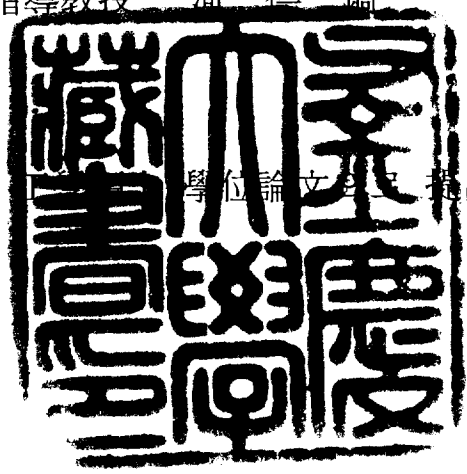
工學碩士 學位論文

CDMA 周波數帶(800MHz)에서 受信되는 不要 放射波 除去 方案에 관한 硏究

指導敎授 河 德 鎬



이 論文을 學位論文으로 提出함

2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

金 鍾 孝

이 論文을 金鍾孝의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2001年 12月 15日

主 審 工學博士 鄭 信 一

委 員 工學博士 金 成 篔

委 員 工學博士 河 德 鎬 ㊞

목 차

Abstract i

그림목차 iv

표목차 v

제1장 서 론 1

제2장 불요파 발생요인 2

2-1. TV부스터에 의한 불요파발생 2

2-2. TRS주파수에 의한 불요파 발생 4

2-3. RF중계기에 의한 불요파 발생 6

2-4 기타 불요파 발생 11

제3장 불요파 측정 24

3-1 불요파 측정 원리와 배경 24

3-2 불요파 측정개요 및 시스템 구성 27

3-3. 불요파 측정 데이터 분석 31

제4장 불요파 제거방안 36

4-1 TV혼신 방지책 36

4-2 TRS주파수에 의한 간섭방지책 37

4-3 RF중계기에 의한 불요파 방지책 39

4-4 공장라인에서의 불요파 방지책 40

4-5 불요파제거 결과분석 41

제5장 결 론 44

참고문헌

A Method of Eliminating Unwanted Emission Signals Receiving within CDMA Frequency Band(800MHz)

Jong-Hyo Kim

Department of Telematics Engineering, Graduate School of Industry Pukyong National University

Abstract

This thesis covers problems and solutions of unwanted emission waves from cellular wireless frequency band(800MHz), especially emitted from TRSs, RF repeaters and TV boosters. For improving poor qualities in conversations by mobile phone which is caused by unwanted emission waves, the origin of the problems and solutions should be analyzed. For solving these problems a preliminary field test was made to observe the unwanted emission signals both in an urban area and the housing area. In these field tests, we measured

the spurious signals using a spectrum analyzer which is composed in the mobile mesurement systems within the vehicle unit. In this thesis both the unwanted emission problems and the solving methods are described. As for conducting the field tests which is mainly measured the spurious signals and sloving the unwanted emission problems, we focussed on the TV boosters, TRS waves and RF repeater signals.

From the field tests and analysis, it can be clearly seen that the unwanted emission waves which are usually emitted from -60dBm to -80dBm could be eliminated below -100dBm by installing filters at TV boosters or base station systems of TRS. And also, handling the strength of the radio frequency emitted from RF repeaters could be also eliminated from an another solution.

In addition, after the sloving the unwanted emission problems we analyzed the transmission qualities such as traffic rates, completion rates and call drop rates using the mobile measurement systems which is usually used in the service quality tests. From this service quality tests, it can be concluded that the service quality is markedly improved by eliminating the spurious signals from the unwanted emission devices.

To evaluate subjectively the overall voice quality it will be necessary to investigate and solve all kinds of unwanted emission

problems caused by the other RF devices contained with TV booster, TRS systems and RF repeaters described in this thesis. This will be done in a future research.

그림목차

그림 2-1 UHF TV대역과 셀룰라 주파수 분배표 2
그림 2-2 TRS와 셀룰라 주파수 분배 4
그림 2-3 서비스망 구성도(중계기+기지국) 7
그림 2-4 Minimum Spurious Emission 8
그림 2-5 중계기 전원 차단시 기지국 수신단에서의 In-band Noise Power 9
그림 2-6 중계기 전원 인가시 기지국 수신단에서의 In-band Noise Power (중계기 이득 80dB설정) 10
그림 2-7 중계기 전원 차단시 기지국 수신단에서의 In-band Noise Power (중계기 이득 90dB설정) 10
그림 2-8 순방향 Link에서 다른 Cell에 의한 간섭 15
그림 2-9 순방향 Link에서 (r, θ) 위치에 있는 이동국의 다른 Cell에 의한 간섭 17
그림 2-10 역방향 Link에서의 간섭 19
그림 2-11 d/R에 대한 다른 셀에 의한 간섭 함수 P'(d) 21
그림 3-1 스펙트럼 분석기의 개요 25
그림 3-2 스펙트럼 분석기의 측정 항목 26
그림 3-3 RF감시장치 시스템 구성도 29
그림 3-4 차량장착 구성도 30
그림 3-5 차량내부 구성도 31
그림 3-6 TV부스터에 의한 불요파 32

그림 3-7 RF중계기에 의한 불요파 발생 33
그림 3-8 TRS에 의한 불요파 발생 34
그림 3-9 공장설비에 의한 불요파 발생 34
그림 4-1 TV혼신제거용 FILTER 적용방법 36
그림 4-2 TV혼신제거용 FILTER 37
그림 4-3 TRS 불요파 제거 작업후 파형 42
그림 4-4 TV부스터 불요파 제거 작업후 파형 43

표목차

[표 2-1] TRS주파수 및 IM분석 5
[표 2-2] 셀룰라 주파수 대역 영향신호 6
[표 2-3] 역방향 Link에 대한 다른 Cell에 의한 계산 22
[표 3-1] 기지국 송수신 주파수 할당 28
[표 4-1] RF중계기 특성시험 항목표 39
[표 4-2] 공장 Shield Box처리후 기지국 소통비교 40
[표 4-3] TRS시스템에 필터사용후 소통비교 42
[표 4-4] TV부스터에 필터사용후 소통비교 43

제1장 서론

최근 무선통신 서비스가 폭발적인 수준으로 성장해가고 서비스의 종류도 매우 다양해짐에 따라 무선환경이 서비스의 품질에 직접적으로 영향을 주게되어 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히 불요파에 대한 문제점은 문제성도 심각하지만 해결하는데 있어서도 많은 인력과 시간을 소요한다. 본 논문에서는 처리하는 방법에 있어서 우선 실제의 현장측정조사에 입각한 무선환경을 파악하고 무선환경 및 불요파 발생원인 등을 면밀히 분석조사 하였다. 그리고 불요파 방사체의 존재확인과 그 해결책을 CDMA시스템의 주파수대역에의 혼입여부를 파악함으로써 해결방안을 제시하였다.

본 논문에서는 CDMA주파수 800MHz대역에서 발생하였던 불요파 발생원인을 실제현장 측정조사를 통하여 파악하고 그 해결방안을 현실에 맞게 제시하고자 한다. 2장에서 TV부스터, TRS, RF중계기, 그리고 그외의 부분에서 발생되는 불요파 요인에 대해서 밝힌다. 3장에서는 불요파를 해결하기 위한 측정시스템과 측정을 시행하게 되는 개요 그리고, 각 종류별 불요파 측정에 대한 분석방법을 제시한다. 4장에서는 분석에 대한 각 해결방법을 설명하고 마지막으로 5장의 결론부분에서 그 방안을 제시하고자 한다.

제2장 불요파 발생요인

2.1 TV부스터에 의한 불요파 발생

UHF TV와 800MHz대의 셀룰라 이동전화 시스템간에는 다음과 같은 간섭이 발생될 수 있다. 셀룰라 이동전화 시스템과 TV방송서비스간의 사용 주파수는 많이 떨어져 있고, UHF TV방송 송신기는 고출력이므로 셀룰라 이동전화 시스템이 TV방송에 영향을 주는 간섭은 매우 적다. 기지국 송신 주파수가 TV채널보다 90MHz 높은 경우에는 가정용 TV의 영상 주파수가 800MHz대의 셀룰라 이동전화 시스템에 간섭이 될 가능성이 있는 경우를 그림 2-1에 예시하였다.

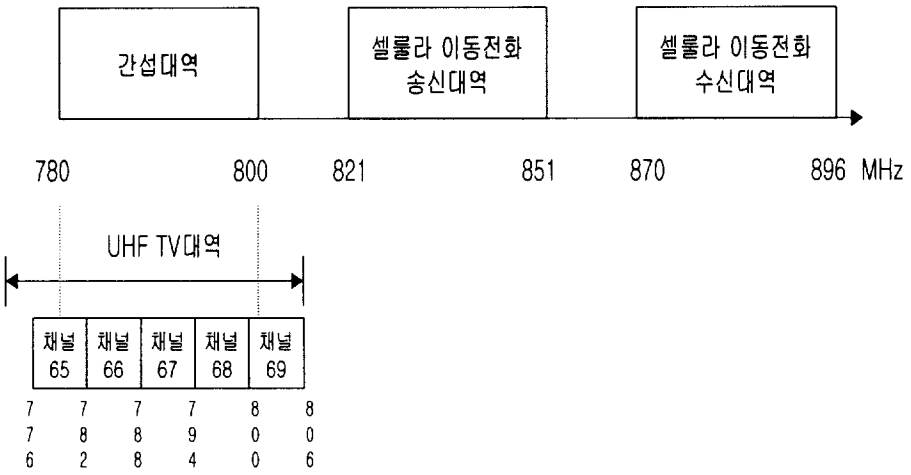


그림 2-1 UHF TV대역과 셀룰라주파수 분배표

그림 2-1에서 나타낸 바와 같이 다음의 두 조건에서는 800MHz대의 셀룰라 이동전화 시스템과 TV채널간에 생기는 간섭중에서 단말기에 혼신을 주게 된다.

(1) 단말기가 TV수상기 근처에 있을 때

$$2f_{Tm} - f_{T,TV} = f_{R_M} \tag{2-1}$$

$$2f_{Tm} = 2(f_{R_M} - 45) \tag{2-2}$$

$$F_{T,TV} = 2f_{Tm} - f_{R_M} = f_{R_M} - 90MHz \tag{2-3}$$

여기서, f_{Tm} : 단말기 송신주파수

f_{R_M} : 단말기 수신주파수

f_{TC} : 기지국 송신주파수

f_{RC} : 기지국 수신주파수

$f_{Tm} = f_{RC} = f_{TC} - 45MHz$

$f_{R_M} = f_{TC} = f_{Tm} + 45MHz$

$f_{T,TV}$: TV 송신주파수

가 된다. 따라서 그림 2-1에서와 같이 수신주파수는 870MHz에서 890MHz이고 TV주파수는 780MHz와 800MHz사이에 있으므로 식 (2-1)에서와 같이 이동용 단말기에 혼신을 준다.

(2) 기지국 근처에 TV가 있을 때

$2f_{RC} - f_{T,TV} = f_{TC}$ 인 경우 (2-4)

$f_{RC} = f_{TC} - 45$ 이므로 (2-5)

$f_{RC} = 2f_{RC} - f_{T,TV} - 45 = f_{T,TV} + 45$ (2-6)

가 되어 TV 주파수는 기지국 수신기에 혼신을 준다. 기지국이 TV 방송국으로부터 1.6 Km이내에 있으면 혼신이 일어날 수 있으나 기지국과 TV방송국이 아주 근접해 있으면 혼신은 오히려 감소하지만 TV부스터의 경우는 문제가 될 수 있다. 따라서 차폐와 접지문제를 고려하고 해결하면 이런 경우의 혼신은 발생하지 않을 것이다.

