

## 정삼영, 김종환, 하덕용



## 요 약 문

본 연구는 전파연구소 중장기 계획에 의거 지속적으로 수행하고 있는 전파환경 조사 연구의 '93년 과제로써 금년도엔 측정 및 분석 시스템의 구축 및 향후 효과적인 측정을 위하여 전파환경 측정 표준(안)을 마련하였다.

따라서 이 표준(안)에 따라 '94년도 부터 국내의 지역별로 측정을 수행하여 연 중 4계절의 데이터 확보는 물론 계속적인 측정으로 환경에 따른 노이즈 특성을 분석하고 환경의 계절별 년별 변화 상태를 파악하여 국내 전파환경 데이터 뱅크의 역할을 수행하고자 한다.



## ABSTRACT

This research has been continued with the long-term plans of Radio Research laboratory. We constructed the electromagnetic environment measurement and analysis system in this year , and also prepared the standard process to measure the radio environment effectively. Following this process we will measure the radio environment to get the four seasons data in our country. By measuring our domain electromagnetic environment continuously, We will construct data base of the electromagnetic environment and analyze the measured annual data.



## 목 차

제1장 서론 .....	266
제2장 본론 .....	267
1. 인공 잡음과 장애 .....	267
가. 잡음발생원과 그 특성 .....	267
나. 임펄스 잡음의 특성 .....	268
다. 임펄스 잡음의 특성을 파악하기 위한 파라메타의 비교 .....	270
라. 펄스의 특성 .....	271
마. 측정 파라메타 .....	272
2. 측정 시스템 구성 .....	279
가. 측정 장비의 조건 .....	279
나. 측정 시스템의 하드웨어 구성 .....	281
3. 측정 방법 .....	287
가. 데이터 수집 .....	287
나. 데이터 처리 .....	290
다. 지역 분류 .....	294
라. 전파의 형식과 주파수 밴드 사용 .....	298
제3장 결론 .....	302
참고문헌 .....	308





## 제1장 서론

정보통신 기술의 발달로 전파 통신의 수요는 더욱 증대되고 있고 좁은 주파수 대역을 효율적으로 이용하기 위해서는 새로운 통신 방식의 기술 개발과 더불어 통신 매체에 대한 광범위한 정보의 필요성이 새삼 느껴지고 있는 것은 아니다. 산업화 물결에 따라 각종 기기로부터 노출되는 방사 전자파는 전파의 질서를 더욱 혼란스럽게 하고 있다.

본 연구는 전파연구소의 지속적인 연구 과제으로써 국내 전국적인 전파환경을 측정하여 국내 전파환경 DB를 구축 관리하고 특정 주파수 대역의 시공적 잡음 특성을 분석 조사하여 전파 사용의 효율성을 극대화하고 전파 잡음의 원인 규명 파악으로 환경 오염의 수준을 조사하는데 그 목적이 있다.

금년 본 연구에서는 효율적으로 전파환경을 조사하기 위하여 최적의 장비로써 시스템 구성 차량탑재 운영 할수 있도록 하고 확보된 데이터의 DB 관리로 환경의 특성 파악 및 변화 상태를 분석할 수 있도록 한다. 정확하고 신뢰성 있는 데이터를 확보하기 위하여 본 연구에서는 최적 측정 및 분석 시스템의 구성 뿐만 아니라 나름의 국제적 표준방식에 의거 측정 과정, 데이터의 처리 및 분석 방법 등 모든 처리 과정을 위한 전파환경 측정 표준(안)을 수립하였다.

향후 이 측정 표준(안)으로 국내 전파환경을 지역별로 년중 4계절 측정을 하고 계속된 데이터 확보로 지역별 전파환경의 계절변화 및 연변화를 분석 관리하고 국내 전파환경 데이터 뱅크의 역할을 수행하고자 한다.

## 제2장 본론

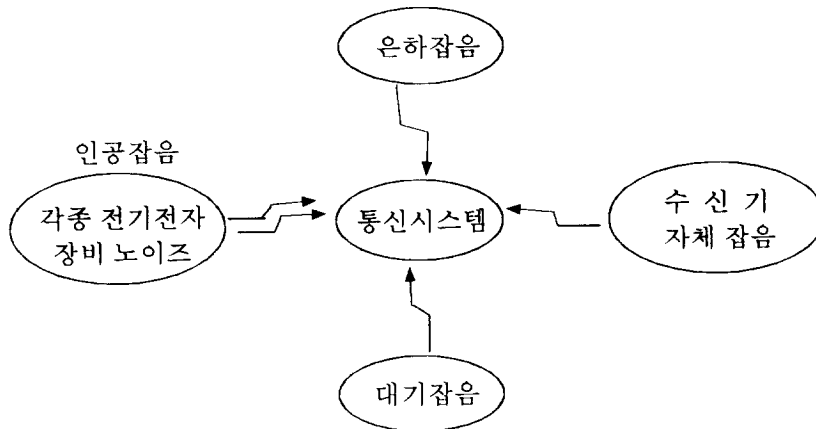
### 1. 인공잡음과 장애

통신 시스템의 성능은 전송 매체의 특성에 의존하고 최적의 변조 방식 등이 특성을 잘 개발함으로써 개선될 수 있다.

현 통신 기술자들이 가장 많이 관심을 갖는 중요한 특성은 채널의 주파수와 시간 성분 및 노이즈의 크기와 특성이라고 할 수 있다.

여기서 노이즈에 관한 사항만 살펴본다. 일반적으로 노이즈에 대한 연구를 하는 주된 이유를 살펴보면 첫째로 노이즈 특성을 파악하여 특성화시킬 수 있는 방법을 개발하여 궁극적으로 노이즈를 억압시키도록 하는 것이고 둘째로는 현 상태의 노이즈 환경에서 작동해야 하는 통신 시스템의 성능을 예견하는 것이다.

통신 시스템에서 주요 노이즈 발생원을 살펴보면 아래 그림과 같다.



#### 가. 잡음 발생원과 그 특성

##### (1) 수신기 자체 잡음

특 성 : 가우시안

발 생 원 : 수신 시스템으로 부터 발생

표현방식 :  $nkT_0B$

##### (2) 대기 잡음

주파수의 증가에 따라 급격히 감소하고 VHF 대역에서 거의 무시 할 수 있다.

##### (3) 은하 잡음 (galactic noise)

VHF 대역에서는 배경 잡음보다 낮아 별 중요시 되지 못함.

(4) 인공 잡음 (man-made noise)

각종 전기 전자 제품으로 부터 방사되는 잡음인데 전 대역의 주파수에 걸쳐 통신 시스템에 가장 심각한 장애원이 된다.

특 성 : 임펄스성

주파수 범위 :  $\sim 7\text{GHz}$

※ 임펄스성 노이즈 발생원 (랜덤한 진폭과 랜덤한 시간 간격을 갖는 연속적인 임펄스의 조합)

- o 자동차 이그니션
- o 전력선
- o 네온 사인
- o 고 전류 스위치
- o 아크 용접기
- o 기타 가정용 전기 전자 장비

(5) 열 노이즈

음성 채널에 마찰음을 발산하는 경우도 있지만 이것의 rms 치가 높지 않으면 중요한 방해원이 되지 못한다.

나. 임펄스 잡음의 특성

임펄스성 노이즈의 특성은 측정기술 및 특성화를 위한 파라메타에 대한 일치성의 부족으로 자세한 정보를 얻기가 힘들다. 노이즈 데이터의 일관성 부족으로 어떠한 통계적 모델도 모든 상황에 대해 적용하기란 무척 어려운 일이다. 하나의 가능한 방법은 측정된 파라메타를 측정을 수행한 환경 조건들과 상관을 시켜 해석하는 방법이다.

(1) 측정 파라메타

임펄스성 잡음을 특성화 할수 있는 아주 간단한 물리적인 모델을 다음과 같은 수식으로 표시할수 있다.

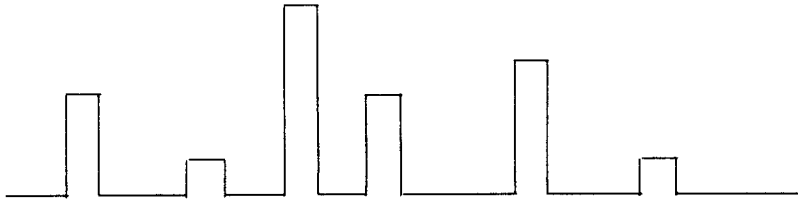


그림1) 임펄스 잡음의 기본적 모델

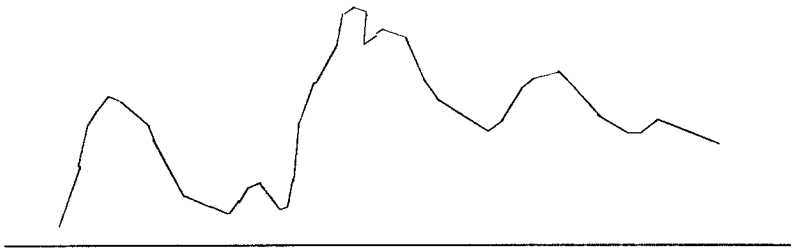


그림2) 감지된 파형

$$A_T(t) = \sum_{m=1}^k A_m \delta(t-t_m)$$

대역통과 필터 출력단에서 필터의 대역폭에 의존하는 파형은 그림1)과 같고 반송파의 위상 변화는 랜덤하고 실제 검출된 파형은 그림2)와 같다.

임펄스 노이즈에 대한 정보를 얻어내기 위해선 노이즈의 크기와 다음과 같은 파라메타의 측정이 요구된다.

- 평균 전압
- 첨두치 전압
- 준 첨두치 전압
- RMS 전압
- Impulsiveness Ratio
- 진폭 확률 분포
- 펄스 높이 분포 (Pulse Height Distribution)
- 잡음 진폭 분포
- 평균 교차율
- 펄스 지속 시간 분포
- 펄스 간격 분포

## 다. 임펄스 잡음의 특성을 파악하기 위한 파라메타의 비교 [shepherd]

## (1) 임펄스 잡음 측정 수신기 (검파기 회로) 유형의 평가

평 가	검 파 기 종 류					
	첨 두 치	준첨두 치	평 균 치	rms 치	임펄스카운터 (NAD)	포락선 시간 분포 (APD)
일반적 측정단위	$\text{dB } \mu\text{V/MHz}$	$\mu\text{V}$	$\mu\text{V}$	$\mu\text{V}$	$\text{dB } \mu\text{V/MHz}$ vs i/S	$\text{dBkT vs}$ % 시간
표 준	IEEE	CISPR	--	--	CCIR, IEC	CCIR
장비의 복잡성	단순	비교적 단순	비교적 단순	비교적 복잡	비교적 복잡	아주 복잡
측정의 정확도	조작자에 의존	장비에 의존	장비에 의존	장비에 의존	조작자에 의존	조작자에 의존

## (2) 측정 결과 제시 방법 평가

평 가	제 시 방 법					
	첨 두 치	준첨두 치	평 균 치	rms 치	임펄스카운터 (NAD)	포락선 시간 분포 (APD)
표현방식	단 일 파라메타	단 일 파라메타	단 일 파라메타	단 일 파라메타	$\text{dB/log}$	$\text{dB/\%}$
표현의 효율성	good	good	good	good	good	bad
표현의 난해성	단순	단순	단순	단순	조금 난해	아주 복잡
정확도의 범 위	낮은 임펄스율	중간 임펄스율	높은 임펄스율	중간 임펄스율	모든 임펄스율	필터의 정확도에 의존

- (3) 임펄스 잡음으로 인한 수신기 성능의 열화 정도를 평가하는데 있어서의 정확도

평 가	첨 두 치	준첨두 치	평 균 치	rms 치	임펄스카운터 (NAD)	포락선 시간 분포 (APD)
평가방법	--	--	--	--	NAD overlay	예 측 평 가
수신기유형	all	all	all	all	all	데이터통신
정확도, 1에러	9dB	10dB		9dB	2.5dB	

### 라. 펄스의 특성

스펙트럼 진폭의 단위는 V/Hz, mV/MHz 이다.

시간 함수  $v(t)$ 를 시간 축상의 신호 함수라 하면 스펙트럼의 진폭은

$S(f) = 2 |V(f)|$  가 된다.

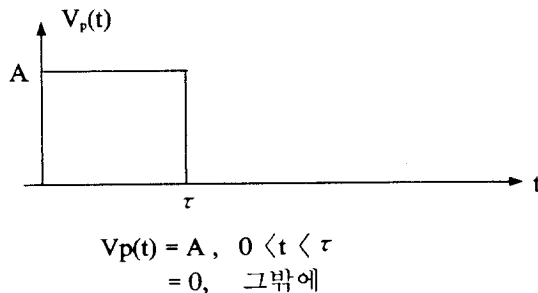
$$V(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} v(t) \exp(-j2\pi ft) dt$$

$$v(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} V(f) \exp(j2\pi ft) df$$

데시벨로 나타내면 단위는  $\text{dB} \mu\text{V/MHz}$  이고, 크기는 다음과 같다.

$$S(\text{dB}) = 20 \log_{10} \left[ \frac{S(\mu\text{V/MHz})}{(1 \mu\text{V/MHz})} \right]$$

다음 직각 펄스에 대한 스펙트럼 진폭을 살펴본다.

