

이동통신의 CDMA 기지국과 Analog FM 이동국의 상호간섭에 관한 연구

A Study on the Interference between CDMA Base Station and Analog FM Mobile Station in the Mobile Communication

金仁煥*, 朴暢均*

(I. W. Kim*, C. K. Park*)

요 약

우리나라의 제 1 이동통신에서 현재 사용중인 아나로그 FM 시스템이 이동통신 자율표준으로 채택된 CDMA 시스템과 혼용되는 경우, 두 시스템 사이에서 발생하는 상호간섭의 정도를 실험을 통하여 분석하므로써 주파수 효율을 향상시키기 위한 최적 주파수 이격거리를 구하였다.

분석결과 CDMA 기지국 출력이 0.91 W ERP일 때, 경로손실에 따른 아나로그 FM 이동국의 주파수 이격거리는 840KHz(경로손실: 80dB)와 720KHz(경로손실: 120dB)였다. 즉, 주파수 이격거리는 경로손실에 반비례하였다. 한편 주파수 이격거리를 최소화하기 위해서는 기지국의 출력을 Cover Area에 대응시켜 조절해야 함을 알았다.

ABSTRACT

For the case of using analog FM system and CDMA system together in the mobile communications, we experimentally calculate the appropriate frequency offset to improve the frequency efficiency by analyzing the interference between both systems.

As the results of the analysis, we obtained that frequency offset is 840KHz(Path Loss : 80dB) and 720KHz(Path Loss : 120dB) for the Path Loss when a output of CDMA Base Station is 0.91 W ERP. Therefore, to minimize the frequency offset, a output of Base Station will be controlled corresponding to Cover Area.

I. 서 론

정보화 사회의 급격한 도래로 이동통신의 수요와 공급이 급속히 증가됨은 물론이고 고품질의 서비스

가 요구됨에 따라 이동통신의 전송방식이 기존의 아나로그 방식에서 디지털 방식으로 변화되고 있다. 현재 이동통신용 디지털 전송방식으로 TDMA, FDMA, CDMA방식 등이 연구개발¹⁾ 되어 한정적으로 실용화 되고, 더욱 발전단계에 있다.

우리나라에서는 차세대 디지털 이동통신 전송방식의 자율표준으로 퀄컴사(QUALCOM CO.)가 연구

*조선대학교 공과대학 전자공학과
Dept. of Electronic Engineering Chosun Univ.
접수일자: 1995년 5월 13일

제한한 CDMA방식을 채택함에 따라 이에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되고 있다.²⁾

셀룰러 CDMA방식의 기본개념은 확산대역(Spread Spectrum)^{3,4,5)}방식으로 fading에 강하고 S/N비가 높기 때문에 1950년대 이래 본격적으로 연구가 진행되어, 군사통신, 위성 통신은 물론 장거리 비밀통신 등에 제한적으로 사용되어 왔다.

그후 1980년대에 들면서 반도체 기술의 급속한 발달로 회로가 고집적화, 고속화되고, 마이크로 프로세서 기술이 발달함에 따라 DS-CDMA방식은 제한된 사용범위를 벗어나 GPS 수신방식⁶⁾인 상용 이동통신 방식에까지 사용 되기에 이르렀다.

본 논문은 향후 우리나라 디지털 이동통신의 자율 표준으로 도입된 CDMA시스템이 현용 아날로그 FM 시스템과 공용됨에 따라 발생할 수 밖에 없는 두 시스템간 상호간섭의 정도를 실험을 통하여 고찰하므로써, SNR을 높임은 물론 셀룰러 방식의 주파수 재사용률을 향상시키기 위한 최적 주파수 이격거리를 구함에 그 목적이 있다.