2.2 TRS(Trunked Radio System)주파수에 의한 불요파 발생

셀룰라 주파수대에 가장 인접되어 있고 또 불요파 발생이 많이 나타나는 것이 TRS주파수 대역이다. TRS송수신 주파수는 셀룰라 송수신 주파수와 2MHz정도의 간격만을 두고 서비스를 하고 있다. 그림 3-1은 TRS와 셀룰러의 주파수 할당내역을 나타낸 것이다. 주파수가 인접되어 있을수록 그만큼 상호간의 간섭도 크겠지만, TRS의 경우 셀룰라보다 높은 출력으로 서비스되기 때문에 셀룰라의 수신 주파수에 인접

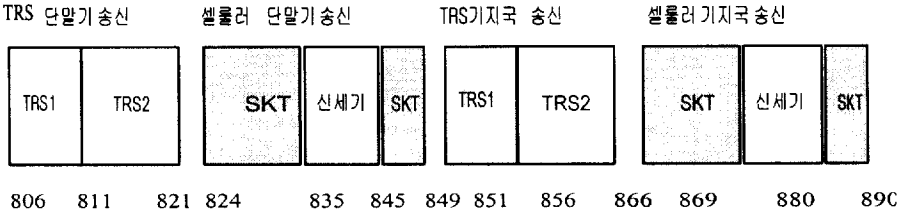


그림 2-2 TRS와 셀룰라 주파수 분배

되어 있을수록 영향을 주게 된다. TRS 기지국에서 발생되는 송신 IM(Inter Modulation)이 이동전화 기지국 또는 중계기의 수신안테나에 -110dBm이상 입력될 경우 CDMA기지국 통화품질에 영향을 초래할 수 있다. 그리고, CDMA중계기 및 기지국의 수신 측에 입력되는 TRS 기지국의 반송파 신호 세기가 -20dBm을 초과할 경우 수신 IM이 발생되어 통화품질에 영향을 줄 수 있다.

[표 2-1] TRS주파수 및 IM분석

구분	Cont_ 채널	주파수:f1 (MHz)	통화 채널	주파수:f2 (MHz)	3차 IM		5차 IM	
					2f1-f2	2f2-f1	3f1-2f2	3f2-2f1
그룹 A	A1	851.3875	A3	853.3875	849.3875	855.3875	847.3875	857.3875
			A4	854.4375	848.3375	857.4875	845.2875	860.5375
			A5	855.4375	847.3375	859.4875	843.2875	863.5375
			B5	855.8875	846.8875	860.3875	842.3875	864.8875
	A2	851.8875	A3	853.3875	850.3875	854.8875	848.8875	856.3875
			A4	854.4375	849.3375	856.9875	846.7875	859.5375
			A5	855.4375	848.3375	858.9875	844.7875	862.5375
			B5	855.8875	847.8875	859.8875	843.8875	863.8875
그룹 B	C1	851.4375	C3	853.4375	849.4375	855.4375	847.4375	857.4375
			C4	854.8875	847.9875	858.3375	844.5375	861.7875
			C5	855.3875	847.4875	859.3375	843.5375	863.2875
			B5	855.8875	846.9875	860.3375	842.5375	864.7875
	C2	852.3875	C3	853.4375	851.3375	854.4875	850.2875	855.5375
			C4	854.8875	849.8875	857.3875	847.3875	859.8875
			C5	855.3875	849.3875	858.3875	846.3875	861.3875
			B5	855.8875	848.8875	859.3875	845.3875	862.8875

TRS control채널의 (A1,A4)(A1,A5)(A1,B5)(A2,A5)(A2,B5)(C1,C4)(C1,C5)(C1,B5)(C2,B5)가 3차 IM 발생의 문제가 있고 (A1,A3)(A1,A4)(A1,B5)(A2,A3)(A2,A4)(C1,C3)(C1,B5)(C2,C4)(C2,C5)(C2,B5)가 5차 IM 발생 문제가 있음을 표 2-1과 표 2-2에서 잘 나타나는 것을 나타낸다.

[표 2-2] 셀룰라 주파수 대역 영향신호

FA	GROUP	3차 IM	5차 IM	중심 주파수	주파수 범위	사업자
1FA	A	(A1,A4),(A2,A5),(A2,B5)	(A2,A3)	848.37	847.71~849.37	SK
	B	(C1,C4),(C2,B5)				
2FA	A	(A1,A5),(A1,B5)	(A1,A3),(A2,A4)	847.14	846.38~847.80	
	B	(C1,C5),(C1,B5)	(C1,C3),(C2,C4)			
3FA	A		(A1,A4)	845.91	845.25~846.57	
	B		(C2,C5),(C2,B5)			
4FA	A			829.56	828.90~830.22	
	B					
1FA	A			848.37	838.92~840.24	신세기
	B					
2FA	A		(A1,B5)	847.14	841.38~842.70	
	B		(C1,B5)			
3FA	A			845.91	836.46~837.78	
	B					

이와 같은 모든 경우는 필터를 제작하여 그 영향을 해결하고 있으나 근본적으로는 문제 발생의 소지가 많이 있다고 생각된다.

2.3 RF중계기에 의한 불요파 발생

CDMA방식을 채택하고 있는 사업자에게 주된 관심사는 용량증대, 품질 향상, 서비스영역 확대 등이다. CDMA 시스템의 용량과 품질은 간섭에 의하여 크게 영향을 받으므로 간섭을 최소화하려는 여러가지 노력들이 이루어지고 있다[1][2].

아울러 서비스 영역을 확대하기 위한 방법 중의 하나로 지하공간 또는 음영지역 해소를 위한 방안이 강구되고 있다. 이를 위해서 마이크로 기지국, 중계기 등의 사용이 고려될 수 있고 이 중 비교적 비용이 저렴하고 설치가 용이한 점으로 인해 중계기가 CDMA 시스템에도 많이 활용되고 있다. 그러나 중계기의 사용은 기지국의 성능 및 지상 서비스 또는 타 서비스에 영향을 줄 수 있으므로 중계기 서비스시 여러 가지 사항을 고려하여야 하고, 중계기에 의한 영향 분석을 통하여 적절한 운용조건을 도출하는 것이 필요하다.

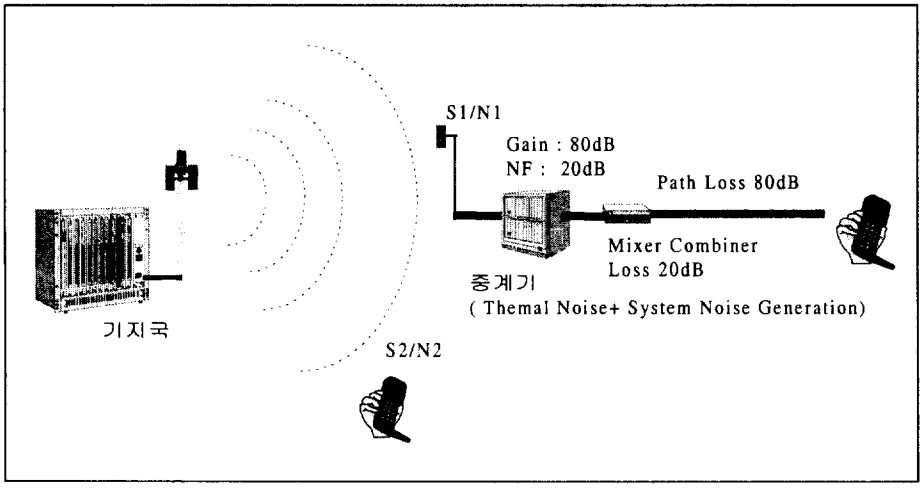


그림 2-3. 서비스망 구성도(중계기 + 기지국)

상호변조에 의한 잡음성분은 CDMA방식인 경우 Other Interference의 상승효과 뿐만 아니라 대역 내에 불필요한 잡음성분을 증가시키는 것을 의미하므로, 현재 CDMA 상용기지국에서 송신출력 조건의 규제는 매우 엄격하다. 따라서 중계기를 통한 Forward 및 Reverse Path에서

의 Spurious와 상호변조에 의한 왜곡 등 RF 특성은 상용 기지국 수준의 특성이 요구된다. 그림 2-4는 CDMA 기지국의 Minimum Spurious Emission 요구 조건이다[3]. 따라서 RF중계기는 다음 사항이 필수적이다.

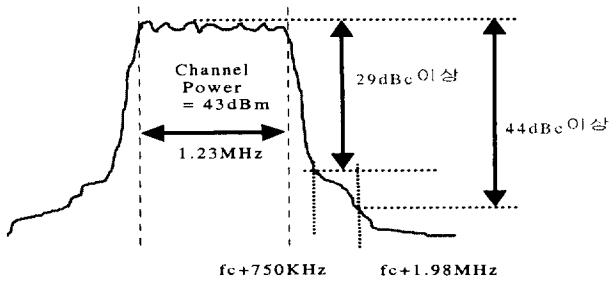


그림 2-4 Minimum Spurious Emission특성

1) 중계기에 의한 RF 특성 열화를 최소화
2) 대역내 IMD(Inter Modulation Distortion)특성을 최소화
3) 타 사업자 영향과 관련된 Out of band Spurious Emission 특성을 고려
4) 엄격한 송신 Spurious Emission 특성 필요

현재 운용 중인 지하철 중계기에 의한 기지국의 영향을 시험한 것이 그림 2-5와 그림 2-6 그리고 그림 2-7이다. 중계기의 이득 변화에 따라 기지국 수신단 중 LNA 후단의 Test 단자에서 측정한 값으로, 통화가 없는 상태에서도 Noise Floor가 상승하므로써 기지국에 영향을 미

침을 측정하였다. 그림 2-5는 중계기의 전원을 차단한 후의 기지국 수신단 Channel Power를 측정한 것으로 수신되는 Channel Power가 -79.38dBm/1.23MHz 인데 비해 그림 2-6에서 보인 바와 같이 중계기의 이득을 80dB로 설정하였을 경우에는 수신되는 채널전력이 -77.42dBm/ 1.23MHz로 2dB 가량의 Noise Floor 상승 효과를 가져옴을 알 수 있다. 이는 기지국에 37%의 Loading 효과와 같다. 특히 중계기의 이득을 90dB로 설정한 그림 2-7의 경우는 수신되는 채널전력이 -74.37dBm/1.23MHz로 5dB 이상의 Noise Floor 상승 효과를 가져옴으로써 69%의 Loading 효과와 같은 결과를 초래하게 된다. 그러므로 중계기의 Reverse Gain의 설정은 기지국에서의 In-band Noise Power와 관련되므로 중계기의 Gain과 Noise Figure는 중요한 파라미터로써 사용된다.

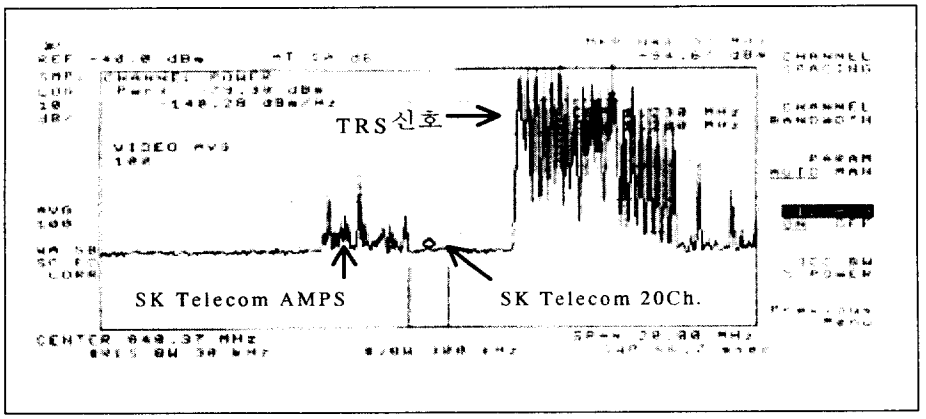


그림 2-5 중계기 전원 차단시 기지국 수신단에서의

In-band Noise Power

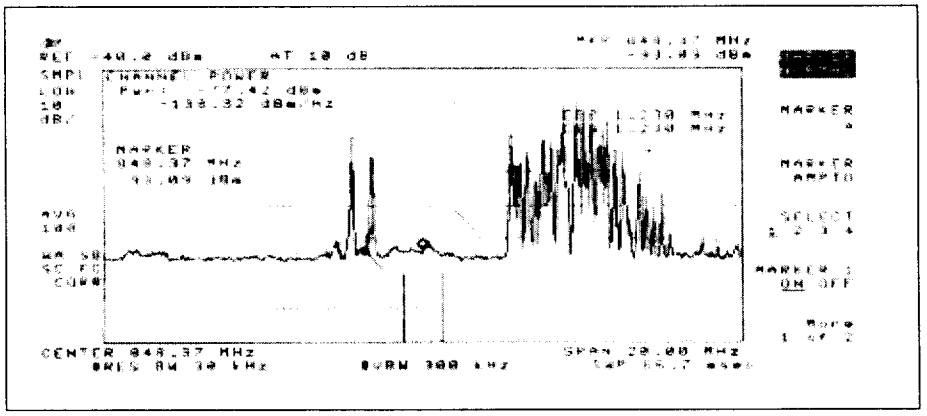


그림 2-6 중계기 전원 인가시 기지국 수신단에서의 In-band Noise Power (중계기 이득 80dB설정)