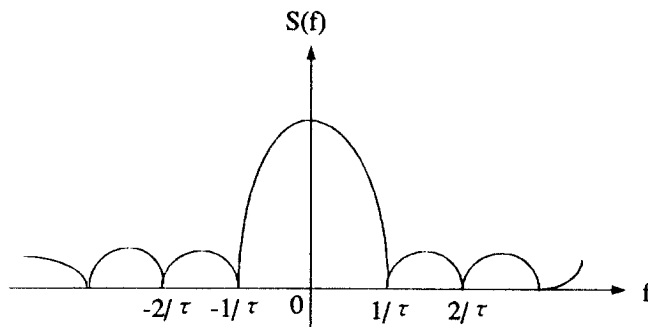


푸리에 변환에 의해  $V_p(f)$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_p(f) &= A \int_0^{\tau} \exp(-j2\pi ft) dt \\ &= \frac{A}{2\pi f} [\sin 2\pi f t - j2\sin^2 \pi f \tau] \end{aligned}$$

따라서,

$$S(f) = 2 |V_p(f)| = 2A\tau \left| \frac{\sin \pi f \tau}{\pi f \tau} \right|$$



스펙트럼 진폭  $S(f)$ 는  $\sin x/x$  함수 형태를 갖는다.

#### 마. 측정 파라메타

대부분의 임펄스 신호는 그 특성을 결정하는 주파수, 스펙트럼 분포, 진폭, 위상 관계가 불규칙하기 때문에 이러한 임펄스 신호의 특성을 정확하게 해석한다는 것은 매우 어렵다. 일반적으로 측정기기가 신호의 레벨을 표현할 수 있는 방법으로 는 다음과 같은 파라메타 들이 있는데 신호의 대상 혹은 특성에 따라 적용하는 바가 다르다.

##### (1) 첨두 전압 (Peak Voltage ; $V_{peak}$ )

이 표현은 측정기기로 T 시간동안 측정을 했을때 그 측정 시간 중 가장 높게 나타난 신호의 레벨을 의미한다. 첨두 전압은 특정지역 혹은 특정 대상이 잡음의 공급원인지 아닌지를 판단하는 데는 유용하지만, 다수의 랜덤한 피크로 이루어진 잡음의 특성을 나타내고자 하는 데는 적합하지 않다.

(2) 평균 전압 (Mean or Average Voltage ;  $V_{avg}$ )

이 파라메타는 어느 일정시간 (T)동안 측정된 신호의 레벨의 총합을 총 측정시간 (T)로 나눈값을 표현한다. 평균전압은 백색잡음과 같은 배경 잡음 (background noise)의 평균 레벨을 나타내는데 유용하며, 산업지역과 도심지역, 교외 지역 및 농촌지역에서의 측정치를 비교하는데 적합하다.

(3) 유효전압 (RMS Vlotage ;  $V_{rms}$ )

이 파라메타는 전체 측정시간 (T)동안 발생한 전압이 주는 영향이 일정한 레벨의 전압이 같은 시간동안 주는 영향과 같은 전압을 표현하는 절대치로 어떤 특정신호가 타기기에 실제로 영향을 줄수 있는 정도를 나타내는데 유용하다. 유효 전압은 안테나의 실효 잡음 지수(Fa)를 산출하는 데도 사용된다.

(4) 준 첨두 전압 (Quasi-Peak Voltage ;  $V_{\phi}$ )

이 파라메타는 신호의 레벨을 표현하는 가장 일반적인 방법중의 하나로 특히 임펄스 신호의 레벨을 표현하는데 가장 적합하다. 앞에서도 언급한 바와 같이 광대역 임펄스 신호는 측정장비의 조건 (필터의 대역폭, 특히 스펙트럼 분석기의 경우 sweep time, 분해능 대역폭, 비디오 대역폭)에 따라 전압 레벨의 차이가 심하기 때문에 CISPR(국제 무선장해 특별위원회)에서는 다음과 같은 특성을 갖는 검파기를 사용하도록 규정하고 있다.

표1) CISPR pub. 16 (준 첨두치 검파기의 특성)

Frequency Band			A: 10~150KHz	B: 0.15~30MHz	C: 30~300MHz D: 0.3~1GHz
Bandwidth (6dB point)			200Hz	9KHz	120KHz
Detector	Charge time const		45msec	1msec	1msec
	Discharge time const		500msec	160msec	550msec
Mechanical time const			160msec	160msec	100msec
Overload factors	Pre-detected values		24dB	30dB	43.5dB
	Post-detected values		6dB	12dB	6dB
Amplitude characteristics			Readings are identical for 25 Hz and 13.4uVs pulse and 2mV sine wave (allowance, plus or minus 1.5dB)	Readings are identical for 100 Hz and 0.0316 uVs pulse and 2mV sine wave (allowance, plus or minus 1.5dB)	Readings are identical for 100Hz and 0.044uVs pulse and 2mV sine wave (allowance, plus or minus 1.5dB)
Change in response to cycle frequency	Cycle freq.	1000Hz	-	-4.5 ± 1dB	-8 ± 1dB
		100	-4 ± 1dB	0 (standard)	0 (standard)
		60	-3 ± 1dB	-	-
		25	0 (standard)	-	-
		20	-	6.5 ± 1dB	9 ± 1dB
		10	4 ± 1dB	10 ± 1dB	14 ± 1.5dB
		5	7.5 ± 1.5dB	-	-
		2	13 ± 2dB	20.5 ± 2dB	26 ± 2dB
		1	17 ± 2dB	22.5 ± 2dB	28.5 ± 2dB
Isolated pulse		19dB	23.5 ± 2dB	31.5 ± 2dB	
IF interference ratio			> 40dB		
Image interference ratio			> 40dB		
Spurious			> 40dB		
Voltage measurement			± 2dB		
Measurement of electric field intensity			± 3dB		



(5) 전압 편차 (Impulsiveness Ratio ;  $V_d$ )

이 파라메타는 평균 전압과 유효전압의 비에  $\log$  함수를 취하고 20을 곱한 값으로 표현한다. 이 값은 서로 다른 두 종류의 잡음원을 비교하는데 유용하다. 즉, 자동차 점화 잡음과 전력선 노이즈를 비교함으로써 어떤 잡음이 더 임펄스성인지를 알아내는데 유용하다.

위에서 언급한 몇가지 파라메타는 전체 측정시간  $T$ 동안에 측정한 대표값으로 신호의 어떤 추이나 특성을 근본적으로 표현하는 것은 어렵다. 따라서, 시간축에 따른 잡음의 특성을 근본적으로 해석하기 위해 모든 잡음 신호에 적용할 수 있는 통계적 확률 분포도 모형을 만들 필요가 있다. 이 통계적 확률 분포에는 다음과 같은 모형이 있다.

(6) 진폭 확률 분포 (Amplitude Probability Distribution ; APD)

임의의 특정 레벨을 초과하는 진폭의 시간값을 전체 측정 시간에 대한 퍼센테이지로 나타낸 것으로 통신 시스템에서 충격성 잡음에 의한 장애 현상을 평가할때 가장 유용한 통계적 모형이다.

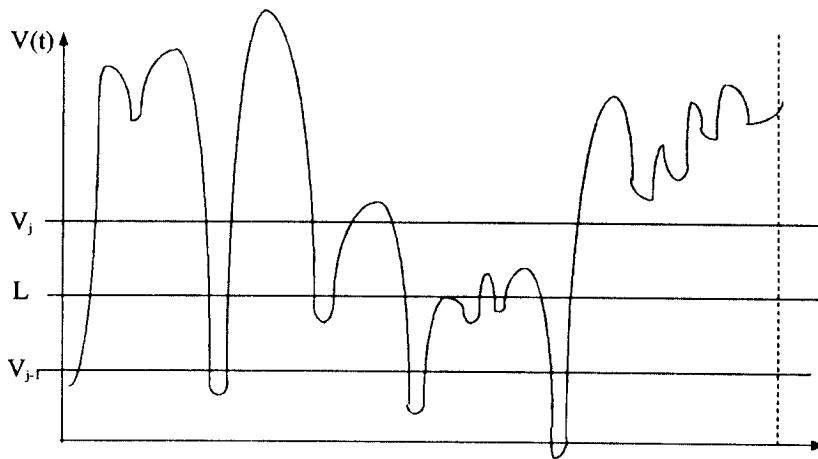


그림3) 랜덤 신호의 시간에 따른 변화

그림3)에서 어떤 임의의 레벨  $V_j$ 를 초과하는 신호의 시간 점유율은 그림4)와 같이 표현될수 있다. 특정레벨의 기준은  $kToB$ 를 기준으로 한다.

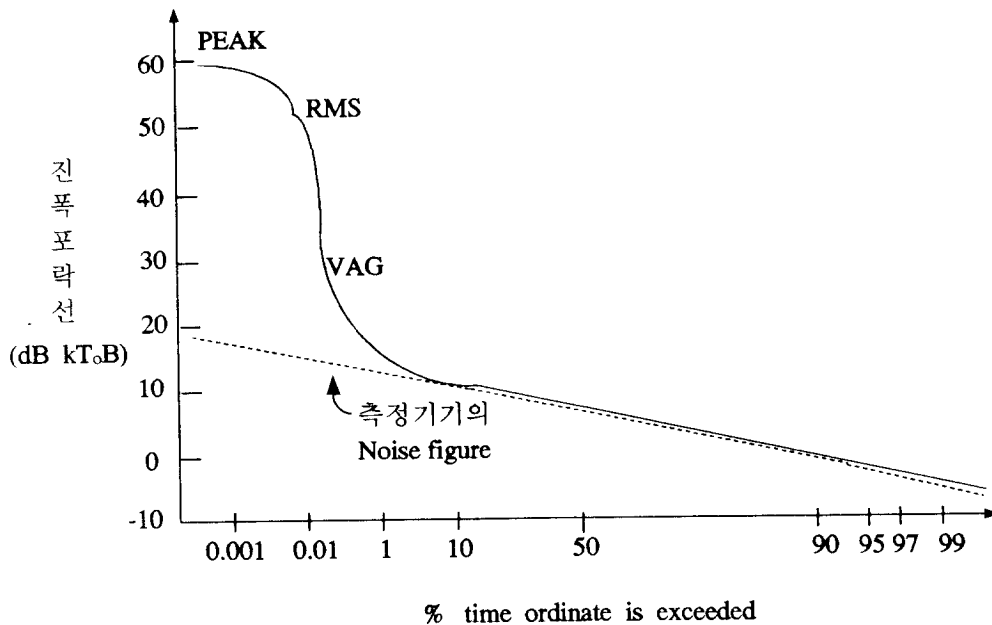


그림4) APD 곡선

진폭 확률 분포는 펄스 통신이나 미약한 신호를 검출하는 수신기등을 설계 할 때 시스템의 오류를 분석하는 중요한 파라메타로 사용된다. APD의 분포 곡선을 보면 2개의 부분으로 구분이 되는데 하나는 낮은 진폭 레벨에서 완만한 경사의 분포 (배경 잡음), 그리고 또 하나는 높은 진폭 레벨에서의 급 경사의 분포 (임펄스 잡음)이다. APD는 또한 노이즈가 임의의 값 (진폭 레벨)을 초과하는 전체 시간에 있어서의 확률분포에 대한 정보를 나타내기 때문에 임펄스잡음의 1차 통계 정보이다.

이것은 측정 시간에 대한 정보를 주지 못한다. 즉 한개의 펄스에 의한 정보인지 아니면 열개, 백개의 펄스에 의한 정보인지에 관해 알수가 없다.

이러한 APD의 단점을 보완해 줄수 있는 것이 잡음 진폭 분포 (Noise Amplitude Distribution ; NAD)에 관한 정보이다.

#### ※ 추출방법

임의의 레벨 (L)을 정하고 이 레벨을 초과하는  $\Delta t_k$ 의 합

$$\text{Prob } [A \geq L] = P(L) = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta t_k}{T}$$

다시말해 그림3)에서 레벨 L을 초과하는 진폭의 지속시간의 합,  $\sum \Delta t_k$ 의 전체시간 [T]에 대한 퍼센테이지

## (7) 잡음 진폭 분포 (Noise Amplitude Distribution ; NAD)

잡음 진폭 분포는 설정된 어느 특정 레벨을 초과하는 임펄스 신호가 초당 몇개 발생하느냐에 대한 정보의 모형이다. 따라서 잡음 진폭 분포는 확실적인 측면에서의 파라메타가 아니라 잡음 자체에 대한 정보라고 볼수있다.