II. 이론적 배경

1. 셀룰러 CDMA 방식

부가적 잡음(AWGN)이 존재하는 대역 제한된 채널의 통신용량에 관해 C. E. Shannon은 식 (1)과 같이 정의하였다.⁷⁾

$$C = W \log_2(1 + S/N) \text{ [bps]} \quad (1)$$

채널의 잡음이 백색잡음이고, 그 전력스펙트럼 밀도가 $N_0/2$, 신호의 전력이 S 그리고 채널의 대역폭이 W일 때 식 (1)은 식 (2)와 같다.

$$C = W \log_2[1 + S/(N_0W)] \text{ [bps]} \quad (2)$$

여기에서 W가 무한대에 접근할 때 통신용량 C는 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} C &= \lim_{W \rightarrow \infty} W \log_2[1 + S/(N_0W)] \\ &= \lim_{W \rightarrow \infty} (S/N_0) \log_2[1 + S/(N_0W)]^{N_0W/S} \\ &= (S/N_0) \log_2 e \end{aligned}$$

$$\approx 1.44 (S/N_0) \text{ [bps]} \quad (3)$$

위의 식으로 부터 통신용량은 신호 전력과 잡음 전력밀도에 의해 결정됨을 알 수 있고 여기에 표본화율과 양자화 비트 수를 고려한다면 정보 전송율 R도 계산할 수 있으므로 허용된 오류확률 범위 내에서 가능한 한 C에 가까운 정보 전송율을 갖는 이상적인 시스템을 설계할 수 있다.

CDMA 시스템에서 확산 시퀀스를 이용한 송수신간 부호화 처리과정은 그림 1과 같다.

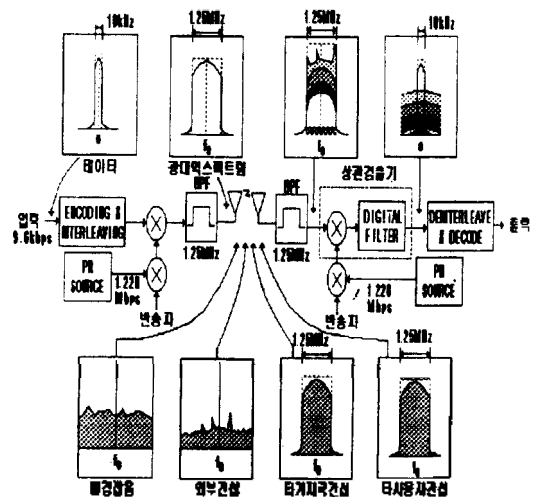


그림 1. CDMA시스템의 블럭도
Fig. 1. Block Diagram of CDMA

2. FDMA, TDMA, CDMA의 용량

급증하는 이동통신의 수요를 경제적으로 충족시키기 위해서는 무엇보다도 셀당 허용 되는 통화용량이 커져야 한다. 때문에 미국 셀룰러 통신 산업협회(CTIA)는 차세대 CDMA 셀룰러 방식의 통신용량은 FM방식과 비교할 때 최소한 10배 이상 되어야 함을 주장하고 있다.

CDMA의 셀당 용량 N는 식 (4)^{9,10)}로 구할 수 있다.

$$N = \frac{W}{R} \frac{1}{E_b/N_0} \frac{1}{D} FG \quad (4)$$

여기서 G_P : 처리이득($W/R=130$)
 W : 확산대역폭(1.25 MHz)
 R : 음성데이터 속도(9.6 Kbps)

표 1. AMPS, TDMA, CDMA의 용량
Table 1. Capacity of AMPS, TDMA, CDMA

항목	다중 방식	AMPS	TDMA	CDMA
사용주파수 대역폭		12.5MHz	12.5MHz	12.5MHz
주파수 공간 재이용률		7	7	1
채널 간격		30kHz	30kHz	1.25MHz
전 채널 수		12.5/0.03 = 416	12.5/0.03 = 416	12.5/1.25 = 10
1셀당 채널수		416/7 = 5.9	416/7 = 5.9	10/1 = 10
음성통화에 사용되는 채널수		57	57	10
1채널음성 통화수		1	6	37
1셀당음성 통화수		57 * 1 = 57	57 * 6 = 342	10 * 37 = 370
1셀당섹터수		3	3	3
1섹터당 음성 통화수		57/3 = 19	342/3 = 114	370
AMPS방식에 대한용량		1	6	20

E_b/N_0 : 1비트당 에너지 잡음 밀도비 ($\approx 7.0\text{dB}$)¹¹⁾
 E_b : 정보 1비트당 에너지,
 N_0 : 단축파대의 잡음 전력밀도
 D : 음성신호의 듀티(Duty)비
 $D=0.4, 1/D=2.5$ ^{4, 12)}
 F : CDMA의 주파수 재사용률 ($F=0.67$)^{13, 14)}
 G : 3섹터당 간섭 감소이득 ($2.55/3\text{섹터}=0.85$)⁵⁾

IS-95¹⁵⁾장정 규격에서 하나의 CDMA 밴드로 할당된 전송 주파수대역폭 12.5MHz를 기준으로 CDMA 방식의 용량을 아나로그 FM방식인 AMPS 및 디지털 방식의 TDMA와 비교한 것이 표1이다.