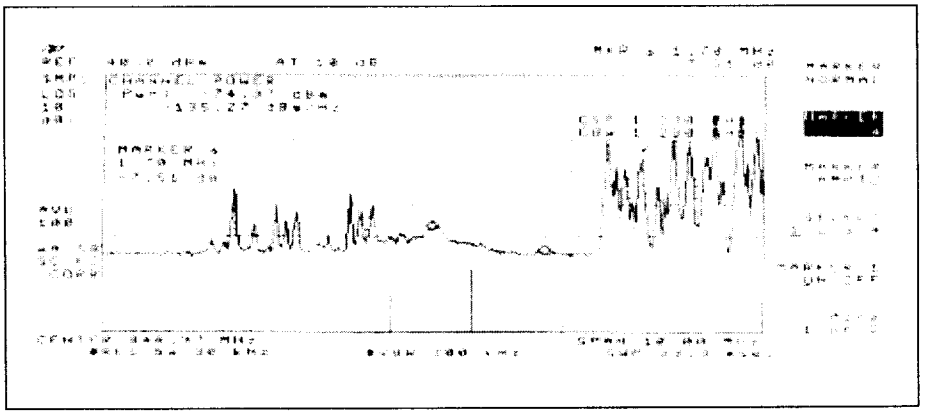


그림 2-7 중계기 전원 인가시 기지국 수신단에서의 In-band Noise Power (중계기 이득 90dB설정)

2.4 기타 불요파 발생

2.4.1 순방향 Link 동일 채널 간섭

(1) 동일 Cell 내의 간섭

이론적으로는 CDMA의 순방향 채널은 직교하기 때문에 같은 Cell 내에서는 순방향 Link 간섭이 생기지 않는다. Pilot 채널을 포함하고 있는 어떤 순방향 Link 채널은 적절한 Walsh 함수의 역확산 chip 열과 곱하고 Walsh 함수의 주기인 64 chip 동안 합산함으로써 선택되어질 수 있다. 이러한 처리의 결과는 다른 순방향 채널의 간섭이 없는 선택된 기저 대역 데이터 열이다. 하지만 이동 무선 채널에서는 이동국의 위치에서의 다중 경로 수신으로 인해서 같은 Cell에서 간섭이 발생한다.

이동국에서 기지국으로부터 보내온 필요한 신호 에너지와 다중 경로에 의한 간섭의 전체 수신 스펙트럼 밀도를 $\Gamma_{0,f}$라고 하자. k번째 다중 경로 신호 성분의 비교 전력을 β_k ($0 \le \beta_k \le 1$)라고 하면, k번째 경로에 의한 $\Gamma_{0,f}$의 비는 다음과 같다.

$$\Gamma_{0,k} = k\text{번째 경로에 의한 스펙트럼 밀도} = \beta_k \Gamma_{0,f} \qquad (2\text{-}7)$$

정의에 의해 만약 K 다중 경로가 있다면 전체 스펙트럼 밀도는 다음과 같다.

$$\Gamma_{0,f} = \sum_{k=1}^{K} \Gamma_{0,k} = \Gamma_{0,f} \sum_{k=1}^{K} \beta_k \quad or \quad \sum_{k=1}^{K} \beta_k = 1 \qquad (2\text{-}8)$$

K 개의 수신기가 있고 각 수신기는 K 개의 다중경로 중에 하나를 수

신한다고 하자. 특정 순방향 Link 채널에 대해 기지국으로부터 수신하는 전체 bit 에너지를 E_{b0}라 하면 j번째 수신기에 입력되는 bit 에너지는 다음과 같다.

E_{bj} = j 번째 경로에 대한 bit 에너지 $= \beta_j E_{b0}$ (2-9)

j번째 경로에 대한 같은 Cell 내의 스펙트럼 밀도 Γ_{scj} 는 다음과 같다.

$$\Gamma_{scj} = \sum_{k \neq j} \beta_k = \Gamma_{0,f}(1 - \beta_j) \quad (2\text{-}10)$$

그러므로 j 번째 다중 경로를 수신한 복조기에서의 잡음과 간섭에 대한 bit 에너지 밀도는

$$\frac{E_{bj}}{(N_{0,T})_j} = \frac{E_{b0}\beta_j}{N_0 + \Gamma_{0,oc} + \Gamma_{0,f}(1 - \beta_j')} \quad (2\text{-}11)$$

와 같다.

여기서, N_0 = 열 잡음 스펙트럼 전력 밀도

$\Gamma_{0,oc}$ = 다른 Cell에 의한 동일 채널 간섭 스펙트럼 전력 밀도

$\Gamma_{0,f}$ = 같은 Cell에서 수신되는 전체 스펙트럼 전력 밀도

$(N_{0,T})$ = j 번째 경로에 대한 전체 순방향 잡음과 간섭의 스펙트럼 전력 밀도

만약 K 경로 중에서 최대 비율의 결합이 이동국에서 사용된다면 가장 좋은 전체 bit 에너지 비는 다음과 같이 경로 bit 에너지 비의 합이 된다.

$$\frac{E_b}{N_{0,T}} = \sum_{i=1}^{K} \frac{E_{bj}}{(N_{0,T})_j} = \sum_{i=1}^{K} \frac{E_{b0}\beta_i}{N_0 + \Gamma_{0,oc} + \Gamma_{0,f}(1 - \beta_i)} \quad (2\text{-}12)$$

기지국 근처에 있는 이동국에 있어서 같은 Cell 내의 동일 채널 간섭이 지배적이기 때문에 식 (2-12)을 간략화 하면

$$\frac{E_b}{N_{0,T}} \approx \sum_{i=1}^{K} \frac{E_{b0}\beta_j}{\Gamma_{0,f}(1 - \beta_k)} = \frac{E_{b0}}{\Gamma_{0,f}} \sum_{i=1}^{K} \frac{\beta_j}{1 - \beta_j} = \frac{E_{b0}}{\Gamma_{0,sc}}$$

(2-13)와 같다.

여기서 $\Gamma_{0,sc}$는 간섭으로 작용하는 전체 수신 동일 cell 밀도 $\Gamma_{0,f}$의 일부분이다. 때문에 같은 Cell 내의 동일 채널 간섭에 대한 유효 스펙트럼 전력 밀도는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\Gamma_{0,sc} = \Gamma_{0,f} \div \sum_{j=1}^{K} \frac{\beta_j}{1 - \beta_j} < \Gamma_{0,f} \quad (2\text{-}14)$$

(2) 다른 Cell 에 의한 간섭

다른 CDMA 섹터와 cell의 기지국으로부터 수신되는 신호는 이동국 수신기에서는 간섭으로 작용한다. 다른 Cell로부터의 간섭 전력은 변동하는 경향이 있으며 정규 대수 랜덤 변수로서 표현될 수 있다. 이러한 대수 정규 랜덤 변수는 간섭 전력을 데시벨 (dBW 나 dBm)로 나타내면 정규적인 가우시안 랜덤 변수가 된다. 즉,

간섭 전력 (dBm) = 평균 (dBm) + 평균이 0인 가우시안 랜덤 변수

평균 간섭 전력은 전파 전력 손실 모델을 이용하여 예측 할 수 있다. 수학적으로 순방향 Link에서 다른 Cell 의 간섭은 아래와 같이 대수 정규 랜덤 변수로서 표현된다.

간섭 전력 (dB) $= 10\log_{10} I_i = 10\log_{10}\overline{I}_i + \sigma_{dB}\omega_i$

혹은

$$I_i = \overline{I}_i \times 10^{\sigma_{dB}\omega_i/10} = Const \times \frac{1}{r_i^{\gamma}} \times 10^{\sigma_{dB}\omega_i/10} \quad (2\text{-}15)$$

여기서

- $\overline{I}_i$ = 기지국 i 로부터의 전력의 평균 값
- r_i = i번째 기지국으로부터 이동국까지의 거리
- γ = 전파손실 거리계수 (멱수)
- ω_i = 평균이 0이고 분산이 1인 i번째 가우시안 랜덤 변수
- σ_{dB} = 6 dB에서 13 dB사이에서의 변동에 대한 표준 편차

다른 Cell에 의한 간섭을 분석하기 위해서는 식(2-15)에서 평균간섭치인 $\overline{I}_i$ 와 이동국의 공간적인 분산에 의한 영향을 고려하는 것만으로도 충분하다. 거리 r_i의 분산은 $\overline{I}_i$의 값을 결정하기 때문이다. 이동국의 분산을 논의하기 위해 주어진 위치 (r, θ_i)에서 이동국 수신기의 다른 Cell에 의한 간섭의 기하학을 고려 해보자. 그림 2-8에서 보는바와 같이 i번째 간섭 기지국까지의 거리는 다음과 같다.

$$r_i(r, d_i, \theta_i) = \sqrt{r^2 + d_i^2 - 2rd_i\cos\theta_i} \quad (2\text{-}16)$$

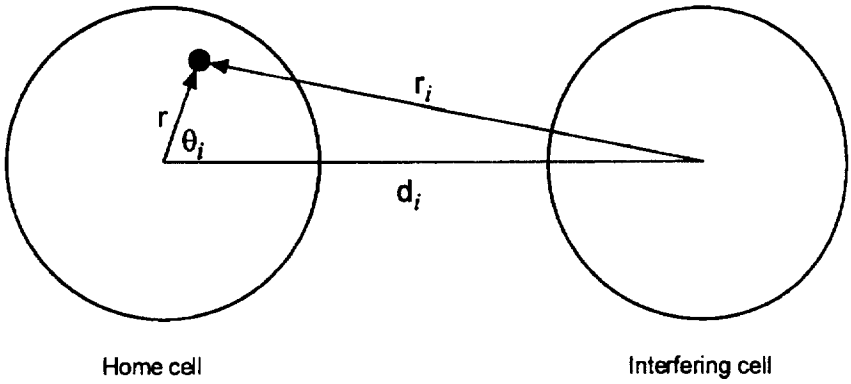


그림 2-8 순방향 Link에서 다른 Cell에 의한 간섭

여기서 d_i는 Cell간의 거리로서 home 기지국과 간섭 기지국 사이의 거리이다. Cell 간의 거리를 계산하기에 적합한 좌표계는 정육각형 Cell을 가정하는 것이다. 이러한 좌표계에서 home Cell의 주위에 간섭을 주는 Cell의 Ring이 나타나게 되고, 이들 Cell에서 home Cell까지의 거리는 중앙에서 코너까지의 Cell 반경 R_c나 중앙에서 side까지의 Cell 반경 R(= $\sqrt{3}R_c/2$)의 곱으로 나타내어진다. 그림 2-8 에 나타내어지는 것과 같이 이동국의 위치 (r, θ)와 각 간섭 Cell까지의 Cell간의 거리 d_i에 의존적이다.

