

제 출 문

본 보고서를 「기술기준 개정에 따른 스푸리어스 측정방법 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003. 12. 31.

연구책임자: 박 용 서 (경원 대학교)



연 구 원: (소 속 기 관)

: (소 속 기 관)

연구보조원: 정 중 연 (경원 대학교)



: 김 용 천 (경원 대학교)



: 강 태 영 (경원 대학교)



요 약 문

1. 과제명 : 기술기준 개정에 따른 스푸리어스 측정방법 연구
2. 연구기간 : 2003. 2. 1 ~ 2003. 12. 31.
3. 연구책임자 : 박 용 서
4. 계획 대 진도
 - 가. 월별 추진내용

계획 수행 ——

세부내용	연구자	월 별 추 진 계 획												비 고
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
○ITU-R 권고문의 분석을 위한자료 수집 및 분류 - Web site를 통한 표준안 검색 및 자료 확보	공동													
○권고문 SM.329-10의 분석 - 제정 배경 - 스푸리어스 발사 제한의 필요성 및 고려사항 분석 - 스푸리어스의 실제 측정을 위한 파라미터 추출	공동													
○기술기준 대상의 무선기기에 관련된 권고 사항 분석 - SM.329-10의 Category A 참고	공동													
○중간 보고서 작성														

세부내용	연구자	월 별 추 진 계 획												비 고
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
○스푸리어스 발사의 측정방법 연구 - ITU-R에서 권고하고 있는 측정 방법 연구 - 스푸리어스 발사의 실제 측정 연구 - 실측 데이터 획득	공동							<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></</div></div>						

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) ITU-R 권고문의 분석을 위한 자료 수집 및 분류
 - Web site에서 관련 최신 동향 및 권고문에 관한 자료를 확보
 - 국제 교류를 통하여 관련 자료 확보 및 국제적으로 진행되고 있는 동향을 파악
- 2) 권고문 SM.329-10의 분석
 - 스푸리어스 발사에 관한 권고문인 SM.329-10의 제정 배경을 파악
 - 스푸리어스 발사를 제한할 필요성 정리
 - SM.329-10의 category A를 따르는 국내의 개정된 기술기준을 참고하여 기술 기준 대상의 무선기기에 관련된 권고사항 정리
- 3) 스푸리어스 발사를 측정하기 위하여 사용될 스펙트럼 분석기의 이론 및 중요 요소의 정리
- 4) 소출력 무선기기인 무선 랜의 주요 사양 및 기본 주파수 억제필터의 주파수 특성파악
- 5) 기본 주파수 억제필터 사용에 따른 스푸리어스 발사 측정 및 측정 결과를 현행 측정 방법의 결과와 비교

5. 연구결과

본 연구에서는 ITU-R의 스퓨리어스 발사 기준 및 측정방법에 관한 권고문을 분석하고 이들을 시험을 통하여 검증하고 자 하며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

기본주파수 억제필터를 사용여부에 따라 2가지 측정 방법이 있다. 불요 발사 측정 대역에 대한 측정 결과는 그림1,2,3에 있다. 그림2와3으로부터 기준레벨 -20dBm이하에서 바닥잡음이 약 -85dBm에서 나타난다.

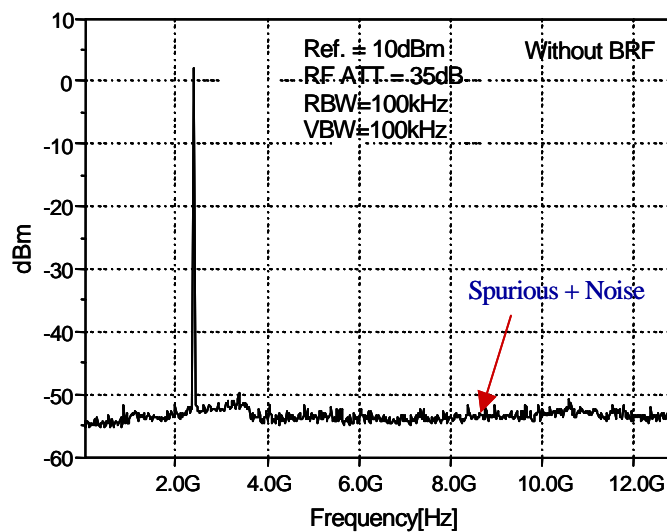


그림 1 불요발사 측정대역에 대한 측정
(기본주파수 억제필터 사용 안 함, 기준대역폭=10dBm)

표1은 기준대역이 -20dBm과 -30dBm일 때 고조파 주파수에서의 스퓨리어스 발사를 나타내고 있다.

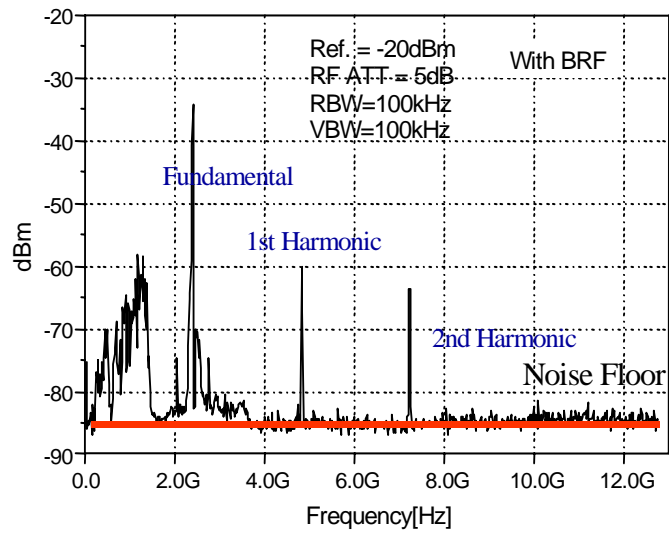


Fig.2 불요발사 측정대역에 대한 측정
 (기본주파수 억제필터 사용, 기준대역폭=-20dBm)

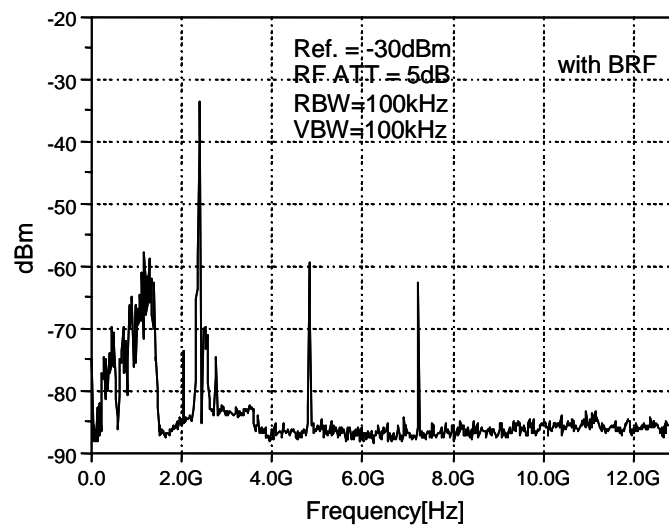


Fig.3 불요발사 측정대역에 대한 측정
 (기본주파수 억제필터 사용, 기준대역폭=-30dBm)

표 1 스퓨리어스 방사(기본주파수 억제필터 사용, 불요 방사측정 대역)

Measurement Frequency	Ref. Level	
	-20dBm	-30dBm
4831MHz (2nd Harmonic)	-62.88dBm	-58.90dBm
7235MHz (3rd Harmonic)	-62.69dBm	-61.95dBm

하측 스퓨리어스 방사 측정대역에 대한 측정 결과는 그림4,5와 같으며 이 결과를 정리하면 표2와 같다.

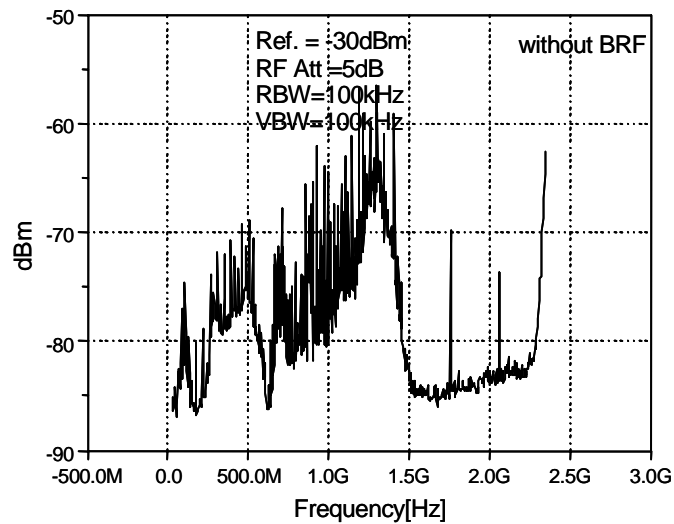


그림 4 하측 스퓨리어스 방사 측정대역에 대한 측정
(기본주파수 억제필터 사용 안 함, 기준대역폭=-30dBm)

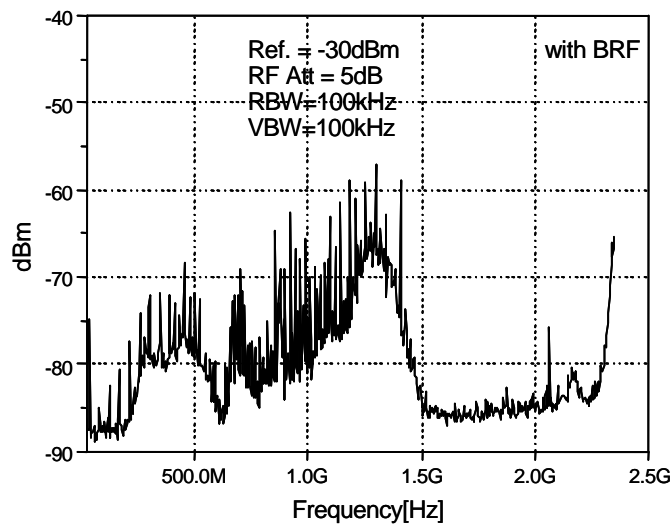


그림 5 하측 스퓨리어스 발사 측정대역에 대한 측정
 (기본주파수 억제필터 사용, 기준대역폭=-30dBm)

표 2 측정된 스퓨리어스 방사(하측 스퓨리어스 발사 측정 대역,
 기준레벨=-30dBm)

측정 주파수	측정된 스프리어스 발사	
	without BRF	with BRF
1189MHz	-57.3dBm	-58.70dBm

그림6,7은 상측 스퓨리어스 발사 측정에 대한 측정결과를 보여주고 있다. 그리고 표3은 그림6,7의 결과를 정리한 표이다.

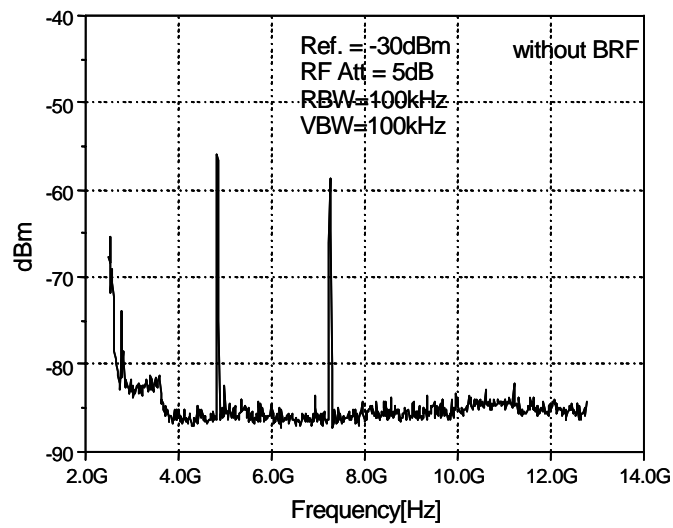


그림 6 상측 스퓨리어스 발사 측정대역에 대한 측정
(기본주파수 억제필터 사용 안 함, 기준대역폭=-30dBm)

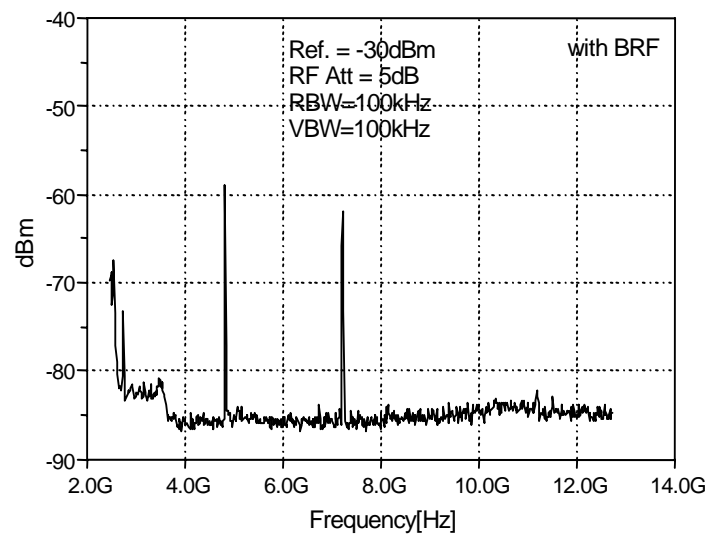


그림 7 상측 스퓨리어스 발사 측정대역에 대한 측정
(기본주파수 억제필터 사용, 기준대역폭=-30dBm)

표 3 측정된 스퓨리어스 발사(상측 스퓨리어스 발사 측정
대역, 기준레벨=-30dBm)

측정 주파수	측정된 스퓨리어스 발사	
	without BRF	with BRF
4831MHz (2nd Harmonic)	-56.1dBm	-62.9dBm
7235MHz (3rd Harmonic)	-57.6dBm	-62.7dBm

본 연구의 측정에서 얻은 결과를 요약하면 표4와 같다.

표 4 결과 요약

	BRF를 사용하지 않을 때	BRF를 사용할 때
불요발사 측정 대역	- 기준레벨이 높게 설정될 수 있기 때문에 동적 범위 내에서 스푼리어스가 분석기의 잡음에 가려질 수 있다.	- 기준레벨을 조정하여 바닥잡음 이상에서 스푼리어스를 측정할 수 있었다.
상·하측 스푼리어스 측정 주파수 대역	- 기준레벨을 조정하여 바닥잡음 이상에서 스푼리어스를 측정할 수 있었다.	- 기준레벨을 조정하여 바닥잡음 이상에서 스푼리어스를 측정할 수 있었다. - BRF를 사용하지 않을 때와 비교해서 고조파 왜곡이 3~4dB 낮다.

6. 기대효과

- 스푸리어스 측정에서는 일관된 측정 방법을 적용하는 것이 중요하다. 현재 개정된 국내의 기술기준에는 ITU-R의 관련 권고문의 측정방법이 반영되어 있지 않고 있다. 따라서 본 연구의 결과에서 얻어진 실제 측정 결과를 국내의 기술 기준을 마련하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있다.
- 국내의 각 업무별 기술기준에 적용하기 위한 스푸리어스 발사 제한 기준 및 표준 측정 방법을 도출하여 제시한다.
- 본 연구 결과를 활용하여 분야별 무선기기의 시험방법이 표준화된다면, 이것을 활용하는 관련 산업체 및 인증 검사 기관 등이 모두 동일한 시험방법을 적용하게 됨으로써 상호 간에 측정에 관한 정보를 공유할 수 있게 되어, 업무의 효율을 높일 수 있을 것으로 사료된다.
- 최근에 개정된 ITU-R 권고문 SM.329-10을 바탕으로 스푸리어스 발사에 대한 측정방법을 국내의 개정 무선설비규격에 포함시킴으로써 관련 업계의 경쟁력 향상 및 해외시장 진출을 유도할 수 있을 것으로 기대된다.
- 산업계 및 관련분야 종사자에게 필요 기술을 전수시킴으로써 국내에서 장비를 제조하는 업체가 우수하고 경쟁력 있는 기술력을 바탕으로 해외의 수출에서 우위를 확보하기 위한 기술 마련할 수 있을 것으로 사료된다.

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유 현황	확보방안	비 고
개인용 컴퓨터	Pentium 4	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자료검색 ○ Simulation ○ 신호발생의 제어 ○ 자료 정리 	유	확보	
노트북 컴퓨터	Pentium 4	1	"	유	확보	
WLAN PCMCIA Card	Orinoko Silver	1	측정신호발생	무	전파 연구소	출 장
주파수 분석기	R&S FSIQ26	1	스푸리어스 발사 측정	무	전파 연구소	출 장
주파수 분석기	R&S FSQ26	1	스푸리어스 발사 측정	무	Rodhe- Schwarz	출 장

8. 기타사항

- 스푸리어스 발사와 그것의 측정 방법과 관련하여 국내
외에서 개최되는 학회 및 세미나 활동에 참여하여 자료
를 수집하였다.

SUMMARY

The limitation of the maximum permitted level of spurious domain emissions at the frequency, or frequencies, of each spurious domain emission is necessary to protect all radio services. And every effort should be made to keep limits for unwanted emissions in out-of-band and spurious domains, both for existing and new services, at the lowest possible values taking account of the type and nature of the radio services involved, economic factors, and technological limitations, and the difficulty of suppressing harmonic emissions from certain high power transmitters.

For the most economical and efficient use of the frequency spectrum, it is necessary to establish general maximum limits of spurious domain emissions, while recognizing that specific services in certain frequency bands may need lower limits of spurious domain emissions from other services for technical and operational reasons as may be recommended in other ITU-R Recommendations.

The terms out-of band emission and spurious emission are defined in RR Article 1, and are used in RR Appendix 3. ITU-R recommendation SM.329-10 explains details about spurious emission limits and its measurement method.

The wireless technologies are emerging variously and its applications are rapidly developed. Korean administration of authorization revised the current regulations for wireless equipments on the spurious emission, which was based on ITU-R recommendation SM.329-10 but there are no regulations for measurement procedures. This study verified the measurement methods in SM.329-10 by experiments and the current measurement

methods were estimated by using the results obtained from these verifications. Finally the results obtained in this study could be used for making new regulated measurement methods and procedures for proof of the wireless equipments.

Measuring equipments for spurious emissions are composed of WLAN(802.11b) as EUT, the selective measuring receiver for the measurement of spurious power supplied to the antenna and fundamental frequency reject filter which attenuates the fundamental frequency at the input of the measuring device and is required if the spurious domain emission frequency is not too close to the fundamental frequency.

Spectrum analyzer which is measuring receiver, is a sort of superheterodyne receiver. In spectrum analyzer, an input signal passes through a low-pass filter to a mixer, where it mixes with a signal from the local oscillator (LO). Because the mixer is a non-linear device, its output includes not only the two original signals but also their harmonics and the sums and differences of the original frequencies and their harmonics. If any of the mixed signals falls within the passband of the intermediate-frequency (IF) filter, it is further processed (amplified and perhaps logged), essentially rectified by the envelope detector, digitized(in most current analyzers), and applied to the vertical plates of a cathode-ray tube (CRT) to produce a vertical deflection on the CRT screen (the display). A ramp generator deflects the CRT beam horizontally across the screen from left to right. The ramp also tunes the LO so that its frequency changes in proportion to the ramp voltage.

As a general guideline, the resolution bandwidths (measured at the 3 dB points of the final IF filter) of the measuring receiver

should be equal to the reference and widths as given in 4.1 of SM.329-10. To improve measurement accuracy, sensitivity and efficiency, the resolution bandwidth can be different from the reference bandwidth. The video bandwidth must be at least as large as the resolution bandwidth, and preferably be three to five times as large as the resolution bandwidth.

There are two basic methods for measurement of spurious domain emissions described in SM.329-10. Method 1a is the measurement of spurious domain emission power supplied to the antenna port of the EUT. This method should be used whenever it is practical and appropriate. Method 1b is the measurement of spurious domain emission power supplied to the antenna port of the EUT. This method may be used when the fundamental rejection filter is not available and the dynamic range of the measurement receiver (possibly equipped with a preselector) is adequate.

Method 2 is the measurement of the spurious e.i.r.p., using a suitable test site. Fig.1 is a simple block diagram of spurious measurement used in this study.

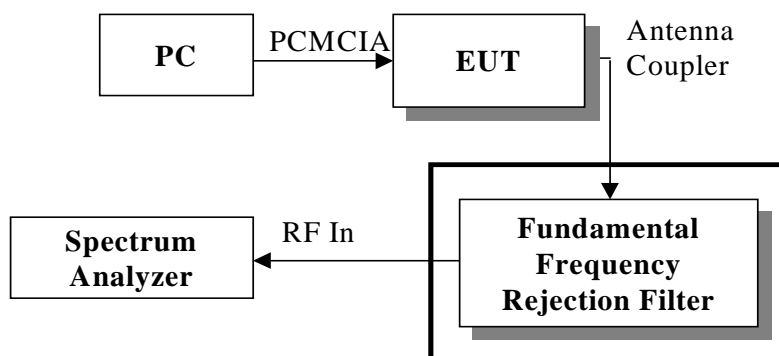


Fig. 1 A simple block diagram of spurious emission measurements

There are two measurement procedures according to whether fundamental reject filter is used or not. Measurement results within

unwanted emission measurement band are shown in Fig.2,3,4.

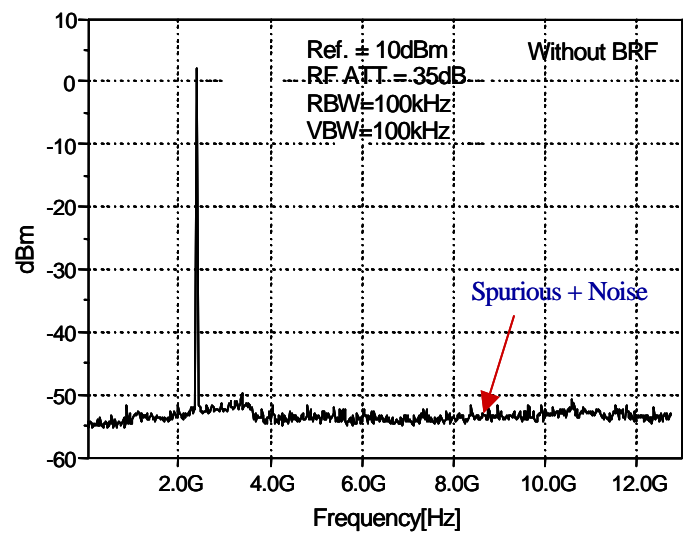


Fig.2 Measurement result without band reject filter
(Ref. Level=10dBm)within unwanted emission measurement band

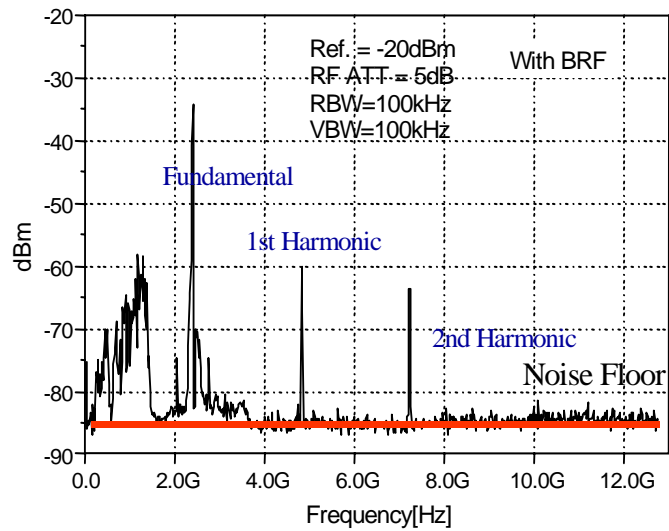


Fig.3 Measurement result with band reject filter(Ref.
Level=-20dBm) within unwanted emission measurement band

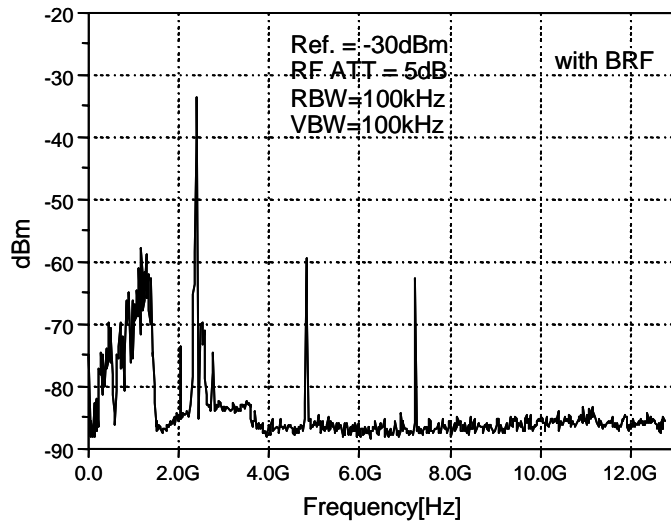


Fig.4 Measurement result with band reject filter(Ref. Level=-30dBm) within unwanted emission measurement band

Table 1. Spurious Emission(with BRF, unwanted emission measurement band)

Measurement Frequency	Ref. Level	
	-20dBm	-30dBm
4831MHz (2nd Harmonic)	-62.88dBm	-58.90dBm
7235MHz (3rd Harmonic)	-62.69dBm	-61.95dBm

Measurement results within lower spurious emission measurement band are shown in Fig.5,6. Table 2 summarizes the effects of BRF on spurious emission levels over lower spurious frequency band.