잡음 진폭 분포는 각 주파수에 대하여 NAD-레벨을 조절하면서 측정한다. 임펄스 신호의 레벨을 표시할 때에는 측정기기의 임펄스 대역폭을 사용하여  $20\text{Log}(\text{BW}/1\text{MHz})$ 로 환산된 값으로 표시한다.

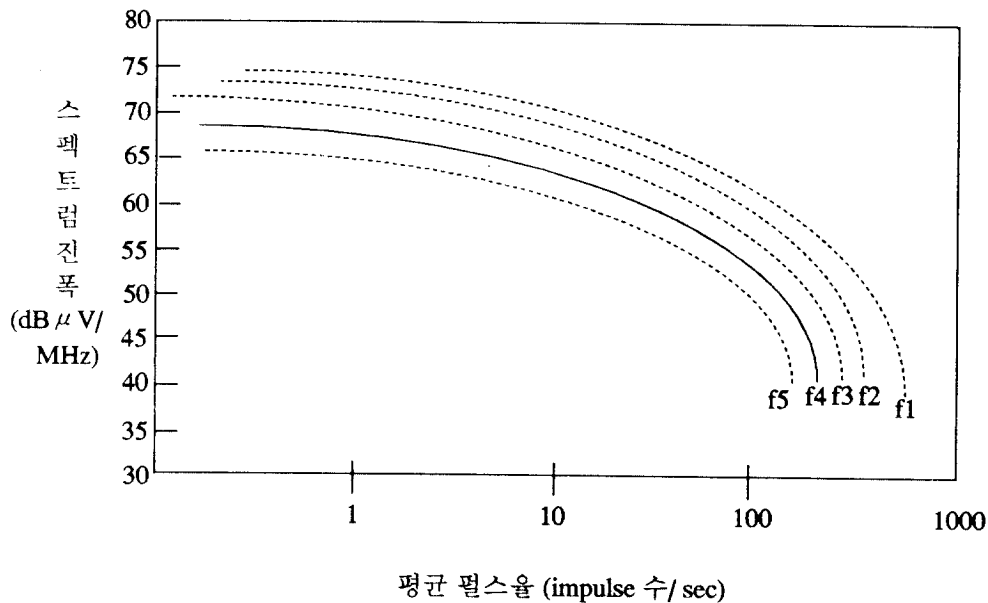


그림5) NAD 곡선

NAD를 측정하는 장비는 통신용 수신기에 영향을 주는 잡음 임펄스를 감지 할 수 있어야 하고 또 아주 빠른 속도로 발생하는 연속적인 임펄스들을 구분할 수 있어야 한다.

이 장비는 두개의 부분으로 생각 될수 있는데, 즉 고이득 수신기 특성과 펄스 높이를 분석할 수 있는 장비로 구성되어야 하고, 이러한 특성을 가지는 장비로서 설정된 임계 레벨과 입력되는 각 노이즈 펄스의 크기를 비교하여 임계 레벨을 초과하는 펄스의 수를 디지털 계수기로 읽어 저장 할수 있어야 한다.

이러한 측정 과정은 그림 6와 같다.

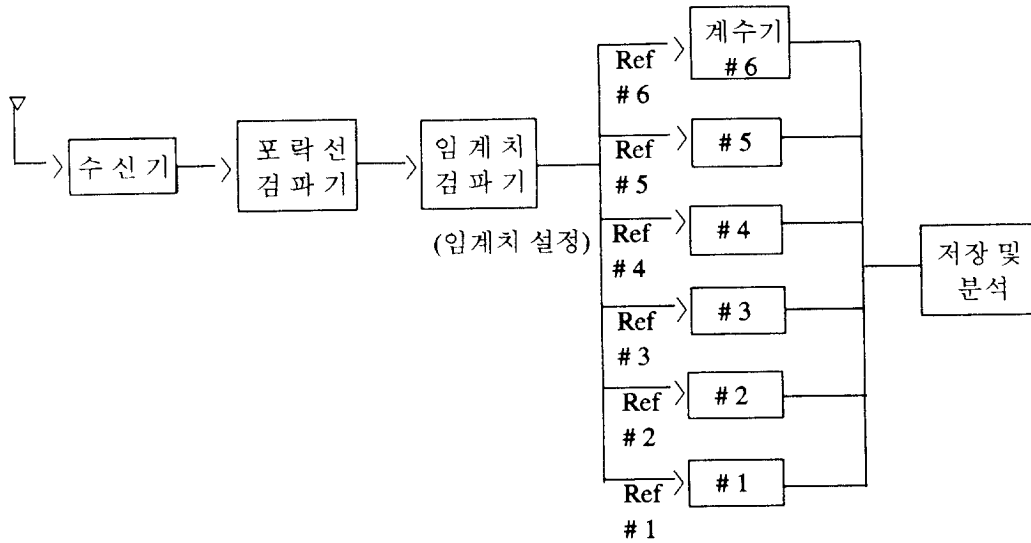


그림6) NAD 측정 과정

이동 통신 시스템의 임펄스 노이즈에 대한 장애를 파악하기 위해 NAD를 이용한 데이터가 아주 적합하다.

#### (8) 평균 포락선 교차율 (Average Crossing Rate ; ACR)

APD의 단점을 보완하기 위해 설정된 어느 특정 레벨을 양의 기울기를 가지며 교차 (positive level crossing)하는 임펄스 신호가 몇번 발생하느냐에 대한 정보이다. 측정 길이 T(sec)에서 n회 교차 하였다고 하면 교차율은  $n/T$  crossings/s가 된다. 그러므로 1초당 임의의 레벨과 교차하는 회수에 대한 정보를 얻으므로써 임펄스성 잡음의 발생 빈도를 파악 할수 있고 또 측정된 노이즈가 주기적인 반복성을 갖는지 아니면 이산적인 랜덤 특성을 갖는지에 관한 정보를 얻을 수 있다.

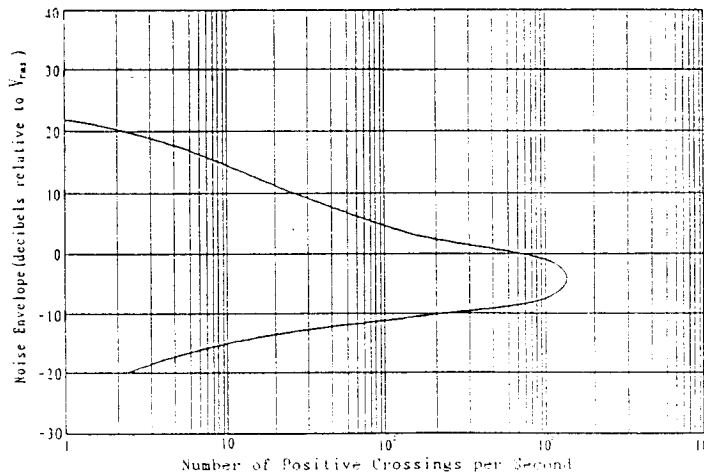


그림7) ACR 곡선

(9) 펄스 지속 시간 분포 (Pulse Duration Distribution ; PDD)

펄스의 지속시간에 관한 정보로써 일정한 크기를 갖는 펄스가 어느 정도의 발생 시간을 갖는가에 대한 정보이다. 펄스 지속시간 분포는 펄스 간격 분포와 비교하여 신호의 특성을 시간 측면에서 분석하기 위한 정보로도 사용된다.

※ 추출방법

임의의 진폭 레벨에 대해서 총 펄스의 수를 추출하고 주어진 펄스 지속 시간 보다 긴 지속시간을 갖는 펄스의 수를 추출한다. 임의의 레벨 L에서  $\Delta t$ 보다 긴 펄스 지속시간을 갖는 펄스 발생의 확률은 다음과 같다.

$$P_d(\Delta t) = \frac{\text{지속시간이 } \Delta t \text{ 보다 큰 펄스의 수}}{\text{레벨 L에서 총 펄스의 수}}$$

(10) 펄스 간격 분포 (Pulse Space Distribution ; PSD)

펄스 간격 분포는 펄스 지속 시간 분포 특성과 반대로 전체 측정 시간 T 동안에 측정된 신호가 설정한 어느 특정 레벨을 넘지 않는 시간들의 총합을 나타내는 정보이다.

$$P_d(\Delta t) = \frac{\text{펄스의 간격 시간 } \Delta t \text{ 를 넘는 펄스의 수}}{\text{레벨 L에 대한 총 펄스의 수}}$$

## 2. 측정 시스템 구성

### 가. 측정장비의 조건

측정을 하는데 측정 장비가 측정값에 영향을 주지 않는 것이 가장 좋은 방법이나 실제로 이러한 경우는 존재하지 않는다. 따라서 정확한 데이터를 확보하기 위해선 측정 장비가 측정 파라메타에 어떻게 또, 어느정도 영향을 주는가에 대해선 사전에 파악이 이루어져야 한다.

· 실제로 측정값에 큰 영향을 주는 측정 장비의 특성은 다음과 같은 것들이 있다.

#### (1) 대역폭 (Bandwidth)

앞에서 언급된 바와 같이 측정 신호를 광대역성으로 분류하는 것은 근본적으로 측정기기의 대역폭에 달려 있다. 수 nsec의 펄스폭을 갖는 임펄스 노이즈는 보통 수백 MHz 까지 분포하는 주파수 특성을 갖는다.

이러한 임펄스 노이즈를 측정하기 위해서는 수백 MHz의 대역폭 필터를 갖는 측정기기를 사용할 필요성이 있다. 그러나 이러한 측정기기를 구현한다는 것은 매우 어려우며 측정상의 어려움과 다른 요소를 고려 했을 때 (넓은 대역폭은 상대적으로 다이내믹 레인지를 줄인다.) 바람직 하지 않다. 인공 잡음은 협대역 펄스의 특성을 갖고 몇 n sec의 지속시간을 갖는다. TV를 제외한 대부분의 주파수 분배는 비교적 좁은 채널로 되어 있어 측정 대역폭은 수백 KHz가 적절하다.

광대역성의 임펄스 노이즈를 측정할 때 측정기기에 나타난 신호 레벨의 특성은 측정기기의 대역폭내에 발생한 임펄스 노이즈의 총합으로 표현되기 때문에 대역폭이 작으면 그만큼 레벨이 작아진다. 따라서, 측정기기의 대역폭에 따라 레벨 변화가 크기 때문에 CISPR에서는 각 측정 주파수대에 대한 대역폭을 다음과 같이 규정하고 있다.

- 10KHz ~ 150KHz : 200Hz
- 150KHz ~ 30MHz : 9KHz
- 30MHz ~ 1000MHz : 120KHz

#### (2) 다이내믹 레인지 (Dynamic Range)

다이내믹 레인지는 측정기기의 입력단에 레벨이 가장 큰 신호와 가장 작은 신호를 동시에 입력 시킬때 두 신호를 동시에 측정할 수 있는 레인지를 말한다. 진폭 확률 분포를 표현할 때 측정기기는 다른 조작없이 어느 한 주파수에 대한 레벨의 변화 추이를 충분히 감지 할수 있어야 한다. 조사에 의하면 HF대에서 60 dBkToB를 초과하는 잡음의 확률은 약  $10^{-5}$  인 것으로 나타났다.

따라서, 0.0001에서 99% 범위의 진폭 확률 분포를 표현하기 위해서는 약  $10 \log (99/0.0001) \approx 60 \text{ dB}$ 의 다이내믹 레인지가 필요하다.

그러나 이값은 overlapping (경계선상에 나타난 값)을 고려하지 않은 범위이기 때문에 현실적이지 못하다. 이러한 점을 고려하여 상하 10dB씩 추가 시키면 0.0001에서 99% 범위의 진폭 확률 분포를 표현할 때 가장 바람직한 다이내믹 레인지는 80dB정도 요구된다.

### (3) 수신기 감도와 잡음 지수 (Sensitivity & Noise Figure)

수신기 감도는 측정기기가 어느 정도의 미약한 신호까지도 측정할 수 있는가에 대한 능력이다. 측정기기가 미약한 신호를 측정 하는데에 대한 제한은 측정기기 자체에서 발생하는 랜덤 노이즈 (혼합기나 이득 등 여러 소자에 의해 발생하는 노이즈가 신호와 함께 혼합되고 증폭되어 나타나는 노이즈)에 영향을 받게 되는데 이것을 잡음 지수로 나타낸다.

잡음지수는 측정기기의 회로안에서 발생하는 잡음의 정도를 나타내는 것으로 측정기기의 감도와 밀접한 관계가 있다.