한편, v멱수에 의해 신호가 일부분이 전파되었다고 가정하면 전파손실은 다음과 같다.

$$\text{전파손실 } L(r_i) = \frac{\text{수신된 간섭 전력 } (I_i)}{\text{전송 전력 } (P_t)} = const. \times r_i^{-v} \qquad (2\text{-}17)$$

여기서 P_t는 기지국에서의 전송 전력이고 r_i는 식 (2-16)에서의 거리를 나타낸다. 다른 Cell에 의한 간섭의 전체 전력의 평균값은 이웃한 Cell로부터 평균값의 합으로서 다음과 같이 나타내어진다.

$$I_{oc} = \sum_i I_i = \sum_i P_t \times L(r_i) = Pt\sum_i L(r_i) = Const \times P_t \sum_i [\, r_i(r, d_i, \theta_i)\,] \quad (2\text{-}18)$$

기지국으로부터의 전송 전력 P_t는 모든 Cell에서 같다고 가정하면

$$\theta_i = \theta + \begin{cases} Multiple\ of\ 60^\circ, & \text{첫 번째 } ring\ (6\ Cell) \\ Multiple\ of\ 30^\circ, & \text{두 번째 } ring\ (12\ Cell) \\ Multiple\ of\ \approx 20^\circ, & \text{세 번째 } ring\ (18\ Cell) \end{cases} \quad (2\text{-}19)$$

여기서 r_i는 i 차 Cell의 기지국으로부터 이동국까지의 거리를 나타낸다. I_{oc}는 (r, θ)로 표시되는 home Cell에서의 이동국의 위치의 함수가 된다. 정육각형 Cellular 대칭성을 가정했기 때문에 어떤 주어진 값 r에 대해서 θ 의 변화는 60° 의 주기를 가지고 30° + n · 60° 의 각에서 최대치를 가지게 되고 이때 이동국은 간섭 기지국에 가장 근접하게 된다.

S를 간섭을 배제한 상황의 이동국에서 수신하는 순방향 Link 전력이라고 하고 거리의 v멱수에 대한 비율로서 전파손실로서 나타내면 다음과 같다.

$$S = const. \times P_t \times r^{-v} \quad (2\text{-}20)$$

이동국에서 home cell에 대한 다른 Cell에 의한 간섭의 평균의 비는 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{I_{oc}}{S} = \sum_i \frac{r^\gamma}{[\, r_i(r, d_i, \theta_i)\,]^\gamma} = \sum_i \left[\frac{1}{\sqrt{(1 + (d_i/r)^2 - 2(d_i/r)\cos\theta_i}} \right]^v$$

$$= \sum_{i_1=1}^{6}\left[\frac{1}{\sqrt{(1+(d_{i_1}/r)^2-2(d_{i_1}/r)\cos\theta}}\right]^{v}\text{(first ring)}$$

$$+ \sum_{i_2=1}^{12}\left[\frac{1}{\sqrt{1+(d_{i_2}/r)^2-2(d_{i_2}/r)\theta_{i_2}}}\right]^{v} \quad \text{(second ring)}$$

$$+ \sum_{i_3=1}^{18}\left[\frac{1}{\sqrt{1+(d_{i_3}/r)^2-2(d_{i_3}/r)\theta_{i_3}}}\right]^{v} \quad \text{(third ring)}$$

$$+ \cdots \qquad (2\text{-}21)$$

이 비는 순방향 Link에서의 다른 Cell에 의한 간섭의 비교적인 중요성을 나타내며 링 Cell간의 거리 파라미터와 비교 각을 이용하여 계산할 수 있다.

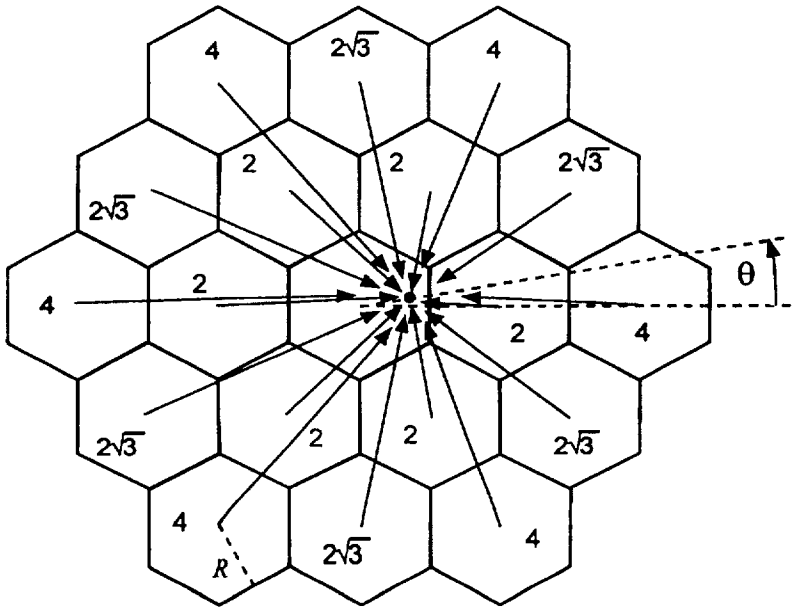


그림 2-9 순방향 Link에서 (r, θ) 위치에 있는 이동국의 다른 Cell에 의한 간섭

예를 들면 첫 번째 링의 6 개의 간섭 Cell들은 home 기지국으로부터 $d_{i_1} = \sqrt{3}R_c = 2R$ 거리에 있으며

$\{ \theta_{i_1}: \theta+0^o , \theta + 60^o , \theta + 120^o , \theta + 180^o , \theta + 240^o , \theta + 300^o \}$

의 각을 가지며 θ는 그림 2-9에서 보는 바와 같이 이동국 위치의 각 성분을 나타낸다.

3-4-2 역방향 Link의 동일 채널 간섭

(1) 같은 Cell에서의 간섭

역방향 Link에서 같은 Cell에 의한 간섭은 기지국 수신기에서의 다른 이동국에 의한 신호가 대부분이다. CDMA 시스템에서는 모든 이동국 사용자들이 같은 시간에 같은 대역폭을 점유하고 있다. 전체 잡음을 대역 제한된 백색 잡음으로 나타내는 것이 분석하기에는 용이하다. 기지국 수신기에서의 거의 대부분의 잡음은 간섭 이동국 신호 때문이다. 동시에 통화 예약 요청 전송을 할 수 있는 이동국 사용자의 수는 기지국에서 각 신호 전력을 동일하게 함으로써 최대가 되는 반면 가능하면 작게 할수록 만족할만한 Link 수행능력을 달성할 수 있다. 그래서 동적으로 이동국의 전송 전력을 제어하는 것은 역방향 Link 설계의 필수적인 부분이다. Cell에서 M 명의 이동국 사용자에 대해서 전력 제어를 하기 때문에 같은 Cell에서의 기지국 수신기에 대한 간섭 전력의 량은 다음과 같이 가정할 수 있다[4][5].

$$I_{sc} = (M - 1) \cdot S \cdot \alpha_\gamma \qquad (2\text{-}22)$$

여기서

· S = 수신기에서의 각 이동국의 전력

· α_γ = 역방향 Link의 음성 activity 요소의 평균

를 나타낸다.

(2) 다른 Cell에 의한 간섭

그림 2-10은 역방향 Link에서 다른 Cell에 의한 간섭을 기하학적으로 표현한 것이다. 전력 제어와 4차 전력 전파 법칙을 이용한 동일한 크기의 Cell이라 가정하면 기지국 B를 가지는 간섭 Cell에서의 이동국의 전송 전력은 다음과 같은 비율로서 표현된다[6].

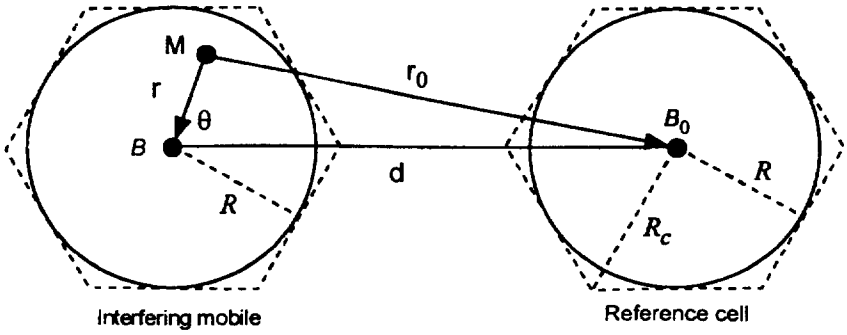


그림 2-10 역방향 Link에서의 간섭

기지국 B에서 목표 전력 레벨 × 오프셋 전파 손실에 대한 이득

$$= S \cdot r^4 \qquad (2\text{-}23)$$

여기서 r 은 자신의 기지국 B로 부터 이동국까지의 거리를 나타낸다. 때문에 간섭 Cell에서의 이동국은 Reference 기지국 B_0에 대해서 다음과 같은 전력으로 나타내어진다.

$$P_0 = a_r S \cdot \left(\frac{r}{r_0}\right)^4 \tag{2-24}$$

Cell 간의 거리 d의 선과 home Cell에서 이동국까지의 선 사이의 각도 θ의 term에서 Reference Cell에 대한 거리는 다음과 같이 나타내어 진다.

$$r_0 = \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd\cos\theta} \tag{2-25}$$

간섭 Cell에서 M 이동국이 Cell 내에 정규적으로 분포해 있다고 가정하고 정육각형 지역을 반경 R을 가지는 원으로 간략화 하면 사용자의 밀도를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho = \frac{number\ of\ user}{user} = \frac{M}{\pi R^2} \tag{2-26}$$

Reference 기지국에서 간섭 Cell에서의 사용자로 인한 전체 수신 전력은 다음과 같이 간략화 된다.

$$P(d) = 2\int_0^{\pi} d\theta \int_0^{R} r \cdot \frac{M}{\pi M^2} \cdot a_r S\left(\frac{r}{r_0}\right) dr \tag{2-27}$$

$d=xR$일 때 $P(d)$의 적분은 다음과 같이 풀 수 있다.

$$P(d) = 2Ma_r S\left[2x^2 \ln\left(\frac{x^2}{x^2-1}\right) - \frac{4x^2-6x^2+1}{2(x^2-1)^2}\right] \tag{2-28}$$

링 Number를 간섭 Cell의 Index와 링의 섹터의 Cell의 Index 에 대한

Sector 좌표계를 이용하면 간섭 Cell에 대한 정규화 된 거리는 다음과 같다.

$$x_{n,i} = \frac{d(n,i)}{R} = 2\sqrt{n^2+i^2-ni}\ , \quad \text{링 } n \text{ 에 대해서 } i < k \tag{2-29}$$

여기서 $R = \sqrt{3}R_c/2$ 로서 중앙에서 가장자리까지의 Cell 반경이다.

이것을 정규화 하여 식 (2-28)를 다시 쓰면

$$P'[d(n,i)] = \frac{P[d(n,i)]}{M\alpha_r S} = 2\left[\ 2x^2 \ln\left(\frac{x^2}{x^2-1}\right) - \frac{4x^2-6x^2+1}{2(x^2-1)^2}\ \right]_{x=x_{n,i}} \tag{2-30}$$

와 같이 된다.