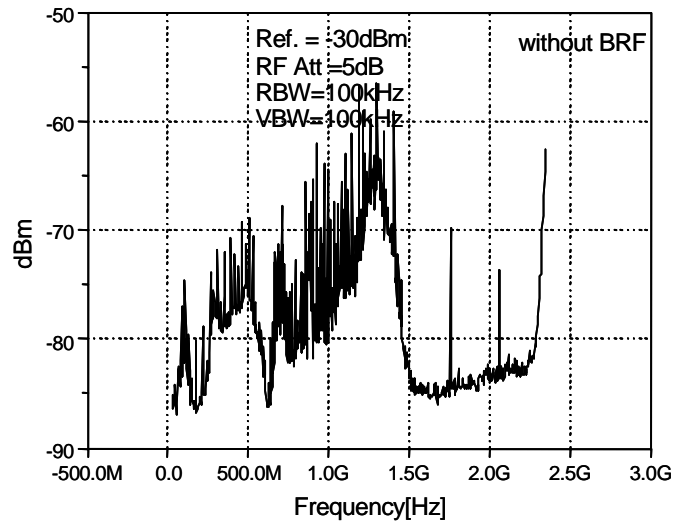


Fig. 5 Measurement result without band reject filter(Ref. Level=-30dBm) within lower spurious emission measurement band

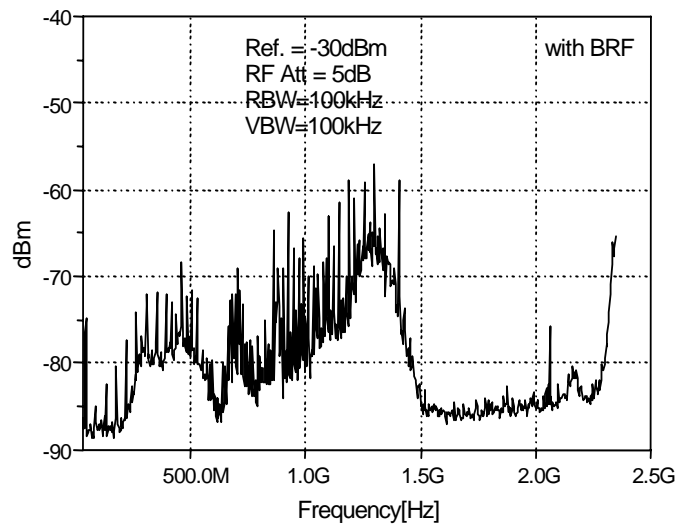


Fig. 6 Measurement result with band reject filter(Ref. Level=-30dBm) within lower spurious emission measurement band

Table 2 Measured spurious emission(Ref. Level=-30dBm, within lower spurious emission measurement band)

Measurement Frequency	Measured spurious emission	
	without BRF	with BRF
1189MHz	-57.3dBm	-58.70dBm

Measurement results within upper spurious emission measurement band are shown in Fig.7,8. Table 3 summarizes the effects of BRF on spurious emission levels over upper spurious frequency band.

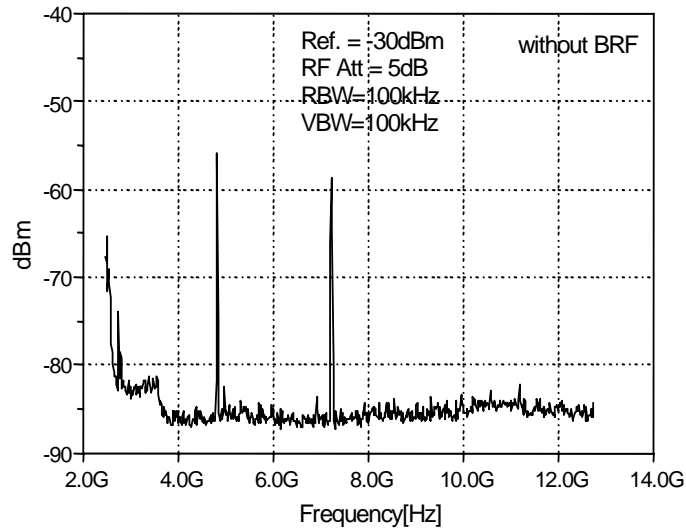


Fig. 7 Measurement result without band reject filter(Ref. Level=-30dBm) within upper spurious emission measurement band

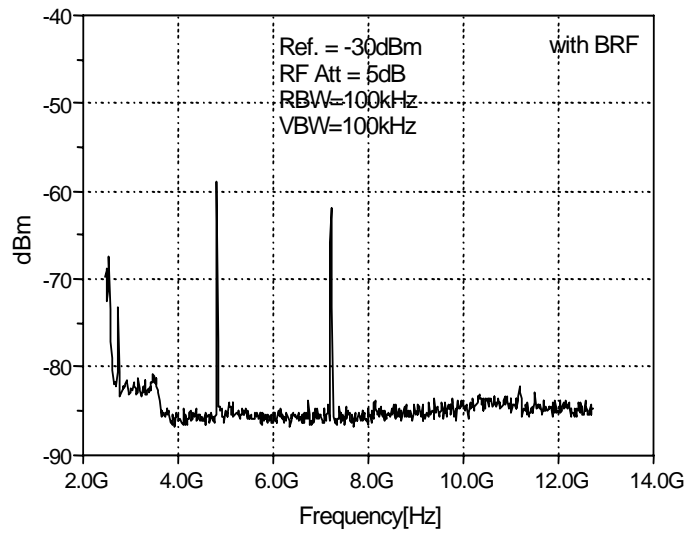


Fig. 8 Measurement result with band reject filter(Ref. Level=-30dBm) within upper spurious emission measurement band

Table 3 Measured spurious emission(within upper spurious emission measurement band

Measurement Frequency	Measured spurious emission	
	without BRF	with BRF
4831MHz (2nd Harmonic)	-56.1dBm	-62.9dBm
7235MHz (3rd Harmonic)	-57.6dBm	-62.7dBm

Table 4 is the summary of results obtained above.

Table 4. Summary of results

	Without BRF	With BRF
Unwanted emission measurement Band	· With high reference level, spurious could be below noise for dynamic range.	· With proper reference, spurious emission over noise floor can be measured.
Lower and upper spurious measurement Band	· With proper reference, spurious emission over noise floor can be measured.	· With proper reference, spurious emission over noise floor can be measured. · Harmonic distortion is 3-4dB lower than without BRF.

Since spurious emission under noise can not be measured with dynamic range of spectrum analyzer over unwanted emission measurement band, fundamental frequency reject filter should be used. But over upper and lower spurious measurement band, rejection filter might be not required and fundamental rejection, the obtained results from the current measurement methods are close to those from measurement method in SM.329.-10. The fundamental reject filter which reduces harmonic distortions in spectrum analyzer can improve dynamic range of analyzer.

It is expected that measurement and test methods based on the results obtained from this study are used for standardization, and the related industries and institutes for verification test will use the same methods. Therefore as they can share information about all of measurement methods and results, the related businesses can be improved efficiently.

목 차

표목차	26
그림목차	27
부록	119
제 1 장 서 론	30
제 2 장 스푸리어스 발사	32
제 2.1 절 ITU-R 권고문 SM.329-10의 배경	32
제 2.2 절 용어의 정의	33
제 2.3 절 스푸리어스 발사 제한기준	35
제 3 장 대역 외 발사 영역과 스푸리어스 발사 영역의 경계	40
제 3.1 절 협대역과 광대역 시스템에 대한 경계변화	40
제 3.2 절 예외적인 경우	44
3.2.1 경계가 필요대역폭의 조건으로 정의되지 않은 경우 ..	44
3.2.2 특별한 업무형식과 대역	45
제 4 장 주파수 분석기	48
제 4.1 절 슈퍼헤테로다인 주파수 분석기의 원리	48
제 4.2 절 스펙트럼 분석기의 입력 단	51
4.2.1 최적 입력 레벨	51
4.2.2 최대 허용 입력 레벨	53
4.2.3 DC 입력 레벨	53
제 4.3 절 주파수 분석기의 동적 범위	54
4.3.1 정의	54

4.3.2 동적 범위의 제한	54
4.3.2.1 고조파와 혼 변조의 발생원리	56
4.3.2.2 혼 변조 왜곡	59
4.3.3 동적 범위의 계산	62
4.3.3.1 혼합기 입력의 왜곡	62
4.3.3.2 감쇠기에 의한 동적 범위의 결정	64
4.3.3.3 잡음	64
4.3.3.4 위상 잡음	65
제 4.4 절 주파수 분석기의 구성	66
4.5.1 주파수 분해능(Resolution Bandwidth; RBW) 필터	66
4.5.2 포락선 검출기	71
4.5.3 비디오 필터	73
4.5.4 수평축 주파수(Span)	75
4.5.5 감도	78
4.5.6 주파수 분석기의 프리셀렉터 필터	80
4.5.7 주파수 분석기의 안전한 사용 방법	82
제 5 장 스퓨리어스 영역 발사의 측정	83
제 5.1 절 측정 장치	83
5.1.1 선택측정 수신기	83
5.1.1.1 측정장비의 가중함수	83
5.1.1.2 분해대역폭(RBW : Resolution Bandwidth)	83
5.1.1.3 영상대역폭(VBW : Video Bandwidth)	84
5.1.1.4 측정수신기 필터 형상계수	84
5.1.2 기본 주파수 억제필터	84
5.1.3 결합장치	85
5.1.4 단말부하	86
5.1.5 측정공중선	86

5.1.6 변조조건	86
제 5.2 절 측정제한기준	86
5.2.1 대역폭 제한기준	86
5.2.2 감도 제한기준	87
5.2.3 시간 제한기준	88
제 5.3 절 측정방법	88
5.3.1 서론	88
5.3.2 방법 1 - 공중선 포트에 공급되는 스퓨리어스 영역 발 사전력 측정	89
5.3.2.1 방법 1a - 기본과 제거필터를 사용한 측정법	89
5.3.2.1.1 직접 측정 방법	90
5.3.2.1.2 대체 방법	91
5.3.2.2 방법1b - 기본과 제거필터를 사용하지 않는 측정법	91
5.3.2.2.1 직접 측정 방법	92
5.3.2.2.2 대체 방법	92
5.3.3 방법 2 - 스퓨리어스 e.i.r.p. 측정	92
5.3.3.1 방사측정을 위한 측정장소	92
5.3.3.2 직접 측정 방법	94
5.3.3.3 대체 방법	95
5.3.4 특별 캐비넷 방사측정	95
제 6 장 측정 및 결과	96
제 6.1 절 스퓨리어스 발사의 측정	96
6.1.1 스퓨리어스 발사 제한 값	96
6.1.2 스퓨리어스 발사의 측정	98
6.1.2.1 측정 구성도	98
6.1.2.1.1 EUT의 설정	98

6.1.2.1.2 측정장치	99
6.1.2.2 측정 절차	101
6.1.2.2.1 기본주파수 억제필터를 사용하지 않는 경우	103
6.1.2.2.2 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우	105
제 6.2 절 측정 결과	107
6.2.1 불요발사 주파수 대역에서의 측정 결과	107
6.2.2 스푸리어스 주파수 대역에서의 측정 결과	109
제 7 장 결론	116
참고 문헌	118

표 목 차

표 2.1 불요발사 측정을 위한 주파수 범위	36
표 2.2 스퓨리어스 발사 기준에 대한 분류	36
표 2.3 기준 대역폭	37
표 2.4 스퓨리어스 제한 기준-분류 A	37
표 3.1 발사 형식에 따른 경계 주파수	42
표 3.2 스퓨리어스 영역의 경계와 중심 주파수 사이의 주파수 분 리에 대한 지침	43
표 3.3 시스템 또는 업무별 주파수 대역에 대한 협대역 변화	45
표 3.4 시스템 또는 업무별 주파수 대역에 따른 광대역 변화	46
표 4.1 혼합기 입력 크기에 따른 감쇠기의 값	52
표 4.1 비선형 소자의 출력 주파수 성분	58
표 4.2 출력 주파수의 예	59
표 6.1 소출력 무선기기의 스퓨리어스 발사 기술기준	96
표 6.2 국내 무선랜(802.11b)의 기술기준	97
표 6.3 무선랜의 불요발사 주파수 범위	97
표 6.4 스퓨리어스 방사 측정에 사용된 기기	99
표 6.5 기본주파수 억제필터의 주파수 특성	100
표 6.6 측정된 스퓨리어스 발사(기본주파수 억제필터 사용, 불요 발사 측정 대역)	109
표 6.6 기본주파수 억제필터 사용 여부에 따른 스퓨리어스 발사 (기준 레벨=-20dBm, 하측 스퓨리어스 영역)	111
표 6.7 기본주파수 억제필터 사용 여부에 따른 스퓨리어스 발사 (기준 레벨=-20dBm, 상측 스퓨리어스 영역)	113

그 립 목 차

그림 3.1 OOB 발사와 스퓨리어스 발사의 경계 개념도	41
그림 3.2 필요대역폭과 스퓨리어스 발사와의 관계	42
그림 4.1 시간영역과 주파수 영역의 관계	49
그림 4.2 슈퍼헤테로다인 스펙트럼 분석기	50
그림 4.3 주파수 분석기의 구조	52
그림 4.4 혼 변조 왜곡	60
그림 4.5 입력 전력에 따른 기본 주파수 성분에 대한 2차 왜곡성 분(S.O.I.)과 3차 왜곡성분(T.O.I.)	61
그림 4.6 왜곡과 잡음에 따른 동적 범위	63
그림 4.7 해상 대역폭의 축소에 따른 동적범위의 개선	65
그림 4.8 위상 잡음과 3차 혼 변조 곡선	66
그림 4.9 IF 필터의 출력	67
그림 4.10 선택된 IF 필터의 3dB 대역폭 만큼 떨어진 두 개의 동 일 진폭을 갖는 정현파 스펙트럼	67
그림 4.11 대역폭 선택도	68
그림 4.12 광대역 RBW의 경우	68
그림 4.13 협대역 RBW의 경우	69
그림 4.14 RBW에 따른 바닥 잡음의 변화	70
그림 4.15 포락선 검파기	71
그림 4.16 포락선 검파기의 출력	72
그림 4.18 신호와 잡음 스펙트럼	73
그림 4.19 그림4.18의 스펙트럼을 평활한 후의 스펙트럼	74
그림 4.20 비디오 대역폭의 비에 따른 평활 효과(3,1/10,1/100) ...	75
그림 4.21 'pos peak' 표시 모드일 때 비디오 대역폭에 따른 잡음 의 변화	76

그림 4.22 소인 횟수(1, 5, 20, 100회)에 따른 비디오 평균의 영향	77
그림 4.23 RF 감쇠기의 변화에 따른 주파수 분석기의 출력	79
그림 4.24 일정한 기준 레벨에 대한 IF 이득의 변화에 따른 분석 기의 잡음	79
그림 4.25 프리셀렉터의 동작 과정	80
그림 4.26 프리셀렉터 필터의 효과	81
그림 5.1 기본제거 필터를 사용한 공중선 포트에 대한 스푸리어스 영역 발사전력 측정을 위한 설정	89
그림 5.2 기본제거필터를 사용하지 않고 공중선 포트에 공급되는 스푸리어스 영역 발사전력 측정을 위한 설정	91
그림 5.3 스푸리어스 발사 e.i.r.p. 측정설정	93
그림 6.1 스푸리어스 발사 측정 구성도	98
그림 6.2 기본주파수 억제필터의 주파수 특성	100
그림 6.3 기본주파수 억제필터를 사용하지 않고 스푸리어스 발사 를 측정하기 위한 흐름도	104
그림 6.4 기본주파수 억제필터를 사용하여 스푸리어스 발사를 측 정하기 위한 흐름도	106
그림 6.5 기본주파수 억제필터를 사용하지 않는 경우(불요발사 대 역, 기준레벨=10dBm)	107
그림 6.6 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우(불요발사 대역, 기 준레벨=-20dBm)	108
그림 6.7 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우(불요발사 대역, 기 준레벨=-30dBm)	108
그림 6.8 기본주파수 억제필터를 사용한 경우(하측 스푸리어스 대 역, 기준레벨=10dBm)	109
그림 6.9 기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(하측 스푸리 어스 대역, 기준레벨=10dBm)	110

그림 6.10	기본주파수 억제필터를 사용한 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=10dBm)	110
그림 6.11	기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=10dBm)	111
그림 6.12	기본주파수 억제필터를 사용한 경우(하측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)	112
그림 6.13	기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(하측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)	112
그림 6.14	기본주파수 억제필터를 사용한 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)	113
그림 6.15	기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)	114
그림 6.16	기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-30dBm)	115

제 1 장 서 론

전파통신업무에서는 각 업무별 간섭 및 기타 스푸리어스파의 간섭 없이 원활한 통신을 보장하고, 그리고 주파수 스펙트럼의 경제적이고 효과적인 사용을 위하여 스푸리어스 발사 제한기준을 정하고 있다. 국제전기통신연합 (International Telecommunication Union: ITU)은 스펙트럼 관리에 관한 권고를 제·개정하여 세계 각국의 전파통신업무에 이를 따르도록 하고 있다. 스푸리어스 발사에 관한 규정은 ITU-R의 전파규칙(Radio Regulations ; RR) 부록3에서 정해 놓고 있으며, 세부적인 기준 및 측정방법은 권고문 SM.329-10(2003년 개정)에서 기술되고 있다[1].

우리 나라는 ITU-R의 권고를 적극적으로 고려하여 국내의 기술기준을 만들고 있다. 새로 개정되어 2003년 1월 1일부터 국내에서 적용되고 있는 무선설비규칙은 SM.329-10 권고문에서 업무 또는 장치형식에 따른 스푸리어스 발사 제한 기준을 나타내고 있는 Category A(분류 A)를 참고하고 있다(부록I 참고). 그러나 스푸리어스 발사 측정방법에 관해서는 여전히 TTA에서 SM.329-7을 기초로 하여 만든 잠정표준을 권고하고 있다[2].

스푸리어스 발사 제한 기준 및 측정방법에서는 일관된 제한기준 및 절차를 적용하는 것이 매우 중요하다. 개정된 무선설비규칙에서는 ITU-R의 권고문 SM.329-10에서 제시하고 있는 측정방법을 따르도록 규정하고 있으나, 2003년 1월1일 이전에 개설된 송신 설비에 적용하고 있는 현행의 무선설비규칙(부록II 참고)에 적용하고 있는 스푸리어스 측정방법은 개정된 무선설비규칙에서 규정하고 있는 측정방법과 다르게 되어있으므로 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 ITU-R의 스푸리어스 발사 기준 및 측정방법에 관한 권고문을 분석하고 이들을 시험을 통하여 검증하고자 한다. 이러한 과정에서 얻어진 결과를 국내의 각 업무별 스푸리어스 발사 제한 기

준 및 표준 측정 방법에 적용하는 연구를 수행하고 자한다. 또한 권고문 SM.329-10을 국내의 전파법 및 무선설비규칙과 연계하여 연구하고, 그 결과를 각 업무별 기술기준에 적용하기 위한 자료로 유용하게 활용될 수 있도록 하고자 한다.

제 2 장 스퓨리어스 발사

제 2.1 절 ITU-R 권고문 SM.329-10의 배경

ITU-R 권고문 SM.328[3]은 정의와 대역폭, 채널 간격과 간섭 시나리오를 다룰 때, 즉 대역외 발사와 스퓨리어스 발사 구분 그리고 대역외 발사에 대한 제한기준을 정할 때, 사용되어야 하는 것에 대하여 기술하고 있다. 스퓨리어스 발사에 대한 제한 기준을 적용할 때 어려움은 정확한 필요 대역폭의 값과 유사 잡음과 같은 이산적인 스퓨리어스 성분을 가질 수 있는 광대역 또는 디지털 변조된 발사를 이용하는 서비스에 대하여 스퓨리어스에 대한 한계가 적용되기 시작하는 곳을 아는 것이다.

각각의 스퓨리어스 발사의 주파수나 주파수들에서 스퓨리어스 발사의 최대의 허용 크기를 제한하는 것은 모든 무선 서비스를 보장하기 위하여 필요하다. 만일 엄격하게 제한이 적용된다면, 무선 장비의 크기나 복잡도가 증가하지만 일반적으로 간섭으로부터 다른 무선 서비스는 더욱 보호 될 것이다. 스퓨리어스 발사와 대역외 발사, 관계된 무선 서비스의 형태와 성질 그리고 경제적인 요인과 기술적인 제약을 고려하여 가능한 가장 낮은 비용으로 기존의 서비스와 새로운 서비스의 한계를 극복하고 그리고 임의의 고 출력 송신기로부터의 고조파 발사를 억제하는데 노력을 기울여야 한다.

측정방법과 측정단위와 대역폭 그리고 중심 주파수와의 주파수에서 전력을 측정을 위하여 사용되는 대역폭을 정의함으로써, 이들이 스퓨리어스 발사를 줄이는 합리적이고 단순하면서 효과적인 수단으로 장려될 것이다.

송신기로부터 멀리 떨어진 위치에서 송신 안테나에 공급된 스퓨리어스 발사의 전력과 이에 대응하는 신호의 장의 세기와의 관계는 스퓨리어스 발사와 다양한 경로에 대한 전파전파 변형과 안테나 자체외의 송신 장치의 부품으로부터 발생하는 발사 주파수에서의 안테나 특성과 같

은 요인에 기인하여 크게 달라질 수 있다.

송신기에 적용할 수 있는 스푸리어스 발사의 제한기준은 다음과 같은 요소에 의해서 결정된다.

- 관련된 전파통신 업무와 모든 주파수 대역에서 결정된 최소한의 보호 비율
- 송신기가 설치되어 있는 환경의 형태(도심, 부도심, 지방, 등)
- 송신기의 형식
- 문제가 되고 있는 송신기와 희생의 무선 수신기간의 최소한의 거리
- 수신 주파수에서 간섭을 일으키는 송신 안테나와 전파전파 모델, 편파 부 정합과 다른 부 정합의 요인을 포함하는 무선 수신기의 수신 안테나간의 모든 가능한 부 정합
- 수신기가 활성화되어 있을 때, 송신기의 스푸리어스 발사의 발생 확률
- 송신기가 활성화되어 있거나 휴지 또는 동시에 활성화되어 있다는 사실

제 2.2 절 용어의 정의

본 절에서는 대역폭과 채널간 간섭 문제를 다룰 때 다음과 같은 몇 가지 필요한 사항을 정의한다.

불요 발사(RR Article 1, No. 1.146)

스푸리어스 발사(spurious emission; RR Article 1, No.1.145)와 대역 외 발사(out of band emission; RR Article 1, No.1.144)로 구성된다.

필요 대역폭(RR Article 1, No. 1.152)

주어진 발사 등급에 대해서 데이터 속도와 지정된 조건 하에서 요구되는 품질로 정보의 전송을 보장하기에 충분한 주파수의 폭으로 정의된

다.

스퓨리어스 발사(RR Article 1, No. 1.145)

필요 대역폭의 바깥쪽에 있으면서 정보의 전송에 영향을 미치지 않고 그것의 크기가 감소될 수 있는 하나의 주파수 또는 여러 주파수 상으로의 발사이다. 일반적으로 스퓨리어스 발사는 고조파 발사, 혼 변조적, 기생 발사와 주파수 변환적 등에 의해서 발생하는 모든 발사를 포함한다. 여기서 모든 발사란 발사의 중심주파수로부터 발사의 필요대역폭 250% 나 그 이상의 250%까지 떨어진 주파수에서 발생하는 것을 의미한다.

대역 외 발사(RR Article 1, No. 1.144)

변조의 결과로 발생한 필요 대역폭 바로 바깥에 있는 하나의 주파수나 여러 주파수상으로의 발사이다. 여기에 스퓨리어스 발사는 포함되지 않는다. 발사의 대역 외 스펙트럼은 필요 대역폭 바깥에 있고 변조 과정에서 생긴 발사 전력 밀도 스펙트럼의 일부이다. 이것은 할당주파수로부터 필요대역폭의 250% 범위까지 주파수에서 일어나는 필요대역폭 이외의 임의의 발사를 의미한다.

그러나 스퓨리어스 발사와 대역외 발사에서 변조방식, 디지털변조의 경우 최대 심볼율, 송신기 형식, 주파수 조정 인자에 따라 250% 범위가 변동될 수 있으며, 몇 개의 반송파가 증폭기 중단 또는 안테나로 동시에 송신되어질 수 있는 다중채널 또는 다중반송파 송신기의 경우 발사의 중심주파수는 무선국 할당대역폭 또는 송신기의 -3dB 대역폭의 중심으로 취할 수 있다.

스퓨리어스 영역

스퓨리어스 방사가 우세한 대역 외 영역이상의 주파수 범위이다.

대역 외 영역

필요대역폭 바로 바깥쪽에 있으면서 일반적으로 대역외 방사가 우세한 주파수 범위이다. 대역외 방사는 대역 외 영역과 적게는 스퓨리어스 영역에서 발생한다. 마찬가지로 스퓨리어스 방사는 스퓨리어스 영역 뿐만 아니라 대역 외 영역에서 발생할 수 도 있다.

대역 외 영역과 스퓨리어스 영역은 RR Artical 1에서 정의된 대역 외 방사와 스퓨리어스 방사 그리고 WRC-2000에서 개정된 RR 부록3에서 이들의 용어를 사용하는데 있어서 상호 모순을 제거하기 위하여 도입되었다. 대역 외 방사 영역과 스퓨리어스 영역 방사 한계는 각각 대역 외와 스퓨리어스 영역에 있는 모든 불요 방사에 적용된다.

제 2.3 절 스퓨리어스 방사 제한기준

스푸리어스영역방사의 레벨은 송신기의 무선업무의 종류에 따라서, 규정된 기준 대역폭 내에서, 방사 주파수상의 송신기로부터 안테나 급전선에 공급되어지는 평균전력의 또는 침투 포락선전력의 개념으로 표현되어진다. 무선장비에 대한 스퓨리어스영역방사의 한계는 9kHz 에서 300 GHz범위에 적용할 수 있도록 표 2.1과 같이 정의된다.

표 2.1 불요발사 측정을 위한 주파수 범위

기본 주파수 범위	측정주파수 범위	
	하 한 기 준	상 한 기 준 (시험은 전체 고조파대역을 포함해야 하고 정확히 정해진 상한 주파수기준에서 윗 부분이 잘려지지 않아야 한다)
9 kHz-100 MHz	9 kHz	1 GHz
100 MHz-300 MHz	9 kHz	10번째 고조파
300 MHz-600 MHz	30 MHz	3 GHz
600 MHz-5.2 GHz	30 MHz	5번째 고조파
5.2 GHz-13 GHz	30 MHz	26 GHz
13 GHz-150 GHz	30 MHz	2번째 고조파
150 GHz-300 GHz	30 MHz	300 GHz

RR 부록 3 및 더 엄격한 기준과 ITE(정보기술장치)에 적용하고 있는
기준의 예를 포함하여 스퓨리어스 발사기준에 대한 분류는 표 2.2와 같
이 정의된다.