잡음 지수는 측정기기의 입력측에서의  $S/N_i$ 비 (신호대 잡음비)를 회로를 통과하여 나오는 출력측에서의  $S_o/N_o$ 비로 나눈것을 dB로 표현한다.

$$F = \frac{S/N_i}{S_o/N_o} = \frac{S_i/KTB}{S_o/N_o} = \frac{N_o}{GKTB}$$

$$NF(dB) = 10 \log N_o + 174 \text{ dB}_m$$

$$; G (\text{이득}) = 1$$

$$K = 1.4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$T = 290K$$

$$KTB = 3.98 \times 10^{-21} \text{ W/Hz}$$

10KHz의 대역폭으로 측정한 잡음 레벨이 -110dB<sub>m</sub>일때

$$\begin{aligned} NF (dB) &= -110dB_m - 10 \log (10,000/1) - (-174dB_m) \\ &= -110 - 40 + 174 \\ &= 24 \text{ dB} \end{aligned}$$

측정기기에 나타난 잡음 레벨(-110dB<sub>m</sub>)은 입력단의 잡음 레벨 (KTB)보다 24dB 높게 나타난 결과이다. 결국, 측정기기의 잡음 지수는 입력단의 잡음 레벨에 대한 출력단의 잡음 레벨비로 감도에 영향을 주는 요소로 작용한다.

측정 주파수에 따라 측정기기의 감도와 잡음 지수 및 동작 범위가 달라진다. 매우 낮은 레벨의 잡음에 대한 확률 분포 특성을 분석할 필요가 없을 때는 6dB의 잡음 지수와 50 ~ 60dB의 동작 범위를 갖는 측정기기이면 충분하다.

#### (4) 임펄스 응답 특성

측정기기의 특성중 임펄스 응답 특성은 임펄스 노이즈를 측정하는데 있어 가장 중요한 파라메타이다. 측정기기의 이상적인 임펄스 응답은 떨림이 없는 특성을 갖는 것이다. 이러한 응답 특성을 갖는 측정기기는 가우스 필터 (gaussian filter)를 사용하는 측정기기이다. 떨림 특성을 갖는 측정기기는 낮은 레벨의 임펄스 신호를 증폭시키는 역할을 하기 때문에 낮은 레벨을 초과할 확률 분포는 거의 2배에 달한다. 따라서, 낮은 레벨에서의 에러는 심각하다고 볼수 있다. 임펄스 신호는 측정기기의 대역폭에 따라 측정 레벨의 차이가 심하기 때문에 1MHz 대역폭으로 표본화한  $\text{dB} \mu \text{V/MHz}$  단위로 표현한다.

$\text{dB} \mu \text{V/MHz}$ 로의 표현은 보통 첨두 측정치에  $20 \text{ Log}(BW/1\text{MHz})$  [ $BW_i$  : 측정 기기의 임펄스 대역폭 값]를 더한 값으로 나타낸다.

#### 나. 측정 시스템의 하드웨어 구성

본 시스템은 차량에 설치하여 광대역에 걸쳐 전파 환경을 측정하고 분석할수 있도록 구성하며 GP-IB 인터페이스를 통해 자동제어가 가능하도록 운용한다.

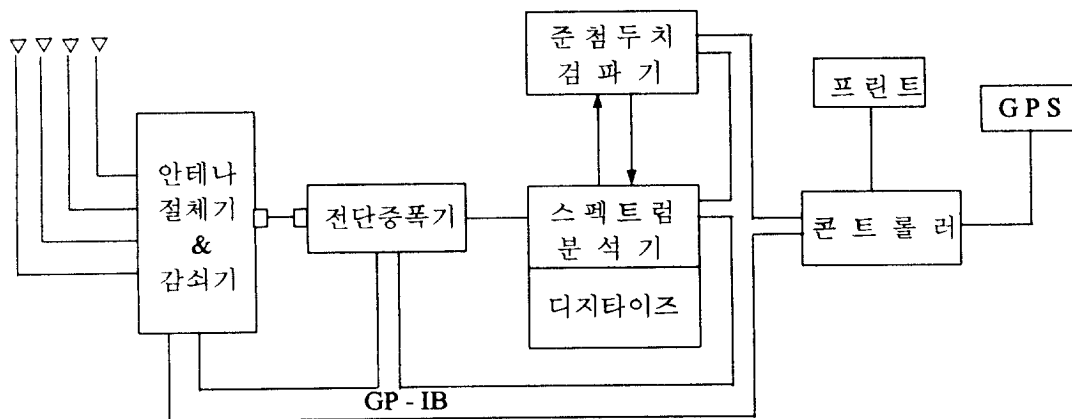


그림8) 차량 탑재 측정 시스템 구성도



(1) 수신 안테나

안테나의 성능은 전체 측정 시스템 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 적합한 안테나의 선택은 물론 측정과 더불어 계속적인 연구 개발에 힘을 기울여야 할 것으로 본다. 현 측정에 사용된 안테나는 EMI 측정에 공통적으로 사용되고 있는 안테나를 사용한다.

(가) 모노폴 안테나 (Monopole Ant.) : 1KHz ~ 30MHz

이 안테나는 전단 증폭기가 내장되어 있어 감도가 우수한 E-field 안테나로 수평 편파에 대해 무지향성이다.

(나) 액티브 루프 안테나 (Active Loop Ant.) : 1KHz ~ 30MHz

(다) 바이코니칼 안테나 (Biconical Ant.) : 20MHz ~ 300MHz

(라) 대수 주기 안테나 (Log Periodic Ant.) : 100MHz ~ 1.1GHz

(마) 혼 안테나 (Double Ridged Waveguide Horn Ant.) ; 1GHz ~ 18GHz

(2) 안테나 절체기 (Switch Matrix)

4개의 밴드로 구성된 안테나로 부터 수신된 신호를 효율적으로 선택하기 위해서는 낮은 삽입손실 (low insertion loss)과 낮은 정재파비 (low VSWR)의 성능을 갖는 안테나 절체기를 사용한다.

DC ~ 26.5GHz의 주파수 범위를 카바하는 모듈타입의 안테나 절체기로 내부에는 5개의 2 x 1 개별 스위치 성분으로 구성되어 있어 5개의 안테나를 유효 적절하게 선택할 수 있다. 안테나 절체기의 구성도는 아래 그림9)와 같다.

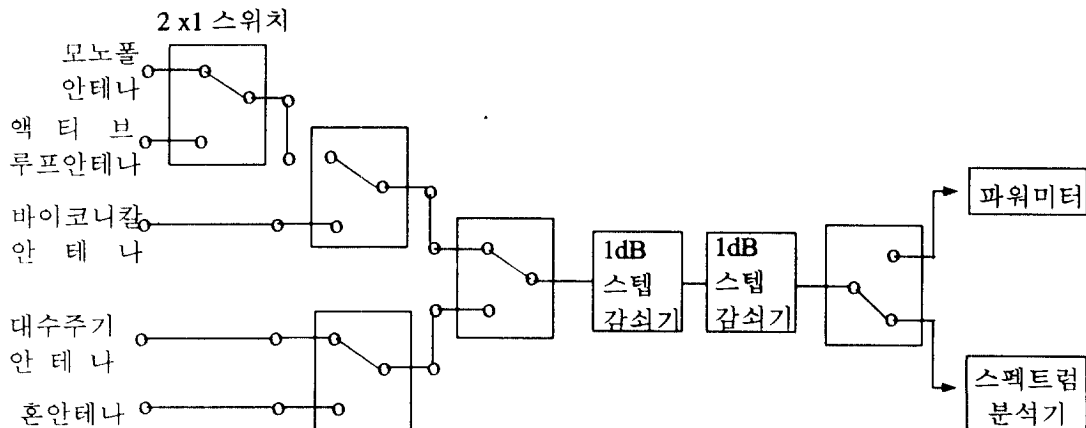


그림9) 안테나 절체기 및 감쇠기 구성도

## (3) 스펙트럼 분석기

스펙트럼 분석기는 시간축상에서 신호 레벨을 나타내는 오실로스코프와는 달리 주파수 축상에서 신호 레벨을 나타내기 때문에 그림10)과 같이 여러 합성 신호를 분리하여 나타낸다. 또한 span 범위를  $0\text{Hz}$  로 작동시키면 오실로스코프와 같이 하나의 주파수에 대하여 시간에 따른 레벨의 변화 추이를 측정할 수 있다. 선형 모드 (linear mode)상에서 레벨이 다른 신호를 한 화면에 나타낸다는 것은 매우 어렵기 때문에 대부분의 스펙트럼 분석기는 진폭축을 logarithmic으로 처리하여 레벨이 낮은 신호와 레벨이 높은 신호를 동시에 한 화면에 나타낼 수 있도록 한다.

본 측정에 사용하려고 하는 HP 71210C 스펙트럼 분석기는  $90\text{dB}$  이상의 다이내믹 범위를 제공하기 때문에 APD 분석에 매우 효과적이고 또한 가우스 필터 (gaussian filter)를 통해 신호를 추출하기 때문에 광대역에 걸쳐 빠르게 신호를 측정할 수 있다.