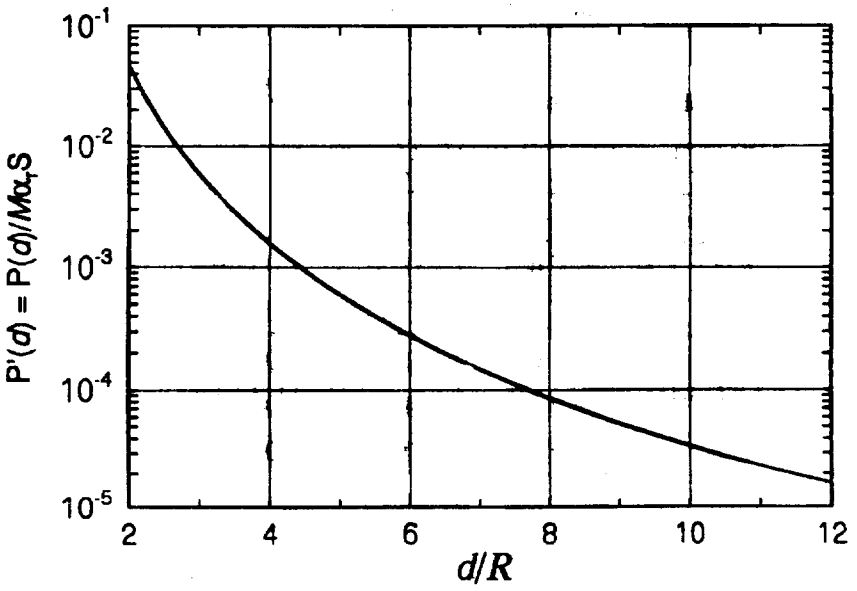


그림 2-11 d/R 에 대한 다른 셀에 의한 간섭 함수 $P'(d)$

식 (2-30)의 그림은 그림 2-11와 같다. 간섭 Cell에 대한 거리를 Index 하는 이러한 방법을 이용한 다른 Cell에 의한 전체 간섭 전력은 다음과 같이 나타내어진다.

$$\begin{aligned} I_{oc} &= 6 \times \textit{interference in one sector} \\ &= 6 \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{i=1}^{n} P[d(n,i)] = (M\alpha_\gamma S) \cdot 6 \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{i=1}^{n} P'[d(n,i)] \\ &\approx (M\alpha_\gamma S) \cdot 6 \sum_{n=1}^{100} \sum_{i=1}^{n} P'[d(n,i)] \\ &= (M\alpha_\gamma S) \cdot \xi \end{aligned} \quad (2\text{-}31)$$

여기서 $\xi = 6 \sum_{i=1}^{100} \sum_{i=1}^{n} 2\left[2x^2 \ln\left(\frac{x^2}{x^2-1}\right) - \frac{4x^4-6x^2+1}{2(x^2-1)^2}\right]_{x=x_{n,i}}$ 이고

반경이 R인 경우 0.33, 반경이 R_c 인 경우 0.42이다. 때문에 식 (2-31)은 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$I_{oc} = \begin{cases} 0.33 \cdot M\alpha_\gamma S = 0.33 & , \text{ 반경} = R \\ 0.42 \cdot M\alpha_\gamma S = 0.42 & , \text{ 반경} = R_c \end{cases} \quad (2\text{-}32)$$

Cell 반경 R을 이용한 섹터 간섭에 대한 상세한 계산 결과는 [표 2-3]과 같다[7].

[표 2-3] 역방향 Link에 대한 다른 Cell 의한 간섭 계산

n = Ring	i	$d(n, i)/R$	$P'[d(n, i)]$	× 6	Cumulative
1	0	2	0.0474	0.2844	0.2844
2	0	4	0.0016	0.0096	0.2940
	1	$2\sqrt{3}$	0.0030	0.0180	0.3120
3	0	6	0.0003	0.0018	0.3138
	1	$2\sqrt{7}$	0.0005	0.0030	0.3168
	2	$2\sqrt{7}$	0.0005	0.0030	0.3198
· · ·					· · ·
100	0	20			
	·	·			·
	·	·			·
	·	·			·
	99	$2\sqrt{9901}$			0.33

3. 불요파 측정

3.1 불요파 측정 원리와 배경

시간 영역에서 정보를 분석할 수 있도록 해주는 측정기로 오실로스코프(Oscilloscope)를 들 수 있다. 오실로스코프는 정보의 전압특성을 시간 축을 기준으로 나타내 주며, 이를 통해 정보가 담겨 있는 전기적 신호의 파형을 분석할 수 있도록 해 준다. 반면, 통신시스템에서 주고받는 정보는 시간과 관련된 특성뿐만 아니라 주파수와 관련된 특성도 있으며, 경우에 따라서는 주파수 영역 특성을 관찰하는 것이 시간 영역의 특성을 관찰하는 것보다 더 중요한 경우도 있다. 주고받는 정보가 하나 이상의 주파수 성분들을 포함하고 있는 경우에는 시간 영역에서의 측정으로는 정보 특성을 명확하게 관찰하기가 어렵다. 그림 3-1은 스펙트럼 분석기의 원리와 개요를 나타낸 것이다. 스펙트럼 분석기는 신호의 주파수 영역에서의 특성을 측정할 수 있는 측정기로써 하나 이상의 정현파로 이루어진 신호를 적절한 필터링을 통해 각각의 주파수 성분으로 분해해서 나타내 주는 측정기이다. 이것은 퓨리어 변환의 원리와 같다. 그림 3-2에 나타낸 바와 같이 스펙트럼 분석기를 통해 주로 측정되는 항목은 변조 특성, 고조파 특성, 상호 변조 특성, 불요파 방사(Spurious Radiation) 특성, 스펙 트럼 점유 특성 등이 있다.

무선 통신 시스템에서는 신호 주파수보다 높은 주파수에 정보를 실어 보낸다. 이러한 주파수 성분을 반송파(Carrier Signal)라 하고, 이러한 과정을 변조라 한다. 스펙트럼 분석기는 이러한 변조가

어떠한 특성을 갖는 지를 측정할 수 있다. 고조파(Harmonics)는 임의 주파수의 정수배에 해당되는 주파수 성분들을 통틀어 일컫는 말이다. 무선 통신 시스템에서는 보다 멀리 보기 위해 신호를 증폭을 하게 되는데, 증폭기는 자체가 갖고 있는 비선형 특성에 의해 증폭기에 인가된 주파수 성분 이외에 고조파 성분들을 발생시킨다. 스펙트럼 분석기는 이러한 고조파 특성들에 대해 측정하고 이를 통해 시스템에 미치는 영향을 파악할 수 있다.

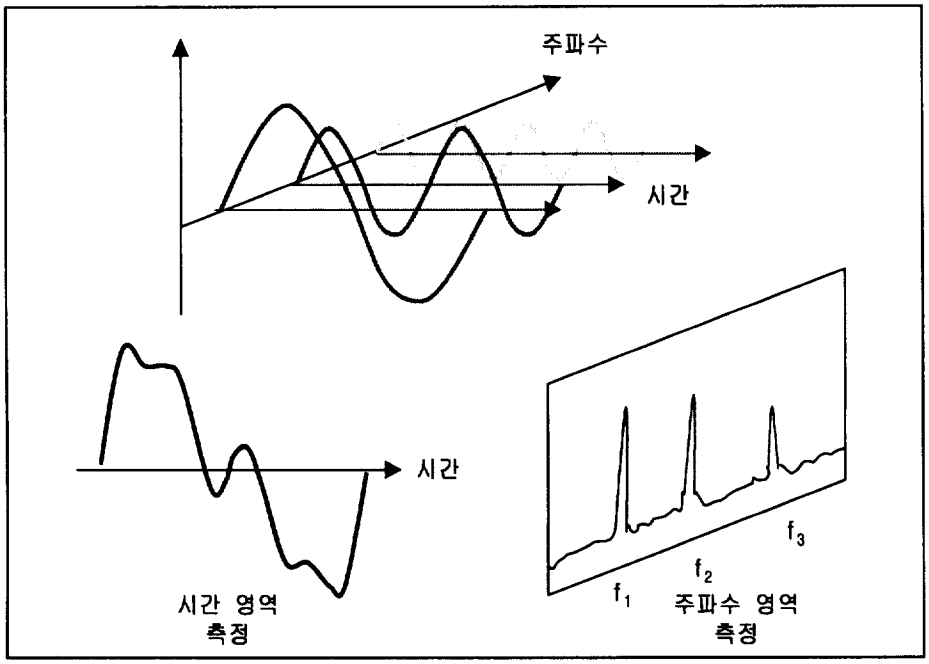
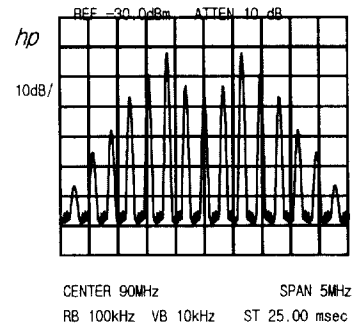
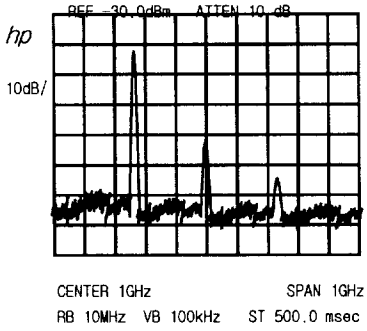


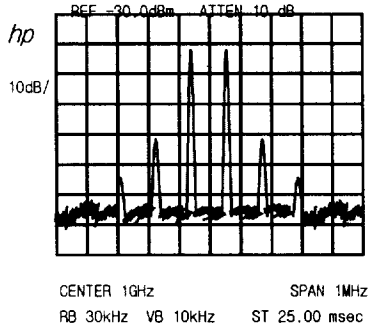
그림 3-1 스펙트럼 분석기의 개요



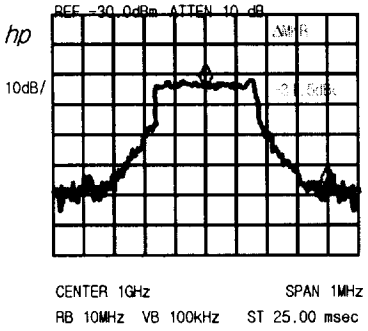
(a)변조 특성



(b)고조파 왜곡



(c)상호 변조



(d)불요 방사

그림 3-2 스펙트럼 분석기의 측정 항목

증폭기의 비선형 특성에 의해 고조파 성분 이외에 상호 변조적(Intermodulation Product)이 발생할 수 있다. 상호 변조적은 증폭기에 다른 주파수 특성을 갖는 두 개 이상의 신호들이 인가되면, 신호들 간의 비선형성으로 인한 상호 작용에 의해 발생되는 신호로서 인가된 신

호와 다른 주파수 특성을 갖는다. 불요파 방사(Spurious Emissions)는 시스템에서 발생시키는 신호가 완전하지 않음으로 인해 발생되는 것이다. 신호 발생기(Signal Generator)의 사양 중에서 중요 한 것이 스펙트럼 순도(Spectral Purity)이다. 스펙트럼 순도는 위상 잡음(Phase Noise), 잔류 FM 등이 있다. 발생된 신호가 한 주파수 성분만을 갖는다면, 하나의 직선으로 나타날 것이나, 발생된 신호는 위상 잡음이나 잔류 FM의 영향으로 대역을 갖는 신호가 발생된다. 스펙트럼 분석기는 이러한 특성들에 대해 자세한 정보를 제공해 주게 된다.

지금까지 기지국들의 이상 유무를 조사하기 위하여 운영자가 위에 기술한 스펙트럼 분석기를 휴대하고, 기지국을 순회하며 점검하고 문제를 해결해 왔다. 하지만 많은 기지국들과 시설용량이 증가되고 있는 현재는 기존의 방법으로는 기지국의 문제를 모두 해결하기 힘들다. 그래서 기지국내에 설치하게 된 것이 RF 감시장치이다. 이 시스템은 BTS(Base Station Transceiver Subsystem)의 RF신호 상태를 원격 측정하고, 정보를 관리함으로써 운용 효율을 획기적으로 개선하고 장비유지 보수수준을 한 단계 높이는 것을 목적으로 하고 있다.

3-2 불요파 측정 개요 및 시스템 구성

기지국(BTS)과 이동국(MS:Mobile Station) 간의 무선 접속을 위한 주파수 할당은 [표 3-1]과 같이 각기 1.23 MHz 간격으로 20개의 FA들로 되어있으며, 각 BTS는 몇 개의 FA 번호를 지정 받는다. BTS는 안테나의 지향성에 따라 3 sector, 2 sector, 및 Omni의 세 종류로 구분

되며, 수신 안테나는 송신 안테나의 두 배로 설치되어 두 개의 수신 경로를 갖는다.