3. 주파수 배치

인접 또는 공존하는 기지국에 주파수를 적절히 할당하는 것으로 채널간 간섭을 최소화 하기 위함이다. 이는 대역내 및 대역외로 분류할 수 있고, 대역내 간섭이란 간섭신호 대역의 중심이 사용 신호의 대역폭 안에 있을 때의 간섭이고, 대역외 간섭은 간섭신호 대역의 중심이 사용신호 대역의 밖에 위치하는 것을 말한다.

상업용 이동무선 시스템의 주요 설계목표는 주파수 배치의 조정이 가능함을 전제로 하여 인접지역간 주파수 채널의 재사용으로 주파수이용율을 최대로 하는데 있다. 이로 인하여 CDMA 방식은 같은 지역내에 존재하는 다른 시스템과 공존할 수 있으므로 CDMA 시스템과 기존의 아나로그 FM 시스템이 같은 대역을 사용하여 공존할 수 있게 된다.

아나로그 이동통신과 CDMA 이동통신이 공존하는 경우 그림 2와 같이 최소 보호 주파수 대역은 CDMA

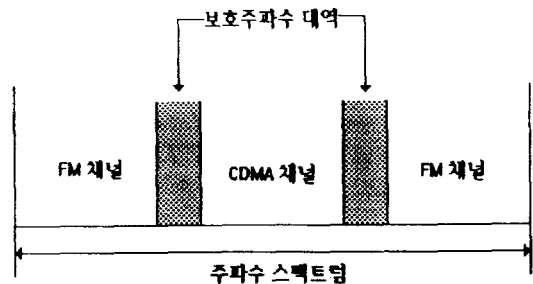


그림 2. 보호 주파수 대역
Fig. 2. The Guard Band

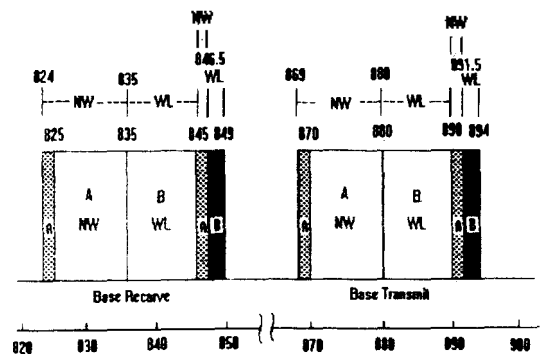


그림 3. 셀룰러용 주파수 대역 할당
Fig. 3. Frequency Bandwidth Allocation of Cellular System

기지국으로 부터의 아나로그 FM 이동국에 대한 간섭레벨이 설정한 임계치 보다 적도록 최소 분리주파수로 이격시키는 것이다.

현용 셀룰라 이동통신 주파수 대역 할당 대역은 그림 3과 같다.

III. 경로손실에 따른 잡음지수

1. 간섭량에 따른 잡음지수

QUALCOMM사가 회사에서 개발한 CDMA 시스템의 통합 품질 척도의 기본으로서 주파수 이격거리에 따라 CDMA 기지국이 아나로그 FM 이동국에 영향을 주는 간섭량을 잡음지수로 환산하여 이격거리를 도출 하기 위한 관계식은 식 (5), 식(6)과 같다.¹⁶⁾

$$F_{ANALOG} = P_i + L_f^i(f) - 10 \log W + 10 \log B + L_p(r) \quad (5)$$

- 여기서 P_i : CDMA 기지국 설효 복사전력
- $L_f^i(f)$: 주파수 오프셋 f KHz에서의 CDMA 송신기의 필터제환(Rejection)손실
- W : CDMA 파형 대역폭
- B : 아나로그 시스템의 주파수 대역폭
- $L_p(r)$: 국간 거리 r에서의 경로손실

한편 잡음전력 스펙트럼밀도가 N_0 일 때 CDMA 기지국에 의해 아나로그 이동국에 영향을 미치는 잡음지수는 식 (6)과 같다.

$$F_{ANALOG} = F_{ANALOG} + \frac{F_{ANALOG}}{N_0 B} \quad (6)$$

여기서 F_{ANALOG} 는 CDMA 기지국 송신전력 주파수 분포 형상도(MASKS) 이다.