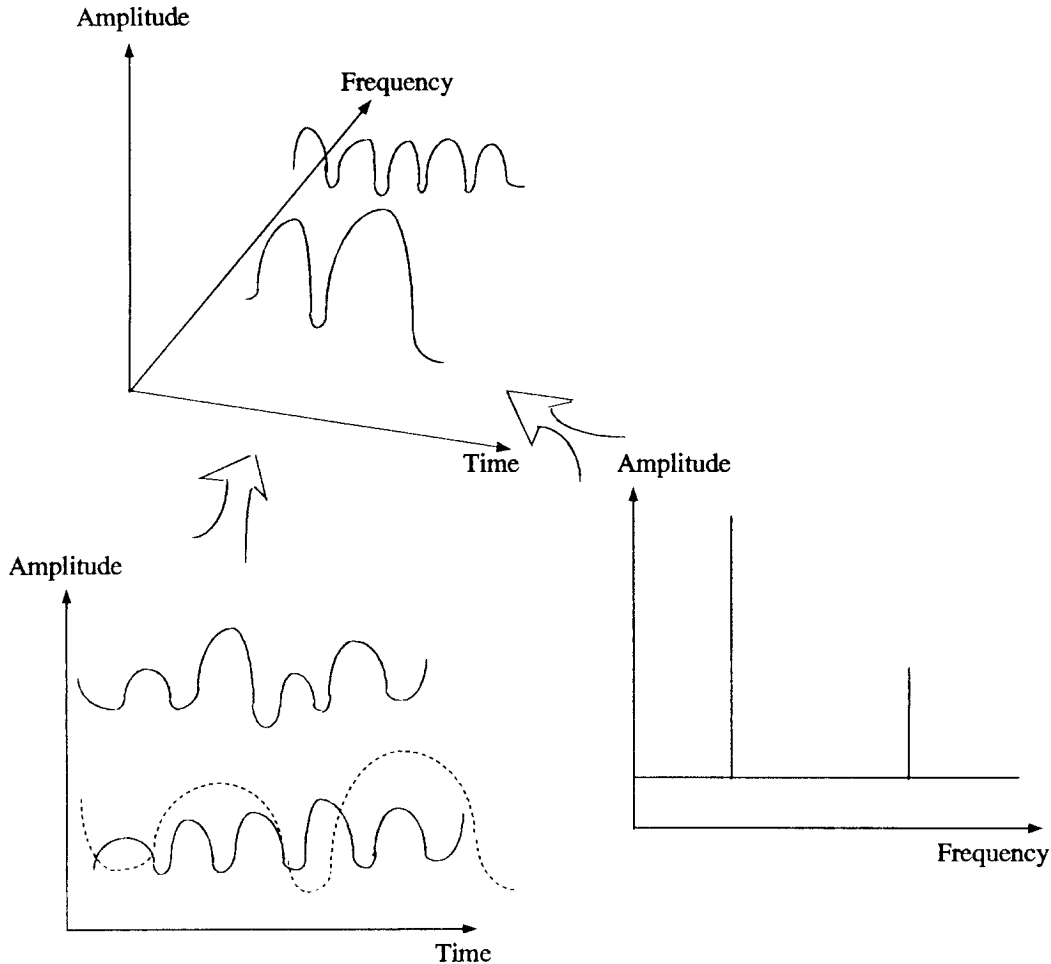


그림10) 주파수 영역과 시간 영역과의 관계

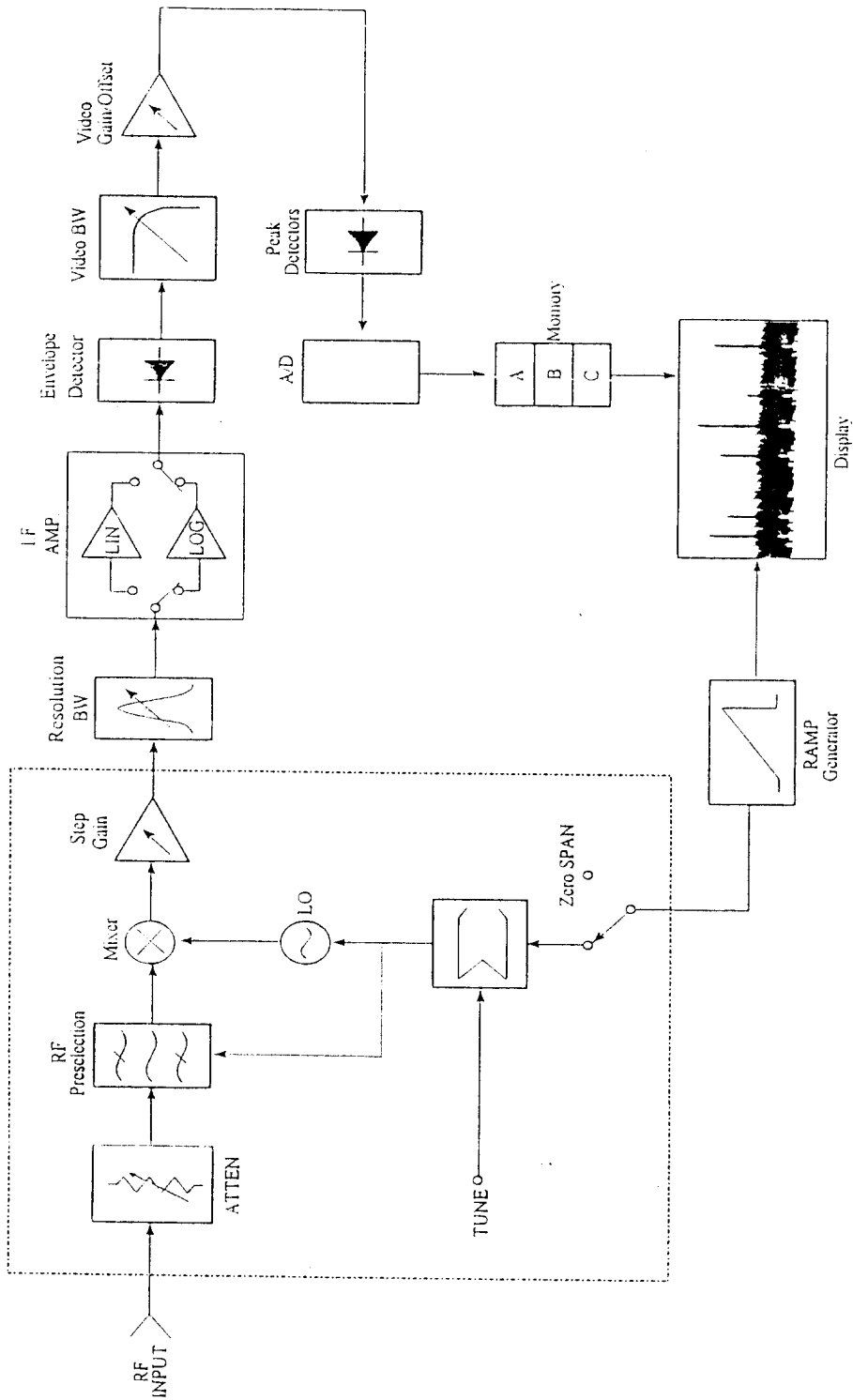


그림 11) 스펙트럼 분석기의 신호처리 과정

## (4) 디지털라이즈 (Digitizer)

스펙트럼 분석기는 주파수 축상에서 여러 신호를 동시에 나타내기 때문에 시간에 따른 파형의 변화를 분석하기가 곤란하다. 따라서 이러한 단점을 보완하고 특정 주파수에 대한 시간축상의 특성을 파악하기 위해 디지털라이즈를 이용한다. 디지털라이즈는 스펙트럼 분석기가 시간축상에서 신호를 분석하는 디지털이징 오실로스코프로써의 기능뿐만 아니라 트랜지언트 분석기 (짧은 시간 동안에 일시적인 전계강도 변화 측정), 파형 기록기로써의 기능을 향상시킨다.

## (5) 준 침두치 검파기

준 침두치 검파기(CISPR 검파기)는 CISPR에서 규정한 독특한 충/방전 시상수를 갖추고 있다. 아래 그림12) 에서 보는 바와 같이 준침두치 검파기는 입력으로부터 받아들인 신호를 충/방전하는 방법으로 레벨을 표시하기 때문에 입력 신호의 펄스 반복 주파수 (pulse repetition frequency)에 따라 레벨이 크게 달라진다. 준침두치 검파기에 의한 신호 측정은 검파하는 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라, 확률 분포를 표시하는 여러가지 요소를 포함하고 있지 않기 때문에 환경 잡음 측정의 통계적 확률 분포를 나타내는데 어려움이 있지만 한 주파수에 대해 전체 측정 시간 동안 특정 레벨을 초과하는지를 관찰하는 전압의 표현으로써는 가장 정확한 측정 방법이다.

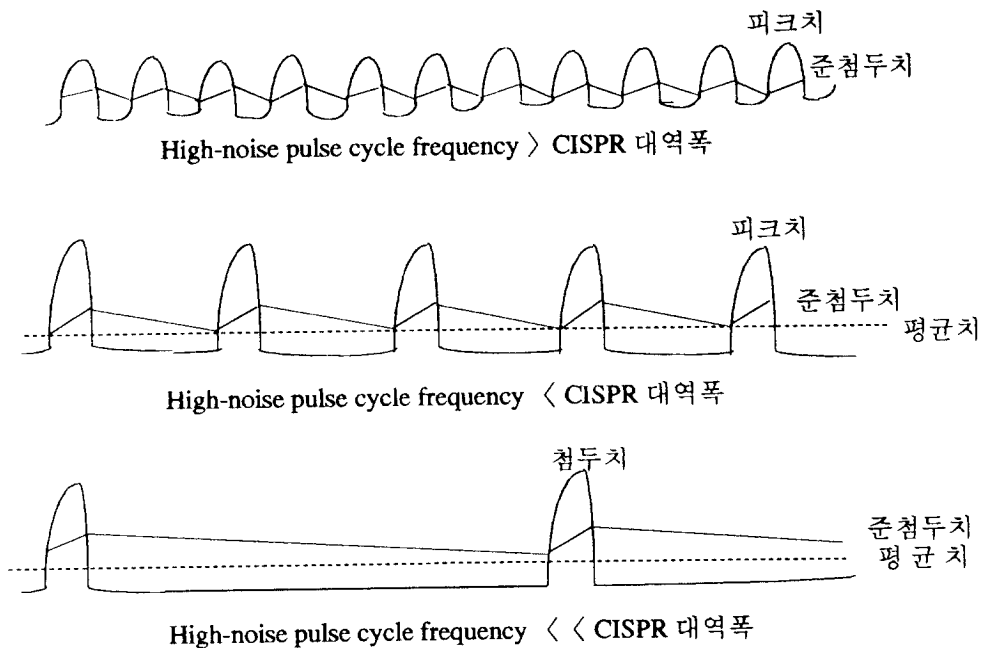


그림12) 준침두치 검파기에 의한 레벨 표현

(6) 감쇠기

스펙트럼 분석기는 최대  $+30\text{dB}_\text{m}$  까지의 신호를 입력 받을 수 있기 때문에 방송파와 같이 레벨이 높은 신호가 입력될 때에는 스펙트럼 분석기의 입력단에 과부하가 걸려 신호가 제대로 나타나지 않을 뿐만 아니라 장비의 **mixer** 단에 손상을 주게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 스펙트럼 분석기의 입력 전단에 감쇠기를 설치하여 레벨이 강한 신호를 미리 감쇠시킬 필요가 있다. 감쇠기에 의해 감쇠된 수치를 측정한 신호 레벨에 자동적으로 보상될 수 있도록 한다.

### 3. 측정 방법

노이즈의 특성을 정확히 파악하고 측정 자료의 효율적 이용 및 DB 관리를 위하여 주파수 영역에서 측정과 특정 주파수에 대한 시간 영역에서의 측정을 병행하여 수행한다.

#### 가. 데이터 수집

##### (1) 주파수 영역에서 측정

스펙트럼 분석기를 사용하여 원하는 주파수 대역을 정한 후 그 영역안의 모든 주파수 성분의 신호를 측정하고 각 신호의 레벨을 해당되는 주파수의 대응 메모리에 저장한다. 측정을 여러번 반복하면 측정 횟수만큼의 데이터가 각 메모리 영역안에 저장된다. full scan으로 측정하되 주파수 영역별로 분해능 대역폭과 소인 시간을 다음과 같이 설정하여 측정한다.

설 정	주파수 대역	사용안테나	분 해 능	소인시간
1	10KHz ~ 3MHz	루프, 로드 안테나	10KHz	80ms
2	3 ~ 30MHz	루프, 로드 안테나	100KHz	50ms
3	30 ~ 170MHz	바이코니칼 안테나	300KHz	50ms
4	170 ~ 300MHz	바이코니칼 안테나	300KHz	50ms
5	300 ~ 650MHz	로그퍼리오딕/디스콘	1MHz	50ms
6	650 ~ 1000MHz	로그퍼리오딕/디스콘	1MHz	50ms
7	1 ~ 3GHz	혼 안테나	2MHz	80ms
8	3 ~ 18GHz	혼 안테나	2MHz	80ms

이와같은 방법으로 측정 하였을 때 장, 단점을 비교해 보면 다음과 같다.

- 장 점 : 전 주파수 대역을 측정함으로써 데이터의 신뢰성을 향상시킬수 있고 광대역의 데이터를 확보함으로써 데이터 활용성을 높일수 있다. 또한 스펙트럼의 점유도를 분석하는데 유용하다.
- 단 점 : 측정 데이터량이 많고 측정에 소요되는 시간이 많이 소요된다. 또한 APD 등 통계적 분석을 위한 데이터의 확보가 어렵다.

(2) 시간 영역에서 측정

주파수 밴드별로 몇개의 주파수를 선별하여 스펙트럼 분석기의 제로 스펜(O Hz Span)으로 연차적으로 측정한다. 즉 선택된 한 주파수에 대해 3분간 측정(IEEE Std. 473, 1985)을 수행하고 다음 선택된 주파수로 이동하여 연차적으로 측정한다. 스펙트럼 분석기의 O span sweep time이  $80\mu s \sim 355s$  정도의 범위를 가지므로 최소 펄스 지속 시간이  $100\mu sec$  이상되는 특성을 갖는 노이즈를 구분해 내는 것이 가능하다.

- 장 점 : 적은 데이터량으로 환경을 평가하는데 적합하고 선택된 주파수에 대해서 최소  $100\mu sec$  이상의 지속시간을 갖는 노이즈에 대한 정보를 상세히 파악 할수 있다. 그리고 임펄스 노이즈의 통계적 분석을 위한 데이터 확보에도 적합한 방식이다.
- 단 점 : 스펙트럼 점유도등 전체 스펙트럼 현황에 대해 자세한 정보가 미흡하고 의도적 신호에 아주 근접한 데이터를 획득할 수 있다.

· 측정 절차

- (가) 스펙트럼 분석기의 스펜을 O Hz로 두고 선택된 주파수 중 최초의 것에 동조시킨다.
- (나) 스펙트럼 분석기는 3분동안 한 주파수에 대하여 측정을 수행한다. 3분 측정 시간 동안 검파기 출력은  $1.2 \times 10^6$  회 샘플되고 소요되는 시간은 대략 60 sec 정도이다. 나머지 120 sec 동안에 PC로 데이터를 전송 및 저장한다.
- (다) 30분내에 각 10개의 주파수에 대한 한 사이클 ( $1.2 \times 10^6$  샘플)을 수행하기 위해 S.A는 수집되는 샘플의 합과 샘플의 제곱의 합을 계산한다.
- (라) 다음 주파수 대역을 선정하고 (나)의 단계로 돌아간다.
- (마) 측정이 끝나면 30분 동안 측정된 10개 주파수에 대한 아래의 데이터를 S.A에서 디스크로 전송한다.

- ① 전압의 합 (포락선 검파기)
- ② 전압 제곱의 합
- ③ 평균 전압 :  $\sum V'S / \sum samples$
- ④ 실효치 전압 :  $\sqrt{\sum V^2 / \sum sample}$
- ⑤ 검파기 전압의 표준 편차
- ⑥  $V_d = 20 \log_{10} (V_{max}/V_{avg.})$

(3) 주파수 선별적 측정

일정 주파수 범위를 선택하여 그 주파수 범위내에서 의도적 신호로부터 가장 멀리 떨어진 지점의 주파수를 선택하여 앞에서 설명한 '(2)'의 방법으로 측정한다.

HF 주파수 밴드에서 주파수 범위 선택 방법

$2 < f_1 < 5$	$17 < f_6 < 20$
$5 < f_2 < 8$	$20 < f_7 < 23$
$8 < f_3 < 11$	$23 < f_8 < 26$
$11 < f_4 < 14$	$\vdots$
$14 < f_5 < 17$	$\vdots$

· 측정절차

- (가) 측정에 앞서 위와 같이 설정한 주파수 범위내에서 자동 스캔으로 추적하여 가장 조용한 지점을 찾아 그 주파수에 동조 시켜 측정을 수행한다.
- (나) (2)의 측정절차에 따른다.

- 장 점 : 적은 데이터량으로 환경을 평가하기에 적합하고 선택된 주파수에 대해 최소  $100 \mu\text{sec}$  이상의 지속 시간을 갖는 잡음에 대한 정보를 상세히 파악 할수 있다. 또한 의도적 신호와는 구분되는 순수 노이즈에 대한 정확한 데이터를 확보할수 있다.
- 단 점 : 스펙트럼 점유도등 전체 스펙트럼 현황에 대한 상세한 정보가 미흡하다.