[표 3-1] 기지국 송수신 주파수 할당

FA 번호	AMP 채널번호	송신 주파수 (MHz)	수신 주파수 (MHz)
1	1011	869.64	824.64
2	29	870.87	825.87
3	70	872.1	827.1
4	111	873.33	828.33
5	152	874.56	829.56
6	193	875.79	830.79
7	234	877.02	832.02
8	275	878.25	833.25
9	316	879.48	834.48
10	363	880.89	835.89
11	404	882.12	837.12
12	445	883.35	838.35
13	486	884.58	839.58
14	527	885.81	840.81
15	568	887.04	842.04
16	609	888.27	843.27
17	650	889.5	844.5
18	697	890.91	845.91
19	738	892.14	847.14
20	779	893.37	848.37

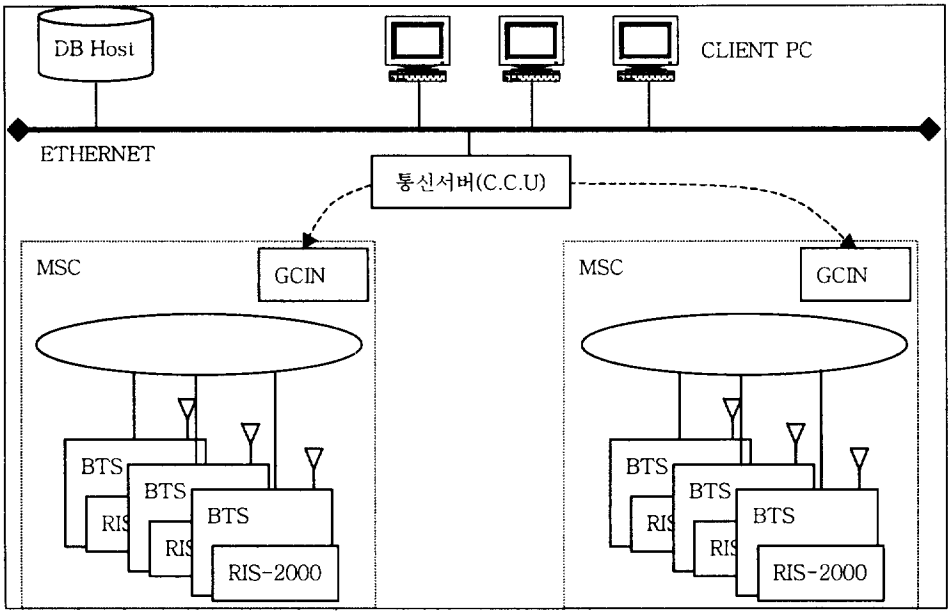


그림 3-3 RF감시장치 시스템 구성도

즉, 3 sector 기지국인 경우 송신 안테나는 3개이고 수신 안테나는 6개이다. BTS는 2개의 수신경로 중 보다 좋은 신호를 선택하여 사용한다. BTS에서 MS로의 송신에 대한 이상 유무는 송신 안테나에 송출되는 최종 RF 대역 신호의 상태 점검으로 이루어진다. BTS의 수신에 대한 이상 유무는 수신신호 처리과정에서 각 FA별로 IF대역으로 변환된 신호의 상태점검으로 이루어진다. CDMA RF 감시시스템은 그림 3-3과 같이 기지국에 설치되어 신호의 Spectrum을 측정하는 감시장치단말기(RIS-2000)와 운영센터에서 각 단말기를 제어하고, 수신된 정보들을 관리, 분석하는 중앙관리시스템으로 구성된다.

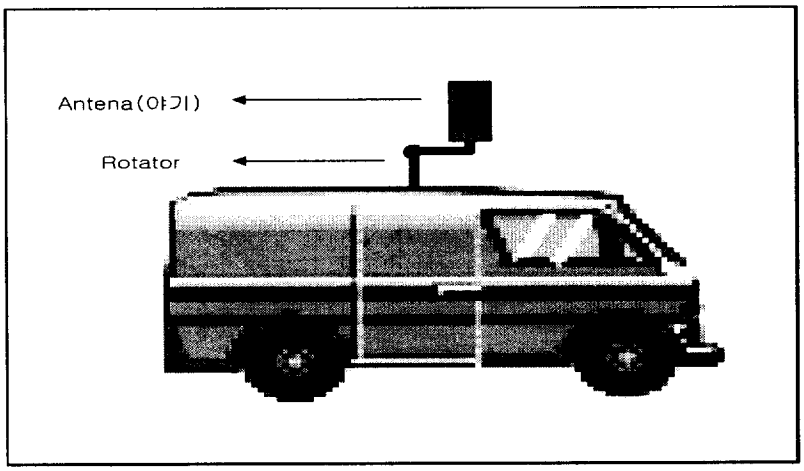


그림 3-4 차량장착 구성도

CDMA RF 감시 시스템의 기능은 기지국의 BTS 감시 지점 신호들의 주파수 Spectrum 측정 및 원격 표시, BTS 감시 지점 신호들의 이상 유무 판별 및 경보, 기지국의 BTS 감시 지점 신호들의 경보 와 일별 정보 기록 관리, 기지국 단말장치의 프로그램 및 설정 정보들의 원격 변경할 수 있다. 각 단말기와 중앙관리시스템 사이의 통신은 BTS의 T1/E1 트렁크를 통하여 운영센터와 PACKET 형태로 정보를 교환한다. 그리고 앞에 언급한 스펙트럼 분석기를 그림 3-4와 같은 차량에 탑재하여 출동의 신속성, 추적의 편리성 등을 고려하여 제작한 것이 불요파 추적장치 차량(방탐차량)이다. 이 장치를 제작/운용함으로써 불요파 추적을 위한 준비시간 최소화, 신속한 불요파 추적 및 발생원 제거 방법등이 개선된다. 또한, 최상의 전파환경 구축으로 우수한 통화 품질 유지, 기상의 악천우시에도 추적작업 가능하게 되었다. 불요파 발생시

에 스펙트럼 측정기를 장치차량에 세팅한 후, 그림 3-5와 같이 차량내부에서 로테이터 조정장치로, 차량지붕에 설치된 야기 ANT를 회전시켜 가면서,혼신 발생요인을 추적/제거 한다.

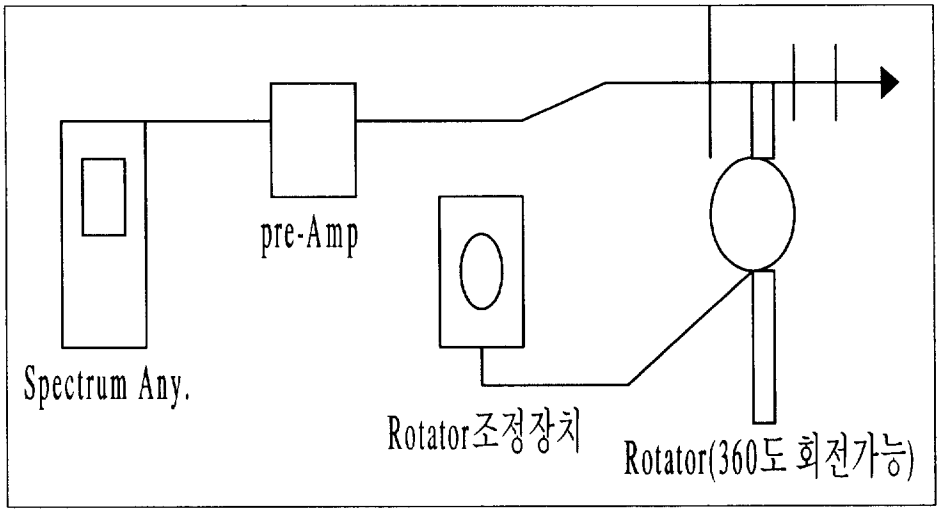


그림 3-5 차량내부 구성도

그 외에 불요파를 측정할 수 있는 많은 측정장비들이 연구 개발되고 있으나 본 논문에서는 위에 언급한 측정장비를 가지고 불요파를 감시하고 측정하여 그 원인을 제거하는 과정을 열거할 것이다.

3.3 불요파 측정 데이터 분석

주파수을 이용한 서비스와 또 이것을 이용하는 가입자의 증가에 따라 서로 인접한 주파수 또는 전혀 다른 주파수의 이상 고조파로 인하여 서비스가 불량해지는 경우의 수가 늘어가고 있다. 기지국 시스템이 문제없다는 가정하에 불요파를 감지할 수 있는 가장 쉬운 것은 소통율

추이를 감시한 후 불량국소를 분석하면 나타난다. 정상적으로 운용되는 기지국과 비교하면 Secrot별로 작게는 5~10%정도에서 많게는 20~30%까지 저조하고 그 지역의 실제 통화상태도 좋지않다. 이와 같은 지역에서 불요파 측정차량을 이용하며 불요파 요인을 조사하였다. 제2장에서 이미 언급되었던 TV부스터에 의한 영향, RF중계기에 의한 영향, TRS송신기에 의한 영향, 기타장치에 의한 영향으로 구분하여 본절에서는 이를 측정한 파형을 분석하는 것을 서술하려고 한다.

우선 불요파가 감시되면 다음과 같이 점검하는 순서가 있다.

(1) 기지국 시스템 성능 점검

(2) 기지국내 송수신관련 cable 연결상태 이상유무

(3) 파형에 따라 RF중계기, 타사의 송신기설치 유무, TV부스터 설치여부 등을 파악 및 점검

위 순서에 의하여 불요파 발생지를 파악하고 조치하게 된다.

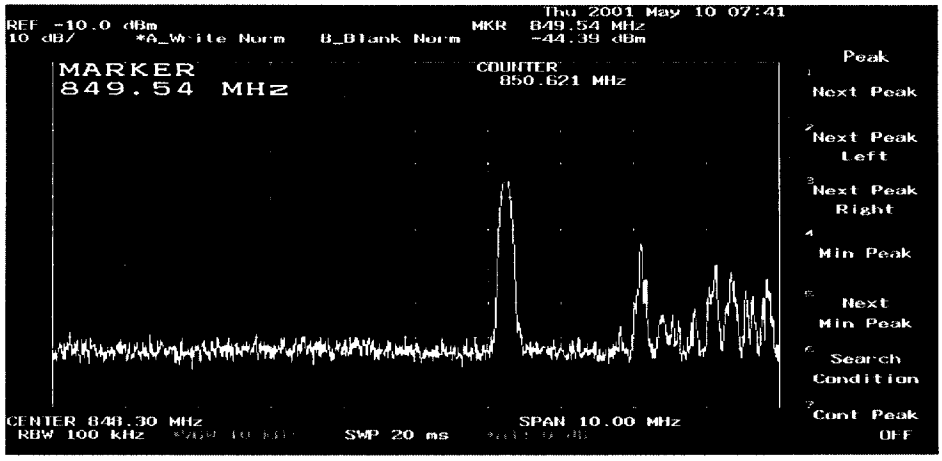


그림 3-6 TV부스터에 의한 불요파

그림 3-6은 불요파 발생국소의 수신주파수를 점검하여 나타난 것이다. 수신단에서 보통의 신호는 -100dBm이하에서 모든 통신이 이루어 진다. 그러나, 이 국소에서는 850MHz대에서 -44dBm의 강한 신호가 들어오는 것을 볼 수 있는데 이런 상태는 보통 TV부스터 상태불량에 의해 나타나는 불요파의 형식이다.

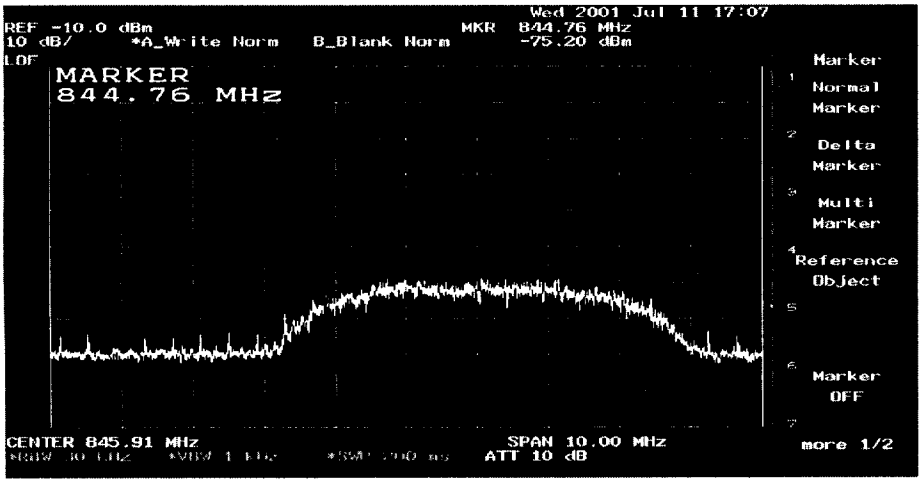


그림 3-7 RF중계기에 의한 불요파 발생

그림 3-7은 845MHz의 6MHz정도의 넓은 대역을 가진 신호가 -70~80dBm의 세기로 나타남을 볼 수 있다. 이러한 신호는 인근의 RF중계기에 의한 신호로 중계기의 시설이나 성능에 문제가 있거나 출력을 과다하게 발사할 경우에 주로 나타나는 파형이다. 그림 3-8은 여러 주파수대로 신호가 군데군데 발생하여 있는데 이러한 경우는 직접 그 인근의 모든 장비를 체크해 보아야 한다. 하지만 보통은 TRS 송신기에 해당하는 경우가 많은 파형이다.