2. 주파수 이격거리와 잡음지수

CDMA 기지국의 잡음지수는 5dB, 실효 복사 전력(ERP)은 최대 50dBm 그리고, 공존하는 1등급 아나로그 FM 이동국의 잡음지수는 8dB, 실효 복사전력(ERP)은 최대 36dBm 으로 가정한 상태에서 경로손실이 각각 -72dB, -116dB, -128dB일 때 주파수 이격거리에 따라 CDMA 기지국이 아나로그 FM 이동국에 미치는 잡음 지수는 그림 4와 같다.

그림 4에서 주파수 이격거리가 750KHz 이하인 경

우, 아나로그 FM 이동국의 잡음지수는 계속 나쁜 상태를 알 수 있다. 따라서 아나로그 FM 이동국은 CDMA 기지국으로 부터 벗어나지 않으면 안된다.

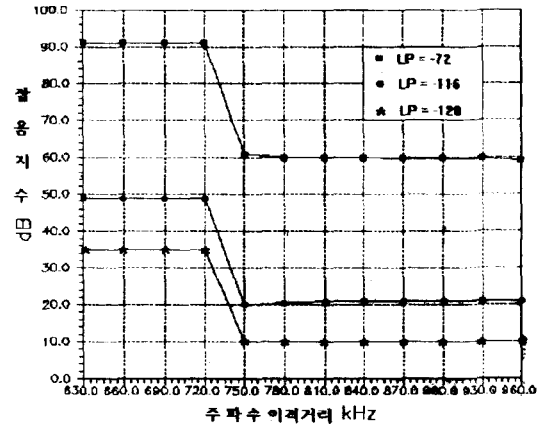


그림 4. 주파수 이격거리에 따른 아나로그 FM 이동국의 잡음지수
Fig. 4. The Noise Figure of Analog MS for frequency offset

그림 5는 주파수 이격거리가 870KHz일 때 경로손실에 따른 잡음지수 관계를 나타낸 것이다.

그림 5에서 경로손실에 따라 아나로그 FM 이동국으로 인한 CDMA 기지국의 잡음지수는 거의 영향을 받지 않는 반면, CDMA 기지국으로 인한 아나로그

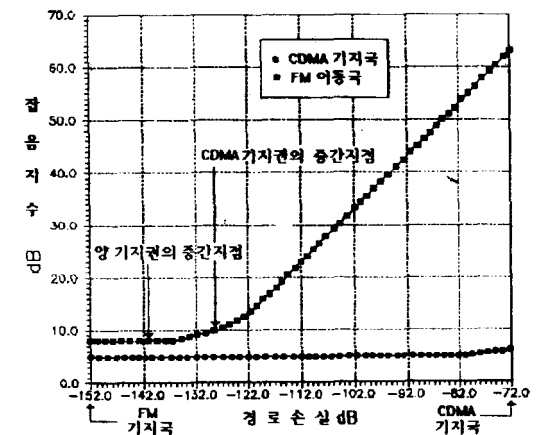


그림 5. 경로손실과 잡음지수(주파수 이격거리 : 870KHz)
Fig. 5. The Noise Figures for PathLoss (주파수 이격거리 : 870KHz)

FM 이동국의 잡음지수는 경로 손실 132dB를 기점으로 급격히 증가함을 알 수 있다.

이상의 결과 CDMA 시스템이 아나로그 FM 시스템에 주는 영향은 아나로그 FM 시스템이 CDMA 시스템에 주는 영향에 비해 무시할 수 없음을 알게된다.

따라서 CDMA 시스템이 아나로그 FM 시스템에 미치는 영향을 우선 고려할 필요가 있다.