표 2.2 스퓨리어스 발사 기준에 대한 분류

분 류 A	최대 허용 스퓨리어스 발사 전력레벨 계산 에 사용되는 감쇠값.
분 류 B	유럽에서 정의 채택, 기타 다른 나라에서 사용된 기준에 근거.
분 류 C	USA 와 캐나다에서 정의 채택, 기타 다른 나라에서 사용된 기준에 근거.
분 류 D	일본에서 정의 채택, 기타 다른 나라에서 사용된 기준에 근거.
분 류 Z	CISPR에 의해 지정된 ITE에 대한 발사 기 준.

기준 대역폭은 스퓨리어스영역 발사레벨이 지정되는 대역폭이며 표 2.3과 같이 기준 대역폭이 권고된다.

국내의 무선설비규칙 개정(안)은 표 2.4의 SM.329-10의 분류 A기준을 따라 업무별로 스퓨리어스발사 제한기준을 정하고 있다. 여기에서 2003년 1월 1일 이전에 개설된 송신설비에 대하여는 2012년 1월 1일까지 기존 무선설비 규칙의 주파수별 제한기준을 따르도록 하고 있으며 부록I에서 상세하게 설명하고 있다. 2003년 1월 1일 이후에 개설될 송신설비에 대하여는 업무별 스퓨리어스발사 제한기준을 적용하도록 정하고 있다.

표 2.3 기준 대역폭

주 파 수 범 위	기 준 대 역 폭
9 kHz ~ 150 kHz	1 kHz
150 kHz ~ 30 MHz	10 kHz
30 MHz ~ 1 GHz	100 kHz
1 GHz ~	1 MHz

표 2.4 스퓨리어스 제한 기준-분류 A

전파규칙 Article 1에 따른 업무분류 또는 장치형식 ^{(1), (2)}	급전선에 공급되는 전력 이하로 감쇠값(dB)
아래 업무를 제외한 모든 업무	$43 + 10 \log P$ 또는 70dBc 중에서 덜 엄격한 값
우주업무 (이동지구국) ^{(3), (4)}	$43 + 10 \log P$ 또는 60dBc 중에서 덜 엄격한 값
우주업무 (고정지구국) ^{(3), (4)}	$43 + 10 \log P$ 또는 60dBc 중에서 덜 엄격한 값
우주업무(우주국) ^{(3), (5), (6)}	$43 + 10 \log P$ 또는 60dBc 중에서 덜 엄격한 값
무선측위 ⁽⁷⁾	$43 + 10 \log PEP$ 또는 60dB 중에서 덜 엄격한 값
텔레비전 방송 ⁽⁸⁾	$46 + 10 \log P$ 또는 60dBc 중에서 덜 엄격한 값 UHF무선국에 대하여 12 mW 또는 VHF무선국에 대하여 1 mW의 절대평균전력레벨 초과 불가. 그러나 보다 큰 감쇠는 기지국에 따라 필요할 수 있다.

FM방송	46 + 10 log P 또는 70dBc 중에서 덜 엄격한 값 절대평균전력레벨이 1 mW 초과 불가
MF에서 FM 방송	50 dBc 절대평균전력레벨이 1 mW 초과 불가
이동국에서의 SSB ⁽⁹⁾	PEP 아래로 43dB
30 MHz 이하에서 운용하는 아마추어 업무 (SSB포함) ⁽⁹⁾	43 + 10 log PEP 또는 50dB 중에서 덜 엄격한 값
30 MHz이하에서 운용하는 업무, 우주국, 무선측위, 방송, 이동무선국으로 SSB사용하고있는 것, 아마추어국을 제외 ⁽⁹⁾	43 + 10 log X 또는 60dBc 중에서 덜 엄격한 값 여기서: X = SSB 변조에 대한 PEP X = 다른 변조에 대한 P
소출력 무선장비 ⁽¹⁰⁾	56 + 10 log P 또는 40dBc 중에서 덜 엄격한 값
긴급위치지정무선비컨(EPIRB) 항공기용 구명 무선기 (ELT) 개인 위치 비콘 (PLB) 수색구조용 트랜스폰더 (SART) 비상선박, 구명정, 구명정용 송신기, 긴급시 사용되어지는 육상, 항공, 해상수신기	제한 없음

P : RR No 1.158에 따라 공중선 급전선에 공급되는 평균전력(W). burst 전송방식이 사용될 때 평균전력P와 임의의 스퓨리어스 발사의 평균전력은 burst지속 기간 동안에 전력을 평균하여 측정한다.

PEP: RR No. 1.157에 따라 공중선 급전선에 공급되는 첨두 포락선전력(PEP). P가 사용될 때 공중선 급전선에 공급되는 전력과 스퓨리어스 발사는 평균전력과 기준대역폭에서의 평균전력으로 각각 평가한다. PEP가 사용될 때, 공중선 급전선에 공급되는 전력과 스퓨리어스 발사는 첨두포락선 전력과 기준대역폭에서의 첨두포락선 전력으로 각각 평가한다. 그러나 스퓨리어스 발사의 특성(예를 들자면 가우스 잡음)에 기인하여 PEP 단위로 스퓨리어스 발사 측정이 어려울 때는 공중선 급전선에 공급되는 전력과 평균전력 단위로 스퓨리어스 발사를 평가할 수 있다.

dBc: 발사시 무변조 반송파 전력에 대한 상대 dB. 예를 들어 반송파를 측정 할 수 없는 일부 디지털 변조방식과 같이 반송파가 없는 경우, dBc와 동등 한 기준값은 평균전력 P에 대한 상대 dB값이다.

⁽¹⁾ 디지털 변조와 모든 전파형식의 업무를 위한 협대역 고전력 송신기의

경우, 필요한 대역폭의 $\pm 250\%$ 에 근접한 조건을 만족시키는데 어려움이 있을 수 있다.

- (2) 송신기와 공중선 급전선 사이의 전송에 접속하는 것이 비현실적일 때는 SM.329-10의 부록 2 §3.3 에 있는 e.i.r.p 방법을 사용하라.
- (3) 모든 우주업무에 대한 스푸리어스 기준은 4 kHz 기준대역폭 내에서 지정된다.
- (4) 30kHz 이하에서 운용되는 아마추어-위성업무에서 지구국은 “30 MHz(SSB 포함) 이하에서 운용되는 아마추어 업무”에 속한다.
- (5) 동일한 서비스 영역 내에서 1개 이상의 중계기를 가진 단일 위성의 경우, 표 2.3에 지시된 스푸리어스영역 발사기준을 고려해보면 하나의 위성중계기로부터 발생하는 스푸리어스영역 발사는 두 번째 위성중계기가 송신하는 주파수 대역에 겹쳐서 나타날 수 있다. 이런 상황에서 두 번째 위성중계기의 기본파 발사 또는 OOB 영역발사는 첫 번째 중계기로부터 발생하는 스푸리어스영역 발사레벨 보다 크다. 그러므로 동일한 서비스 영역 내에서 동일 위성 상의 다른 중계기의 필요대역폭이나 OOB 영역 내에 나타나는 위성 스푸리어스영역 발사에 스푸리어스발사 제한기준을 적용하지 않는다. (RR 부록 3 참조)
- (6) No. 1.177에 의해서 정의된 것처럼 심우주 운용을 위한 우주연구업무에서 우주국은 스푸리어스발사 제한기준에서 제외된다.
- (7) 무선측위시스템 (No. 1.100에 의해 정의된 radar) 스푸리어스영역 발사감쇠(dB)는 공중선 급전선에서가 아니라 방사된 발사레벨에 대해 결정된다. 레이더 시스템에서 방사된 스푸리어스영역 발사레벨 결정을 위한 측정방법은 ITU-R 권고 M.1177에서 설명된다.
- (8) 아날로그 텔레비전 전송에 대해 평균전력은 특정화된 비디오신호 변조로 정의된다. 이 비디오 신호는 최대평균전력(e.g. at the video signal blanking level for negatively modulated television signal)이 공중선 급전선에 공급되는 방식으로 선택되어야 한다.
- (9) SSB를 사용하는 모든 형식의 전파발사는 “SSB”분류에 포함된다.
- (10) 100 mW 이하의 최대출력전력을 가지고 있고 짧은 영역통신 또는 제어 목적을 위한 저전력 무선통신장치(그런 장치는 일반적으로 개별적인 허가에서 면제된다.)

제 3 장 대역 외 발사 영역과 스푸리어스 발사 영역의 경계

대역 외(Out-Of-Band; OOB) 영역과 스푸리어스 영역 사이의 경계는 중심 주파수로부터 필요대역폭의 250%로 분리되는 주파수이다. 그러나, 통신기술의 발달로 스펙트럼 이용효율이 높은 통신방식의 등장으로 필요대역폭의 $\pm 250\%$ 경계가 적용되지 않는 경우가 많다. 협대역과 멀티 캐리어 방식을 포함한 광대역 시스템에서 영역경계를 정하기 위해서는 필요대역폭의 $\pm 250\%$ 의 경계 정의에 대한 변경이 필요하다. 이들의 경계변화에 대한 내용은 ITU-R 권고문 SM.1539에서 설명하고 있다[4]. 임의의 무선 시스템의 방사 마스크에 의한 스푸리어스와 대역외 발사의 범위는 그림 3.1과 같이 정의 되어진다. 이 그림에서 (B)는 스푸리어스 발사 영역을 의미하며, (C)는 대역외 발사 영역을 의미한다.

본 장에서는 ITU-R 권고 SM.1539 "OOB와 스푸리어스 영역사이의 경계변화"를 분석하였다.

제 3.1 절 협대역과 광대역 시스템에 대한 경계변화

ITU-R 권고 SM.329-10과 SM.1541[5]에 기술된 것처럼 OOB영역과 스푸리어스영역 사이의 경계는 중심 주파수로부터 필요대역폭의 250%로 분리되는 주파수이며, 협대역과 멀티 캐리어 방식을 포함한 광대역 시스템에서 영역경계를 정하기 위해서는 필요대역폭의 250%의 경계정의에 대한 변경이 필요하다.

필요 대역폭의 정의, 다중채널 또는 다중 캐리어 송신기나 중계기에 대한 응용, 그리고 고정업무와 무선측위 업무에서 필요대역폭 사용을 위해서는 ITU-R 권고 SM.329-10에서 설명되고 있다.

그림 3.1은 필요대역폭에 따른 스푸리어스 경계변화를 보여주고 있다. 중심 주파수와 스푸리어스영역 경계에 관한 일반적 분리기준은 그림 3.1의 수직선 사이로부터 필요대역폭(B_n)의 250% 이다.

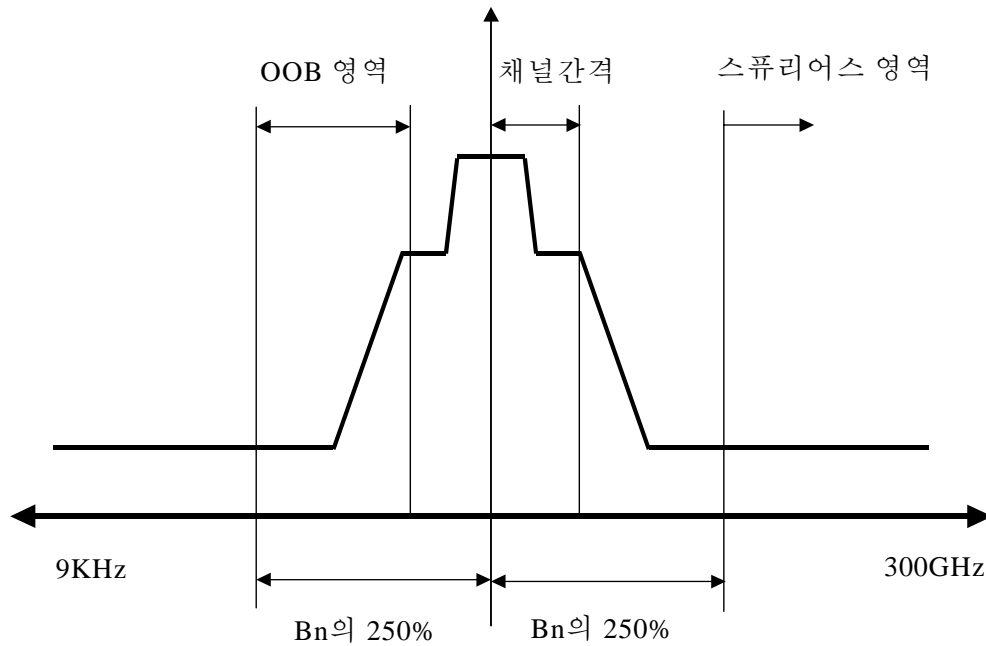


그림 3.1 OOB 발사와 스푸리어스 발사의 경계 개념도

일부 협대역 발사에 대해서, 발사에 근접한 매우 좁은 대역에서 OOB 영역과 스푸리어스 영역을 구별하는 것은 바람직하지 않지만 한편으로, 인접대역에 OOB영역이 간섭을 일으키는 것을 제한하기 위하여 광대역 발사에 대한 필요대역폭 대 OOB 영역 사이의 선형증가를 제한할 필요가 있다.

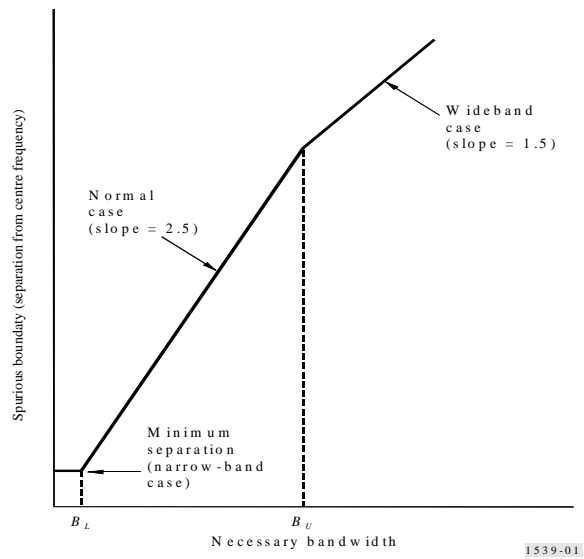


그림 3.2 필요대역폭과 스푸리어스 발사와의 관계

그림 3.2는 협대역과 광대역시스템에 대한 경계를 결정하는 방법을 보여준다. 발사의 필요대역폭이 하한 값 B_L 보다 낮을 때, 경계는 $2.5B_L$ 의 일정한 값이 된다. 역으로, 필요대역폭이 상한값 B_U 를 초과할 때, 경계는 $1.5B_N + B_U$ 의 값을 따라 B_L 과 B_U 사이에서 증가 값 보다 더 낮은 비율로 증가한다. 표 3.1은 협대역, 보통대역, 그리고 광대역 시스템에 대한 분리기준을 보여준다.

표 3.1 발사 형식에 따른 경계 주파수

발사형식	필요대역폭	경계분리 주파수
협대역	$< B_L$	$2.5 B_L$
보통	B_L 에서 B_U 영역	$2.5 B_N$
광대역	$> B_U$	$B_U + 1.5 B_N$

표 3.1은 가중값을 필요대역폭의 중심 주파수에 기초를 두고 정하였으므로 비대칭 발사에도 적용할 수 있다는 사실에 주의해야 한다. 경계가 필요대역폭의 함수로 정의되지 않는 경우는 SM.1539 권고의 §3에서 설명되고 있다.

협대역과 광대역 시스템의 경우, 스퓨리어스 영역 경계변화는 SM.1541에 지정된 OOB 마스크에도 영향을 미친다. OOB 마스크의 적용변화에 관해서는 ITU-R 권고 SM.1541 §5에서 기술되고 있다.

표 3.2는 발사의 중심 주파수와 스퓨리어스 영역의 시작 주파수 사이의 일반적 분리 값을 결정하는 지침을 제공한다. 보통대역과 광대역의 경우, 경계분리 공식들을 가지고 있는 반면에 협대역의 경우, 최소분리가 적용된다.

표 3.2 스퓨리어스 영역의 경계와 중심 주파수 사이의 주파수 분리에 대한 지침

주파수 범위	협대역		보통대역 (B_N)	광대역	
	$B_N <$	분리		$B_N >$	분리
$9\text{kHz} < f_c < 150\text{kHz}$	250 Hz	625Hz	2.5	10 kHz	$1.5B_N + 10 \text{ kHz}$
$150\text{kHz} < f_c < 30\text{MHz}$	4 kHz	10kHz	2.5	100 kHz	$1.5B_N + 100 \text{ kHz}$
$30\text{MHz} < f_c < 1\text{GHz}$	25 kHz	62.5kHz	2.5	10 MHz	$1.5B_N + 10 \text{ MHz}$
$1 \text{ GHz} < f_c < 3\text{GHz}$	100 kHz	250kHz	2.5	50 MHz	$1.5B_N + 50 \text{ MHz}$
$3\text{GHz} < f_c < 10\text{GHz}$	100 kHz	250kHz	2.5	100 MHz	$1.5B_N + 100 \text{ MHz}$
$10\text{GHz} < f_c < 15\text{GHz}$	300 kHz	750kHz	2.5	250 MHz	$1.5B_N + 250 \text{ MHz}$
$15\text{GHz} < f_c < 26\text{GHz}$	500 kHz	1.25MHz	2.5	500 MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$
$f_c > 26\text{GHz}$	1 MHz	2.5MHz	2.5	500 MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$

Note 1 표 3.2에서 f_c 는 발사의 중심주파수이다. 발사의 할당 주파수 대역이 두 주파수 범위를 초월한다면, 높은 주파수 범위에 대응하는 값은 전체 할당을 위하여 사용될 수 있다.

Note 2 위의 지침이 적용될 수 없는 상황에 대해서는 부가적인 지침이 SM.1539의 §3에서 제공된다.

Note 3 표 3.2의 주파수 분리값을 확증하기 위해서는 ITU-R 내에서 더 많은 후속 연구가 필요하다.

예 1 : 26 MHz에서 발사의 필요대역폭은 1.8 kHz이다. $2.5 B_N$ 이 4.5 kHz이기 때문에 최소분리가 적용된다. 스푸리어스 영역은 필요대역폭의 중심으로부터 10 kHz에서 시작한다.

예 2 : 8 GHz에서 발사의 필요대역폭은 200 MHz이다. 8 GHz에서 $B_N > 100$ MHz 이므로 광대역 조건이 적용되어 스푸리어스 영역은 필요대역폭의 중심 주파수 양측 400MHz에서 시작한다. 일반적인 분리공식을 사용하면, OOB 영역은 중심주파수 양측에서 각각 $2.5 \times 200\text{MHz} = 500\text{MHz}$ 까지 확대된다.

제 3.2 절 예외적인 경우

위의 지침은 일반적 응용에는 적합하지만, 후속지침이 필요한 특정한 경우가 다음 섹션에서 주어진다.

3.2.1 경계가 필요대역폭의 조건으로 정의되지 않은 경우

일부 시스템들은 채널 대역폭 또는 채널 간격에 대해 OOB 발사를 규정한다. 채널 대역폭 또는 채널간격은 ITU-R 권고들에서 제공되기만 하면 필요대역폭 대신에 사용될 수 있다.

3.2.2 특별한 업무형식과 대역

표 3.2에 주어진 분리 주파수 값은 대부분의 경우에 적용할 수 있는 것이지만, 모든 경우에 적용할 수 있는 것은 아니다. 각 주파수 범위에서 최악의 경우, 그런 값을 설정하기 보다는 보다 엄격한 값을 사용하는 것이 현실적이고, 개별적으로 다른 값이 필요한 경우들을 열거하는 것이 바람직하다. 표 3.3과 3.4는 지금까지 확인된 특별한 경우들이다.

표 3.3 시스템 또는 업무별 주파수 대역에 대한 협대역 변화

시스템 또는 업무	주파수 범위	협대역	
		$B_N < (\text{kHz})$ 경우	분리주파수(kHz)
고정업무	14 kHz-1.5 MHz	20 ⁽¹⁾	50
고정업무	1.5-30 MHz	80 ⁽²⁾	200

- ⁽¹⁾ 이 값은 14 kHz - 1.5 MHz 주파수 대역에 대하여, 필요대역폭의 최대 값이 약 3 kHz 라는 가정에 기초한다. 변조상태에서 고전력 송신기의 불요발사가 OOB영역과 스퓨리어스 영역 경계에서 스퓨리어스 제한기준이 70 dBc 이하이기 때문에 50 kHz의 분리주파수 값은 필요대역폭에 비해 대단히 크다.
- ⁽²⁾ 80 kHz는 1.5~30 MHz 주파수 대역에 대해 필요대역폭이 약 12 kHz 라는 가정에 기초를 두고 있다. 무변조 상태에서 고전력 송신기의 불요발사는 OOB영역과 스퓨리어스 영역 경계에서 스퓨리어스 발사 제한기준(70dBc) 이하이어야 하므로 200 kHz의 분리값은 필요대역폭에 비해서 대단히 크다.

또한, 1.5~30 MHz 주파수 대역에서 운영되는 미래 고정업무 시스템이 12 kHz 보다 더 큰 필요대역폭을 요구한다면, 200 kHz의 분리값을

검토해볼 필요가 있다. 중간 또는 저전력 송신기(예: 1kW 이하)에 대해서는 더 작은 값이 최소 분리값으로 적절할 수 있으며, 이 문제는 향후 더 많은 연구가 필요하다.

표 3.4 시스템 또는 업무별 주파수 대역에 따른 광대역 변화

시스템 또는 업무	주파수 범위	광 대 역	
		$B_N >$	분리주파수
고정업무	14-150 kHz	20kHz	$1.5B_N + 20 \text{ kHz}$
FSS	3.4-4.2 GHz	250MHz	$1.5B_N + 250 \text{ MHz}$
FSS	5.725-6.725 GHz	500MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$
FSS	7.25-7.75GHz 과 7.9-8.4GHz	250MHz	$1.5B_N + 250 \text{ MHz}$
FSS	10.7-12.75 GHz	500MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$
FSS	11.7-12.75 GHz	500MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$
FSS	12.75-13.25 GHz	500MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$
FSS	13.5-14.8 GHz	500MHz	$1.5B_N + 500 \text{ MHz}$

FSS : Fixed-Satellite Service

BSS : Broadcasting-Satellite Service

3.2.3 무선측위와 기타 업무에서 1차 레이더

SM.329-10의 권고 2.3에 따르면, 일반적으로 스푸리어스영역 발사는 디지털 변조 또는 펄스 변조와 같은 경우를 포함해서 몇 가지 예외적인 경우도 있지만 필요대역폭의 250% 분리주파수에서 시작한다. RR 부록 3도 비슷한 규정을 가지고 있지만, 무선측위 그리고 기상원조업무, 우주 연구 업무, 그리고 지구 탐색-위성업무와 같은 업무에서 1차 레이더국에 필요대역폭의 250%라는 일반적 경계개념을 적용하는 것은 어려움이 있다.

1차 레이더 시스템의 경우, OOB 마스크는 40 dB 대역폭부터 SM.329-10의 표 2에 지정된 스푸리어스 기준까지 20 dB/decade의 비율로 감소한다. OOB나 스푸리어스영역 경계의 세밀한 정의는 ITU-R 권고 SM.1541의 부록 8에서 설명하고 있다.

위의 경계값은 40dB 대역폭부터 40 dB/decade 감쇠의 설계목적을 위해 ITU에서 계속 연구과제로 수행하고 있으며, 이들 연구는 2006년 전파총회 이전까지 완성되어야 한다.

제 4 장 주파수 분석기

제 4.1 절 슈퍼헤테로다인 주파수 분석기의 원리

스펙트럼 분석기는 정현파의 실효값을 표시하도록 조정된 주파수 선택적인 전압계의 일종이다[6]. 비록 이 분석기를 사용하여 전력을 측정하지만 이것은 전력계는 아니다. 푸리에 변환은 임의의 시간 영역의 전기 신호가 적절한 주파수, 진폭 그리고 위상을 갖는 하나 이상의 정현파로 구성되어 있다는 것을 보여준다. 각각의 정현파는 진폭과 위상의 특성을 갖는다. 다른 말로 하면 시간영역의 신호를 주파수 영역의 신호로 변환할 수 있다는 것이다.

따라서 스펙트럼 분석기는 입력을 통하여 들어온 신호의 각 주파수 성분들을 분석하여 각 주파수별 신호의 크기를 표시하여 준다. 따라서 스펙트럼 분석기는 다음 항목의 측정에 응용되어 질 수 있다.

- 각 신호의 주파수와 그것의 레벨 측정
- 주파수 대역폭 측정
- 잡음 전력 측정
- 신호 대 잡음비(C/N, S/N) 측정
- 찌그러짐 측정(Distortion Measurement)
 - 혼변조(Intermodulation)
 - 고조파(Harmonic)
- 변조도와 FM의 주파수 편이 측정
- 불요 방사 신호 측정
- 송, 수신기 교정

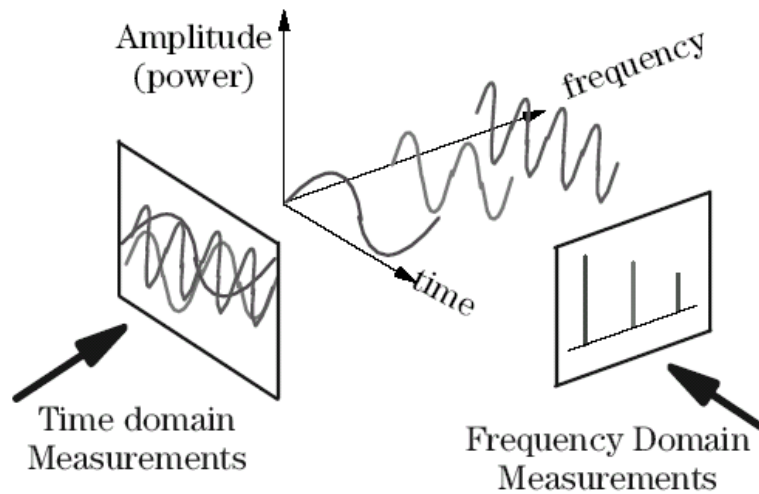


그림 4.1 시간영역과 주파수 영역의 관계

그림4.1은 신호가 시간영역과 주파수 영역에서 어떻게 나타내고 있는지를 보이고 있다. 주파수 영역은 신호에 포함된 고조파를 결정하는데 매우 유용하다. 일반적으로 통신 시스템을 해석하거나 설계할 때 신호에 포함된 고조파 왜곡을 발견하는 것이 매우 중요하다. 예를 들면, 무선 시스템은 고조파와 동일한 주파수에서 동작하는 다른 시스템과 간섭할 수 있는 반송자 신호의 고조파에 대하여 조사할 필요가 있다. 특히 제3차 혼 변조는 왜곡 성분이 관심의 대역 내에 있으므로 필터로 제거될 수 없기 때문에 특별히 문제가 될 수 있다.

