로는 타셀로부터의 간섭에 의하여 총 간섭량 대비 자기 셀 간섭량으로 정의되는 주파수 재사용률(F)이 1보다 적은 값이 된다. 이때 타 셀 간섭량은 주파수 재사용률과 자기셀 간섭량으로 표현할 수 있다.

2. 잡음지수가 성능에 미치는 영향

잡음지수가 기지국 성능에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 다른 변수들은 고정시키고, 잡음지수를 변화 시켰을 때 사용자 당 기지국 수신전력의 변화 추이를 알아보았다.

표1. 기지국 잡음지수에 의한 영향분석

	Case 1	case 2	case 3
E_b/I_0 (dB)	7	7	7
WR	128	128	128
NF_0 (dB)	5	7	10
F	0.6	0.6	0.6
V	0.45	0.45	0.45

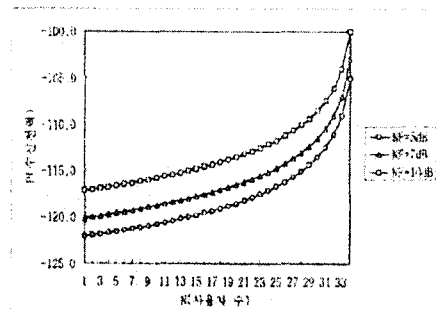


그림2은 기지국 잡음지수가 커짐에 따라 동일한 상황에서(사용자 수가 같을때)동일한 E_b/I_0 를 유지하기 위해 각 단말기의 수신전력이 증가해야 함을 보여준다. 수신전력의 증가분은 NF의 차와 동일하다. 즉 NF가 5dB 인 기지국과 7dB 인 기지국을 비교해 보면 동일 조건일 때 NF가 5dB 인 기지국에서의 수신전력보다 평균 2dB는 높아야 같은 품질을 유지할 수 있다. 요구되는 단말기 수신전력의 증가는 단말기의 송신전력의 증가를 의미하고, 이에 따라 타 기지국에 대한 간섭량이 증가할 뿐만 아니라, 자기셀의 역방향 커버리지가 감소하게 된다.

3. 타셀간섭이 미치는 영향

타셀간섭이 기지국 성능에 미치는 영향을 분석

하기 위하여 기지국 잡음지수 분석과 마찬가지로 다른 변수는 고정시키고, 타셀간섭량을 변화시켰을 때 사용자 당 기지국 수신전력의 변화 추이를 고찰하였다. 타셀 간섭량은 주파수 재사용률(F)을 다르게 적용하여 변화시켰다.

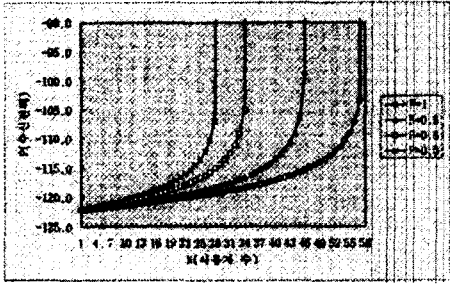


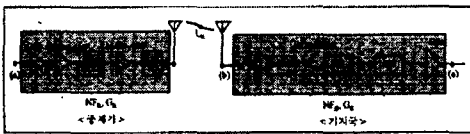
그림3은 주파수 재사용률이 감소(타셀 간섭량이 증가)함에 따라 용량이 현저하게 줄어들음을 보여준다. 그래프에서 보듯이 사용자수가 증가하면 간섭이 증가하게 되고 이 증가된 간섭을 극복하고 동일한 E_b/I_0 를 유지하기 위해서 각 단말기의 수신전력이 증가해야 한다. 사용자수에 따라 수신전력이 증가하다가 어느 시점에 이르게 되면 요구되는 수신전력의 세기가 너무 커서 더 이상 사용자를 수용할 수 없는 한계에 도달하게 된다.이 한계시점은 주파수 재사용률(F)에 따라 달라진다.

IV.중계기와 기지국간 간섭영향 분석

앞에서 모든 단말기가 직접 기지국과 통화하는 경우를 가정하였고, 이 장에서는 기지국 영역에 중계기가 설치되어 중계기를 통하여 기지국과 통화하는 단말기가 존재하는 경우 중계기가 기지국의 성능에 어떤 영향을 주는지를 역방향 링크의 성능 관점에서 분석하였다.

1. 중계기가 있는 CDMA 기지국 성능분석 모델

중계기가 있는 CDMA 기지국의 성능을 분석하기 위하여 중계기와 CDMA 기지국의 수신부를 다음과 같이 간략하게 모델링할 수 있다.