IV. 실험 및 검토

현용 우리나라 제 1 이동통신의 아나로그 FM 시스템과 향후 제 1, 제 2 이동통신에 도입 사용될 CDMA 디지털 시스템이 동일 셀 또는 근접 셀에서 병용되는 경우, 주파수 재 활용률을 높이고 통신용량을 크게하기 위한 최적 주파수 이격거리를 구함에 그 목적을 둔다.

크게 CDMA 기지국이 아나로그 FM 이동국에 미치는 영향과 아나로그 FM 기지국이 CDMA 이동국에 미치는 영향 등으로 구별되나, 후자는 전자에 비해 그 영향을 무시할 수 있으므로¹⁶⁾ 전자의 경우를 시험하였다.

1. 시험망 구성

주파수 이격거리와 경로손실에 따라 CDMA 기지국이 아나로그 FM 이동국에 미치는 간섭을 고찰하기 위해 그림 6과 같이 시험망을 구성하고, 시험용 채널은 현재 사용하지 않고 있는 B밴드 대역의 589번 채널(887.67MHz)을 선택 하였다.

94년도 "한국통신학회 하계종합학술발표 논문집"의 연구 발표¹⁷⁾결과는 CDMA 기지국의 ERP를 100W (50dBm)로 가정하여 구한 결과로서 이는 현용 이동

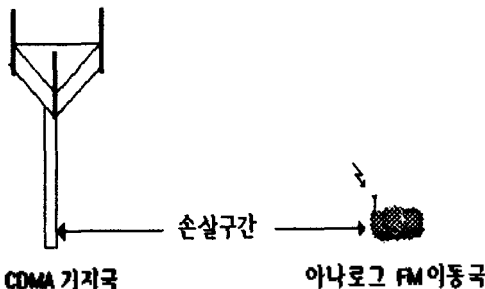


그림 6. 시험망
Fig. 6. Experimental Network

통신 시스템에서 사용하는 기지국 출력과는 상당한 차이가 있었다.

따라서 본자는 현실성과 실용성에 근거하여 CDMA 기지국의 최대 출력을 우리나라의 중 소형 아나로그 FM 기지국과 동일한 0.91 W ERP (30dBm), 2.29 W ERP (33.6dBm), 5.75 W ERP (37.60dBm), 14.45 W ERP (41.6dBm)로 기준하고, III급 아나로그 FM 이동국이 경로손실 80dB, 120dB인 지점에 위치할 때 주파수 이격거리에 따른 CDMA 기지국으로 인한 아나로그 FM 이동국의 수신 간섭량을 각각 측정하였다.

2. 시험방법

2-1. 시험 상황 설정

최소 통화 가능 수신신호전력을 -95 dBm 으로 기준하였을 때, 아나로그 FM 기지국의 출력에 대응한 최대 허용 경로손실과 통화거리는 표 2와 같다.

표 2. 기지국 출력에 따른 경로손실과 통화거리
Table 2. Path loss and coverage area for Output of BS

출력 W ERP	14.45	5.75	2.29	0.91
허용경로손실 [dB]	-137	-133	-129	-125
최대통화거리 [m]	1,000	700	500	400

※수신신호전력 -95dBm 기준 (3.1623×10^{-13} [W])

표 2로 부터 시험을 위한 경로손실은 80dB와 120dB 임을 확인하였고, 수신 경로잡음은 동일 환경하의 공간 백색 가우시안 잡음으로 전제하여 잡음지수(잡음 전력과 신호전력의 비)를 구하고, 이에 따른 최적 주파수 이격거리를 구하였다.

일반적으로 자유공간 경로손실 $L_p(r) = 10 \log(4\pi d/\lambda)^2$ 로써 거리의 제곱에 비례하지만 본자는 이동통신 환경의 특이성을 고려하여 경로손실이 거리의 3승에 비례하는 것으로 가정하여 시험하였다.

$$\text{즉, } L_{P.M} = 10 \log(4\pi d/\lambda)^3 \text{이다.}$$

레이리 페이딩 환경에서 $(S/N)_{FM}$ 은 $38.23 \text{ dB}^{18)}$ 이다. 여기서 일반적인 아나로그 FM 이동 단말기는 다이버시티를 갖고있지 않으므로 이의 이득을 "0"으로 하였다. 그러나 이동통신공간의 특수성을 고려하여 본실험에서는 $(S/N)_{FM}$ 을 30dB로 기준하고 이 때 최적 주파수 이격거리를 산출하였다.