주파수 영역의 측정에서 얻을 수 있는 또 하나의 중요한 것은 스펙트럼 점유도이다. 전자기 간섭(EMI)은 일종의 스펙트럼 점유도로 간주될 수도 있다. 여기서 방사되거나 도전된 불요 발사는 다른 시스템의 동작에 해를 끼친다. 그러므로 전기전자 제품을 설계하거나 제조할 때 규정에 따라 주파수에 대한 발사 크기를 시험하여야 한다.

그림4.2는 슈퍼헤테로다인 스펙트럼 분석기의 블록도 이다. 이 그림으로부터 입력 신호는 저역통과 필터를 통과하여 혼합기로 입력되어 국부 발진기(LO) 신호와 혼합한다. 혼합기가 비선형 소자이기 때문에 그것의 출력은 두 개의 원래 신호뿐만 아니라 그들의 고조파와 원래 주파수의

합과 차 그리고 그들의 고조파를 포함한다. 임의의 혼합된 신호가 중간 주파수(intermediate-frequency ; IF) 필터의 통과 대역에 있게되면, 그것은 포락선 검파기에 의해 정류되고 디지털화된 다음 CRT 스크린 상에 수직 편향을 만들어 내기 위하여 CRT의 수직 전극에 가해진다.

여기서 IF 최종단의 필터가 스펙트럼 분석기의 분해능을 결정한다. 따라서 세밀한 스펙트럼 해석을 위해서는 예리(sharp)하고 대역폭이 좁은 필터가 필요하다.

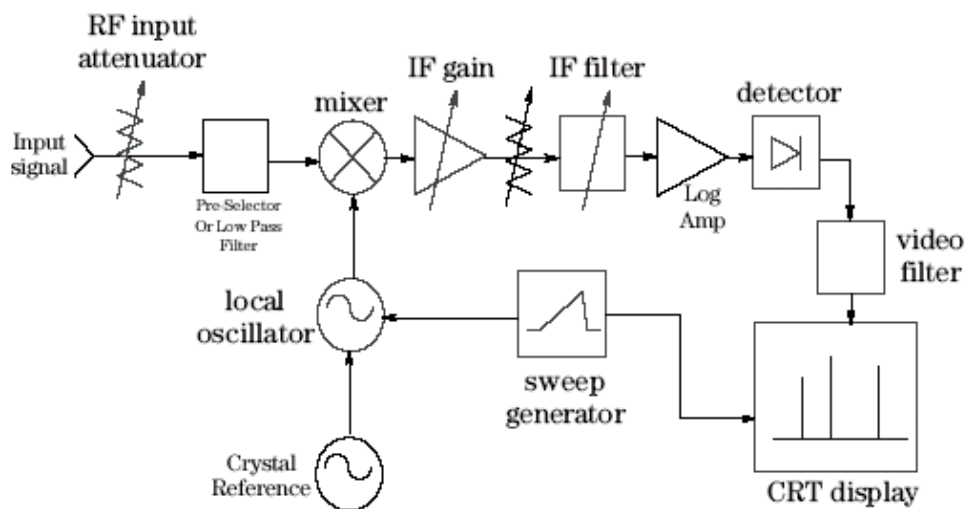


그림 4.2 슈퍼헤테로다인 스펙트럼 분석기

램프함수 발생기(sweep generator)는 왼쪽에서 오른쪽으로 스크린을 가로질러 수직으로 CRT 빔을 편향한다. 또한 이 램프신호는 그것의 주파수가 램프 전압에 비례하여 변하도록 LO를 동조시킨다. 스펙트럼 분석기의 출력이 표시되는 CRT에 화면의 수평축은 왼쪽에서 오른쪽으로 선형적으로 증가하는 주파수를 나타내며, 수직 축은 진폭을 나타낸다. 여기서 진폭은 전압의 크기에 대하여 선형적으로 또는 dB로 표시된다. 그 중에서 대수값이 선형값 보다 훨씬 더 많이 사용된다.

제 4.2 절 스펙트럼 분석기의 입력 단

주파수 분석기의 입력은 가변 감쇠기와 증폭기로 구성되어 있다. 입력 부분의 기능은 계측기에 인가되는 신호 레벨을 제어하기 위한 것이다. 신호 레벨이 너무 높으면 분석기의 회로가 왜곡 성분을 발생시킴으로 원하는 측정 결과가 나오지 않는다. 반대로 신호 레벨이 너무 낮으면 측정코자 하는 신호는 측정기 자체에서 발생하는 잡음에 가려 버릴 수 있다. 이러한 문제가 측정 동적범위(Dynamic Range)를 제한하는 요소가 된다.

일반적으로 주파수 분석기는 적절한 입력신호의 크기를 얻기 위하여 자동으로 그것의 감쇠량을 조절하지만, 그러하지 못한 주파수 분석기들은 사용자가 알아서 감쇠정도를 선택하여야 한다.

전형적인 주파수 분석기의 입력부는 아주 민감해서 잘못 사용하면 바로 손상을 입게 된다. 특히 초고주파용 주파수 분석기의 경우는 조작에 세심한 주의를 기울여야 한다.

또 어떤 종류의 분석기들은 입력에 DC가 인가돼도 견딜 수 있는 것이 있고 어떤 것은 DC가 전혀 허용이 안 되거나 소량만 허용되는 경우가 있다.

4.2.1 최적 입력 레벨

스펙트럼 분석기의 최적 입력 레벨이란 입력 신호의 크기를 제작사에서 규정한 1st 혼합기의 최적 입력 레벨에 RF Step Attenuator의 감쇠량을 더한 값이다. 여기서 1st 혼합기의 최적 입력 레벨은 대부분 -30dBm이다. Analyzer의 최적 특성을 위해서 혼합기에 걸리는 입력 신호레벨은 매우 중요하다. 그렇기 때문에 RF Step Attenuator의 감쇠량을 적절히 조절하여 혼합기의 최적 입력 레벨을 유지할 필요가 있다.

예를 들어 입력이 -10dBm이라고 할 때 입력 감쇠기를 20dB 감쇠시켜주면 혼합기에는 -30dBm의 최적 레벨이 걸리게 된다. 표 4.1에서 입력레벨에 따른 적절한 감쇠기의 감쇄량을 알 수 있다.

표 4.1 혼합기 입력 크기에 따른 감쇠기의 값

Ref Level	RF Step ATT	혼합기 In	혼합기 Out
-50dBm	0dB	-50dBm	-58dBm
-30dBm	0dB	-30dBm	-38dBm
-10dBm	20dB	-30dBm	-38dBm
0dBm	30dB	-30dBm	-38dBm
+10dBm	40dB	-30dBm	-38dBm
+20dBm	50dB	-30dBm	-38dBm

만약 규정치 이상의 큰 입력 신호가 들어오게 되면 혼합기가 포화되어 출력신호의 찌그러짐(Distortion)이나 원치 않는 신호 성분(Spurious)이 발생된다. 이로 인하여 측정 결과에 심각한 오차가 발생하게되며 최악의 경우 혼합기가 파괴되어 분석기의 사용이 불가능해진다. 따라서 최적의 측정 결과를 얻기 위해서는 입력 신호를 제작사에서 규정한 초단 혼합기의 최적 입력 레벨만큼 감쇠 시켜주어야 한다. 그림 4.3은 주파수 분석기의 입력단의 구조이다.

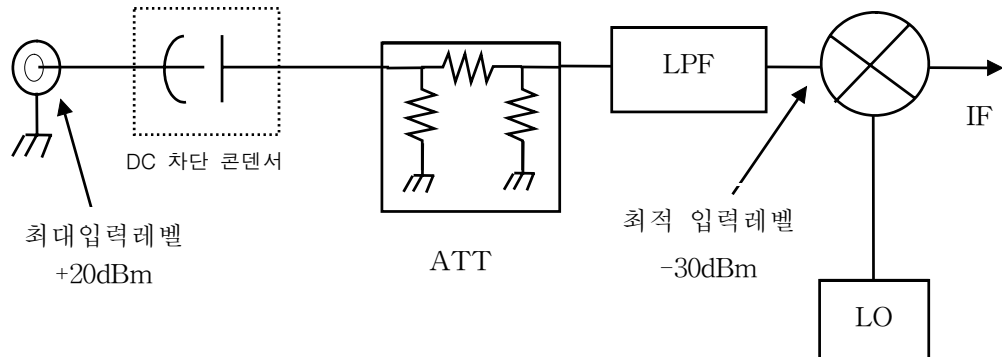


그림 4.3 주파수 분석기의 구조

4.2.2 최대 허용 입력 레벨

모든 스펙트럼 분석기들은 초과해서는 안되는 최고 입력 레벨이 있다. 이것은 입력단의 파괴레벨로 규정되며 일반적으로 +20dBm에서 +30dBm 정도이다.(2.2V~7.07V, 50Ω의 입력 임피던스) 입력에 걸리는 신호가 이 레벨을 초과할 때 RF Step Attenuator 혹은 혼합기가 파괴되어 분석기의 치명적인 고장을 초래한다. 최고 입력으로 규정되어 있는 레벨은 입력단에 연결된 모든 신호의 합(직류는 제외)으로서, 화면상에 신호의 유무와 관계없이 모두 포함한다.

예를 들어 +18dBm의 2개의 신호가 있을 때 입력회로는 실제적으로 약 +21dBm에 노출되는 것과 마찬가지다. 진폭이 같은 2개의 신호는 상호 결합되어서 각각 하나의 신호로 존재할 때 보다 3dB 높게 나타난다. 이 정도의 레벨은 일부 모델에서 최고입력 범위를 초과하게 된다.

다른 또 하나의 예를 들면 입력단에 +10dBm과 -60dBm의 신호가 연결되어 있다고 가정하자. 사용자는 첫째 혼합기의 최적 입력 레벨에 (-30dBm)맞추기 위하여 40dB의 입력 감쇠기를 설정하여 입력신호(여기서는 +10dBm)를 줄여 주어야한다. 만약 기준 레벨을 +10dBm, 수직 스케일을 10dB/Div으로 설정하였다면 큰 신호는 기준레벨에 일치 할 것이고, 작은 신호(여기서는 -60dBm)는 기준선에서 7칸 밑에 나타나게 되어 측정하기 어렵게 된다. 기준 레벨을 감소시켜 입력 감쇠기를 낮추게 되면(이때 특히 큰 신호가 화면의 좌·우측을 벗어나 표시가 되지 않는 경우) 큰 신호의 레벨이 상승하게 되어 첫째 혼합기의 입력단에 -30dBm 이상의 신호가 걸리게 된다.

4.2.3 DC 입력 레벨

입력단에서 직류 전압을 허용하는 스펙트럼 분석기는, 최대 허용치가 입력단 부근의 전면판에 표시되어 있으며 이 허용치를 절대로 초과하면 안된다. 만약에 초과한다면 최대 허용 입력 레벨 초과시 보다 더 치명적인 고장을 초래 할 수 있다. 그리고 직류전압을 허용하지 않는 경우에는 직류 전압 차단용 콘덴서(BLOCKING CAPACITOR)를

외부에 장착하고 사용해야 한다. 스펙트럼 분석기는 또한 직류 전압에 의해서 쉽게 파괴될 수 있다.

제 4.3 절 주파수 분석기의 동적 범위

4.3.1 정의

동적 범위(Dynamic Range)는 신뢰성을 가지고 동시에 측정할 수 있는 최대 레벨의 신호와 최소 레벨 신호 사이의 범위로 정의된다. 즉 진폭이 큰 신호가 존재하는 상황 하에서 얼마만큼 작은 신호를 측정할 능력이 있는가를 판가름하는 기준이다. 주파수 분석기의 동적 범위는 규정된 정확도를 가지고 측정할 수 있게 해주는 분석기의 입력에 존재하는 가장 큰 신호와 가장 작은 신호와의 비를 dB로 나타낸다.

4.3.2 동적 범위의 제한

주파수 분석기는 신호의 개별 주파수 성분을 측정하는 측정기이므로 동적 범위는 분석기의 아주 중요한 사양이고, 또 이 범위를 벗어나면 측정이 불가능하거나 심각한 오차가 발생한다.

분석기 자체의 진폭 응답 특성에 비해 큰 입력 신호가 가해지면 고조파 왜곡이 발생되며, 두개 이상의 입력 신호가 동시에 존재하게 되면 혼 변조가 발생하게 된다. 또, 분석기 내부의 잡음이 존재하는데 이 잡음들은 진폭이 작은 신호를 가려버리기에 충분하다. 이러한 모든 현상들이 주파수 분석기의 동적 범위를 제한한다.

진폭이 작은 신호가 항상 큰 신호의 고조파와 겹쳐지는 경우는 없으나, 일반적으로 일어날 수 있는 상황을 고려하여야 한다. 동적 범위라는 것이 명확히 규정되지 않는다면 측정된 신호가 측정코자 하는 신호인지 아니면 분석기 자체의 불완전함 때문에 야기된 왜곡 성분인지를 판단하기 어렵다. 이와 같이 동적 범위는 계측기 사용자가 신뢰하고 측정할 수 있는 범위로 정의되며, 이것은 주파수 분석기 초단 혼합기의 구동 레벨에 따라 크게 좌우된다. 분석기의 동적 범위는 다음과 같은 요인에 의해서 제한될 수 있다.

- 첫 번째 요인은, 분석기의 입력 단에 단일 주파수 성분의 신호만 존재 할 때, 고조파 왜곡에 기인하여 분석기 내부에서 신호의 고조파 성분들이 발생한다.
- 두 번째 요인은, 두 개 이상의 주파수 성분이 존재한다면 고조파 왜곡 신호뿐만 아니라 혼 변조 왜곡 신호들도 나타난다. 예를 들면, 분석기의 고조파 및 혼변조 응답이 기준 주파수의 80dB 아래에 있다면 이 분석기의 동적 범위는 80dB로 제한된다. 이들 왜곡 성분 중 가장 진폭이 큰 것이 이 주파수 분석기의 다이내믹 레인지를 결정하는 요인이 된다.
- 세 번째 요인은, 주파수 분석기 내부에서 발생하는 바닥 잡음이 신호 측정을 불가능하게 만들어 버리는 원인이 된다.

동적 범위는 주파수 분석기 자체에서 발생하는 왜곡이 없이 CRT 상에서 측정할 수 있는 레벨 차의 최대 값을 말한다. 즉, 레벨 차가 있는 복수 신호를 오차 없이 동시에 표시할 수 있는 최대 범위를 말하는데 이것은 내부 잡음발생 및 자체 일그러짐에 의하여 결정된다.

주파수 분석기의 내부에서 발생하는 2차, 3차 왜곡의 발생과정을 살펴보면 일반적으로 비 선형 소자의 입력에 신호를 인가하고 출력을 점점 높여 가면 어느 점까지는 직선적으로 증가한다. 이때 고조파 출력도 직선적으로 증가하나 그 기울기는 보통 기본파 기울기에 비하여, 2차 고조파는 2배의 기울기로 3차 고조파는 3배의 기울기로 기본파 보다 훨씬 빠르게 증가한다. 어느 점 이상에서는 기본파는 진폭제한이 일어나 더 이상 선형으로 증가하지 않고 포화된다. 입력 전력이 계속 증가되면 고조파 출력은 더 빠른 속도로 증가하여 결국 기본파 전력과 같게 된다.

다수의 주파수가 입력 측에 인가될 때 입력신호의 전력은 모든 주파수 성분에 대한 전력의 합이 되기 때문에, 입력 신호가 커지면 출력 진폭이 포화되어 고조파가 발생하거나 두 신호가 혼 변조를 일으켜 동적 범위를 제한하게 된다. 주파수 분석기의 최적 입력은 내부에서 발생하는 잡음 레벨과 고조파 왜곡 발생이 같은 레벨일 때이며, 이 레벨은 측정기에 따라 차이가 있겠지만 대체적으로 고조파 왜곡이 -70dBc이하가 되는 범위, 즉 초단 혼합기의 입력 레벨을 -30dBm, RBW 100KHz

기준 -70dB정도에 해당한다. 이 값은 RBW에 따라 달라지며 일반적인 동적 범위이다.

사용자들은 측정의 상황에 따라서 동적 범위를 최적화 할 수 있는 단계를 밟을 수 있다. 만일 잡음이 동적 범위를 제한하는 요소라면 주파수 분해능(RBW)이나 평균화(Video Filter)를 통하여 측정하고자 하는 신호의 레벨에는 영향 없이 잡음의 레벨만 낮춤으로써 이를 개선할 수 있다.

왜곡 성분이 기준 주파수보다 레벨의 증감 폭이 더 크기 때문에 외부 감쇠기나 분석기에 내장된 감쇠기를 사용하면 신호의 레벨을 낮추게 되어 포화로 인한 왜곡을 줄일 수 있다. 물론 신호 레벨이 감쇠하면 동적 범위는 잡음 레벨에 영향을 받는다.

측정 시에 입력신호의 크기를 충분히 고려하지 않을 경우 동적 범위의 제한으로 측정기 자체의 2차, 3차 왜곡에 의한 측정오차는 심각하게 나타난다. 특히 고조파 또는 불요파 등을 주파수 분석기로 측정 할 때 동적 범위의 제한 폭을 고려하지 않을 경우 측정 결과가 실제와 전혀 다른 값이 되어 측정에 대한 의미를 상실하는 경우가 종종 있다. 그래서 측정 시에는 이러한 오차에 대한 정확한 해석도 매우 중요하지만 필터를 이용하여 오차를 최소 시킬 필요가 있다.

4.3.2.1 고조파와 혼 변조의 발생원리

RF 신호는 비 선형소자를 통과하면서 원래 주파수의 배수 성분인 고조파(Harmonic)가 발생된다. 혼 변조(Intermodulation)란 비 선형 소자를 통한 RF 신호처리 과정에서, 두 개의 다른 입력 주파수신호의 고조파 주파수들끼리의 합과 차로 조합된 출력주파수 성분이 나오는 현상이다. 즉 하나의 RF신호가 처리되면서 나타나는 것이 아니라 두 개 이상의 주파수 신호가 동시에 처리될 때 나타나는 현상이다. 이러한 과정으로 발생된 신호들은 원래 신호를 왜곡시키는 요소로서, 그들을 혼 변조 왜곡(IMD ; Intermodulation Distortion)이라고 한다. 비 선형성에 의해 발생된 고조파들은 원하는 주파수만 통과시키는 대역통과 필터를 사

용하여 제거될 수 있다.

비 선형소자의 입·출력관계를 식으로 나타내면 다음 식(4.1)과 같다.

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots \quad (4.1)$$

여기서 x 와 y 는 각각 그것의 입력과 출력이다.

만일 입력으로 $x = A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t$ 가 비선형 소자에 가해진다면, 그것의 출력은 다음 식(4.2)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} y &= a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots \\ &= a + b(A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t) + c(A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t)^2 \\ &\quad + d(A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t)^3 + \dots \end{aligned} \quad (4.2)$$

윗 식에서 출력항의 2승, 3승 두 항만을 고려하고 나머지를 무시하여 각 출력의 주파수 성분을 나누어 정리하면 식(4.3), 식(4.4)와 같다.

- 2승 항 (Second order)

$$\begin{aligned} &c(A \cos \omega_1 t + B \cos \omega_2 t)^2 \\ &= c(A^2 \cos^2 \omega_1 t + 2AB \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t + B^2 \cos^2 \omega_2 t) \\ &= c \left(A^2 \frac{1 + \cos 2\omega_1 t}{2} + AB \cos(\omega_1 + \omega_2)t \right. \\ &\quad \left. + AB \cos(\omega_1 - \omega_2)t + B^2 \frac{1 + \cos 2\omega_2 t}{2} \right) \\ &= \frac{c}{2}(A^2 + B^2) + \frac{cA^2}{2} \cos 2\omega_1 t + \frac{cB^2}{2} \cos 2\omega_2 t \\ &\quad + cAB \cos(\omega_1 + \omega_2)t + cAB \cos(\omega_1 - \omega_2)t \end{aligned} \quad (4.3)$$

- 3승 항 (Third order)

$$\begin{aligned}
 & d(A\cos\omega_1 t + B\cos\omega_2 t)^2 \\
 &= \left(\frac{3dA^3}{4} + \frac{3dAB^2}{2} \right) \cos\omega_1 t + \left(\frac{3dA^2B}{2} + \frac{3dB^3}{2} \right) \cos\omega_2 t \\
 &+ \frac{dA^3}{4} \cos 3\omega_1 + \frac{dB^3}{2} \cos 3\omega_2 + \frac{3dA^2B}{4} \cos(2\omega_1 + \omega_2)t \quad (4.4) \\
 &+ \frac{3dAB^2}{4} \cos(\omega_1 + 2\omega_2)t + \frac{3dA^2B}{4} \cos(2\omega_1 - \omega_2)t \\
 &+ \frac{3dAB^2}{4} \cos(2\omega_2 - \omega_1)t
 \end{aligned}$$

여기서 3승 이후의 항들의 값들을 무시하였을 때, 비 선형에 의한 출력의 주파수 성분은 다음 표4.1과 같다.

표 4.1 비선형 소자의 출력 주파수 성분

출력의 주파수 성분	내용
$2f_1, 2f_2, 3f_1, 3f_2$	정상적인 고조파 주파수
$f_1 + f_2, f_1 - f_2$	2승항에서 발생한 혼 변조 주파수
$2f_1 + f_2, f_1 + 2f_2, 2f_1 - f_2, 2f_2 - f_1$	3승항에서 발생한 혼 변조 주파수

비선형 소자를 동시에 통과한 두 주파수 성분은, 위와 같이 고조파끼리의 합과 차에 의한 새로운 주파수 출력 항인 혼 변조 주파수를 만들어 낸다.

4.3.2.2 혼 변조 왜곡

혼 변조 왜곡(Intermodulation Distortion ; IMD)이란 혼 변조로 인해 발생한 왜곡신호 혹은 그 왜곡 신호의 크기를 의미한다. IMD의 원래 개념적 정의는 혼 변조에 의해 발생한 결과물을 지칭한다. 비선형 출력에서 3승항에 기인하는 왜곡 성분은 $2f_1 + f_2$, $f_1 + 2f_2$, $2f_1 - f_2$, $2f_2 - f_1$ 이며 특히 $2f_1 - f_2$ 와 $2f_2 - f_1$ 의 주파수 성분을 3차 혼변조(3rd IM ; IM3)라 한다. 결국 그 IMD의 크기는 그림4.4와 같이 기본파와 IM3와의 차이를 말한다. 예를 들면, 비 선형 입력 측에 890MHz와 900MHz 두 개의 주파수가 입력된다고 가정하였을 때, 혼 변조 계산에서 보여진 출력 주파수들을 정리하면 표4.2와 같다.

표 4.2 출력 주파수의 예

출력의 주파수 성분	주파수
$2f_1$, $2f_2$, $3f_1$, $3f_2$	1780MHz, 1800MHz, 2670MHz, 2700MHz
$f_1 + f_2$, $f_1 - f_2$	1790MHz, 10MHz
$2f_1 + f_2$, $f_1 + 2f_2$, $2f_1 - f_2$, $2f_2 - f_1$	2680MHz, 2690MHz, 880MHz, 910MHz

두 개의 3차 IMD 항의 주파수 880, 910MHz는 원래 신호출력에 매우 가깝게 존재하기 때문에 필터에 의해서 제거되기 어렵다. IM3의 절대적인 크기는 그 자체로는 별로 의미가 없고, 기본파와의 차이가 중요하기 때문에 두 신호의 차이 값에 음의 부호를 붙여서 dBc 단위로 표시한다. 앞에 -부호는 그냥 기본 주파수 신호에 대한 IM3의 크기가 상대적으로 작다는 것을 나타내는 부호이다.

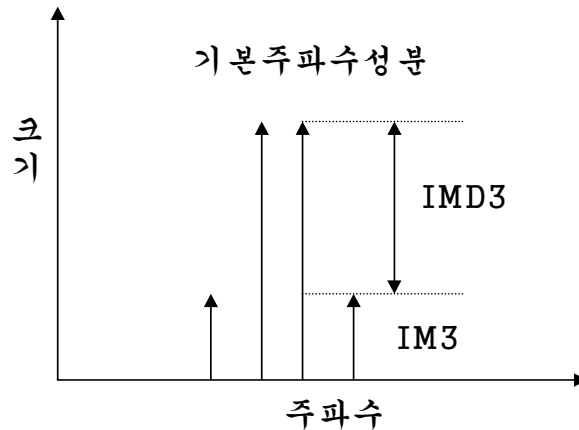


그림 4.4 혼 변조 왜곡

예를 들어 기본 주파수의 세기가 29dBm이고, 그 전력에서의 IM3 성분이 4dBm이라면, IMD의 크기는 -25dBc가 된다. 두 신호의 차이값에 -를 붙임으로써, -25dBc라는 의미는 fundamental에 비해 IM3가 25dB 낮다는 의미가 됨으로써 결국 3차 IMD 성분의 상대적 크기를 의미한다. 일반적으로 IMD라고 말하는 것은 위의 그림4.4와 같이 IMD3 (= 3차 IMD)를 의미하는 용어로 많이 사용되며, 3차 IMD가 가장 치명적이기 때문에 일반적으로 IMD라고 하면 IMD3를 의미한다.

- TOI (Third Order Intercept Point : 3차 교차점)

일반적으로 TOI는 기본 주파수 신호 출력전력과 IM3 성분이 포화되지 않고 계속 증가한다는 가정 하에 두 전력점이 같아지는 지점을 나타내며, 선형성을 가늠하는 지표로 주로 사용되고 있다. 출력전력이 점점 증가하면 IM3도 같이 증가한다. 그런데 IM3 성분의 증가율이 기본 주파수 신호의 전력증가율보다 높아질 수 있다. 따라서 전력이 계속 증가하다보면, 처음에는 IM3가 기본 주파수 신호에 비해 매우 작았음에도 불구하고 더 높은 비율로 증가하기 때문에 어느 순간 기본 주파수 신호의 크기에 도달할 수 있다.