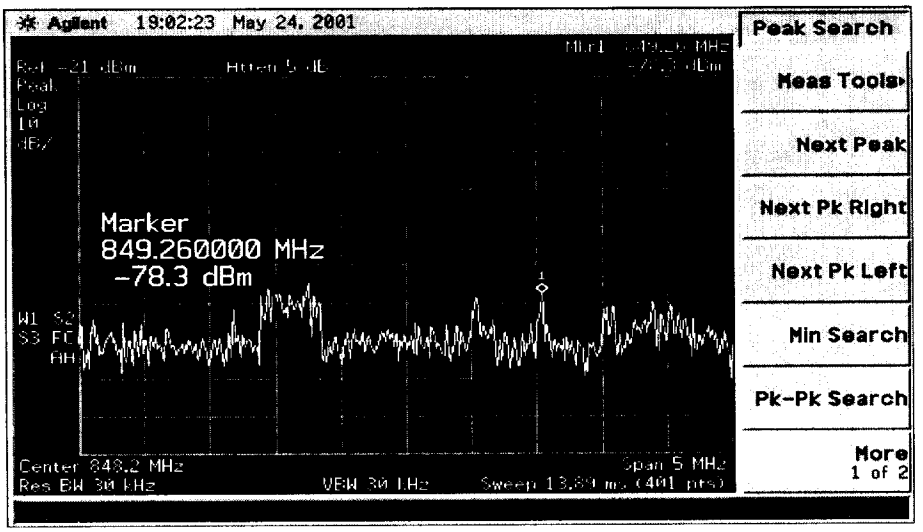


그림 3-8 TRS에 의한 불요파발생

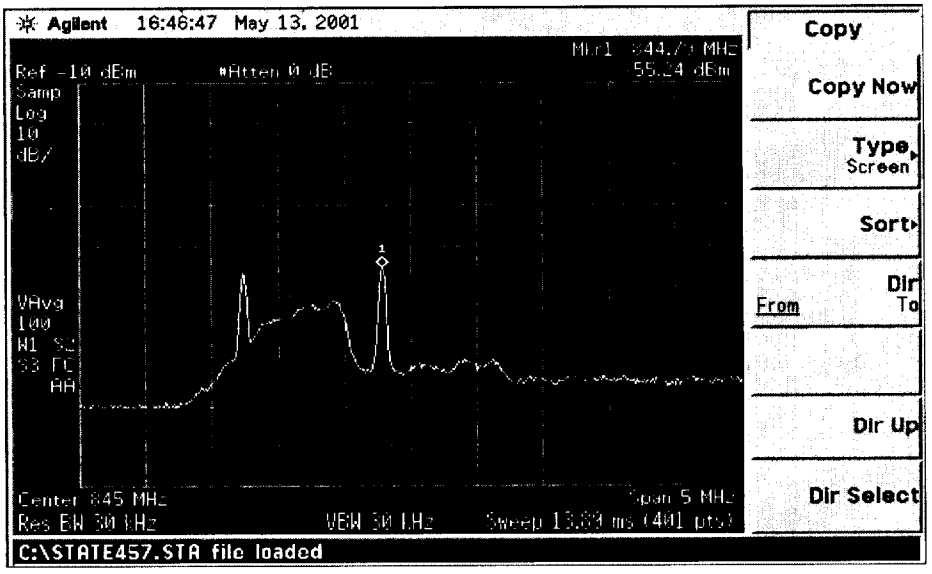


그림 3-9 공장설비에 의한 불요파발생

그림 3-8의 경우도 TRS 송신기에서 발생한 경우의 한 예이다. 참고로 TRS 사용주파수는 송신 806-821MHz,수신 851-866MHz로 25MHz대역을 사용중이다. 그림 3-9의 경우는 공장설비에 의한 불요파 발생인데 이 경우는 앞의 모든 경우를 융합해 놓은듯한 현상이 나타난다. 840MHz대역에서 1MHz의 대역을 가지고 -64dBm의 세기로 형성되어 있고 그 양옆으로 -55dBm가량의 신호가 나타난다.

제4장 불요파 제거 방안

4.1 TV혼신 방지책

제 3장에서 언급된 내용과 같이 불요파의 종류와 발생경로가 워낙 다양하고 발생시간을 예측할 수없기 때문에 이 모든 경우들을 막는 것은 무리이다. 그러나 어느 정도는 간단한 작업으로 문제해결 및 예방이 가능하기에 그것들을 소개하고자 한다.

먼저 TV부스터에서 발생하는 불요파 해소의 경우 일단 어느 지역에서 신호가 발생하는지까지 Check되었으면 그 부스터를 제거하는 것이 최우선책이다. 그러나 그렇지 못할 경우 그림 4-1과 같이 필터를 달아주는 것을 가장 많이 사용하고 있다. 기지국을 이설하거나 유선방송을 가입시키는 방법도 있으나 그 비용이 필터를 달아주는 것보다 저렴하지 않다.

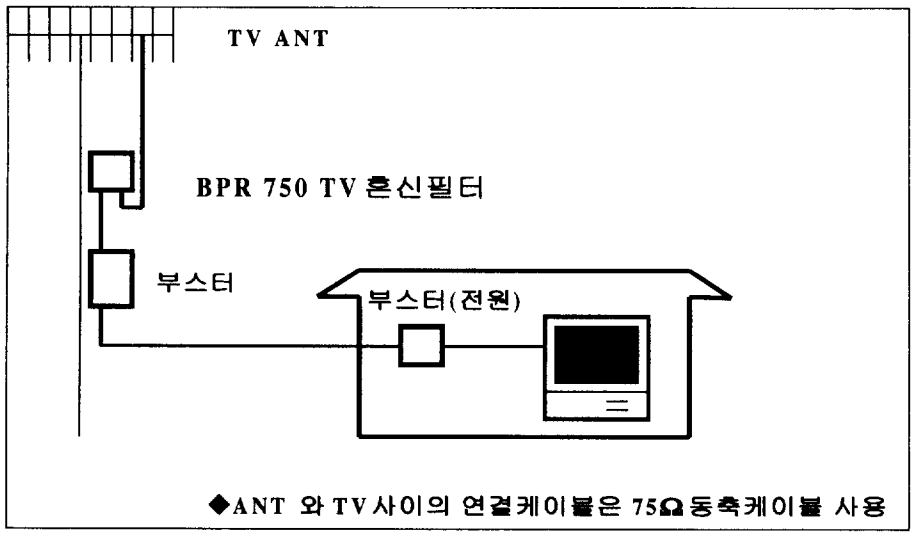


그림 4-1 TV혼신제거용 FILTER 적용방법

그림 4-2는 TV부스터의 SINGLE TONE NOISE 제거하는 필터로 TV부스터의 입력측에 삽입(안테나방향)하여주는 방법으로 간단하게 설치하여 불요파 문제를 해결할 수있다.

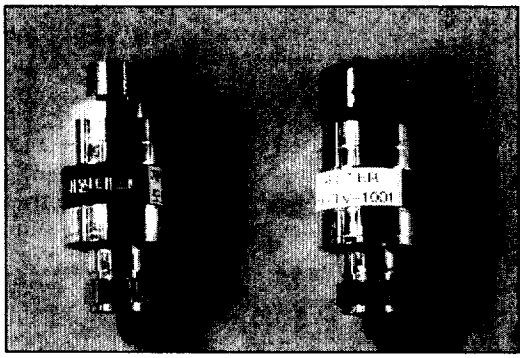


그림 4-2 TV혼신제거용 FILTER

4.2 TRS 주파수에 의한 간섭방지책

TRS 시스템에 의한 불요파 문제는 TRS 시스템이 이동전화 인접대역에서 매우 큰 전력으로 서비스를 하기 때문에 적절히 필터링을 해주지 않을 경우 CDMA의 수신단 LNA가 포화되거나 IMD(Inter Modulation Distortion)를 발생시켜 수신 성능에 영향을 줄 수 있다. 특히 셀룰라 기지국 가까이에 TRS 기지국이 위치해 있는 경우는 지속적으로 매우 큰 신호가 유입되어 문제가 된다. TRS 는 806~821 MHz와, 851~866 MHz의 대역을 사용하는 이동통신 시스템으로써 이동전화와 불과 2~3 MHz 밖에 떨어져 있지 않아 이를 제거하는 필터를 설계하기가 쉽지 않다. 보통의 9-pole 필터로는 25 dB 정도

밖에 제거해줄 수 없기 때문에 별도의 대역제거(Notch) 필터를 사용하거나 새로운 기술을 적용해야 한다. 현재 셀룰라 기지국 근처에 TRS 기지국이 위치해 있는 경우 TRS의 신호가 CDMA 수신단에 -20dBm에서 크게는 +10 dBm까지 유입되는 경우가 발생되고 있다. 이는 일부 CDMA 장비에서 수신 BPF를 이동전화 대역인 25 MHz 보다 큰 대역폭의 것을 사용하여 불요파 신호가 유입되기 때문인 것으로 보이지만, 이론적으로도 TRS 기지국의 송신 안테나와 셀룰라 기지국의 수신 안테나 사이의 이격이 40~50 dB 이내라면 매우 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 이번 시험 과정에서는 TRS가 많이 사용되어지고 있는 부산 시내의 한 개 기지국에서 측정을 실시하였다. 그 결과 셀룰라 기지국의 베타 섹터에서 TRS 신호가 BPF를 거친 후에도 -40 dBm 까지 관찰되었으며, 이들에 의한 상호변조가 LNA에서 발생하여 대역내로 들어오는 것이 확인 되었다. TRS의 단말기에 의한 불요파인지는 아직 확인되지 않았으나 단말기의 특성상 이동성이 있으므로 매우 큰 출력을 가진 차량용 단말기가 CDMA 기지국 근처를 지나갈때 순간적으로 위와같은 문제를 발생시킬 수 있을것으로 예상된다.

이와 같은 문제를 해결하려면 TRS 대역의 제거특성이 개선된 새로운 필터로 문제를 야기시키는 기지국에 대해서만 선별적으로 적용하면 되지만, 필터의 교체 비용이 많이 들지 않는다면 앞으로 TRS 기지국은 계속적으로 늘어나게 될 것이므로 전체 기지국의 수신 필터를 교체하는 것이 좋을 것이다.

4.3 RF 중계기에 의한 불요파 방지책

RF 중계기의 경우는 중계기의 상태와 문제가 직결되므로 먼저 개통시 [표 4-1]의 모든항목을 통과하여야 한다. 그러나, 이 모든특성시험을 통과하여도 주변의 전파환경을 반드시 고려해 주어야만이 중계기의 역할도 제대로 이루어지고 주변의 Field의 통화상태에도 영향을 주지 않을 것이다.

[표 4-1] RF중계기 특성시험 항목표

번호	측정시험 항목명	시험결과	비고
1	최대출력전력 및 IMD시험		
2	입력 Power Range		
3	입력세기 차이		
4	Noise Figure		
5	대역내 평탄도		
6	소신호 대역폭 및 대역 Rejection		
7	PROPAGATION DELAY		
8	정재파비		
9	Waveform Quality		
10	전력검출 Coupling Port		
11	이득특성제어		
12	대역내 자체발생 Spurious Emission		
13	대역외 자체발생 Spurious Emission		
14	TX/RX Isolation		
15	Out Load-Pulling Test		
16	대역내 Radiated Spurious Emission		
17	대역외 Radiated Spurious Emission		
18	원격감시 박스용 DC전원시험		
19	자동이득제한시험		
20	주파수정밀도시험		

4-4 공장라인에서의 불요파 방지책

공장라인에서 발생되는 불요파의 경우는 어느부분에서 발생하는지 알 수 없는 것이 대부분이다. 그래서 라인공정 전체를 Shield Box 처리해야 한다.