N_{FR} = 중계기 송신단의 잡음지수
 G_R = 중계기 송신단의 이득
 L_R = 중계기 송신 안테나단에서 기지국 수신 안테나단까지 손실

중계기를 사용하는 단말기의 (c)지점에서의 수신신호의 비트당 에너지대 총 간섭신호의 비를 구하기 위하여 먼저(c) 지점에서의 E_b, I_0 를 각 계산하면,

$$E_b = \frac{G_R L_R G_B}{R} p_s$$

$$I_0 = G_B N F B N_0 + \frac{M_B v p_s G_B}{W} + (G_R N F R N_0 + \frac{(M_R - 1) v p_s G_R}{W}) L_R G_B$$

이고, 이로부터 $\frac{E_b}{I_0}$ 를 계산하면 다음과 같다.

$$\frac{E_b}{I_0} = \frac{\frac{G_R L_R G_B}{R} p_s}{G_B N F B N_0 + \frac{M_B v p_s G_B}{W} + I_R L_R G_B}$$

$$= \frac{W}{R} \frac{\frac{p_s}{N_0 W} G_R L_R}{N F B + N F R G_R L_R + M_B v \frac{p_s}{N_0 W} + (M_R - 1) v \frac{p_s}{N_0 W} G_R L_R}$$

$$I_R = G_R N F R N_0 + \frac{(M_R - 1) v p_s G_R}{W}$$

p_s = 중계기 사용자의 (a)지점에서의 전력(Watts)
 p_e = 일반 사용자의 (b)지점에서의 전력(Watts)
 M_B = 일반 사용자 수
 M_R = 중계기 사용자 수

$L_R G_B p_s = p_r$ 로 하고, $\frac{p_r}{N_0 W}, \frac{p_e}{N_0 W}$ 를 각각 P_r, P_e 로 하여 위 식을 정리하면,

$$\frac{E_b}{I_0} = \frac{W}{R} \frac{P_r}{N F B + N F R G_R L_R + M_B v P_e + (M_R - 1) v P_r}$$

된다.

위와 마찬가지로 중계기를 사용하지 않는 일반 단말기의 (c)지점에서의 $\frac{E_b}{I_0}$ 는

$$\frac{E_b}{I_0} = \frac{W}{R} \frac{P_e}{N F B + N F R G_R L_R + M_B v P_r + (M_B - 1) v P_e}$$

가 된다.

위의 식에서 중계기를 사용하는 단말기이든 사용하지 않는 단말기이든 상관없이 주어진 품질을 유지하기 위해서는 동일한 수신전력으로 수신되어야 하고, 그 값을 결정하는 요인중의 하나인

사용자수는 중계기 사용자 수, 일반 사용자 수에 관계없이 총 사용자 수에 의해서만 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

2. 중계기의 영향분석

중계기의 성능은 동일하다고 가정하고, 전송손실에 따른 중계기의 영향을 분석하기 위해서 다음의 3가지 경우에 대하여 사용자 수 대 수신 전력을 도출하였다.

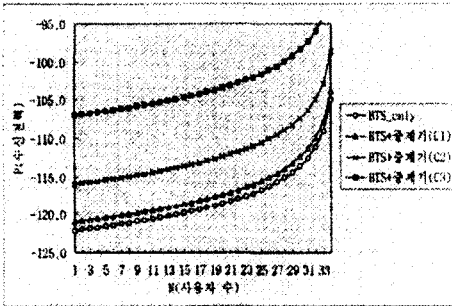


그림4은 이상적인 상황에서의 분석이므로 실제 필드(Field) 적용시 10dB 이상의 여유가 필요할 것이다.

V. 결론

본 논문은 현재 운용중인 CDMA 중계기에 의한 기지국의 영향을 타 셀 간섭을 포함해서 분석하였다. 중계기를 통한 이동통신 서비스에서 고려해야 할 사항은 잡음발생에 의한 기지국의 영향, RF 부품 성능에 따른 S/N 비의 열화, 타 사업자 간의 상호간섭이다. 특히, 기지국 수신단에서 중계기에 의한 잡음전력을 계측기로 측정하기가 어려운 상황에서 현재 일반적으로 중계기의 Reverse Path 이득은 기지국 수신단에서 Thermal Noise Floor 전력을 증가시키지 않은 범위내에서 적절히 설정하고 있다. 그러나 본 논문의 분석과 같이 중계기의 noise generation은 기지국 수신단에서 Thermal Noise Floor 이하에서도 자기셀내의 단말기 송신 전력을 증가시키는 결과를 초래함을 알 수 있었다. 결국, 중계기의 이득, Noise Figure 및 기지국과 중계기 간의 공간손실은 중계기 설치 및 운용시 필수적으로 고려해야 할 사항으로 최적의 조건으로 설정해야 하는 과제를 안고 있다.

본 논문에서는 중계기에 의한 기지국 수신전력의 영향을 분석하였으며, 영향을 미치지 않는 범위 내에서의 중계기의 이득 설정을 이론적으로 도출하였다. 이론 이론적인 예상치이며, 실제 운용 중인 중계기를 통한 필드 시험이 요구된다.

참고 문헌

- [1] "CDMA System Engineering Training Handbook", Qualcomm Inc, April 1993
- [2] William C.Y.Lee,"Mobil Communication Engineering", New York, McGraw-hill, 1982
- [3] William C.Y.Lee,"Overview of Cellular CDMA", IEEE Trans. Commun, pp291-302, May 1991