IM3는 비선형성의 3승항으로부터 유도되어 입력신호의 크기에 대해 3

제곱의 기울기를 갖고 증가하기 때문에, dB 스케일상에서 IM3 는 기본 주파수 신호에 비해 3배의 기울기를 가지고 증가한다. TOI는 이러한 기본 주파수 신호와 IM3가 같은 전력인 되는 가상의 전력 점을 말한다.

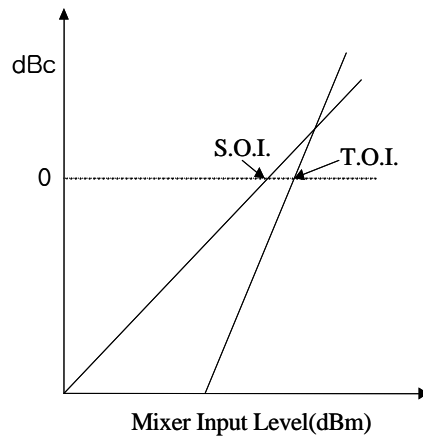


그림 4.5 입력 전력에 따른 기본 주파수 성분에 대한 2차 왜곡성분(S.O.I.)과 3차 왜곡성분(T.O.I.)

그림은 입력전력이 증가할 때 출력전력과 IM3가 증가하는 형상을 dB 스케일로 나타내고 있다. 위에 설명되어 있듯이, dB스케일 상에서 기본 주파수 신호는 기울기 1로 증가하고, IM3는 기울기 3으로 증가한다.

IMD는 기본 주파수 신호와 IM3의 전력차이를 의미하고, 입력과 출력전력간의 차이는 곧 gain을 의미한다. 그림4.5에서 보듯이, 포화되지 않는다는 가정 하에 기본 주파수 신호와 IM3가 만나는 점, 그 점이 결국 TOI가 된다. TOI가 높다는 말은 IM3 성분이 원 신호에 비해 더욱 작다는 의미이므로, TOI 값은 클수록 좋다.

TOI 점과 기본 주파수 신호간에 $IMD/2$ 의 전력차이가 나는 이유는 기본 주파수 신호의 기울기가 1이고, IM3 신호는 기울기가 3이기 때문이다.

4.3.3 동적 범위의 계산

동적 범위는 혼합기의 신호 크기에 의존하기 때문에, 특정한 측정을 위하여 혼합기에 어느 정도 세기의 신호가 요구되는지를 결정하여야 한다. 분석기에서 제공되는 데이터를 이용하여 동적 범위를 구하기 위한 곡선으로 얻을 수 있다. 이러한 데이터를 바탕으로 동적 범위를 결정하는 방법을 설명한다.

4.3.3.1 혼합기 입력의 왜곡

만일 2차 고조파 왜곡이 혼합기의 입력 신호 -40dBm 보다 70dB 낮다고 가정하면, 왜곡이 상대적인 측정이므로 동적 범위는 기본 주파수 성분과 내부적으로 발생된 왜곡사이의 차이를 dB 로 나타낸 값이다. 내부적으로 발생된 2차 왜곡이 70dB 낮으므로, 기본 주파수 성분의 70dB 이하까지 측정할 수 있다. 이것을 혼합기 입력의 크기에 대한 상대적 왜곡으로 나타내면 그림4.6과 같다. 여기서 혼합기의 입력은 계측기의 실제 입력에서 입력 감쇠기의 감쇠값을 뺀 값이다. 혼합기의 기본 주파수 성분 입력이 1dB 변할 때마다 2차 고조파 왜곡은 2dB 변한다. 그러나 상대적인 변화 범위를 측정하는 것이 목적이기 때문에 기본 주파수가 1dB 변할 때마다 측정 범위는 1dB 변한다. 만일 혼합기의 입력이 -40dBm 에서 -50dBm 으로 변한다면, 측정 범위는 -70dBc 에서 -80dBc 로 변하게 된다. 이것은 혼합기의 임의의 입력에 대한 동적 범위를 나타내는 곡선이 된다.

마찬가지 방법을 3차 혼변조 왜곡에 적용할 수 있다. 3차 고조파와 3차 혼 변조는 기본 주파수 성분이 1dB 변할 때마다 3dB 변한다. 혼합기에 -30dBm 의 입력에 대하여 3차 왜곡이 -70dBc 라 가정하고, 입력을 -40dBm 로 낮춘다면 기본 주파수 성분과 혼 변조 성분사이의 차이는 20dB 만큼 변한다. 따라서 이 3차 왜곡은 -90dBc 가 되어, 그림4.6과 같은 그래프를 얻을 수 있다.

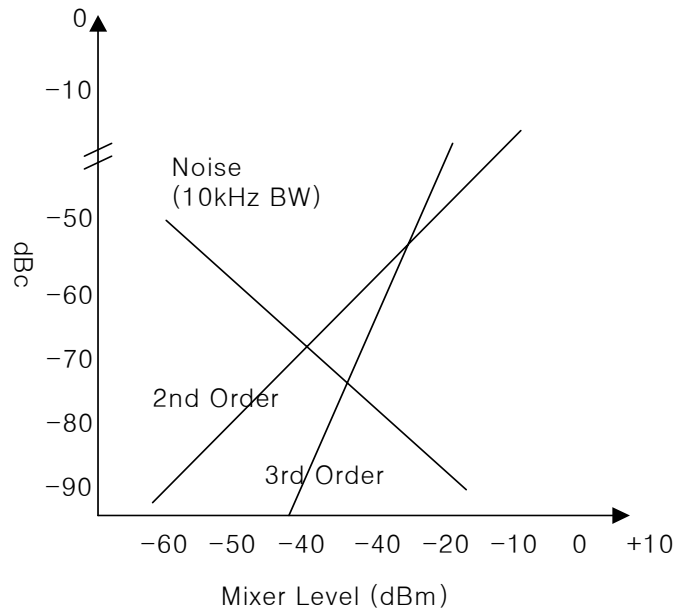


그림 4.6 왜곡과 잡음에 따른 동적 범위

4.3.2.1.2 절로부터 3차 왜곡이 혼합기에 대한 기본 주파수 성분의 입력의 세기와 같아지는 교차점이 3차 교차(Third Order Intercept ; TOI)이다. 주파수 분석기에서 주어진 데이터로부터 TOI를 계산할 수 있다. 제3차 동적 범위가 혼합기의 기본 주파수 성분의 입력이 1dB 변할 때 2dB 변하므로, TOI는 기본 주파수 성분의 크기에서 지정된 동적 범위(dBc)의 반을 뺀 값이며, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$TOI = I_{fund} - d/2$$

여기서 I_{fund} 는 dBm으로 표시되는 기본 주파수 성분의 크기이고 d는 기본 주파수 성분과 왜곡 성분간의 차이이며 dBc로 나타낸다.

예를 들어 위의 식에 본 절에서 논의된 값을 대입하면 다음과 같다.

$$TOI = -30 \text{ dBm} - (-70 \text{ dBc})/2 = +5 \text{ dBm}.$$

4.3.3.2 감쇠기에 의한 동적 범위의 결정

왜곡 곡선을 이해하는 것도 중요하지만, 화면에 나타난 왜곡 성분이 진짜 입력 신호인지 내부적으로 발생된 신호인지를 판단할 수 있는 간단한 시험 방법이 있다. 입력 감쇠기를 변화시켰을 때, 화면에 나타난 왜곡 성분의 값이 계속 같은 값을 유지한다면, 그 성분들은 입력 신호의 일부이지만, 화면상의 값이 변한다면 왜곡 성분이 내부적으로 또는 외부적으로 발생된다고 볼 수 있다. 감쇠기를 변화시킴에 따라 더 이상 화면상의 왜곡 성분이 변하지 않을 때 이 측정값으로부터 동적 범위를 구할 수 있다.

4.3.3.3 잡음

동적 범위에 대한 또 다른 제한이 있으며, 주파수 분석기 자체의 바닥 잡음(noise floor)이다. 동적 범위란 가장 큰 신호와 측정할 수 가장 작은 신호의 비로 정의되고 있기 때문에, 주파수 분석기의 평균 잡음은 보다 작은 신호에 제한을 준다. 그래서 동적 범위와 잡음과의 관계는 신호대 잡음비가 된다. 여기서 신호는 기본 주파수 성분의 신호를 말한다. 따라서 잡음을 동적 범위 곡선에 포함시킬 수 있다.

예를 들어 24dB의 잡음 지수에 대하여 10kHz 해상 대역폭을 갖는 -110dBm의 평균 잡음의 세기를 계산해본다. 만일 기본 신호성분이 혼합기에서 -40dBm의 크기를 갖는다면, 그것은 평균 잡음 보다 70dB 크게되어 70dB의 신호대 잡음비를 갖게 된다. 혼합기의 신호 세기를 1dB 감소시킬 때마다 신호대 잡음비는 1dB 감소한다. 그림 51에서와 같이 잡음 곡선의 기울기가 -1인 직선이 된다.

측정의 정확도와 상관없이 적절한 왜곡 곡선과 잡음 곡선의 교점에서 가장 좋은 동적 범위를 얻을 수 있다. 그림4.6으로부터 2차 왜곡에 대해서 최대의 동적 범위는 70dB이고 3차 왜곡에 대해서는 77dB가 된다는 것을 알 수 있다. 그림4.6은 10kHz의 해상 대역폭에 대한 동적 범위를 보여주고 있다. 협대역의 해상 대역폭을 갖는다면 동적 범위는 개선되지만, 바닥 잡음을 낮춘 만큼 동적 범위가 개선되는 것은 아니다. 즉, 그림4.7로부터, 2차 왜곡의 경우 바닥 잡음은 변화의 반이 개선

되며, 3차의 경우는 2/3가 개선된다는 것을 알 수 있다.

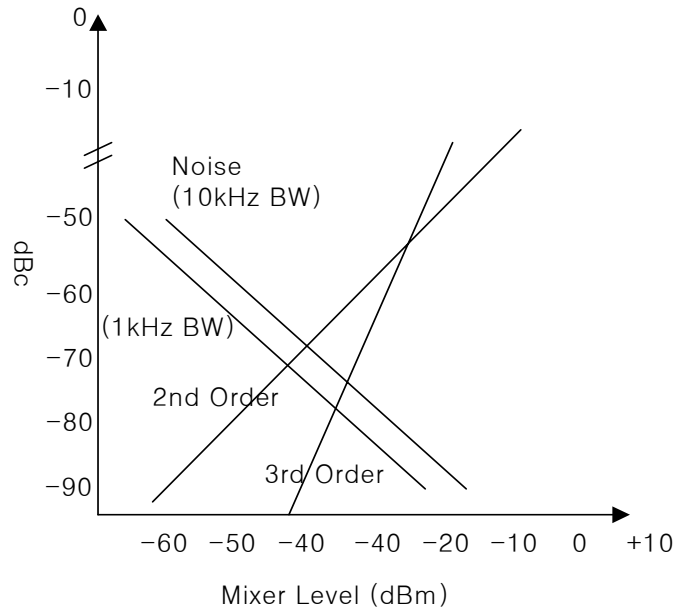


그림 4.7 해상 대역폭의 축소에 따른 동적범위의 개선

4.3.3.4 위상 잡음

동적 범위를 제한하는 주파수 분석기의 국부발진기상의 위상 잡음은 3차 왜곡의 측정에만 영향을 준다. 예를 들면, 10kHz만큼 떨어진 2개의 정현파가 제3차 혼변조 왜곡을 발생시키고 있다고 가정할 때, 이 왜곡 성분들 또한 10kHz 만큼 떨어져 있게 된다. 이러한 측정의 경우에 1kHz의 해상 대역폭을 이용한다. 그림4.7을 참고로 하고 잡음 곡선이 10dB 감소한다면 약 최대 84dB의 동적 범위를 갖는다는 것을 알 수 있다. 그러나 10kHz 떨어진 주파수에서 위상 잡음이 단지 -75dBc라면, 그림4.8에서 보는 바와 같이 궁극적으로 이 측정하기 위한 동적 범위는 75dB가 된다.

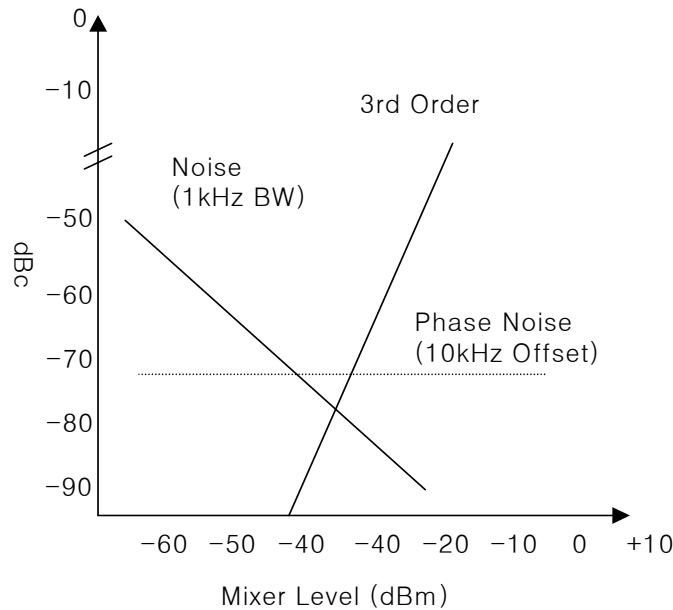


그림 4.8 위상 잡음과 3차 혼 변조 곡선

제 4.4 절 주파수 분석기의 구성

4.5.1 주파수 분해능(Resolution Bandwidth; RBW) 필터

주파수 분해능은 두 개의 입력 정현파를 각각의 응답으로 격리할 수 있는 주파수 분석기의 능력이다. 푸리에 특성으로부터 두 신호는 아무리 주파수가 근접해 있어도 화면상에 두 개의 선으로 나타나야 한다. 그러나 슈퍼헤테로다인 신호 응답이 화면상에 유한한 폭을 갖고 있다는 것을 알 수 있다. 입력 신호가 고정되어 있고 국부 발진기가 소인 되고 있기 때문에, 혼합기의 출력 또한 소인 된다. 만일 혼합기 출력이 IF를 통과하여 소인 된다면, 그림4.9와 같은 대역통과 필터의 특성이 화면상에 나타나게 된다.

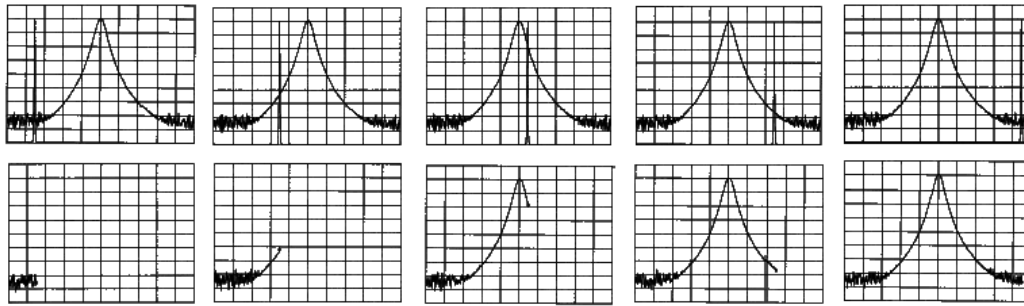


그림 4.9 IF 필터의 출력

IF 필터를 통과한 후 혼합 곱이 소인됨에 따라 출력은 IF 필터의 모양을 따른다. 일반적으로 해상된 신호의 있는 전력은 IF 필터의 -3dB 대역폭에 해당된다. -3dB란 동일한 진폭을 갖는 정현파가 함께 얼마나 근접할 수 있는지를 의미한다. 그림4.10은 선택된 IF 필터의 -3dB 대역폭 만큼 떨어진 두 개의 동일한 진폭의 정현파가 해상될 수 있는 것을 보여주고 있다.

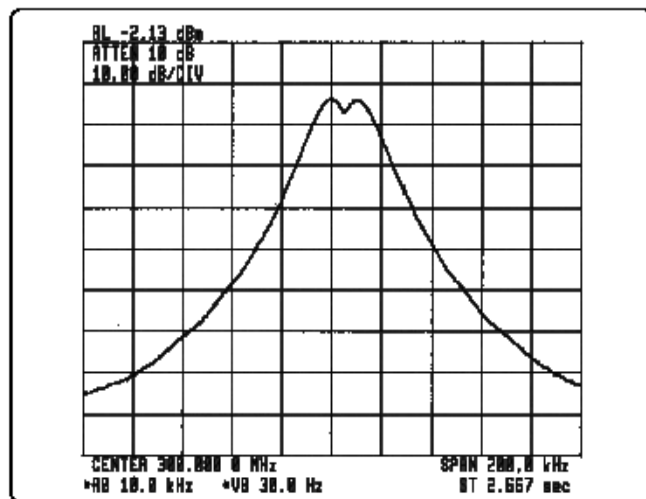


그림 4.10 선택된 IF 필터의 3dB 대역폭 만큼 떨어진 두 개의 동일한 진폭을 갖는 정현파 스펙트럼

또한 대역폭 선택도(형상인자)가 고려되어야 한다. 일반적으로 이 항목은 그림 4.11에서와 같이 60dB 대역폭과 3dB 대역폭의 비로 정의된다. 이 값은 대략 25:1에서 11:1의 값의 범위를 갖는다.

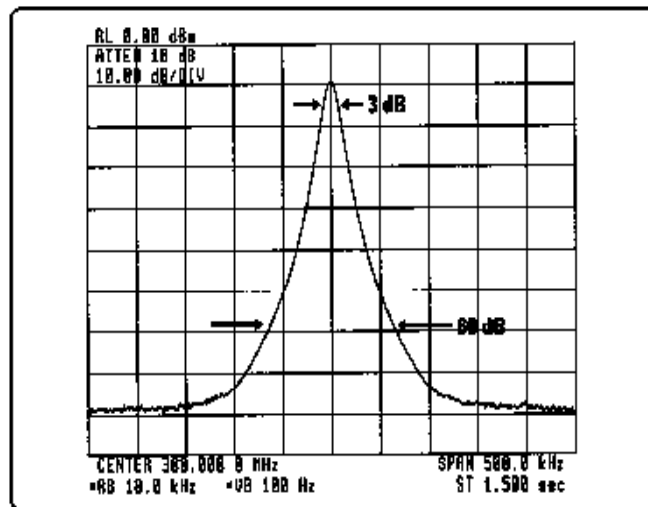


그림 4.11 대역폭 선택도

아래의 그림 4.12와 4.13은 각각 광대역 RBW와 협대역 RBW가 선택되어 졌을 때의 화면에 표시되는 형태이다. 각 그림에서 알 수 있듯이 모든 측정 조건은 똑같으나 광대역의 RBW에서는 근접되어 있는 작은 신호가 큰 신호에 가려지기 때문에 신호의 유무를 확인할 수 없지만 협대역의 RBW에서는 쉽게 확인할 수 있다.

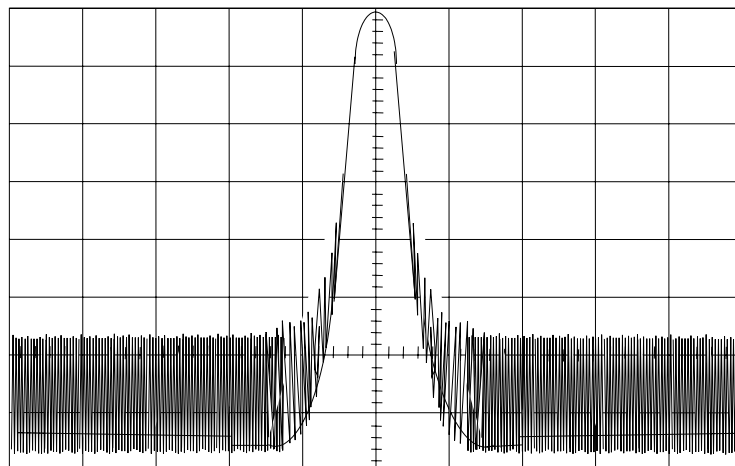


그림 4.12 광대역 RBW의 경우

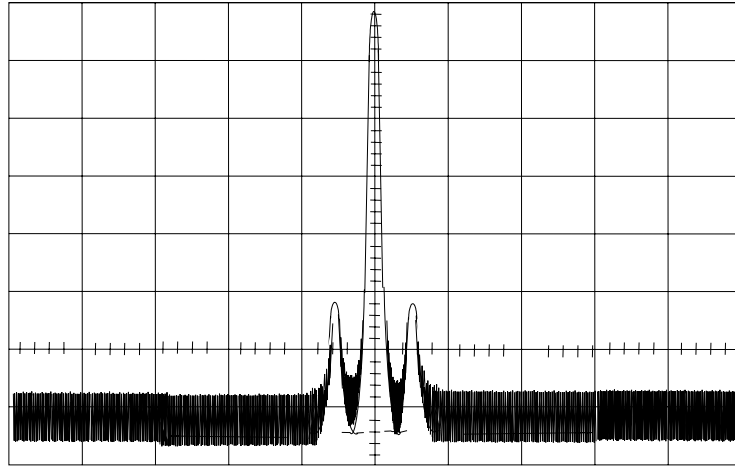


그림 4.13 협대역 RBW의 경우

RBW의 또 다른 특징으로서 대역폭이 좁을수록 화면의 바닥잡음이 낮아진다. 이것은 잡음전력이 주파수 대역폭에 비례하기 때문이다. 바닥잡음은 밑선(Baseline) 또는 수평주사선(Trace)의 최저치를 의미하는 것으로 주파수 분석기의 자체에서 발생되는 잡음이다. 이것은 분석기에 아무 신호도 연결하지 않았을 때 화면에 나타나는 잡음을 말한다. 잡음이 주파수 분석기 자체의 내부에서 발생되었거나, 입력신호와 같이 들어온 것이든 진짜 중요한 요인은 아니다. 사용자가 RBW필터의 대역폭을 10배수씩 변화시키면, 바닥잡음도 10dB씩 변하게 된다. 즉, 만약 RBW를 10배 감소(예를 들어 300kHz에서 30kHz로)시키면 바닥잡음도 약 10dB 감소한다. 또 대역폭을 30kHz에서 300kHz로 증가시키면 잡음은 약 10dB증가한다.

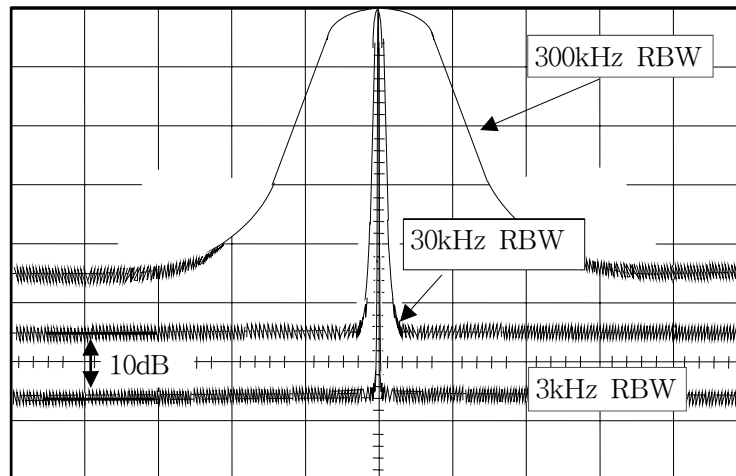


그림 4.14 RBW에 따른 바닥 잡음의 변화

낮은 신호 레벨의 협대역 신호를 측정하기 위해서는 바닥잡음을 낮추는 작업이 필요하다. 그림 4.14는 똑같은 신호를 RBW의 폭을 다르게 선택하였을 경우 바닥잡음의 변화를 보여준다. 그림에서 300kHz RBW를 사용한 경우 신호의 좌우 측파대(Sidebands)가 잡음에 숨겨져 있으나, RBW를 1/10로 (30kHz) 줄이게 되면 잡음이 10dB 감소되는 것을 알 수 있다.

가능한 한 좁은 RBW를 사용하지 않는 이유는 분석기의 소인은 주어진 주파수 대역에서 필터가 각 신호들이 최대치에 도달할 수 있도록 충분한 시간이 주어져야 오차가 발생하지 않기 때문이다. 이 같은 현상은 이론적으로 소인 시간을 한없이 빠르게 하면 해결 할 수 있지만 현실적으로 어렵다.

한편 필터의 상승시간은 그것의 대역폭에 역 비례하며, 비례상수를 k 라 할 때, 다음 식(4.5)와 같이 표현할 수 있다.

$$\text{상승시간} = k / (\text{RBW}) \quad (4.5)$$

$$k / (\text{RBW}) = [(\text{RBW})(\text{ST})] / (\text{Span})$$

따라서 소인 시간(ST)에 대하여 정리하면 식(4.6)과 같다.

$$ST = k(\text{Span})/(\text{RBW})^2 \quad (4.6)$$

k의 값은 동기 동조이고 근사 가우시안 필터인 경우에 2내지 3의 범위에 있다. 보다 구형인 필터(stagger 동조 필터)인 경우 k는 10에서 15사이의 값을 갖는다. 위 식으로부터 분해능에 따라 소인 시간의 변화에 큰 영향을 미친다는 사실을 알 수 있다. 현재 사용하고 있는 대부분의 주파수 분석기는 소인 시간을 span과 주파수 분해능의 설정에 자동으로 맞도록 제작되어 있다. 만일 사용 가능한 최대 보다 긴 소인 시간이 요구된다면, 분석기는 영점 조정이 되지 않은 것으로 나타난다.

4.5.2 포락선 검출기

전형적으로 주파수 분석기는 포락선 검파기를 갖고 IF 신호를 비디오 신호로 변환시킨다. 포락선 검파기는 그림 4.15와 같이 다이오드와 병렬 RC 회로로 구성된다. 대개 정현파인 IF의 출력이 검출기에 입력된다. 검출기의 시정수는 캐패시터 양단의 전압이 항상 IF 신호의 첨두 값과 같게 되도록 결정되어야 한다. 즉 검출기는 IF 신호의 포락선에 있어서 가장 빠르게 변화를 따를 수 있게 되지만, IF 정현파 자체의 순시 값은 아니다.