(4) 주파수 대역에 따른 기기 설정

(가) 측정 주파수 대역 선택에 따른 안테나 설정

- A. 안테나 azimuth 각 조정 (IEEE-488을 통한 자동 조절)
- B. 안테나 horizontal, vertical 선정

(나) 한 대역의 측정이 끝나고 다음 대역으로 자동 변환되어 (가)의 과정을 수행 (메뉴 선택 방식에 의한 조절)

(다) 전단 증폭기 : 입력 신호 크기 조절

(라) 스펙트럼 분석기

- A. span-range 조절
- B. 분해능 대역폭 (RBW)



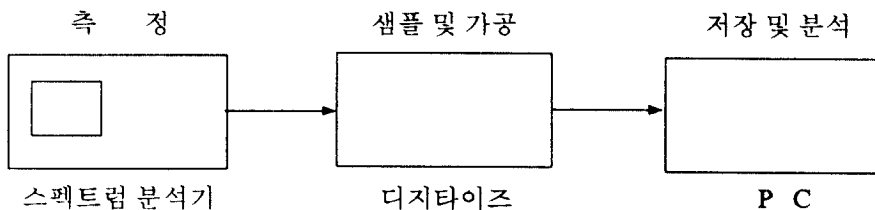
- C. 비디오 대역폭 (VBW)
- D. sweep time
- E. 주파수 범위 설정
- F. 임계 레벨 (reference level) 설정
- (마) 디지털라이즈 (Digitizer)
  - 메모리 용량 설정
- (바) 준첨두치 검파기 (Quasi-Peak adapter)
  - 측정시 주파수 대역에 따른 총, 방전 시상수 결정
- (사) GPS
  - 측정 지점에서 초기 한번의 정보만 수록

## 나. 데이터 처리

지역별 전파환경을 올바르게 평가하기 위해선 최소의 데이터 확보로 잡음의 특성 파악과 환경의 실태 및 변화 상태를 분석 할 수 있어야 한다. 이를 위해선 측정된 데이터를 효율적으로 처리 및 관리 할수 있어야 한다.

### (1) 데이터 처리 과정

아래 그림에서 처럼 스펙트럼 분석기로 부터 데이터를 디지털라이즈(\*)를 이용하여 각각 주파수에 대한 시간 축상의 데이터 값을 가공하여 PC에 저장한다.



### ※ 디지털라이즈 (Digitizer)

스펙트럼 분석기는 주파수 축상에서 여러 신호를 동시에 보여 주기 때문에 시간에 따른 파형의 변화를 분석하기가 곤란하다. 따라서 디지털라이즈는 스펙트럼 분석기가 시간 축상에서 신호를 분석하는 디지털라이징 오실로스코프로써의 기능뿐만 아니라 짧은 시간 동안에 일시적인 전계 강도 변화 측정 및 파형 기록기 로써의 기능을 갖는다.

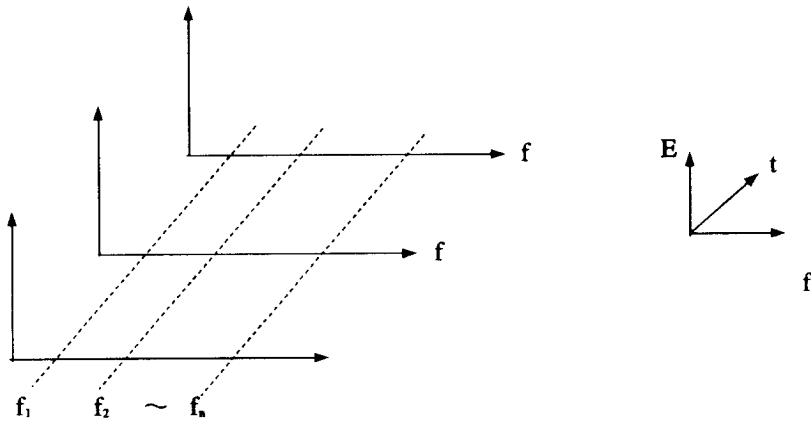


그림13) 스펙트럼 분석기 파형 관측

스펙트럼 분석기로 부터 파형을 받아 디지털로 샘플링을 하고 그 샘플링한 데이터를 다음과 같은 구조의 레지스트 (register)에 저장한다.

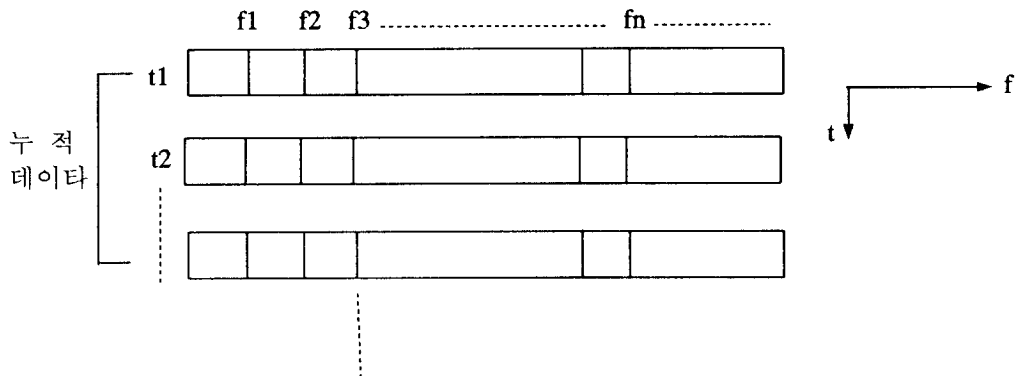


그림14) 누적 데이터 레지스트

즉, 한 주파수  $f_1$ 에 대한 수백개 이상의 누적 데이터를 확보할 수 있다. 스펙트럼 분석기의 Sweep time을 50msec로 설정하여 1000개의 점을 측정할 때 한 점당 측정 시간은  $50 \mu\text{sec}$ 이고 임의 주파수에 대한 데이터 측정 간격은 50msec가 된다. 따라서 이러한 방법은 전 주파수 대역에 대해 많은 자료를 확보 할수 있다는 장점이 있다. 그러나 특정 주파수에 대한 노이즈의 특성을 파악하기 위해선 위의 방법은 적절하지 못하다. 즉 위와 같은 방법으로 측정을 수행할 경우 펄스의 지속시간이 수  $\mu\text{sec}$ 에서 수 n sec정도 되는 펄스의 정보를 정확히 얻기는 어렵다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 특정 주파수에 대한 노이즈 특성 조사시 스펙트럼 분석기의 제로 스펜으로 측정하면 최소한 수  $\mu\text{sec}$  이상의 지속시간을 갖는 노이즈의 특성을 파악할 수 있다.

## (2) 데이터량

우선 전 주파수 대역을 기기의 분해능 대역폭 조정에 따라 측정을 할 경우 분해능 대역폭 변화에 따른 데이터량을 조사해본다. 디지털의 분해능 대역폭을 스펙트럼 분석기의 분해능 대역폭에 따라 자동 조절되고 한 주파수에 대한 데이터 값을 250개 획득한다고 했을 때 데이터량의 계산은 다음과 같다.

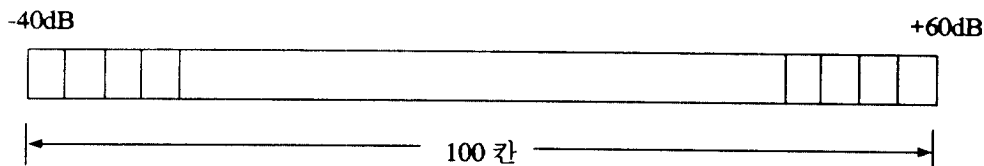
즉 한 스캔 범위에서 데이터량은  $250 \times 1000 = 250,000$ 개이다. (여기서 스캔 범위가 1000개의 주파수 점으로 구성됨) 따라서 전 측정 주파수 대역을 1MHz ~ 1000MHz로 할때 총 데이터량은  $250K \times 1000 = 250M$ , 즉 250M개의 데이터를 얻게 된다. 디지털의 분해능 대역폭을 넓게 조정했을 때 측정의 정확도는 떨어지지만 데이터량을 줄일수 있고 측정 시간도 단축 할수 있다는 잇점이 있다. 예로서 분해능 대역폭을 100KHz로 하였을 경우 (즉, 1회 Scan 범위 ; 1000MHz) 데이터량은  $250K \times 10 = 2.5M$ 의 데이터량을 얻는다.

주파수 범위 1 ~ 1000MHz의 1회 측정시 예상되는 데이터량		
디지털 분해능 대역폭	메모리 데이터량	총 데이터량
1KHz	250	$250 \times 1000(\text{point}) \times 1000 = 250M$
10KHz	250	$250 \times 1000 \times 100 = 25M$
100KHz	250	$250 \times 1000 \times 10 = 2.5M$

## (3) 데이터 축약

디지털로 축적한 한 주파수에 대한 데이터를 레벨 축도로 분류하여 데이터량을 축약한다.

※ 레벨 축도



스펙트럼 분석기의 sweep time을 20msec로 하였을 때 한 주파수에 대한 측정 시간은  $20\mu\text{sec}$  정도이다. 따라서 한 주파수에 대해 250개의 데이터를 획득하는데 데이터간의 측정 간격이 20msec이고 한 주파수에 대한 데이터 sweep 시간은  $20\mu\text{sec}$  이다. 여기서 데이터 간의 간격 20msec는 무시하고 이 250개의 데이터를 레벨 측도를 이용하여 100개 이하의 데이터로 축약한다.

#### (4) 측정값의 저장

스펙트럼 분석기로 부터 아날로그 신호를 디지털이스트를 통해 A/D 변환시킨다. 이때 디지털이스트의 최대 샘플링 속도는 20M Samples/s 이다. 스펙트럼 분석기에 기 설정된 span range에서 측정된 스펙트럼이 디지털이스트의 메모리 용량만큼 A/D 변환되어 기록 저장된다. 이 저장된 값이 PC의 하드 디스크에 저장 되는데 이때 전송 소요시간은 수초에 지나지 않는다.

일반적으로 스펙트럼 분석기에 데이터를 저장하는 과정은 스펙트럼 분석기로 부터 A/D 변환 → data acquisition system (아스키 code화 과정)을 통해 PC에 저장되는데 이때 스펙트럼 분석기의 용량이 2K정도 밖에 되지 않아 많은 데이터를 기록하지 못하는 단점이 있다.

따라서 APD분석, 펄스 duration 및 spacing등 신호의 시간적 특성 해석을 위해서는 각 주파수에 대해 많은 데이터를 확보하는 것이 바람직하다.

#### (5) 데이터 저장 형태

(가) 기록 방법은 어레이 (array) 기록 방식으로 한다.

각 주파수에 대한 레벨의 순차적 기록 방식

(나) 기록값은 스펙트럼 분석기로 부터 신호를 디지털이스트하여 주파수에 대한  $V_{peak}$  값을 저장한다.

(다) 스펙트럼 분석기로 부터 정보

한 span 범위에 따른 측정값에 ID#를 부여, 즉 2~3MHz 측정값을 ID1이라고 하면 3~4MHz 측정값은 ID2가 되고 측정주기가 반복되어 다시 2~3MHz 측정값은 ID1을 부여한다.

(라) GPS로 부터 위치 정보 및 시간 정보를 기록

(마) 날씨, 지역특성, 계절, 장비 설정조건, 케이블 손실, 수신 시스템 장비의 모든 이득과 손실을 기록

pull down 메뉴 방식으로 하고 초기에 한번 설정한 값으로 측정중 변화가 없을시 그대로 유지한다.

※ (라), (마) 항은 ID관리는 별도로 설정 기록한다.

## 다. 지역 분류

도시 지역에서 전파는 환경 요소 즉 건물의 밀집도나 크기등에 많은 영향을 받는다는 사실이 밝혀져 왔으며 환경은 일반적으로 전원지역, 도시지역 및 도시 주변 지역으로 분류된다.

도시지역은 큰 건물, 사무실 블록 그리고 상업적 지역으로 구성되어 있는 지역으로 분류되고 도시 주변 지역은 주거지, 공원 및 정원으로 구성된 지역, 전원 지역은 드문드문한 건물 및 수풀 등으로 구성된 농촌 지역으로 정의된다. 그러나 이러한 정의는 정확한 것이 아니고 분류지역에 따라 다르게 해석 될수 있다. 따라서 문화적 차이와 분류자의 주관적 판단들로 부터 발생하는 피할수 없는 모호성을 없애기 위해 정성적으로 분류할 필요성이 있다.

### (1) 분류의 접근

환경은 실제로 여러 종류의 상호 독립적인 산란체로 구성되어 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 도시를 빌딩의 집합체로 볼수 있고 숲을 나무들의 집합으로 보는 것이다. 따라서 무리를 이루는 개개 산란체의 통계적 특성만 추출할 수 있다면 그 환경을 정량적으로 분류해 내는 방식도 가능하다.