2-2. 시험

아나로그 FM 기지국과 CDMA 기지국의 출력이

표 3. 아나로그 FM 이동국의 간섭량과 잡음지수

Table 3. The Noise Figure and Interference of Analog FM MS

채널	중심주파수 [MHz]	이격거리 [KHz]	간섭량 [dBm]	잡음지수 [dB]
559	888.57	900	-99	48.54
561	888.51	840	-90.4	39.94
563	888.45	780	-83	32.54
565	888.39	720	-76.5	26.04
567	888.33	660	-70	19.54
569	888.27	600	-63.2	12.74
571	888.21	540	-59	9.54
573	888.15	480	-57	8.00
575	888.09	420	-55.7	6.53
577	888.03	360	-55.5	4.95
579	887.97	300	-54	4.77
581	887.91	240	-53.5	3.52
583	887.85	180	-53.2	3.52
585	887.79	120	-52.8	2.55
587	887.73	60	-52.4	2.55
589	887.67	0	-52	1.76
591	887.61	-60	-52.1	1.76
593	887.55	-120	-52.2	1.76
595	887.49	-180	-52.3	2.55
597	887.43	-240	-52.4	2.55
599	887.37	-300	-52.5	2.55
601	887.31	-360	-52.7	2.55
603	887.25	-420	-53	2.55
605	887.19	-480	-54.5	4.77
607	887.13	-540	-56.6	6.53
609	887.07	-600	-59.2	9.54
611	887.01	-660	-64	13.54
613	886.95	-720	-71.5	21.04
615	886.89	-780	-80.5	30.04
617	886.83	-840	-88.4	37.93
619	886.77	-900	-96	45.55

* 경로손실 80dB인 경우

채널	중심주파수 [MHz]	이격거리 [KHz]	간섭량 [dBm]	잡음지수 [dB]
559	888.57	900	-	-
561	888.51	840	-	-
563	888.45	780	-	-
565	888.39	720	-130	39.54
567	888.33	660	-120	29.54
569	888.27	600	-114.5	24.04
571	888.21	540	-107.8	17.34
573	888.15	480	-103	12.54
575	888.09	420	-98	7.56
577	888.03	360	-96.3	5.85
579	887.97	300	-94.5	4.05
581	887.91	240	-94	3.54
583	887.85	180	-93.6	3.14
585	887.79	120	-93	2.54
587	887.73	60	-92.5	2.05
589	887.67	0	-92.17	1.71
591	887.61	-60	-92.2	1.74
593	887.55	-120	-92.3	1.84
595	887.49	-180	-92.4	1.95
597	887.43	-240	-92.8	2.34
599	887.37	-300	-94.1	3.64
601	887.31	-360	-94.5	4.04
603	887.25	-420	-97	6.53
605	887.19	-480	-99.8	9.33
607	887.13	-540	-103.2	12.74
609	887.07	-600	-108.3	17.84
611	887.01	-660	-120.4	29.94
613	886.95	-720	-131	40.54
615	886.89	-780	-	-
617	886.83	-840	-	-
619	886.77	-900	-	-

* 경로손실 120dB인 경우

각각 0.91W ERP (30dBm)이고, 경로손실이 각각 80 dB, 120dB인 점에 아나로그 FM 이동국이 위치할 때, 주파수 이격거리 30KHz 마다 간섭량(W, dBm)을 측정 한 결과와 잡음지수는 표 3과 같다.

그림 7은 주파수 이격거리와 경로손실에 따른 아나로그 FM 이동국의 간섭량이고 그림 8은 주파수 이격거리와 경로손실에 따른 잡음지수이다.