[표 4-2] 공장 Shield Box 처리후 기지국 소통비교

기지국명	구분	시도호	소통율	완료율	C/D호	C/D율
A기지국	전	8,114	96.54	70.01	88	1.11
	후	10,039	97.87	72.05	35	0.48
B기지국	전	6,464	96.7	71.24	110	1.76
	후	7,282	97.24	72.56	34	0.64
계	전	14,578	96.62	70.62	198	1.44
	후	17,321	97.56	72.31	69	0.56

[표 4-2]를 보면 Shield Box를 처리하기전과 후의 소통상태를 해당되는 두 개의 기지국에 대해 비교하였다. 두 기지국 모두 시도호 자체도 많이 증가하였지만 소통율이나 완료율에서 두 기지국 모두 향상된 것을 알 수 있으며 C/D(Call Drop)에서는 특히 많이 개선된 것을 알 수 있다. 두 기지국의 합계를 비교하면 소통율과 완료율이 0.9%, 1.7% 향상된 것을 알 수 있으며 C/D은 0.9% 가까이 개선된 것을 알 수 있다.

4.5 불요파 제거 결과 분석

상기의 방법을 제외한 다른 방법으로 안테나 틸팅이나 Swing을 해주는 등의 조치를 해줄수 있으나 보통 불요파에 대한 부분을 해소하기 위해 사용하기보다 소통율을 향상시키거나 기지국 area조정을 위해 사용하는 것이 보통이다.

그림 4-3과 그림 4-4는 앞에서 설명한 작업 완료 후 해당 기지국에서 재 측정한 파형이다. 그림 4-3의 경우 그림 3-8의 TRS에 의한 불요파 발생을 TRS 기지국내에 필터를 연결해 주고 난 후 측정한 파형으로써 신호세력이 -86dBm으로 불요파 문제를 완전하게 해결되지는 않았지만 그림 3-8과 비교하면 상당히 개선된 것을 알 수 있다. 그리고, 불요파를 해결한 기지국에 대해 전후 소통율을 비교한 것이 [표 4-3]이다. 이 표에 나타난 것처럼 시도호가 약간 증가한 것이 보이지만 소통율과 완료율 C/D율에 있어서 개선된 것을 확인할 수 있다. 그에 반해 그림 4-4는 그림 3-6의 TV 부스터에 의한 불요파 발생을 개선한 것으로 문제가 되는 TV 부스터를 제거하고 난후 수신세력을 점검한 결과 -100dBm이하로 정상적인 기지국 상태를 유지하고 있음을 볼 수 있다. 이것도 마찬가지로 불요파 제거 전후 소통비교한 것이 [표 4-4]이다. 이 결과도 마찬가지로 소통율과 완료율 C/D율이 향상된 것을 확인할 수 있다. 이 밖에 공장설비에 의한 불요파발생과 RF중계기에 의한 불요파 발생도 Shield Box처리하고 출력을 적절하게 맞추면 그림 4-3과 그림 4-4와 유사한 상태를 유지하고 소통결과도 거의 같은 결과를 나타낸다

[표 4-3] TRS 시스템에 필터사용후 소통비교

기지국명	구분	시도호	소통율	완료율	C/D호	C/D율
A기지국	전	3094	95.25	67.29	44	2.11
	후	3288	97.45	70.86	18	0.77
B기지국	전	6656	96.91	70.69	43	0.91
	후	6660	97.88	71.05	24	0.51
계	전	9750	96.38	69.61	87	1.28
	후	9948	97.74	70.99	42	0.59

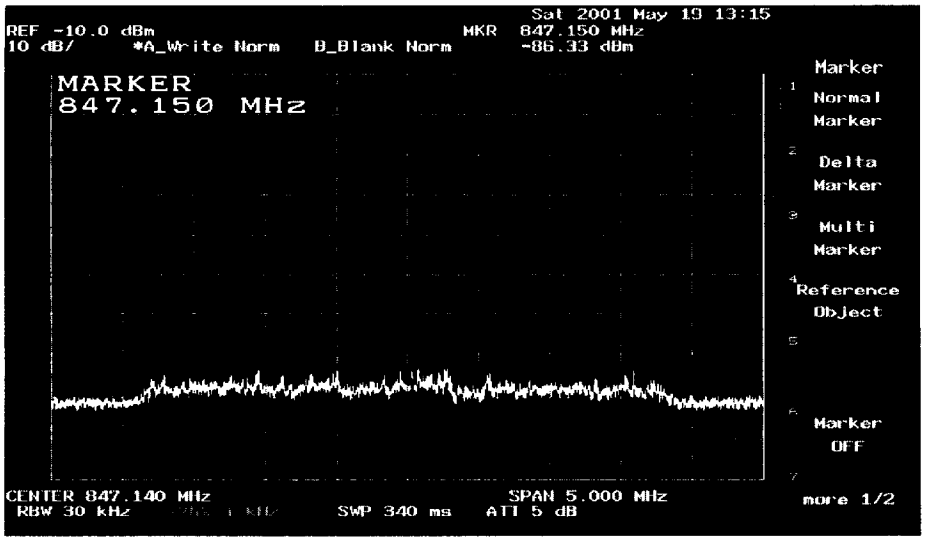


그림4-3 TRS 불요파제거 작업후 파형

[표 4-4] TV 부스터에 필터사용후 소통비교

기지국명	구분	시도호	소통율	완료율	C/D호	C/D율
A기지국	전	10170	96.60	70.57	107	1.49
	후	9696	97.42	71.35	91	1.32
B기지국	전	8994	97.16	71.37	77	1.20
	후	8708	98.06	73.05	46	0.72
계	전	19164	96.86	70.95	184	1.35
	후	18404	97.72	72.15	137	1.03

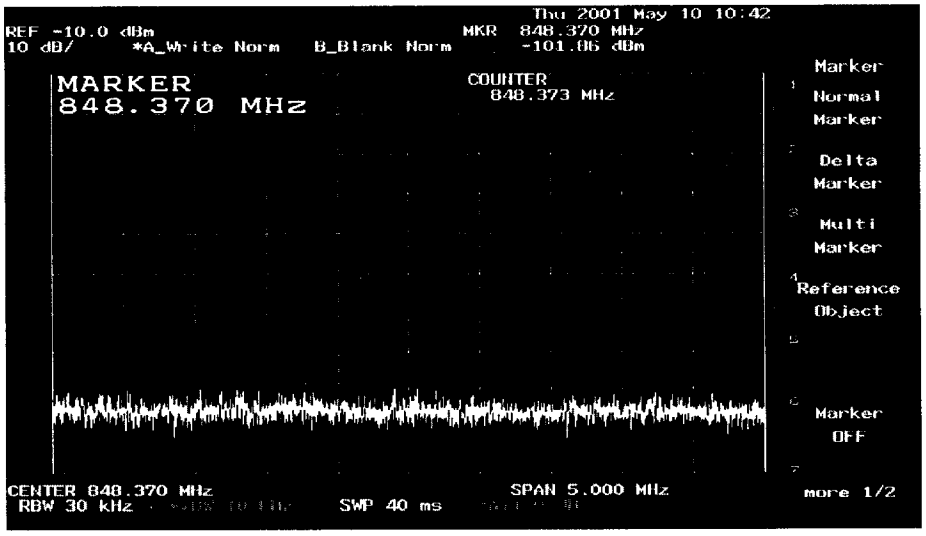


그림4-4 TV 부스터 불요파제거 작업후 파형

제5장 결론

본 논문에서는 최근 이동통신 업체간 또는 기타 무선통신기기의 상태불량으로 인하여 발생되는 불요파에 대해서 살펴보고 그 문제점과 해결 방안을 제시하였다. 불요파로 인한 통화불량 현상을 없애기 위해 스펙트럼 분석기를 차량에 탑재하여 불요파 발생의 근원지를 추적하고 그 요인을 제거하는 방안을 제시하였다. 그 예로 공장에 Shield Box로 처리하거나 TV 부스터나 TRS 기지국내에 필터를 달아주고 또 RF 중계기의 출력을 적정하게 유지하여 출력 특성을 정확하게 맞추어 줌으로써 -60~-80dBm정도로 수신되는 불요파를 약 -100dBm 이하로 제거할 수 있음을 보여주었다. 그리고 각 BTS 성능의 척도가 되는 소통율, 완료율, 단절율에 있어서도 불요파를 제거하기 전후를 비교해 볼 때 소통율과 완료율은 1%이상 단절율은 0.5%이상이 개선된 것을 TV 부스터와 TRS 시스템에 필터설치, 공장에 Shield Box처리등을 통해 확인할 수 있었다. 그러나 TRS와 셀룰라 이동전화 서비스간의 주파수 대역 차이가 2~3MHz밖에 되지 않으므로 해결해야할 문제점들이 아직 남아있다.

불요파의 발생은 무선통신이 대중화되고 더욱 발전함에 따라서 점점 더 다양해 질 수 있다. 불요파의 종류와 그 신호의 세기도 다양해짐은 물론 언제 어디서든 예측 불가능하게 발생될 수 있기 때문에 지속적으로 예방 연구 차원에서 불요파가 발생되지 않도록 제반 무선 제휴의 표준화 기술이 선행되어야 한다.

미래의 복잡 다양한 통신에서도 무선을 이용한 정보전송이 주를 이루게 될 것이므로 무선 전송로상에 간섭을 일으키는 불요파 측정을 위한 장비의 개발과 불요파 방지책에 대한 노력을 이동통신 관련 사업자들이 적극적으로 해 나감으로써 보다 나은 통화 품질의 서비스를 제공받을 수 있을 것으로 기대 된다.

[참고문헌]

[1] John L.B. Walker, *"High-Power GaAs FET Amplifiers* , Artech House, 1993.

[2] T.S. Laverghetta, *"Handbook of Microwave Testing* , Artech House, 1980.

[3] PN-3647, *Recommended Minimum Performance Standards for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Base station*

[4] William C.Y.Lee, *Mobile Communication Egineering* , New York, McGraw-Hill, 1982

[5] William C.Y.Lee, *Overview of Cellular CDMA , IEEE Trans. Commun.*, pp.291-302, May 1991

[6] Padovani, R., *"Reverse Link Performance of IS-95 Based Cellular Systems,"* IEEE Personal Communications Magazine, 1994.

[7] Sauel C. Yang 저, 김남수 역 "CDMA 이동통신 공학", 대영사, 1999.

감사의 글

직장 생활과 학업을 함께 한 2년의 시간을 되돌아보면 힘든 일도 많았지만 그보다는 얻은 것들이 너무 많기에 지난 시간들이 보람있게 느껴집니다. 먼저 이 논문이 시작되어 끝날 때까지 많은 시간을 할애하여 주시고 때로는 인자하게 또 때로는 세심하고도 날카롭게 지도해 주신 하덕호 교수님께 감사와 경의를 표합니다. 그리고 심사를 통해 논문을 다듬어 주신 정신일, 김성운 교수님께 감사를 드립니다. 또한 중간에 포기하지 않도록 따뜻한 말로 위로해 주시고 논문이 완성 될 때까지 깊은 관심과 도움을 준 연구실 여러분과 논문을 같이 준비하면서 항상 격려를 아끼지 않으신 이봉춘, 김기식 선생님께 감사를 드립니다.

그리고 새로운 회사를 설립하시고 힘드신 가운데서도 심적, 물적으로 도와주신 JS Tech 신태석 사장님과 학업을 계속 할 수 있도록 힘써 주신 하승완, 성만근 부장님, 강양호, 박진환차장님께 고개 숙여 감사드립니다.

또한 직장과 학교를 핑계로 가정에 충실하지 못했지만 싫은표정 내색않고 믿고 응원해 준 사랑하는 아내와 딸 예림에게도 고마움과 미안함을 느낍니다.

마지막으로 지금까지 힘든 환경 속에서도 이 자리에 설 수 있게 도와주신 부모님과 항상 위로해 주시고 믿어 주시는 장인, 장모님께 감사 드립니다.

2002년 2월

김 중 효 드림