환경의 분류 방법은 '임의의 이동 무선 전파 서비스 지역은 혼합된 환경으로 볼수 있다. 즉, 도시지역과 주거지역의 혼합 형태' 라는 접근으로 부터 시작 할수 있다.

영국의 육지 측량부의 표현에 따르면 서비스 지역은 500m x 500m의 크기의 셀로 나뉘어 질수 있으며 각 셀은 실제로 동일 하지는 않지만 통계적 의미를 가지기 위해서 각 셀은 충분히 같다고 보아야 한다는 것이다.

환경이 전파전파에 미치는 영향과 상호 관련성을 고려하여 환경을 분류할 때 분류기준으로 사용 되어야 할 요소들은 다음과 같다.

- 빌딩 밀도 (전체 면적에 대한 점유율)
- 빌딩 크기 (점유 면적)
- 빌딩 높이
- 빌딩 위치
- 초목 밀도
- 지형 기복

### (2) 분류 방법

1977년에 Kozono와 Watanabe가 건물에 의한 수신 평균 전계 강도의 변화 정도를 조사하기 위해 도시의 환경분류를 시도하였다.

이들은 도시 환경을 분류하기 위해 4개의 파라메타를 사용하였는데

건물의 점유 면적,  $\alpha$

점유 빌딩의 확장된 면적,  $\alpha'$

표본 지역에서 건물체적,  $\beta$

확장된 지역에서 건물체적,  $\beta'$

표본 지역은 반경 250m의 원으로 구성되고 확장된 지역은 500m x 500m의 표본 지역을 기지국 방향쪽으로 옮긴 면적이다.

· 평균 수신 신호 강도에 대한 빌딩의 영향을 조사해 본바  $\beta$ 가 수신 신호에 훨씬 더 관련성이 있었지만  $\alpha$  요소를 추출해 내기가 훨씬 간편하므로 사용하기에 더욱 편리함이 밝혀졌다.

Ibrahim과 Parson이 측정 지역을 특성화 하기 위해 2개의 파라메타를 사용하였다. 지형 용도 L과 도시화 정도 U 파라메타를 사용하였는데 지역 용도 L은 500m x 500m 측정 지역에서 건축물의 점유 면적의 전체 면적에 대한 퍼센테이지로 정의되며, (높이에 관계 없음) 이 요소는 Kozono와 Watanabe가 사용한  $\alpha$ 와 같다.

도시화 정도 U는 테스트 지역내에서 전체 면적에 대한 4층 이상의 건물의 점유 면적의 퍼센테이지를 말한다. 영국 텔레콤은 지역 분류를 대지의 용도에 따라 10가지로 분류하였으며 이 분류는 표2과 같다.

표2. 영국 텔레콤이 분류한 지역분류

분 류	용 도
0	강, 호수, 바다
1	나무가 거의 없는 오픈된 전원지역
2	약간의 나무가 있는 오픈된 전원지역, 공원
3	수풀이 우거진 전원지역
4	언덕 혹은 산이 있는 전원지역
5	낮은 밀도의 주거지역
6	높은 밀도의 주거지역
7	4층 이하의 저밀도 도시지역
8	4층 이상의 고밀도 도시지역
9	4층 이상의 고밀도 및 고층 건물이 밀집한 지역

한편, 독일에서는 도시지역 즉 계획적으로 건설된 지역을 하나의 분류로 보고 있고, 영국과 일본에서는 3개의 분류 즉 주거지역, 도시지역, 고밀도 도시지역의 방식을 채택하였다.

표3. 영국과 여러국가의 site 분류 비교표

영국 (텔레콤)	독 일	덴 마 크	일 본 (Okumura)
0	4	—	육지/ 바다
1	2	0 - 2	—
2	3	1 - 2	—
3	2	4	—
4	2 - 3	—	기복지역
5	1	3	주거지역
6	1	6	주거지역
7	1	7	도시지역
8	1	8	도시지역
9	1	9	도시지역

현재 범 유럽권 이동 전파 시스템이 진행중에 있으며 최근까지 지역 용도의 추출이 land use를 분류하는데 가장 기본적인 일종의 하나 였지만 이것은 비용 및 시간의 측면에서 적절한 방법이 되지 못한다.

최근 지형 정보 시스템 (GIS)의 출현으로 자동적으로 지형 정보의 저장 및 추출이 가능함에 따라 앞으로는 GIS에서 채택된 표준에 의하여 land use의 분류를 채택하는 것이 가장 적절할 것 같다.

지형 정보 시스템으로 부터 다음과 같은 파라메타의 추출이 가능하다.

건물위치 (임의점에 대한 위치)

건물 크기, 혹은 점유 면적

건물 총 점유 면적

건물 수

지형 높이

공원이나 나무, 식물이 있는 정원

이러한 정보의 획득이 가능 할때 다음과 같은 추가적 파라메타의 추출이 가능 하다.

건물 크기 분포 (BSD) - 평균과 표준편차로 정의되는 PDF

건물 지역 지수 (BAI)

건물 높이 분포 (BHD) - 지역내 모든 건물 높이의 PDF

건물 위치 분포

식물 지수 (VI) - 나무의 점유도

지형 굴곡 지수

또한 환경의 3분류가 제안되었고 이것은 각기 재 분류를 갖는다.

분류 1 (전원)

A - 평지

B - 언덕

C - 산

분류 2 (주거)

A - 넓은 공간 주거지역

B - 소밀도 주거지역

C - 고밀도 주거지역

분류 3 (도시 및 고밀도 도시)

A - 쇼핑 지역

B - 상업 지역

C - 산업 지역

추출된 데이터에 기초하여 분류 2와 분류 3의 재분류 파라메타에 관련된 값들은 다음과 같이 계산 되었다.

표4. 분류 2와 분류 3의 재분류 파라메타

분 류	BAI (%)	BSD (m <sup>2</sup> )		BHD (층수)		VI (%)
		$\mu_s$	$\sigma_s$	$\mu_s$	$\sigma_s$	
2A	12 - 20	95 - 115	55 - 70	2	1	$\geq 2.5$
2B	20 - 30	100 - 120	70 - 90	2 - 3	1	$< 5$
2C	$\geq 12$	$\geq 500$	$> 90$	$\geq 4$	1	$\leq 2$
3A	$\geq 45$	200 - 250	$\geq 180$	$\geq 4$	1	0
3B	30 - 40	150 - 200	$\geq 160$	3	1	0
3C	35 - 45	$\geq 250$	$\geq 200$	2 - 3	1	$\leq 1$



(3) 환경 분류

따라서 본 연구에서 측정 자료의 활용성을 높이고 신뢰도를 향상시키기 위해서 지대 분류는 land use를 기초로 하여 다음과 같이 3분류 방식을 채택한다.

표5. 지역 분류

구분 등급	분 류 1 (상, 공업 지역)	분 류 2 (주거 지대)	분 류 3 (녹 지대)
A	쇼핑 지역	소 밀 도	평 지
B	상업 지역	중 밀 도	언 덕
C	공업 지역	고 밀 도	-- --

라. 전파의 형식과 주파수 밴드 사용

전자파 스펙트럼은 30KHz에서 300GHz까지 포함된다. 국제적인 합의에 의해 RF 스펙트럼은 '밴드'로 구분되고 밴드는 표6과 같다.

표6. 주파수 밴드의 구성

주 파 수 밴 드	주 파 수 범 위
Extremely low frequency (ELF)	< 3KHz
Very low frequency (VLF)	3 - 30KHz
Low frequency (LF)	30 - 300KHz
Medium frequency (MF)	300KHz - 3MHz
High frequency (HF)	3 - 30MHz
Very high frequency (VHF)	30 - 300MHz
Ultra high frequency (UHF)	300MHz - 3GHz
Super high frequency (SHF)	3 - 30GHz
Extra high frequency (EHF)	30 - 300GHz

전파 형태의 전자기 에너지는 송신 안테나로부터 외부로 방출되고 주파수의 범위에 따라 여러 형태의 전파 통로를 갖는다. 따라서 수신점에서 전계 강도의 변동 상태는 매우 복잡한 것이지만 전파 경로에 따라 분류하면 쉽게 설명 될수 있다. 즉, 수신 전계가 어느 경로에 의한 전파가 주가 되는가를 고려하면 된다. 따라서 전파 전파의 해석에는 이러한 분류가 일반적으로 사용되며 그림 15에 표시된 것과 같이 나뉘게 된다. 지상파는 송신 안테나에서 복사된 전파가 전리층을 거치지 않고 직접 수신 안테나에 도달하는 직접파, 대지에 반사된 후 수신 안테나에 도달하는 대지 반사파, 지표층을 따라서 전파되는 지표파와 산악이나 전파 장애물을 넘어서 수신 안테나에 도달하는 회절파로 세분할수 있으며 공간파는 전리층에 반사되어 수신 안테나에 도달하는 전리층 반사파, 전리층을 따라서 전파하는 전리층 활행파와 전리층 전자밀도의 불균일에 의한 전리층 산란파 및 대기의 와류에 의한 유전율의 급격한 변동으로 인한 산란 현상에 의한 대류권 산란파와 대기의 굴절률 차에 의한 대류권 굴절파로 분류할수 있다.

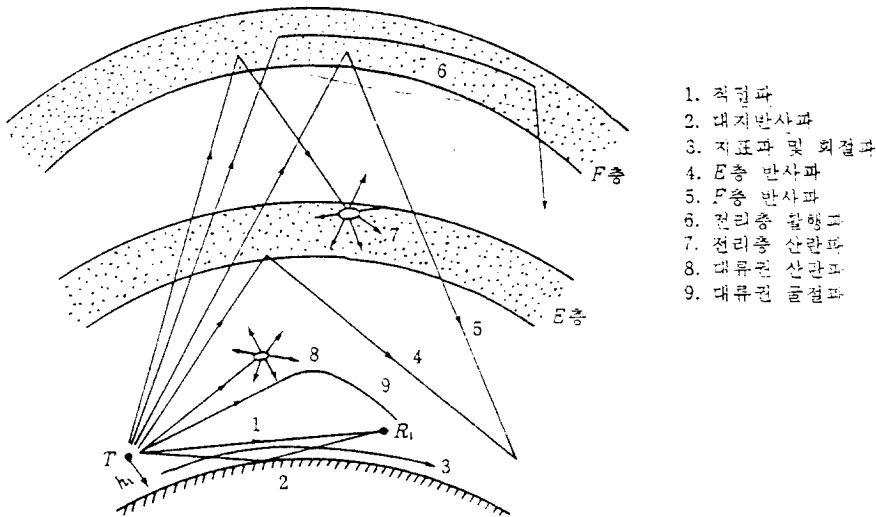


그림 15) 전파 통로에 의한 전파의 분류

지금부터 각각의 band별 전파 특성을 살펴본다.

#### (1) VHF

이 밴드에서 파장은 아주 길고 일반적으로  $10^5$  m 정도이다. 이 대역에서 전리층 반사파가 주이고 전파의 통로로는 지구/전리층 도파관의 형태가 존재한다. 이 밴드의 용도는 주로 장거리 국제 전신 및 항해용으로 사용되고 해저 통신용으로 유리하다.

(2) LF 및 MF

이 대역에서는 대지파가 주된 방식이고 복사 특성은 지표면의 영향을 많이 받는다. LF에서 지표면파가 장거리 통신이나, 항해에 유용하다. MF대역에서 넓은 대역폭의 사용이 가능하고 또한 이것은 AM방송에 사용된다. LF대 보다는 표면파의 감쇠가 크지만 낮시간 동안 수백마일 거리에서 방송이 가능하다.

(3) HF (3 - 30MHz)

대지파가 존재하기도 하지만 이 대역에서는 전리층 반사파가 주된 전파 통로이다. 전리층 내에 전리된 개스의 층이 지상에서 수백 Km 높이까지 존재하기 때문에 많은 전리층에서 전파의 상호 hop으로 인하여 거의 전 세계적으로 통신을 가능하게 한다.

(4) VHF와 UHF (30 - 300MHz, 300MHz - 3GHz)

이 대역에서는 직접파와 공간파의 대지 반사파로써 통신이 주로 이루어진다. 낮은 주파수대에서 공간파는 통신에 있어서 종종 무시할수 있는 요소이지만 공간파는 이 대역에서 주된 통신 통로이다.

V/UHF 대역에서 공간파의 효율을 증대하기 위해선 대지로 부터의 반사나 인공 장애물에 의한 반사, 산란의 문제를 잘 고려해야만 한다. 또한 낮은 대기상에서 굴절 및 언덕, 빌딩, 꼭대기에서 회절 효과도 고려되어야 한다.