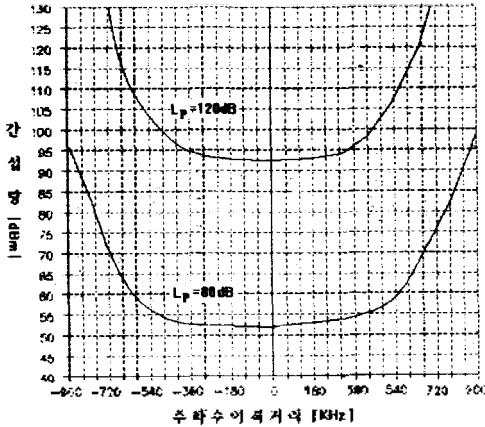


그림 7. 주파수 이격거리와 경로손실에 따른 아나로그 FM 이동국의 간섭량

Fig. 7. The Interference of Analog FM MS for frequency offset and Path Loss

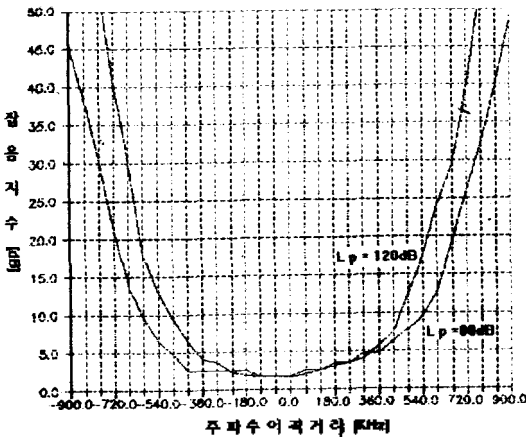


그림 8. 주파수 이격거리와 경로손실에 따른 아나로그 FM 이동국의 잡음지수

Fig. 8. The Noise figure of Analog FM MS for Path Loss and Path Loss

2-3. 결과분석

그림 7에서 아나로그 FM 단말기가 CDMA 기지국으로 부터 받은 간섭량은 주파수 이격 거리와 경로손실에 반비례함을 구체적으로 확인할 수 있었다. 수신 간섭량을 기저로 하여 구한 잡음지수는 그림 8과 같다.

여기서 양질의 통화를 위한 아나로그 FM 이동통신의 잡음지수 35dB를 기준으로 할 때 경로손실이 80dB인 경우, 채널간 주파수 이격거리는 약 840KHz 인 반면, 경로손실이 120dB인 경우 채널간 주파수 이격거리는 약 720KHz 였다. 이상의 결과 주파수 이격거리는 경로손실에 반비례하므로 주파수 이격거리를 단축하므로 주파수 재사용율을 높이기 위해서는 통화가능 수신 전력량(-95~-102dBm)의 허용범위내에서 기지국의 출력은 최소화되어야 한다.

다시 말해 하나의 기지국은 접경지역의 신호수신 전력량이 약 100dBm이 되도록 그 최대 출력을 조절 할 필요가 있다.

광주광역시를 중심으로 한 이동통신 공간에서 실측한 데이터에 의하면 기지국의 평균 접경지역 수신 신호 전력량은 약 -75dBm 이다. 표 2의 결과는 기지국 출력 대비 최대 cover area가 현용 기지국 출력에 비해 상당히 크다. 따라서 상호간섭을 줄여 SNR을 증대시킴은 물론 주파수 이격거리를 줄이기 위해서는 cover area에 대응하는 출력을 하향 조정 할 필요가 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 향후 우리나라 디지털 이동통신의 자율표준으로 도입된 CDMA 시스템이 현용 아나로그 FM 시스템과 동일 또는 인접 기지국에서 공용됨에 따라 발생할 수 있는 제 상황 중 가장 크게 간섭을 주는 CDMA 기지국이 아나로그 FM 이동국에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 이때 CDMA 시험 기지국의 최대 출력은 0.91 W ERP였다.

실험을 통하여 이동통신 환경하에서 두 시스템간 최적 주파수 이격거리를 구하기 위해 경로손실과 주파수 이격거리, 잡음지수와 주파수 이격거리를 고찰하였다. 이로써 기지국의 coverage area에 따른 한계 출력 또한 구할 수 있었다.

이상의 실험 결과로부터 다음을 확인하였다. 첫째, 아나로그 FM 이동국이 CDMA 기지국으로 부터 받은 간섭량은 주파수 이격거리와 경로손실에 반비례

함을 확인할 수 있었다. 다시 말해 35dB의 S/N비를 기준하였을 때 국간 경로손실이 80dB인 경우 최소 주파수 이격거리는 약 840KHz이고, 국간 경로손실이 120dB인 경우 최소 주파수 이격거리는 약 720KHz이다.