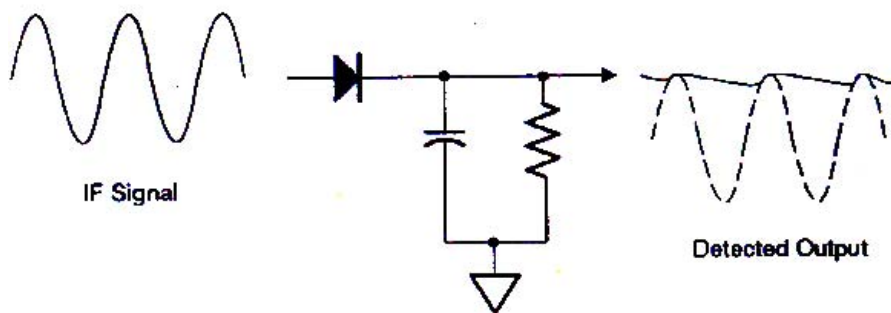


그림 4.15 포락선 검파기

대부분 측정에서는 입력신호의 각각의 스펙트럼 성분을 분해하기에 충분히 좁은 주파수 분해능을 선택한다. 만일 분석기가 신호의 스펙트럼 성분 중의 하나에 동조되도록 LO의 주파수를 고정하면, IF의 출력은 일정한 침두값을 갖는 정상상태의 정현파가 된다. 그 결과 포락선 검출기의 출력은 직류 전압이 되어 다음의 검출기에는 어떠한 변화도 나타나지 않는다.

그러나, 둘 이상의 스펙트럼 성분을 포함하기에 충분히 넓은 해상 대역폭을 신중하게 선택할 때도 있지만, 불가피하게 그렇게 하지 못할 때도 있다. 통과 대역 내에 단지 두 개의 스펙트럼 성분만 있다고 가정할 때, 그림 4.16에서 보는 바와 같이 이들 두 정현파 간의 위상이 변함에 따라서 IF 신호의 포락선이 변하게 된다.

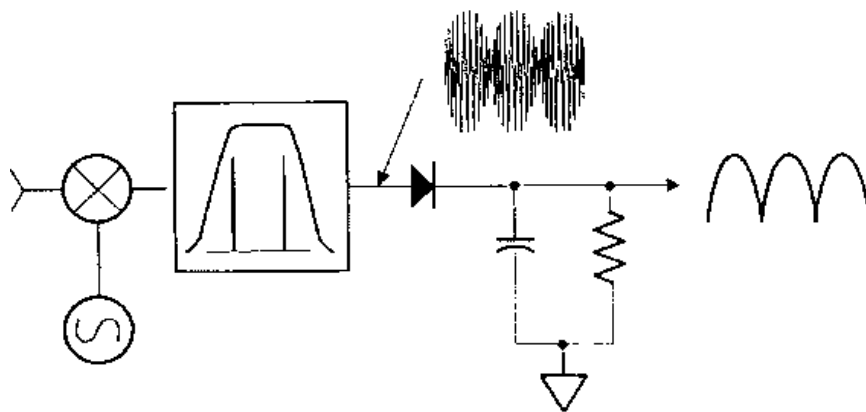


그림 4.16 포락선 검파기의 출력

포락선 검출기는 주파수 분석기를 전압계로 만들어 준다. 만일 동시에 IF의 통과 대역에 진폭이 같은 두 개의 신호가 있다면, 분석기는 어떤 값을 나타내는 지를 생각해 볼 필요가 있다. 전력계는 두 신호 전력의 합인 3dB 전력을 지시하게 된다. 두 신호가 필터의 roll-off에 기인하는 감쇠를 무시할 만큼 충분히 가까이에 있다고 가정할 때, 분석기는 2배의 전압(6dB)과 0 사이의 값을 나타낸다. 포락선 검파기는 IF 필터의

출력 신호로부터 변하는 첨두 진폭값을 만들어 주며, 이러한 특성 때문에 분석기는 전압계의 특성을 갖는다.

4.5.3 비디오 필터

주파수 분석기는 그림4.17에서 보는 바와 같이 신호와 그들 자신의 내부 잡음을 표시한다. 표시된 신호 진폭에 대한 잡음의 영향을 감소시키기 위하여, 그림4.18에서와 같이 디스플레이를 부드럽게 하거나 평균한다. 모든 슈퍼헤테로다인 분석기는 이러한 목적으로 가변 비디오 필터를 사용한다.

비디오 필터는 검출기 다음에 오는 저역통과 필터이며 디스플레이의 수직 편향 시스템을 구동하는 비디오 회로의 대역폭을 결정한다. 비디오 필터의 차단 주파수(Video Bandwidth; VBW)를 선택된 분해능 필터의 대역과 같거나 낮을 때까지 감소시킴에 따라, 비디오 시스템은 IF 필터를 통과하는 신호의 포락선이 보다 급격하게 변화하는 것을 더 이상 따라갈 수 없다. 그 결과 화면에 나타나는 신호는 평균되거나 부드럽게된다.

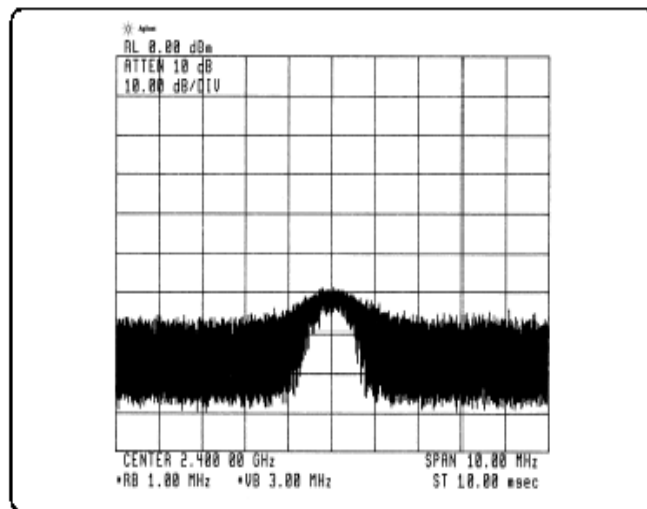


그림 4.18 신호와 잡음 스펙트럼

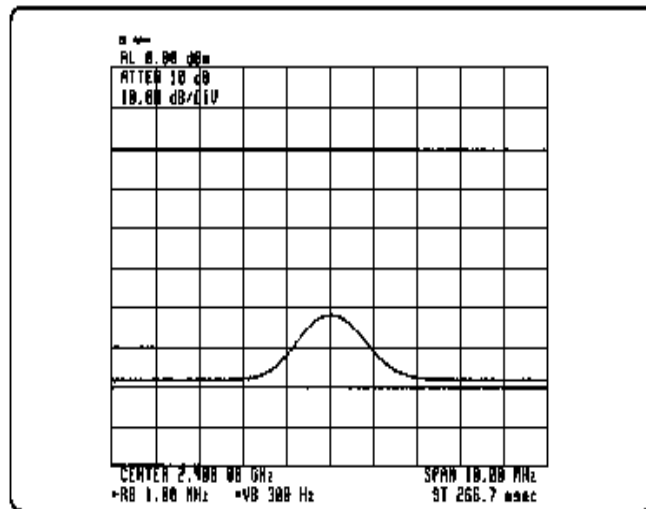


그림 4.19 그림4.18의 스펙트럼을 평활한 후의 스펙트럼

특히 광대역의 해상 대역폭이 사용되었을 때, 잡음을 측정하는데 있어서 그 영향이 가장 크게 나타난다. 비디오 대역폭이 감소함에 따라, 잡음의 첨두 대 첨두의 변화가 감소된다. 그림 4.13은 감소의 정도가 비디오 대역폭과 해상 대역폭의 비의 함수임을 보여주고 있다. 0.01이하의 비율에서는 부드럽게 잘 나타나지만, 이 값 보다 클 때 좋지 않게 나타난다. 이미 부드럽게 표시된 것은 비디오 필터에 의해서 영향을 받지 않는다.

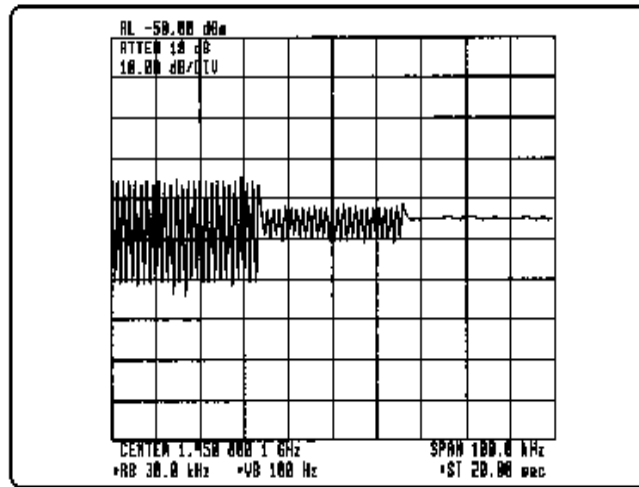


그림 4.20 비디오 대역폭의 비에 따른 평활 효과(3,1/10,1/100)

만일 분석기가 디지털 디스플레이와 “pos peak” 표시 모드로 설정되어 있다면, 해상 대역폭을 변화시키는 것으로 잡음의 첨두 대 첨두가 크게 변동하지 않지만, 비디오 대역폭을 변화시키는 경우 잡음의 크기에 영향을 줄 수 있다. 분석기는 잡음의 첨두 값을 표시하고 있기 때문에, 변화가 크지 않다. 그러나 잡음의 크기는 그것의 평균 첨두 값이 변하기 때문에 비디오 대역폭에 따라서 변하는 것으로 나타난다.

4.5.4 수평축 주파수(Span)

비디오 필터는 그 자신의 응답시간이 있기 때문에, 비디오 대역폭이 해상 대역폭과 같거나 작을 때, 소인 시간 방정식은 식(4.7)과 같다.

$$ST = f k(\text{Span})/[(\text{RBW})(\text{VBW})] \quad (4.7)$$

그러나 소인 시간은 신호의 값이 선택된 Span에 따라 변한다. 소인 시간을 자동으로 설정한 분석기는 Span과 해상 대역폭뿐만 아니라 비디오 대역폭을 고려하고 있다.

그림 4.21은 ‘pos peak’ 표시 모드일 때 비디오 대역폭에 따른 잡음의

변화를 보여주고 있다. 이 그림으로부터 알 수 있듯이, 비디오 대역폭을 줄이면 침두 잡음이 증가하지만 평균 잡음은 변하지 않는다. 아래 신호는 평균 잡음이다.

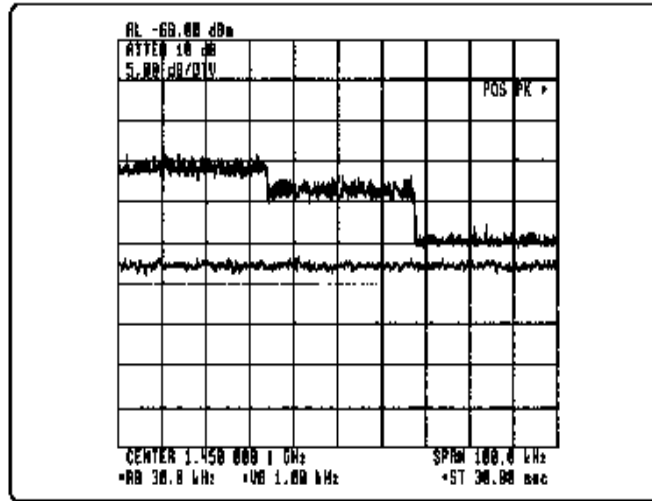


그림 4.21 ‘pos peak’ 표시 모드일 때 비디오 대역폭에 따른 잡음의 변화

디지털 디스플레이가 있는 분석기는 표시를 부드럽게 하기 위하여 비디오 평균을 수행한다. 이러한 경우에 평균하는 것은 점대점에 기초하여 2번 이상의 소인을 통하여 수행된다. 각각의 표시 점에서 새로운 값은 식(4.8)과 같이 과거에 평균된 데이터와 함께 평균하여 얻는다.

$$A_{avg} = [(n-1)/n]A_{prior\ avg} + (1/n)A_n, \quad (4.8)$$

A_{avg} = 새로운 평균값,

$A_{prior\ avg}$ = 앞선 소인으로부터의 평균,

A_n = 현재 소인에서 측정된 값,

n = 현재 소인 수

따라서 소인 횟수가 증가함에 따라서 새로운 값은 점차적으로 평균에

수렴한다. 그림 4.22는 소인 횟수에 따른 비디오 평균한 결과를 보여주고 있다. 비디오 평균이 소인 시간에 아무런 영향을 미치고 있지 않는 반면에, 주어진 평균에 도달하는 시간은 요구된 소인 횟수 때문에 비디오 필터링의 경우와 거의 같다.

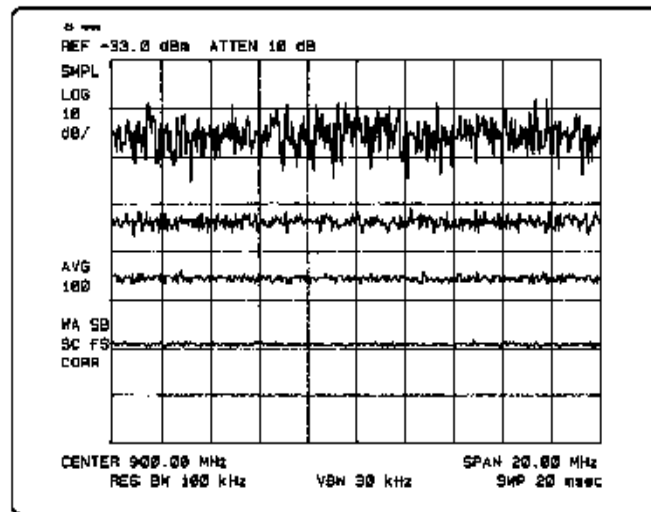


그림 4.22 소인 횟수(1, 5, 20, 100회)에 따른 비디오 평균의 영향

비디오 필터링은 실시간으로 평균을 수행한다. 소인이 진행됨에 따라 각각의 점에서의 평균은 디스플레이에 큰 영향을 미친다. 매번 소인 할 때, $1/VBW$ 시간 동안에 각각의 점은 단 한번만 평균이 수행된다. 다른 한편으로 비디오 평균은 전체적으로 평균을 수행하도록 다중 소인을 요구하고 있으며, 각 점에서 평균하는 것은 다중 소인을 완료하는데 요구된 전체의 시간에 대하여 이루어진다.

결과적으로, 어떤 신호를 평균할 때, 평균하는 방법에 따라 크게 다른 결과를 얻을 수 있다. 예를 들면 시간에 따라서 변하는 스펙트럼의 신호는 비디오 필터링을 사용할 때, 각각의 소인에 대해서 평균이 다르게 나타난다.

4.5.5 감도

주파수 분석기를 사용하는 주된 목적 가운데 하나는 저 전력 신호를 찾아서 측정하는 것이다. 이러한 것을 측정하는데 궁극적인 한계는 주파수 분석기 자체에 의해서 발생된 랜덤 신호이다. 다양한 회로 소자 내에서 전자의 임의적인 움직임에 기인하여 발생된 잡음은 분석기에 있는 다양한 이득 단에 의해서 증폭되어, 측정할 수 없는 크기 이하의 잡음 신호로서 디스플레이 된다.

입력 접속기와 처음 이득 단 사이의 입력 감쇠기와 혼합기 그리고 다른 회로 소자는 실제 시스템에 잡음의 영향을 거의 주지 않는 반면, 그들이 입력 신호를 감쇠시키기 때문에 그들은 분석기가 저 전력 신호를 표시하는데 상당한 영향을 미친다. 즉, 그들은 신호대 잡음비를 감소시켜 감도를 떨어뜨린다. 무 입력상태에서 화면에 나타난 잡음의 크기로부터 감도를 결정할 수 있다. 이 크기는 분석기 자신의 바닥잡음이 된다. 이 크기 이하의 신호는 잡음에 의해서 가려지게 되어 보이지 않아 측정될 수 없다.

주파수 분해능은 신호대 잡음비나 감도에 영향을 준다. 분석기에서 발생된 잡음은 임의적이며, 모든 주파수 범위에 걸쳐서 일정한 진폭을 갖는다. 분해능 대역폭을 갖는 IF 필터가 필터를 통과하는 전체의 잡음 전력은 필터의 대역폭에 의해서 결정된다. 결과적으로 이 잡음 신호가 검출되어 화면에 나타나게 된다.

잡음 신호의 임의적인 특성 때문에 다음의 식(4.9)에 따라 화면상에 나타난 크기가 변한다.

$$10 \cdot \log(BW_2/BW_1) \quad (4.9)$$

여기서 BW_1 은 시작 주파수 분해능이고, BW_2 는 최종 주파수 분해능이다. 그림 4.22는 RF 감쇠기가 변할 때, 주파수 분석기의 기준 레벨이 변하는 것을 보여주고 있다.

이 그림으로부터 입력 신호는 나타나 있지만, 분석기의 잡음은 나타나 있지 않는 것을 알 수 있다.

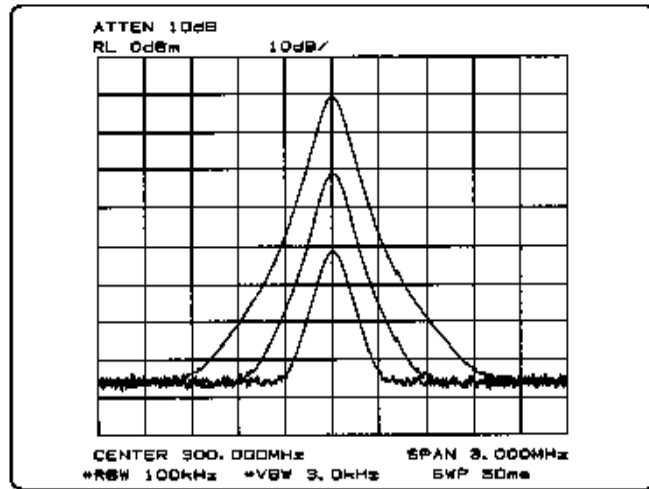


그림 4.23 RF 감쇠기의 변화에 따른 주파수 분석기의 출력

그림 4.24 IF 이득을 변화시킴으로써 기준 크기를 일정하게 유지시켰을 때, RF 감쇠기가 변함에 따라 분석기의 잡음은 표시되지만, 입력 신호는 표시되고 있지 않고 있다는 것을 보여 주고 있다.

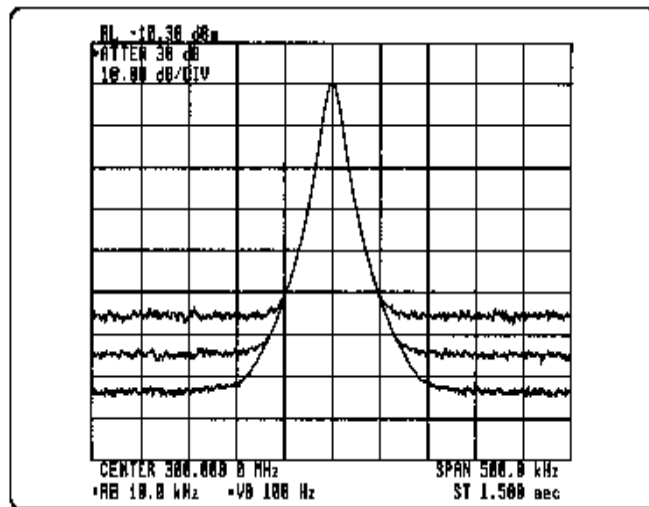


그림 4.24 일정한 기준 레벨에 대한 IF 이득의 변화에 따른 분석기의 잡음

최소의 해상 대역폭과 최소의 입력 감쇠를 선택함으로써 최상의 감도

갖게 되어, 최상의 신호대 잡음비를 얻을 수 있다. 역시 최소의 비디오 대역폭을 선택하면, 잡음 크기와 거의 같은 신호를 볼 수 있다.

4.5.6 주파수 분석기의 프리셀렉터 필터

마이크로웨이브나 millimeter파의 주파수를 해석하기 위하여 많은 분석기들이 고조파를 이용하고 있다. 이 방법은 국부 발진기의 기본파와 고조파를 이용하여 입력 신호와 혼합하는 것이다. 즉 항상 입력신호에 대해 국부 발진기의 기본파나 고조파들 주파수 차이는 중간주파수와 같으며, 이 신호가 분석기에 의해 표시되는데, 이것은 국부 발진기를 여러 개 가지고 있는 것과 같은 의미라고 볼 수 있으며, 각각은 기본파에 대해 n 배의 범위를 갖게된다. (여기서 n 은 고조파의 배수로서 정수값을 갖는다 ; 1, 2, 3, . . .)

만일 기본파가 2GHz에서 6GHz의 범위를 발진한다고 하면, 2차 고조파는 4GHz-12GHz, 3차는 6GHz-18GHz, 4차는 8GHz-24GHz등이 되며, 50차 정도까지 이용할 수 있다. 그러므로 국부 발진기의 고조파들의 조합을 이용해 2GHz에서 최고 300GHz까지도 스위프할 수 있다는 것이다.

이 방법은 넓은 대역까지 이용할 수 있으나, 원치 않는 다른 문제가 발생한다. 모든 고조파들은 기본파와 항상 같이 존재하므로 여러 개의 스펙트럼이 화면상에 나타나게 되어 어떤 신호가 진짜 인지를 알 수 없게된다. 이 문제를 해결하는 방법으로 프리셀렉터를 사용하거나 신호 확인(Identifier) 절차를 이용한다. 그림 4.25는 프리셀렉터의 동작 과정을 보여준다.

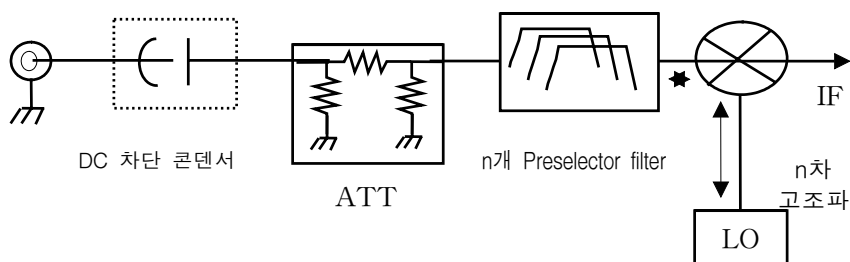


그림 4.25 프리셀렉터의 동작 과정

프리셀렉터는 트랙킹 필터로서 1차 혼합기 앞에 위치하고 있으며, 분석기의 주파수를 따라가면서 측정 범위내의 신호만 통과시켜 이 신호를 1차 혼합기에 입력시킨다.(즉 분석기에서 선택한 대역의 주파수들만을 통과시킴) 필터의 전환에 의하여 분석기는 원하는 고조파의 주파수를 따라가게 되는 것이다. 이 방법을 이용하여 입력 신호들과 고조파들 사이의 상호 작용으로서 필요한 하나의 신호만을 검출할 수 있다. 또 다른 장점은 그림 4.26에서 보여 주듯이 주파수 대역이 다른 큰 신호가 입력에 연결되어 1차 혼합기에 도달하는 것을 방지할 수 있다. 즉 1차 혼합기를 보호하는 추가적인 감쇠기의 역할을 한다.

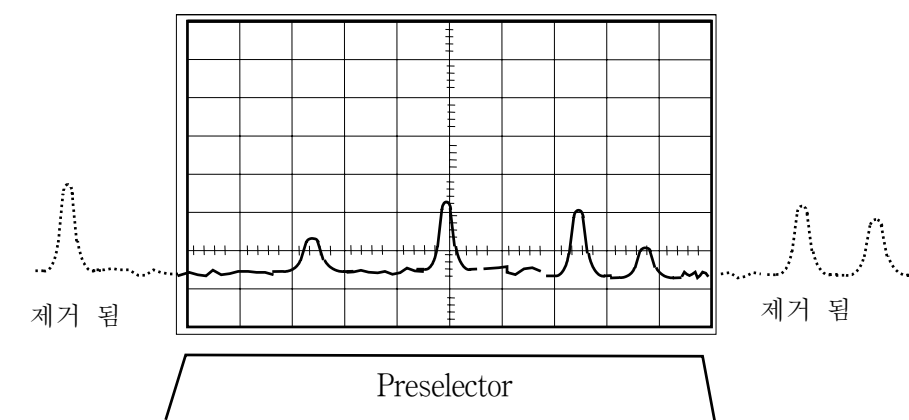


그림 4.26 프리셀렉터 필터의 효과

프리셀렉터는 일반적으로 분석기의 최저사용 대역(Band 1)을 제외한 동축대역(Coaxial Band)에서 사용하며, “BAND 1” 대역에서는 같은 목적으로서 저역 통과 필터(Low Pass filter)를 대신 이용한다.

고조파 변환 방법을 사용할 때에는 2개의 또 다른 문제점이 발생된다. 첫 번째로, 고조파의 차수가 증가할 때마다 3dB씩 신호 감쇠가 발생된다.(5차의 고조파는 기본파에 비하여 15dB의 손실이 나타난다) 이 감쇠를 보상하기 위하여 이득을 추가시키게 되는데 이로 인하여 분석기의 바닥 잡음이 함께 상승하게 된다. 두 번째는 국부 발진기의 불안정이 고조파의 차수만큼 곱해져서 더욱 커지게 된다. 즉 국부 발진기의 기본파가 약 2kHz의 흔들림(Jitter or FM's)이 있을 때 10차 고조파에 의한 흔들림은 20kHz가 된다.

4.5.7 주파수 분석기의 안전한 사용 방법

측정할 신호의 레벨을 잘 모르는 경우에는 안전하게 사용하기 위한 몇 가지 방법이 있다.