(5) SHF (3 - 30GHz)

이 대역은 흔히 마이크로 웨이브대라 불리고 전파 경로는 송, 수신 안테나의 거리 내에서 이루어진다. 또한 이 주파수 대역은 전리층 통과시 거의 영향을 받지 않으므로 위성 통신용으로 사용되고 point - to - point 링크나 레이다 그리고 짧은 거리의 통신용으로 이용된다.

(6) EHF (30 - 300GHz)

이 주파수 대역은 낮은 주파수 대역과 비교해서 광대역의 이용에 유리하다. 가시거리 전파가 주로 이용되고 대지 반사파로 인한 장애가 있지만 대지의 거침 정도가 파장에 비해 훨씬 크기 때문에 이 정도의 장애는 별로 심각하지 않다.

밀리미터 파대에서 고려해야 할 가장 중요한 효과는 침전(비 그리고 눈)에 의한 산란이고 어떤 주파수에서 안개, 수증기 및 기타 대기 가스에 의한 흡수도 심히 고려되어야 할 문제이다. 그림16에 산소와 수증기에 의한 감쇠를 주파수의 함수로 보여준다.

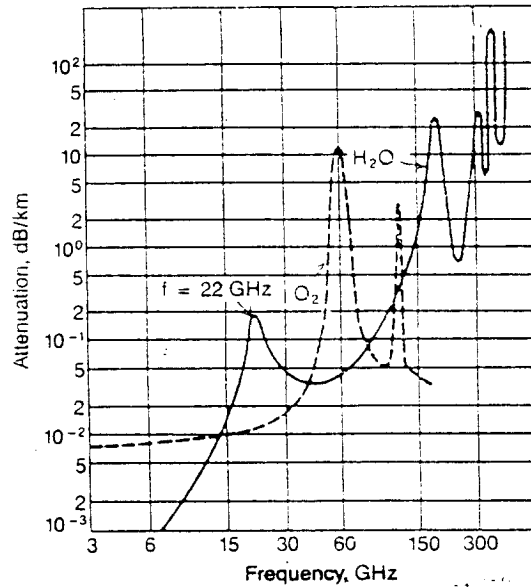


그림16) Sea level에서 산소와 수증기에 의한 감쇠,  $T=20^{\circ}\text{C}$ , 수분 함유량=7.5g/m

그림에서 보면 22GHz에서 수증기에 의한 흡수 그리고 60GHz에서 산소에 의한 흡수가 강하게 나타난다. 그러나 이들 선 사이에 감쇠가 훨씬 작은 전파의 창(window)이 존재한다.

아주 짧은 거리에서 안전한 통신이나 위성 링크간의 통신과 같은 특수한 응용에서 mm파의 적용이 가능할 것이다. 그러나 흡수 밴드는 미래의 마이크로 셀 이동 통신에 약간의 혼선을 일으킬 것이다.

## 제3장 결 론

국내 전파환경 DB를 구축하기 위하여 다음과 같은 공통적인 측정방식에 따라 환경을 조사하여 데이터를 관리 분석 하고자 한다.

### 1. 조사대상

#### 가. 대상량

측정 지점에서 스펙트럼 점유 상황(전계강도, 주파수, 시각) 그리고 특정 주파수에 대한 전계강도의 시간 변화량

#### 나. 주파수 범위

10KHz - 18GHz

#### 다. 조사 대상 지역

전국 7개 권역

### 2. 측정 지역의 선정

#### 가. 조사 대상 도시의 선정

도시의 인구수와 산업화 정도를 기준하여 전국 7개 권역중 주요 도시를 선정 주기적으로 측정한다.

도 시 별	조 사 대 상 도 시
전 파 연 구 소	서울(10개 지점), 강원 (5지점)
공 동 연 구	경기 (5지점), 충청 (5지점), 호남 (5지점), 영남 (5지점)

#### 나. 도시별 측정 지점의 결정

- 상, 공업 지대
- 주거지대
- 녹 지대

(1) 잡음 분포의 상황과 지역의 안배를 고려하여 지대별 측정 지점수의 비율을 다음과 같이 결정한다.

지 대 별	비 율 (%)	비 고
상, 공업 지대	50	측정 지역의 형편상 변경 될수 없음
주 거 지 대	30	
녹 지 대	20	

## (2) 지대별 분류

### (가) 상, 공업 지대

교통량이 많은 변화가와 공장이 밀집한 지역, 즉 상가 빌딩과 공장지대 등을 포함하고 교통량이 많은 간선 도로를 포함시킨다.

### (나) 주거지대

상가와 교통량이 많지 않고 인구의 밀집이 많은 아파트 및 주택지역으로 한다.

### (다) 녹지대

인가, 상가, 공장, 고압 송전선등에서 멀리 떨어진 곳으로 농작물을 재배 하거나 인구 밀집이 거의 없는 전원 지역등으로 한다.

## 3. 측정 주기

### 가. 계절별 분류

1년의 계절 분류는 CCIR의 계절 분류를 따른다.

(봄: 3 - 5월, 여름: 6 - 8월, 가을: 9 - 11월, 겨울: 12 - 2월)

### 나. 1일 측정 시간 분류

1일 24시의 시간 분류는 0000시를 기준으로 6시간 간격으로 분류한다.

(지역시 기준: 0000 - 0600, 0600 - 1200, 1200 - 1800, 1800 - 2400)

## 4. 측정 기준

가. 1개 지점당 1년에 4회(계절별 1회) 측정을 실시한다.

나. 1개 지점당 시간 분류별 측정 데이터를 확보한다.

다. 각 시간 분류대별로 한 주파수에 대해서 연속 3분 이상 측정을 실시한다.

- 라. 측정 지점은 변경치 않음을 원칙으로 한다. (단, 부득이한 경우 기 측정기 점에서  $\pm 300\text{m}$ 를 유지토록 한다.)
- 마. 동일 측정 지점에 대한 반복 측정 주기는 3년으로 한다.

## 5. 조사 방법

### 가. 주파수 대역 선정

#### (1) 주파수 동조 방식

##### (가) 적용 범위

전계 강도의 시간 변화 상태를 조사하기 위한 측정시 채택한다.

##### (나) 대상파

주파수 밴드별 자동 스캔으로 추적하여 가장 조용한 지점을 찾아 그 주파수에 동조시켜 측정한다.

##### (다) 스펙트럼 분석기 설정

중심 주파수 : 시간 영역 사용, 대상 주파수에 동조 시킨다.

sweep 시간 :  $80\mu\text{s} - 1\text{s}$

주파수 sweep폭 :  $0\text{Hz}$

#### (2) 화면 표시 방식

대상 주파수 밴드 전역의 스펙트럼 점유상황을 측정할 경우에 채택한다.

##### (가) 비방송 밴드인 경우

A. 화면 표시 방식을 채택(스펙트럼 주파수 화면 1000개의 데이터를 얻는 방식)

B. 스펙트럼 분석기의 설정

분해능 대역폭 : 나의 (2)항 참조

sweep 시간 : 나의 (2)항 참조

##### (나) 방송 밴드인 경우

A. 주파수 동조 방식을 채택(시간 영역 사용)

B. 스펙트럼 분석기의 설정

분해능 대역폭 : AM방송  $10\text{KHz}$ , FM TV방송  $1\text{MHz}$

sweep 시간 :  $80\mu\text{s} - 1\text{s}$

중심 주파수 : 대상 주파수에 설정

sweep 폭 :  $0\text{Hz}$

## 나. 측정 조건

- (1) 측정 안테나는 각 주파수 대역별로 자동 절체 사용토록 하고 지상 높이 3-4m가 되도록 안테나 회전대에 설치하여 방위각을 조정하며 측정한다.
- (2) 측정기의 대역폭은 주파수 대역별로 다음과 같이 한다.

설 정	주 파 수 대 역	사 용 안 테 나	분 해 능	소 인 시 간	비 고
1	10KHz - 3MHz	루프, 로드	10KHz	80ms	
2	3 - 30MHz	루프, 로드	100KHz	50ms	
3	30KHz - 150MHz	루프, 로드	300KHz	50ms	
4	150KHz-300MHz	바이코니칼	300KHz	50ms	
5	300KHz-600MHz	로그퍼리오딕	1MHz	50ms	
6	600KHz-1000MHz	로그퍼리오딕	1MHz	50ms	
7	1 - 3GHz	혼	2MHz	80ms	
8	3 - 18GHz	혼	2MHz	80ms	

- (3) 준침두치 측정시 시정수 값은 CISPR 기준에 따른다.
- (4) 측정 지점 정보는 GPS를 통해 위도, 경도, 고도, 시간을 측정하여 측정 데이터 값과 동시에 기록한다.
- (5) 측정 계통의 교정  
 측정 안테나, 안테나 절환기, 급전선을 포함한 안테나 계통의 안테나 계수 교정 및 스펙트럼 분석기의 진폭레벨(주파수 특성) 교정을 주기적으로 실시한다.
- (6) 지형물 정보의 수집  
 측정지점에서 양측 건물, 수목, 공작물등의 설치 상황을 메뉴 선택 방식으로 자료 입력하고 카메라로 화상 정보를 입력한다.



(7) 측정기기의 조작 및 기록

1명은 퍼스널 컴퓨터 조작, 스펙트럼 동작의 감시 등을 하고 1명은 측정 지점 주변환경을 파악 카메라 조작 및 스펙트럼 특이현상을 관찰한다.

다. 측정방법 및 기기 설정 조건

(1) 측정 주파수 대역 선택에 따른 안테나를 선정

(GP-IB를 통한 자동절체 방식)

- o 안테나 azimuth 조정
- o 안테나 horizontal, vertical 선정
- o 안테나 높이 조정 (지상 3-4m)

(2) preamp : 입력 신호 크기 조절(메뉴 선택 방식)

(3) 스펙트럼 분석기

- o span-range 조절
- o RBW 조절
- o VBW 조절
- o sweep time
- o freq, range set-up
- o reference level 조절

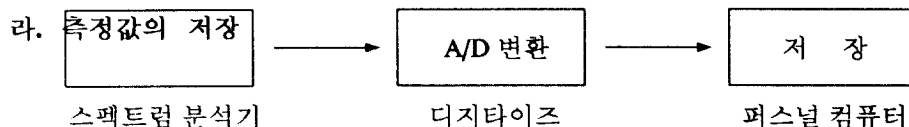
(4) 디지털타이즈 : 메모리 범위 설정

(5) 준 침두치 검파기

준 침두치 측정시 주파수 대역에 따른 총, 방전 시상수 결정

(6) GPS

측정 지점에서 초기 한번의 정보만 수록



스펙트럼 분석기로 부터 입력된 신호를 디지털타이즈를 통해 A/D 변환시켜 PC의

저장 매체에 수록한다.

(1) 기록 방식은 어레이 기록 방식으로 한다.

(각 주파수에 대한 레벨의 순차적 기록 방식)

(2) 기록값은 스펙트럼 분석기로 부터 신호를 디지털화하여 각 주파수에 대한 피크 순시치를 저장한다.

(3) 스펙트럼 분석기로 부터의 정보

한 span 범위에 따른 측정값에 ID#를 부여한다, (즉 2-3MHz에서의 측정값을 ID#1이라고 하면 다음 주파수 대역 3-4MHz 대역에서의 측정값은 ID#2가 되고, 측정 주기가 반복되어 다시 2-3MHz 대역 측정값은 ID#1을 부여하는 방식)

(4) GPS로 부터 지형(위도, 경도, 고도) 정보를 초기에 기록 ID# 설정하고 시간은 스펙트럼의 측정 시간마다 갱신하여 측정값과 동시에 ID# 관리한다.

(5) 기후조건, 측정조건(측정환경), 장비 조건 설정, 장비명, 케이블 손실, 수신 시스템의 모든 이득과 손실등을 메뉴선택 방식으로 데이터 입력하고 ID# 관리는 별도로 설정 기록한다. ; 초기에 한번 설정한 값으로 측정중 변화가 없을시 그대로 유지한다.

## 참 고 문 헌

- 1) 위규진, 김종환, 정삼영, 이주노, "전파환경 조사연구", 전파연구소 연구보고서 제49호 pp. 35~92 (1992)
- 2) Jao J.K., 'Amplitude distribution of composite terrain radar clutter and the K-distribution', IEEE Trans., AP-32, No. 10, pp. 1049~1062 (1984)
- 3) Kozono S. and Watamabe K., 'Influence of environmental buildings on UHF land mobile radio propagation', IEEE Trans., COM-25, No.10, pp. 1133~1143 (1977)
- 4) Ibrahim M.F. and Parsons J.D., 'Signal strength prediction in built-up areas. part 1 : median signal strength' IEEE Proc., 130, part F, No. 5, pp. 377~384. (1983)
- 5) Huish P.W. and Gurdenli E., 'Radio channel measurements and prediction for future mobile radio systems', British Telecom Tech. J., 6, No. 1, pp. 43~53. (1988)
- 6) Handling Geographic Information, HMSO. (1987)
- 7) Betts J.A., High Frequency Communications, E.U.P. (1967)
- 8) Collin R.E., Antennas and Radiowave propagation, MC Graw-Hill, New York. (1985)