둘째, 신호 상호간 간섭을 줄여 S/N을 증대시킴은 물론 주파수 이격거리를 최소화 하기위해서 기지국은 접경지역의 신호수신 전력량이 약 100dBm이 되도록 그 최대 출력을 조절할 필요가 있다.

셋째, 현용 우리나라 아나로그 FM 기지국 출력은 셀 환경에 비해 과대한 출력으로 운용되고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 셀 크기에 따른 최적 출력의 재산출이 요구된다.

이 밖의 현용 우리나라 기지국의 각 출력(2.29 W ERP, 5.75 W ERP, 14.45 W ERP)의 경우에도 기고한 논문과 동일한 방법으로 고찰한 결과를 얻었으나 지면 관계상 생략하였다.

참 고 문 헌

1. Ake Lundqvist & Kurt Hellstrom, "Trends in mobile communication", 디지털 셀룰러 기술개발 세미나, Nov. 1991.
2. Allen Salmasi, "An overview of code division multiple access applied to the design of personal communication networks", Processings of the second WINLAB workshop, Oct. 18-19, 1990.
3. W. C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications Systems, McGraw-Hill, 1989.
4. W. C. Y. Lee, "Overview of Cellular CDMA", IEEE Trans. Vehicular Tech., Vol. VT-40, pp. 291-302, May 1991.
5. R. L. Pickholtz, D. L. Schilling, and L. B. Milstein, "Theory of spread-spectrum communications-A tutorial", IEEE Trans. Commun., Vol. COM-30, pp. 855-884, May 1982.
6. R. W. Hoeh, "Impact upon GPS User Segment of GPS Conversion to WGS-84 Earth Model", 43rd Annu. Meeting of Inst. of Navi, Conf. Jan. 1987.
7. 전년강, 아날로그와 디지털통신-통신방식의 기초와 응용-, 청문각, pp. 586-588, 1994.
8. R. E. Zimmer and R. L. Peterson, Digital Communications and Spread Spectrum Systems, Macmillan, 1985.
9. Proceeding of CDMA Digital Cellular Technology

- Forum, Feb. 23-24, 1993.
10. K. Gilhousen et al. "On the Capacity of a Cellular CDMA System", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 40, no. 2, pp. 303-312, May 1991.
11. Qualcomm Inc., "Introduction to CDMA and the CAI", May 1992.
12. Result of the Field Trials, Dec. 4~5, 1991, CTIA.
13. Processing of CDMA Digital Cellular Technology Forum, Feb. 23-24, 1993.
14. 전파통신 국제 심포지엄, 연세대학교, 전파통신연구소, June 1993
15. TIA/EIA/IS-95, Mobile Station Capatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System, July 1993.
16. QUALCOMM CO., CDMA System Engineering Training Handbook-Volume2, pp. 10-49~10-50, January 1994.
17. 김향식, 최성찬, 광벽렬, 정관도 "CDMA 시스템이 AMPS 시스템에 미치는 전파간섭의 실험적 고찰", 한국통신학회 '94년도 하계종합학술발표회 논문집, pp. 521-524, 1994. 7. 21
18. 성태경, 차균현, Cellular Mobile Systems, pp. 397~380, January 1993.

▲朴 暢 均



1944년 1월 25일생
 1968년 2월 : 조선대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)
 1977년 3월~1979년 2월 : 동국대학교 대학원 전자공학과 석사과정 졸업(공학석사)
 1974년 3월~현재 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 교수

※주관심분야: 신호처리, 통신기술 등

▲▲ 仁 煥



1963년 9월 24일생

1986년 2월 : 조선대학교 공과대
학 전자공학과 졸
업(공학사)

1986년 3월~1988년 2월 : 조선대
학교 대학원 전자공
학과 석사과정 졸업
(공학석사)

1988년 9월~1991년 8월 : 조선대
학교 대학원 전기공
학과(전자공학 전
공) 수료

1992년 3월~현재 : 송원전문대학 전자과 전임강사

※주관심분야 : 음성 신호처리, 디지털통신 등