- 항상 계측기 자체의 입력 감쇠기를 최대로 한다.
- 가능한 최대 기준 레벨로 한다.
- 입력 신호가 화면에 나타나지 않는 것을 방지하기 위해서는 가장 큰 수평축(Span/Div, 또는 Max Span)을 이용한다.
- 총 신호레벨이 분석기의 입력 허용치를 넘을 경우에 대비하여 가능한 외부 감쇠기를 사용한다.
- 과도하게 큰 신호들이 화면에 나타나는가를 주의 깊게 살펴면서 분석기 입력단에 신호선을 시험적으로 접촉(Contact)시켜 본다.
- 신호선을 안전하게 연결(Connect)한 후, 측정기내 화면의 가장 큰 신호가 기준 레벨에 일치하도록 기준 레벨을 줄여 나간다.
- 고주파 전력계(Power Meter)를 가지고 있다면, 신호원을 분석기에 연결하기 전에 전력계를 이용하여 신호레벨을 점검한다. 전력계는 입력에 연결된 모든 신호들의 합의 크기를 나타낸다.
- 분석기에 신호를 연결하기 전에 오실로스코프, 전압계 등으로 직류나 교류신호의 레벨을 점검한다. 특히 TV 공시청용 Line AMP등 간선용으로 사용되어지는 것들은 대부분 신호선과 전원선을 공통으로 사용하므로 교류나 직류전원이 신호선에 포함 되어있다.

제 5 장 스퓨리어스 영역 발사의 측정

제 5.1 절 측정 장치

5.1.1 선택측정 수신기

공중선 또는 캐비넷 발사에 공급되는 스퓨리어스 전력의 측정에는 선택수신기 또는 주파수 분석기가 사용될 수 있다.

5.1.1.1 측정장비의 가중함수

모든 측정수신기는 평균값과 첨두치 가중함수가 있는 것을 권장한다.

5.1.1.2 분해대역폭(RBW : Resolution Bandwidth)

일반적으로 측정수신기의 분해대역폭은 기준대역폭과 같아야 하지만 측정 정확도, 감도, 효율성을 향상시키기 위해 RBW는 기준대역폭과 달라질 수도 있다. 협대역의 RBW는 중심주파수에 근접한 발사측정을 위하여 필요하다. RBW가 기준대역폭(reference bandwidth) 보다 작을 경우 그 결과는 기준대역폭에 대해 적분을 행해야 하며, 이때 스퓨리어스 신호가 전압의 합 또는 중간법칙(intermediate law)으로 알려지지 않았다면 적분은 전력의 합에 기초하여 이루어져야 한다(Note 1 참조).

RBW가 기준대역폭 보다 클 경우 광대역 스퓨리어스발사 결과는 대역폭비에 대해 정규화되어야 한다. 이산적인(협대역) 스퓨리어스의 경우 정규화는 적용되지 않는다. RBW에 대한 정정계수는 측정수신기의 실제 RBW(예, $-6dB$ RBW)와 측정된 스퓨리어스 발사(예, 펄스신호 또는 가우시안 잡음)특성에 따라서 정해진다.

NOTE 1 - 기준대역폭 보다 좁은 RBW에서 PEP단위로 스퓨리어스영역 발사를 측정할 때, 전력합산은 적절하지 않을 수 있다. 합산규칙이

알려지지 않았다면, 전체 기준대역폭에 대한 스퓨리어스 발사는 전력과 전압 합산규칙을 사용해서 측정해야 한다. 모든 경우 전압 합산규칙을 사용하는 스퓨리어스 발사가 지정된 기준치 보다 낮다면 발사기준은 만족된다. 만약 전력 합산규칙을 사용한 스퓨리어스 발사가 지정된 제한 기준 보다 높다면 발사기준은 만족되지 않는다.

5.1.1.3 영상대역폭(VBW : Video Bandwidth)

비디오 대역폭은 적어도 RBW 만큼 커야하며 RBW에 비해 3에서 5 배정도 큰 것이 바람직하다.

5.1.1.4 측정수신기 필터 형상계수

형상계수는 대역통과 필터의 선택 파라미터이고 보통 요구되는 통과 대역폭에 대한 억제대역폭의 비율로서 정의된다. 이상필터의 경우 비율은 1이다. 그러나 실제필터는 이상적인 값과는 상당한 격차가 있는 감쇠 roll-off를 가지고 있다. 예를 들어 Sweep 모드에서 신호에 대응하는 다중동조(multi-tuned) 필터를 사용해서 가우시안 필터에 근접하는 주파수 분석기는 전형적으로 5 : 1에서 15 : 1 범위에서 -60dB와 -3dB의 비로 정의한다.

5.1.2 기본 주파수 억제필터

스푼리어스 발사전력에 대한 기본 주파수의 전력비는 70 dB 또는 그 이상이 될 수 있다. 이 비율은 선택수신기에 비선형성을 만들기에 충분한 레벨의 기본주파수에서 입력을 발생시킬 수 있다. 그러므로 스퓨리어스 발사주파수가 기본 주파수에 너무 가깝지 않다면, 측정기기의 입력에서 기본 주파수를 감쇠시키는 억제필터가 필요하다. 고조파 주파수와 같이 기본주파수 보다 훨씬 높은 주파수에서는 대역통과 필터와 고역통과 필터를 사용할 수 있다. 스퓨리어스 발사 주파수에서 억제필터의 삽입손실은 너무 크지 않아야 하며 필터의 주파수 특성은 잘 특성화

되어야 한다.

전형적인 가변주파수 집중정수회로로 구성된 억제필터는 VHF/UHF 범위에서 3~5 dB의 삽입손실을 가지며, 1 GHz 이상에서는 더 낮은 약 2~3 dB의 손실을 가진다.

동조 1/4 파장 대역통과공동필터는 물리적 크기와 1 dB 이하의 삽입손실 때문에 약 50 MHz이상의 주파수 범위에서 사용될 수 있다. 일단 관심 주파수가 저지주파수로부터 약 10% 이상 벗어난다면, 공동대역 저지필터(cavity notch filter)는 주파수 대역에서는 대략 동일한 손실을 가진다.

많은 대역을 포괄해야 하는 수신기들은 보통 측정되는 시스템의 동조 주파수를 따라가는 가변필터링을 필요로 한다. 스푸리어스 측정에 적합한 가변필터의 형태는 버랙터 동조기나 YIG 필터이다. 이런 필터들은 고정필터 보다 더 큰 삽입손실을 가지고 있지만, 송신기 주파수에 더 가까운 신호를 측정할 수 있도록 하는 보다 작은 대역통과 특성을 가지고 있다.

버랙터 동조기는 전형적으로 50 MHz에서 1 GHz 사이에서 권장된다. 버랙터 동조기는 동조된 주파수의 약 5%의 3dB 대역폭과 약 5~6 dB의 삽입손실을 갖는다.

YIG 필터는 전형적으로 약 1~18 GHz 사이의 주파수에서 권장되며 2 GHz RF에서 약 15 MHz 그리고 18 GHz RF에서 30 MHz 폭을 갖는 3 dB 대역폭을 제공한다. 삽입손실은 약 6~8 dB이다.

5.1.3 결합장치

측정은 기본적인 발사전력을 조절할 수 있는 방향성 결합기를 사용하여 이루어진다. 이런 결합기의 임피던스는 기본주파수에서 송신기 임피던스와 정합되어야 한다.

5.1.4 단말부하

측정방법 1을 사용하여 스퓨리어스영역 발사를 측정하기 위하여 송신기는 시험부하 또는 단말부하에 연결될 것이다. 스퓨리어스 발사 레벨은 송신기 최종단 즉, 급전선과 시험부하 사이의 적절한 임피던스 정합에 의존한다.

5.1.5 측정공중선

측정은 등방성 공중선을 기준으로 한 이득을 갖는 기준공중선 또는 동조다이폴 공중선을 이용하여 이루어진다.

5.1.6 변조조건

가능하면 정상 동작상태에서 최대 비율로 변조됐을 때 측정이 이루어져야 한다. 임의의 특정 스퓨리어스 주파수를 찾기 위해서는 변조를 하지 않고 측정하는 것이 유용할 수 있다. 무변조 상태에서 측정을 하더라도 모든 스퓨리어스 발사 주파수들이 검출되지 않을 수도 있으며, 이 상태에서 변조상태로 스위칭이 다른 스퓨리어스 주파수 성분을 만들어낼 수도 있다.

제 5.2 절 측정제한기준

5.2.1 대역폭 제한기준

필요대역폭 $\pm 250\%$ 기준은 스퓨리어스영역 발사에 대한 측정주파수 대역의 시작을 나타낸다. 일부 경우 비-스�퓨리어스 발사에 기인하여 중요한 측정 오차가 생길 수 있기 때문에 이와 같은 방법이 불가능하다. 스퓨리어스 측정대역에 대한 새로운 경계를 설정하기 위하여 필요대역폭의 $\pm 250\%$ 외에 새로운 주파수 기준이 필요하다. 대안으로 보다 작은 분해대역폭(RBW)이 $\pm 250\%$ 기준과 함께 사용될 수 있다.

새로운 경계와 분해대역폭의 관계는 식(5.1)과 같다.

$$RBW \times \{(\text{형상계수}) - 1\} \leq 2 \{(\text{OOB경계}) - (\text{필요한 } BW)/2\} \quad (5.1)$$

위의 방정식으로부터 RBW가 변경될 수 없다면 새로운 OOB 경계가 계산되어야 한다. 반대의 경우 또한 성립한다.

16kHz의 필요대역폭과 불변의 $\pm 250\%$ OOB경계(예. 40kHz)를 가진 신호를 생각해보자. 측정 BW 필터가 15 : 1의 형상계수를 가졌고 반송파 대역내 요구되는 전력제거가 60dB라면 RBW는 대략 4.5kHz이다. 이 값은 식(5.2)로 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{요구되는 } RBW &\leq 2 \{(\text{OOB경계}) - (\text{필요한 } BW)/2\} / (\text{형상계수} - 1) \\ &= 2(40 - 16/2) / (15 - 1) \end{aligned} \quad (5.2)$$

따라서 요구되는 $RBW < 4.5\text{kHz}$ 이다.

반면에, 주어진 동일신호, 측정수신기 파라메타에서 RBW가 100 kHz에 고정되어 있다면 새로운 OOB 경계는 위의 공식을 재정리하고 새로운 OOB 경계에 대해 풀이함으로써 계산된다. 이런 경우 만약 RBW가 100 kHz에 고정되어 있다면 새로운 경계는 708 kHz 이다.

5.2.2 감도 제한기준

보통 주파수 분석기 감도는 특정한 환경에서 매체의 변화와 케이블 손실로 인해 불충분한 측정감도를 나타낼 수 있는데 저잡음 증폭기를 사용함으로써 이것을 극복할 수 있다. 전형적으로 26 GHz 이상 주파수 조건과 외부혼합기의 사용에 의한 대부분의 극한적인 환경에서 시험받는 장비(EUT)가 변조된 상태에서 규격요건에 적합하다는 것을 입증할 만큼의 충분한 감도를 얻는 것은 여전히 불가능할 수 있다. 연속파형(CW) 상태에서 스퓨리어스영역 발사측정은 변조과정에서 발생하는 발사에 대하여 EUT의 변조 손실만큼 정정될 수 있다.

5.2.3 시간 제한기준

출력 진폭이 시간에 따라 변하는(예를 들어 포락선이 일정하지 않은 변조) 곳에서 측정하고자 하는 임의의 신호에 대해서 10회 또는 그 이상 측정하여 평균함으로써 일관성을 유지한다.

제 5.3 절 측정방법

5.3.1 서론

스퓨리어스 발사를 측정하는 두 가지 기본적인 방법이 있다. 방법 2는 CISPR Publication No. 16에 설명되어 있다. 시험 중에 발생하는 발사가 시스템에 간섭을 일으키지 않도록 주의해야 하며, 분류 A, B, C, D 그리고 Z에 규정된 전력을 정합시키는 가중함수(weighting function)를 이용하는 데에도 특별한 주의가 있어야 한다.

- 방법 1a는 EUT의 공중선 포트에 공급되는 스퓨리어스 발사전력을 측정하는 것이다. 이 방법이 실질적이고 적절할 때는 언제나 사용하여야 한다.
- 방법 1b는 EUT의 공중선 포트에 공급되는 스퓨리어스 발사전력을 측정하는 것이다. 이 방법은 기본과 제거필터를 사용할 수 없을 때 그리고 측정수신기(가능하면 preselector를 구비한)의 동작범위가 적절할 때 사용될 수 있다.
- 방법 2는 적합한 시험장소에서 스퓨리어스 e.i.r.p.를 측정하는 방법이다.

장치가 변화될 때 도파관으로 끝내는 것은 많은 시험문제(testing problem)를 일으킬 수 있기 때문에 도파관을 사용한 시스템은 방법 2를 사용하여야 한다. 만일 공중선 포트가 도파관 프랜지(flange)이고, 특정하게 테이핑 처리된 도파관 부분이 방법 1을 이용할 수 있도록 측정선에 위치돼 있지 않는다면 원거리 스퓨리어스 발사는 도파관에서 동축케이블 전환으로 크게 감소될 수 있다. 유사한 경우로 송신기 즉, 피더 케이블과 공중선 사이의 경계가 항상 분명하게 정의되지 않기 때문에

VLF/LF 대역 송신기는 방법 2를 사용해서 측정한다. 레이더 시스템에 대한 측정방법은 ITU-R 권고문 M.1177[7]을 따라야 한다. 만족할 만한 측정방법이 존재하지 않는 시스템에 대해서는 스푸리어스 발사전력의 제한기준을 적절하게 충족시키는 모든 실질적인 조치들을 취할 수 있다.

5.3.2 방법 1 - 공중선 포트에 공급되는 스푸리어스 영역 발사 전력 측정

특별한 시험장소 또는 무반향실도 요구되지 않으며 전자파간섭(EMI)도 시험결과에 영향을 미치지 않는다. 이 방법을 사용할 때는 항상 급전선 케이블을 포함하여 측정이 이루어진다. 이 방법은 공중선 부정합, 임의의 스푸리어스에 존재하는 발사 비효율성 또는 공중선 자체에 의한 능동 스푸리어스 발생에 기인한 감쇠를 고려하지 않는다.

5.3.2.1 방법 1a - 기본과 제거필터를 사용한 측정법

공중선 포트에 공급되는 스푸리어스영역 발사전력 측정을 위한 설정이 그림 1a 에 나와있다.

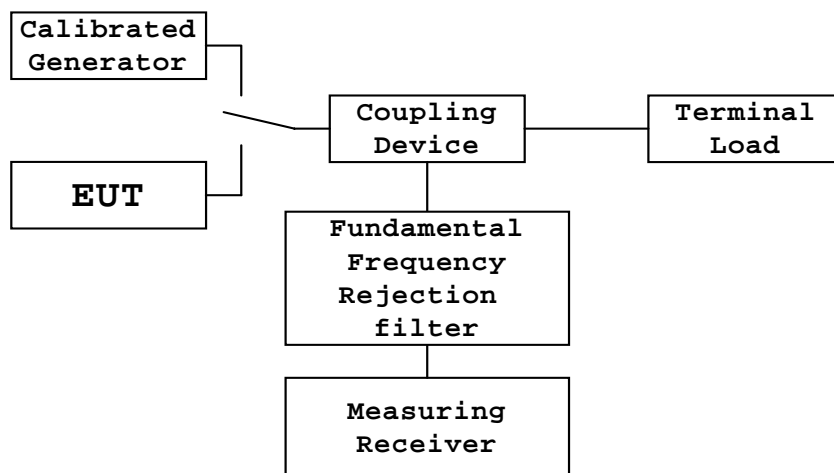


그림 5.1 기본제거 필터를 사용한 공중선 포트에 대한 스푸리어스 영역 발사전력 측정을 위한 설정

5.3.2.1.1 직접 측정 방법

모든 측정구성장비(필터, 결합기, 케이블)들을 개별적으로 교정하거나 측정요소들이 연결된 장치 전체를 교정해야 한다. 개별 측정요소 또는 전체장치에 대한 교정은 교정된 조절이 가능한 레벨발생기를 이용하여 측정수신기의 입력에서 이루어진다. 각 주파수에서 교정계수 k_f 는 다음과 같이 정해진다.

$$k_f = I_f - O_f$$

여기서 :

k_f : 주파수 f 에서 교정계수(dB)

I_f : 주파수 f 에서 입력전력(교정된 발생기에 의해 전달되는)(dBW)
또는 (dBm)

O_f : 주파수 f 에서 I_f 와 같은 단위의 출력전력(측정수신기에 의해 결정)

이 교정계수는 발생기와 측정수신기 사이에 연결된 모든 장치의 전체 삽입손실을 나타낸다. 만약 각 장치를 개별적으로 교정측정을 한다면 전체 장치설정의 교정은 다음 공식을 사용해서 유도된다.

$$k_{ms,f} = \sum_i k_{i,f}$$

여기서, $k_{ms,f}$: 주파수 f 에서 측정설정에 대한 교정계수(dB)

$k_{i,f}$: 주파수 f 에서 각 장치에 대한 개별 교정계수(dB)

실제 스퓨리어스 레벨의 측정 중에 $P_{r,f}(dBW)$ 또는 (dBm)는 측정 장치에서 읽어지는 주파수 f 에서 스퓨리어스 발사전력이고 $P_{s,f}$ ($P_{r,f}$ 와 같은 단위)는 다음 방법에 의해서 계산되는 주파수 f 에서 나타나는 스퓨리어스 발사전력이다.

$$P_{s,f} = P_{r,f} + k_{ms,f}$$

NOTE - 부정합 손실 때문에 개별장치 교정은 보통 추가 측정 불확도 (further measurement uncertainty)에 도달할 수 있다.

5.3.2.1.2 대체 방법

이 방법은 모든 측정구성장비를 교정할 필요가 없다. 대신에 스푸리어스 출력전력은 측정장치로부터 기록된다. 그런 다음 전력 레벨은 EUT를 대신하는 교정된 신호발생기의 신호에 의해 정합된다. 이렇게 되면 발생기에 의해서 공급되는 전력은 스푸리어스 발사전력과 같게 된다.

5.3.2.2 방법1b - 기본과 제거필터를 사용하지 않는 측정법

이 방법은 기본과 제거필터를 사용할 수 없는 곳에서 용이한 측정방법이다. 공중선 포트에 공급되는 스푸리어스 영역 발사전력 측정을 위한 설정이 그림 5.2에 나타나 있다.

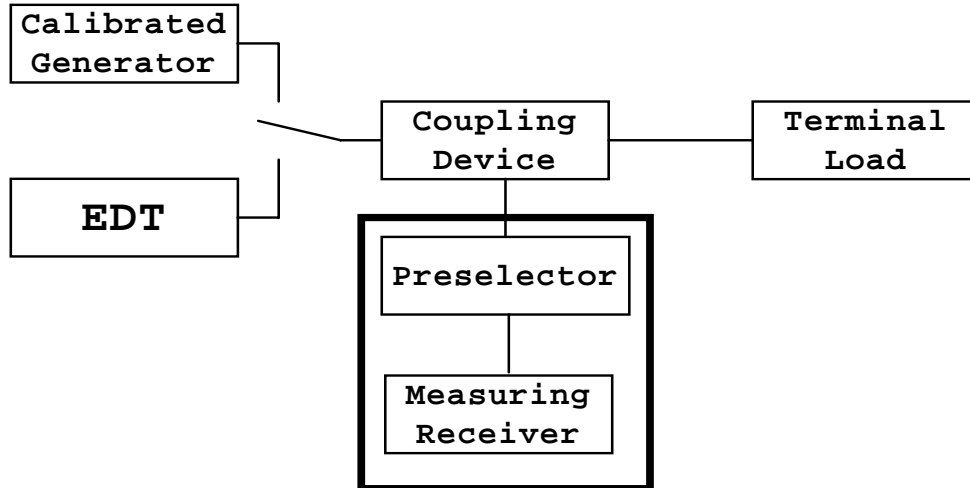


그림 5.2 기본제거필터를 사용하지 않고 공중선 포트에 공급되는 스푸리어스 영역 발사전력 측정을 위한 설정

5.3.2.2.1 직접 측정 방법

분류 A의 장치형식에 대한 상대레벨 측정은 다음 절차를 통해 측정 결과를 직접 얻을 수 있다.

전체평균 또는 PEP에 대한 상대적 감쇠 = $B - D$

여기서, B : 측정수신기에 나타나는 기본발사의 평균 또는 PEP

D : 측정수신기에 나타나는 스퓨리어스 발사의 최대전력
(B-D) 값은 분류 A 장치의 상대적 기준과 직접 비교될 수 있다.

5.3.2.2.2 대체 방법

방법 1b는 절대레벨 측정을 위해 5.3.2.1.2에 설명된 대체 방법을 사용할 수 있다.

5.3.3 방법 2 - 스퓨리어스 e.i.r.p. 측정

스푼리어스 발사 e.i.r.p. 측정설정에 대한 블록도는 그림 5.3에 있다. 측정은 일정한 거리를 두고 이루어져야 한다. 이 방법은 매우 낮은 주파수 또는 주파수와 공중선 크기(예를 들어, 1.2m 접시형 공중선을 사용한 14GHz 에서 전송은 원거리에 도착하는 데 140m의 공중선 크기를 요구한다)의 특정한 조합 때문에 까다롭다. 임의의 방향, 여러 가지 편파, 그리고 임의의 주파수에 대한 스퓨리어스 발사의 e.i.r.p. 측정은 비록 적응성을 점점하는 기술이 작업부하를 줄이기도 하지만 매우 시간이 소모되는 작업이다. 레이더를 측정하기 위해 e.i.r.p. 측정방법을 사용할 때는 ITU-R 권고 M.1177을 따라야 한다.

5.3.3.1 방사측정을 위한 측정장소

30~1000 MHz 주파수 범위에서 시험장소는 수평·수직 편파에 대한 장소감쇠측정을 함으로서 검증을 받게된다. 측정장소는 수평과 수직 장소감쇠측정이 이론적 장소감쇠의 $\pm 4\text{dB}$ 내에 있어야 인정을 받게 된다.

시험장소는 평평하고, 위쪽으로 지나가는 공중선과 근처의 반사구조물이 없어야 하며 지정된 거리에서 공중선 배치를 허용할 수 있을 만큼 충분히 넓어야 하며, 공중선, EUT 그리고 반사구조물 간에 적절한 이격거리를 제공해야 한다. 반사체는 원칙적으로 전도성 물질로 구성된다. 이런 시험장소는 수평금속성 대지평면으로 제공된다. 시험장소는 OATS에 대한 IEC/CISPR Publication No.16-1의 장소감쇠 요구를 만족시켜야 한다.

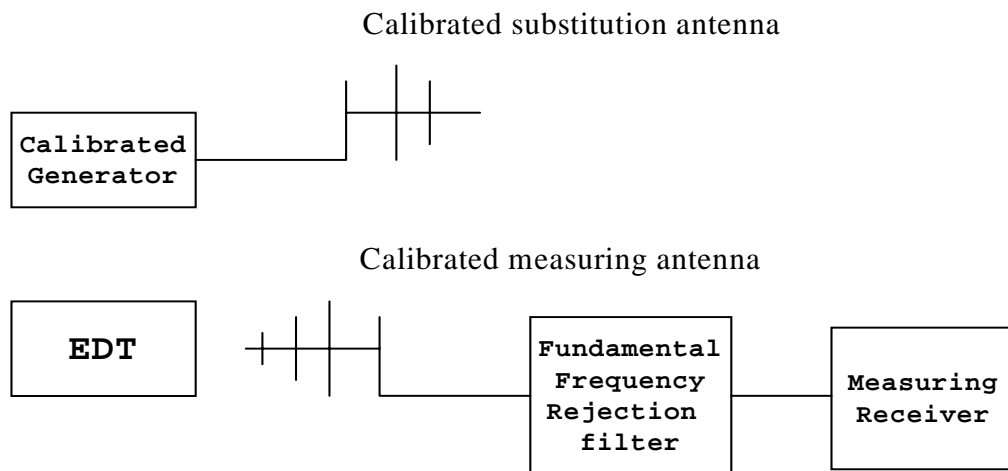


그림 5.3 스퓨리어스 발사 e.i.r.p. 측정설정

또한 시험은 반(semi)-무반향실(SAR)에서 이루어질 수 있으며, 차폐실의 천정과 벽은 반사가 적은 흡수체로 덮여있어야 한다. 이와 같은 무향실에서 검증측정은 장소감쇠 측정이 $\pm 4\text{dB}$ 기준(IEC/CISPR Publications No. s16-1 과 22 참조.) 내에서 수행될 수 있다는 것을 확인하는 매우 중요한 작업이다.

OATS와 SAR의 경우 전도성 평면대지는 EUT와 가장 큰 측정공중선의 주위를 적어도 1m 초과할 정도로 확대되고 EUT와 공중선 사이의 전체 지역을 포괄해야 한다. 최고 측정주파수에서 1/10 파장 크기보다 큰 용적을 가지며 구멍이나 틈새가 없는 금속성이어야 한다. 만약 시험장소의 장소감쇠요구가 만족스럽지 않다면 보다 큰 크기의 전도성 평면대지가 필요하며, 이런 요구조건은 반-무향(semi-anechoic)실의 경

우에도 적용될 수 있다.

스퓨리어스 발사측정을 위한 장소로서 부가적인 장치도 이용될 수 있다. 부가적인 장치에는 완전무반향실(FAR), SMC(Stirred Mode Chamber), 횡전자기적(TEM) 또는 GigaHertz 횡전자(GTEM) 시스템과 같은 다양한 공간이 있다. SMC는 IEC/CISPR Publication 16-1에 기술되어 있다. 이와 같은 비교적 새로운 측정시스템은 아직까지는 모든 표준화 단체들에 의해서 보편적으로 받아들여지지 않는다. 초안은 IEC61000-4-20(TEM)과 IEC 61000-4-21(SMC)을 위해 (2000년 8월에) 출판되었다. 이런 시스템과 같이 사용되는 기술은 미래에 권고가 갱신될 때 측정시스템의 세세한 사용을 통합하기 위하여 재검토되어야 한다.

5.3.3.2 직접 측정 방법

모든 측정장비들(필터, 케이블)을 개별적으로 교정하거나 전체 측정세트를 교정할 필요가 있다. 주파수 f 에서 측정 세트의 교정계수를 결정하는 방법은 5.3.2.1.1절을 참조한다.

주파수 f 에서 스퓨리어스 발사 e.i.r.p., $P_{s,f}$ 는 자유공간에 대하여 다음 식으로 얻는다.

$$P_{s,f} = P_{r,f} + K_{ms,f} - G_f + 20 \log f + 20 \log d - 27.6$$

여기서,

$P_{r,f}$: 주파수 f 에서 측정수신기에 나타난 스퓨리어스 발사전력($P_{s,f}$ 와 같은 dBW 또는 dBm)

$K_{ms,f}$: 주파수 f 에서 측정설정의 교정계수 (dB), (일반적으로 양)

G_f : 주파수 f 에서 교정된 측정공중선의 이득 (dBi)

f : 스퓨리어스 발사 주파수(MHz)

d : 송신공중선과 교정된 측정 공중선 사이의 거리(m)

OATS에서 측정을 할 때는 추가적으로 반사이득을 고려해야 한다.

5.3.3.3 대체 방법

EUT가 동일한 수신 스퓨리어스 신호에 대해 조절된 상태에서 교정된 치환 공중선과 교정된 신호발생기가 사용된다.

5.3.4 특별 캐비넷 발사측정

캐비넷 발사를 측정하는 수단을 제공하기 위하여, 측정방법 2가 송신기 캐비넷 스퓨리어스 발사 측정을 위하여 사용될 수 있다. 이 방법은 EUT 공중선을 교정된 단말부하로 대신하고 e.i.r.p.값을 얻기 위해서 위의 방법 2에서 열거한 절차를 따라야 한다. 종단의사부하(terminating dummy load)는 작고 개별적으로 차폐되어 있어서 부하로부터의 재발사가 캐비넷 발사 측정에 간섭을 일으키지 않게 해야 한다. 덧붙여서, 케이블을 연결하는 것은 발사를 일으킬 수 있고 역으로 측정에 영향을 미칠 수 있으므로 이런 영향을 방지하기 위해 이중으로 차폐된 케이블 또는 케이블 차폐봉합을 사용하는 세심한 주의가 필요하다.

제 6 장 측정 및 결과

스퓨리어스 발사를 측정하기 위해서는 동적 범위가 큰 주파수 분석기가 필요하다. 정확한 측정을 하기 위해서는 동적 범위에 영향을 주는 주파수 분석기의 인자를 최적으로 설정하여야 한다.

본 연구에서는 ITU-R SM.329-10의 분류 A에서 업무 또는 무선설비항목 중 소출력 무선기기에 해당하는 무선랜의 스퓨리어스 발사를 측정한다. 이 때 기본 주파수 억제 필터를 사용하지 않는 국내의 현행 측정 방법과 SM329-10에서 설명되고 있는 기본주파수 억제필터를 사용하는 측정방법으로 측정하고 그들의 결과를 비교한다.

제 6.1 절 스퓨리어스 발사의 측정

6.1.1 스퓨리어스 발사 제한 값

스퓨리어스 발사는 고조파 방사, 기생방사, 혼변조와 주파수 변환곱과 같은 요소에 의해서 발생된다. 여기서 대역외 방사는 제외된다. 스퓨리어스 방사는 송신기에서 전송된 마지막 반송자로부터 필요 대역폭의 250%만큼 떨어진 상하의 주파수대역에서 정의된다.

표 6.1은 2003년 1월1일 이후에 개설된 송신설비에 적용되는 국내의 스퓨리어스 발사의 기술기준이다(표2.4참조).

표 6.1 소출력 무선기기의 스퓨리어스 발사 기술기준

업무 또는 무선설비	공중선전력에 대한 감쇠값(dB)
소출력 무선기기*	$56+10\log(P^{**})$ 또는 40dBc 중 덜 엄격한 값

* 전파법시행령 제30조의 규정에 의한 무선국을 말한다.

** RR No. 1.158에 따라 공중선 급전선에 공급되는 평균전력

표6.2는 본 연구의 EUT로 사용된 무선랜(802.11b)에 대한 국내의 기술기준[8]이다.

표 6.2 국내 무선랜(802.11b)의 기술기준

주파수 대역	2400~2483.5MHz
통신방식	직접확산방식(DS)
전파형식	F(G, D)1(2, 7)C(D, E, F, W)
공중선 이득	20dBi 이하
주파수 허용 편차	$\pm 50 \times 10^{-6}$ 이하
공중선 전력 밀도	10mW/1MHz
점유주파수	26MHz 이하
불요발사	-30dBm/100kHz 이하

표6.3은 표6.2와 중심주파수가 2.412GHz인 무선랜의 불요발사 측정을 위한 주파수 범위이다.

표 6.3 무선랜의 불요발사 주파수 범위

불요 발사		30MHz ~ 12.75GHz	제5고조파까지
스퓨리어스 발사	하측 범위	30MHz ~ 2347MHz	기본주파수로부터 26MHz의 250% 상하
	상측 범위	2477MHz ~ 12.75GHz	

6.1.2 스퓨리어스 발사의 측정

6.1.2.1 측정 구성도

그림6.1은 스퓨리어스 발사 측정 구성도이다. EUT는 제어용 프로그램 램에 의해서 측정 조건 상태로 설정된다[9].

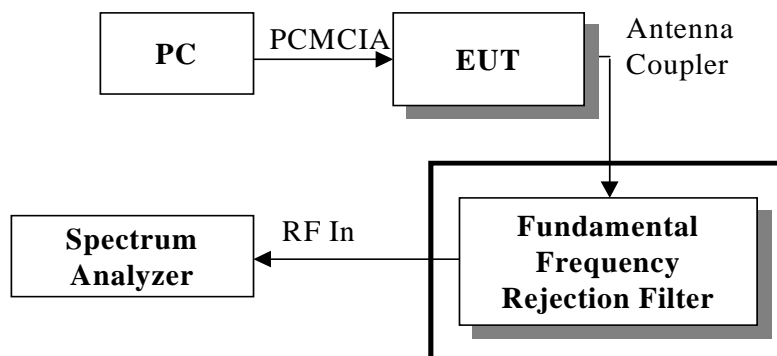


그림 6.1 스퓨리어스 발사 측정 구성도

6.1.2.1.1 EUT의 설정

- (1) 최대 출력 상태를 유지한다.
- (2) 가장 빠른 데이터 전송률을 갖는 변조모드 상태를 유지한다.
- (3) 전체 사용 대역 중 최저 주파수(2412MHz)에서 시험한다.
- (4) 2400 ~ 2483.5MHz 주파수 이외의 주파수 영역 중에서 필요 대역폭의 250%만큼 기본 주파수로부터 상하를 제외한 대역을 스퓨리어스 발사 대역으로 설정한다.

6.1.2.1.2 측정장치

스퓨리어스 발사 측정은 특히 큰 전력신호에 대하여 매우 높은 동적 범위를 갖는 주파수 분석기를 요구한다. 4.3.2절에서 설명된 바와 같이 주파수 분석기를 제한하는 요소는 그 자체의 바닥 잡음과 위상 잡음 그리고 측정 레벨의 상한에서의 레벨 압축 등이다.

본 연구에서 무선랜의 스퓨리어스 방사를 측정하기 위하여 사용된 기기는 표6.4과 같다.

표 6.4 스퓨리어스 방사 측정에 사용된 기기

장비	모델명
PC	Mitsbish E6560 노트북
WLAN PCMCIA	Orinoko Silver
기본주파수 억제필터	Band Rejection Filter
Spectrum Analyzer	Rohde&Schwarz FSQ26

표6.5는 기본주파수 대역저지필터특성을 갖는 기본주파수 억제필터의 특성 값을 나타내고 있으며, 그림6.2는 그것의 주파수 특성이다. 보다 자세한 사양은 부록III에 첨부되어 있다.

표 6.5 기본주파수 억제필터의 주파수 특성

저지 주파수 대역	2400.00MHz ~ 2483MHz
저지 감쇠량	30dB min
통과 주파수 대역	DC ~ 2390.00MHz 2493.00MHz ~3600MHz
통과 대역 손실	1.2 dB max except at 1.7 dB max (2390MHz, 2493MHz)
Return Loss(50 Ω)	12dB min (VSWR=1.67:1 max.)

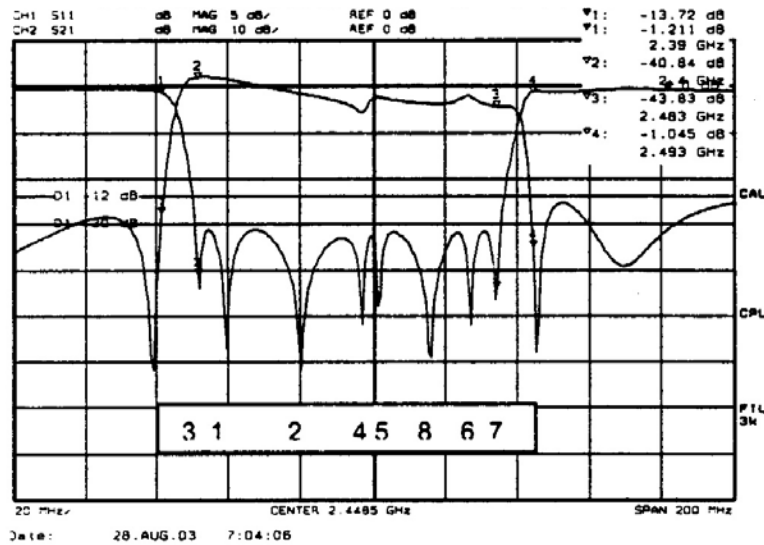


그림 6.2 기본주파수 억제필터의 주파수 특성

대개 주파수 분석기의 최대 허용 입력 레벨과 같은 +20dBm신호에 대하여 낮은 전력의 신호를 측정하기 위하여 기준 레벨을 낮출 경우 혼합기의 최대 허용 입력 레벨을 초과할 수 있다. 기본주파수 억제필터는 기본 주파수 신호의 통과를 억제시킴으로써 측정신호가 분석기의 최대 허용 입력 레벨을 초과하는 것을 방지해 준다.

6.1.2.2 측정 절차

본 연구에서는 스퓨리어스 발사를 측정하는데 있어서 기본주파수 억제필터를 사용하지 않고 있는 현행 국내의 측정 방법과 ITU-R 권고문 SM.329-10에서 권고하고 있는 기본주파수 억제필터를 사용하는 측정 방법으로 측정을 수행하고 이들의 측정 결과를 비교하고자 한다.

다음은 스퓨리어스 발사를 측정하기 위한 측정 절차를 설명하고 있다[9][10][11].

- (1) EUT를 주파수 분석기에 연결하고 다음과 같이 설정한다.
 - ① Ref Level : +20 dBm (신호의 세기에 따라 적절하게 조절 가능)
 - ② 소인주파수폭(SPAN) : 스퓨리어스 발사 측정범위에서 임의 설정
 - ③ 분해대역폭(RBW) : 100 kHz
 - ④ 비디오대역폭(VBW) : 분해대역폭과 같은 값
 - ⑤ 소인시간(Sweep Time) : 1 sec
 - ⑥ 소인횟수 : 10회 이상
 - ⑦ 소인방법(Sweep Mode) : Single
 - ⑧ 검파방식 : 첨두치(Positive-Peak 또는 Max Peak)
- (2) Maxhold 기능을 이용하여 시험한다.
- (3) 수험기기를 송신시키지 않는 상태에서 스펙트럼분석기의 잡음레벨이 -40 dBm이하가 되도록 설정한다.
- (4) 수험기기를 시험조건의 설정상태로 하고 시험하고자 하는 주파수로 송신시킨다.
- (5) 전체대역의 범위에서 스퓨리어스가 존재하는지 탐색한 후 탐색된 주파수에 대하여 정밀하게 스퓨리어스 발사를 측정한다.
- (6) 보충설명

① 최대 혼합기 입력

스푸리어스 방사를 측정하기 위한 최대의 동적 범위를 얻기 위하여, 측정 신호를 압축하지 않고 주파수 분석기의 혼합기 입력에 가능한 최대의 레벨을 인가하여야 한다. 이 혼합기 입력의 크기는 주파수 분석기의 입력 크기에서 감쇠 크기만큼을 뺀 값이다. 즉, 감쇠 크기는 분석기 신호가 압축되지 않는 가능한 한 최소한의 값으로 설정되어야 한다.

② 바닥 잡음

동적 범위에 있는 낮은 값에서 주파수 분석기의 바닥 잡음은 가장 중요한 제한 요소이며, 해상 대역폭과 기준 레벨에 의존한다. 이 크기는 스푸리어스 방사에 대한 한계보다 낮아야 한다.

③ 위상 잡음

스푸리어스 방사의 측정은 항상 반송자 주파수로부터 필요대역폭의 250% 이상 떨어진 주파수에서 수행되 때문에 이상 잡음은 반송자로부터 멀리 떨어져 있는 위상 오차만을 고려한다.

④ 주파수 분석기의 신호 왜곡

스푸리어스 방사의 측정은 주파수 분석기에서 사용할 수 있는 가능한 한 큰 동적 범위를 요구한다. 그러므로 주파수 분석기는 이러한 목적을 달성하기 위하여 혼합기 입력에 가능한 한 높은 레벨을 인가해 주어야 한다. 주파수 분석기에 있는 혼합기의 비 선형성으로 인하여 분석기 자체 내에서 스푸리어스 신호가 발생된다. 이렇게 발생하는 스푸리어스 중 3차 혼 변조와 고조파 왜곡이 가장 심각하다. 혼 변조는 반송자와 가까운 주파수에서 발생하며 고조파 왜곡은 보다 넓

은 대역에 걸쳐 포함되어 있다.

2차와 3차 고조파 신호는 그것의 세기가 크기 때문에 동적 범위를 제한하는 성분이 된다. 주파수 분석기가 어느 정도의 주파수 이상에서 실제의 수신 주파수와 다른 신호와 혼합되는 것을 피할 수 있도록 혼합기 앞단에 기본주파수 억제 필터를 설치할 수 있다. 이것은 스푸리어스 방사를 측정할 때 주파수 분석기가 고조파로 발생으로 인하여 동적 범위가 제한되는 것을 막아준다.

6.1.2.2.1 기본주파수 억제필터를 사용하지 않는 경우

기본주파수를 포함하는 전체 대역에서 스푸리어스를 측정하기 위하여 기본주파수 억제필터를 사용하지 않을 경우 측정기의 입력으로 기본주파수 성분의 크기와 스푸리어스의 크기의 비가 클 때, 낮은 신호를 측정하기 위하여 기본레벨을 낮추게 되면 혼합기의 최대허용 입력 레벨을 넘을 수 있게 된다. 즉, 입력 신호가 크면 기준 레벨을 크게 설정하여야 하기 때문에 2차와 3차 왜곡이 증가하게 된다. 이러한 제한을 갖고 측정된 스푸리어스 값은 정확하지 않을 수 있다.

그러나 주파수 분석기의 SPAN을 스푸리어스가 존재하는 시험 대역으로 국한하여 시험할 경우에는 EUT의 기본 주파수 성분이 분석기의 입력에 포함되지 않기 때문에 분석기의 기준 레벨을 낮게 설정하여 측정할 수 있다. 이 경우에 분석기는 동적 범위가 클 것을 요구하지 않는다.

그림6.3은 기본주파수 억제필터를 사용하지 않고 스푸리어스 발사를 측정하기 위한 흐름도이다. 스푸리어스 발사를 측정하기 위하여 아래와 같은 절차를 수행한다.

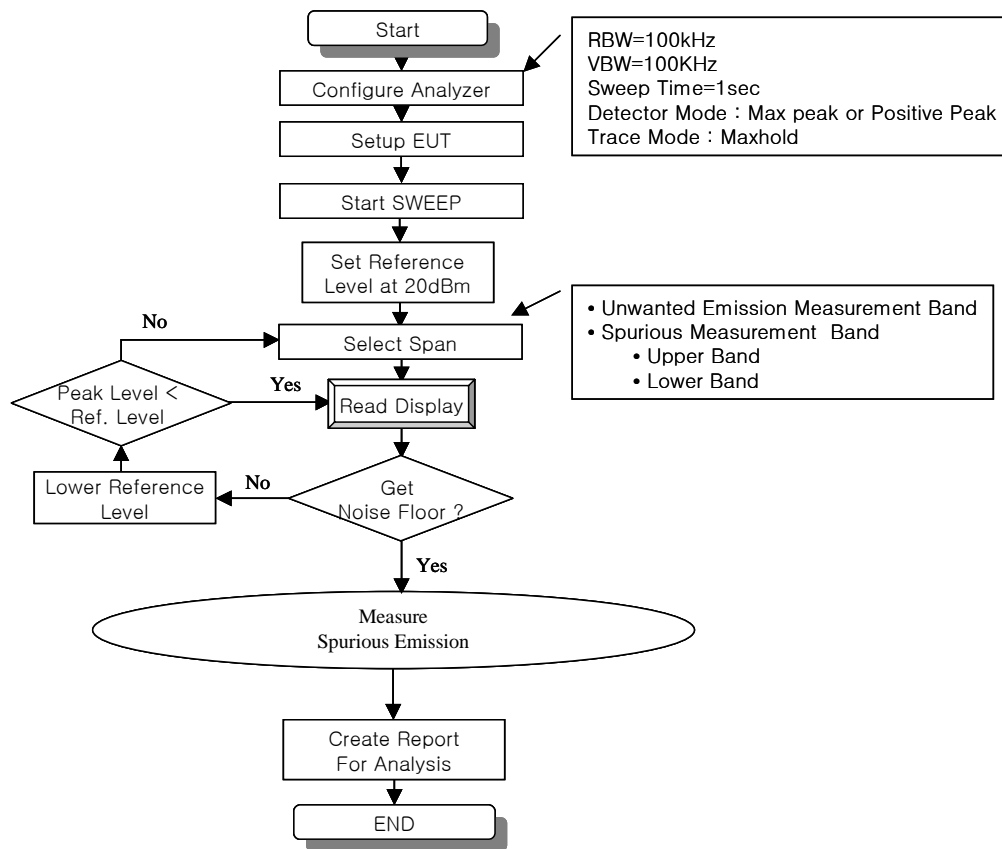


그림 6.3 기본주파수 억제필터를 사용하지 않고 스퓨리어스 발사를 측정하기 위한 흐름도

A. 전체 주파수 대역에서의 측정

- 1) 송신기를 최대의 전력에서 동작시킨다.
- 2) EUT를 가장 낮은 송신 주파수 FTX(2.412GHz)에서 동작시킨다.
- 3) 주파수 분석기를 30MHz~12.75GHz의 주파수 범위에 대하여 sweep 시킨다.
- 4) 큰 입력신호에 대비할 수 있도록 분석기의 기준레벨을 +20dBm으로 설정한다.
- 5) 분석기의 입력레벨이 그것의 최대 혼합기 입력 레벨을 초과하지 않을 때까지 기준레벨을 감소시킨다.
- 6) 스퓨리어스 발사를 측정한다.

B. 스퓨리어스 주파수 대역에서의 측정

- 1) 송신기를 최대의 전력에서 동작시킨다.
- 2) EUT를 가장 낮은 송신 주파수 FTX(2.412GHz)에서 동작시킨다.
- 3) 주파수 분석기를 스퓨리어스 발사로 정의된 기본 주파수로부터 상하의 주파수 범위로 나누어 sweep 시킨다.
- 4) 측정대역의 신호 크기가 변하지 않을 때까지 기준레벨을 낮춘다.
- 6) 스퓨리어스 발사를 측정한다.

6.1.2.2.2 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우

그림6.4는 기본주파수 억제필터를 사용하고 스퓨리어스 발사를 측정하기 위한 측정 흐름도이다.

전체 대역의 범위에서 스퓨리어스를 측정하기 위하여 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우 측정기의 입력에 기본 주파수 성분이 포함되어 있지 않기 때문에 분석기의 기준 레벨을 낮게 설정하여 측정함으

로써 신뢰할 수 있는 측정 결과를 얻을 수 있다. 특히 이 경우에는 분석기의 동적 범위가 그다지 크지 않아도 된다.

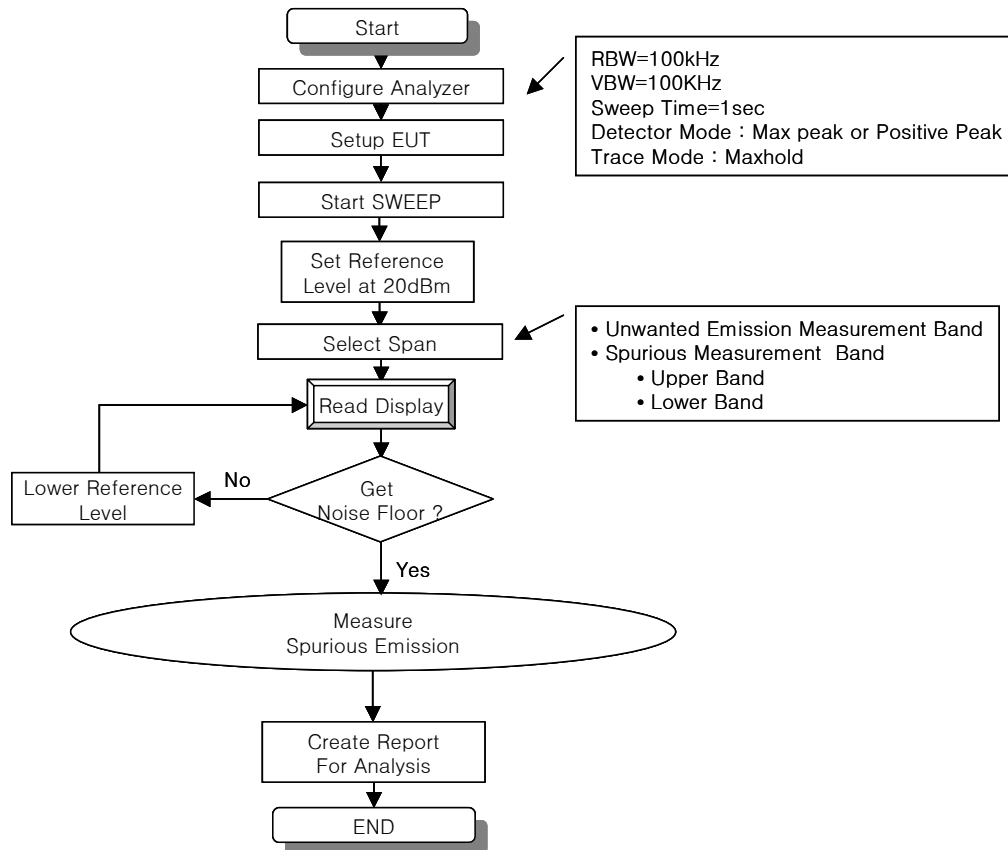


그림 6.4 기본주파수 억제필터를 사용하여 스퓨리어스 발사를 측정하기 위한 흐름도

제 6.2 절 측정 결과

6.2.1 불요발사 주파수 대역에서의 측정 결과

그림6.5는 기준 레벨을 10dBm으로 하여 기본주파수 억제필터를 사용하지 않고 측정한 주파수 특성이다. 측정 결과로부터 대략 -55dBm 정도의 잡음레벨이 바닥 잡음으로 확인되지 않고 있기 때문에, 스퓨리어스 발사를 정확하게 측정할 수 없다.

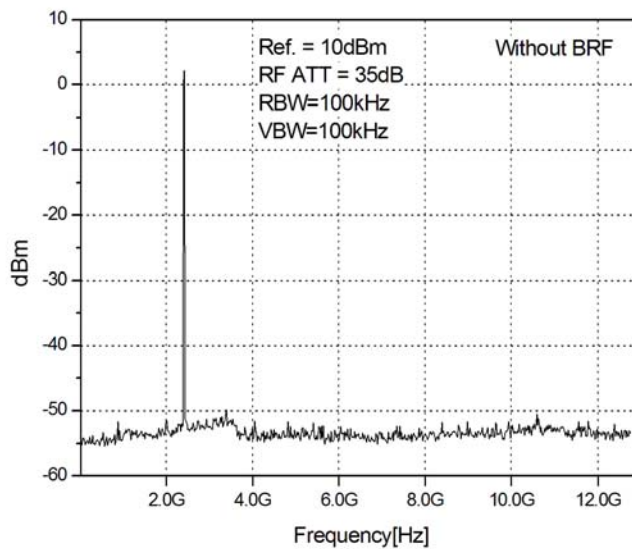


그림 6.5 기본주파수 억제필터를 사용하지 않는 경우(불요발사 대역, 기준레벨=10dBm)

기준 레벨을 -20dBm과 -30dBm로 설정하여, 기본주파수 억제필터를 사용하여 스퓨리어스를 측정한 결과는 각각 그림6.6과 6.7에서 보여지고 있다. 이들 그림으로부터 기준 레벨을 -20dBm에서 -30dBm으로 낮추어도 바닥 레벨이 거의 변하지 않는다는 것을 알 수 있다. 여기서 대략 -85dBm이 바닥잡음으로 결정 되기 때문에 이 레벨 이상에서 존재 스퓨리어스 발사를 측정할 수 있다. 표6.6은 이들의 측정 결과를 나타내고 있다.

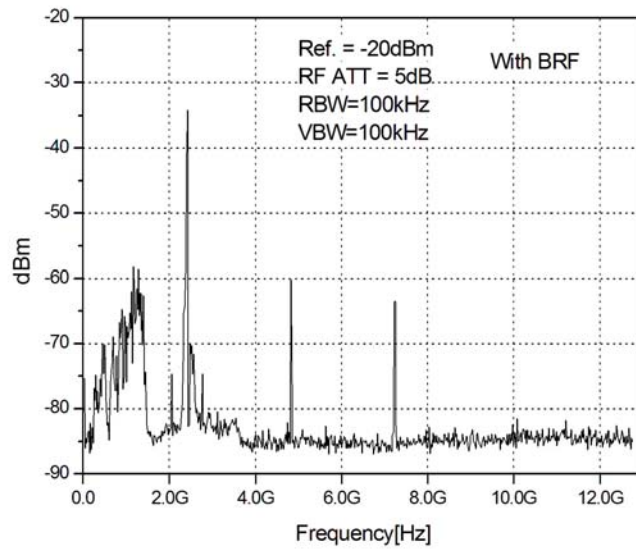


그림 6.6 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우(불요발사 대역,
기준레벨=-20dBm)

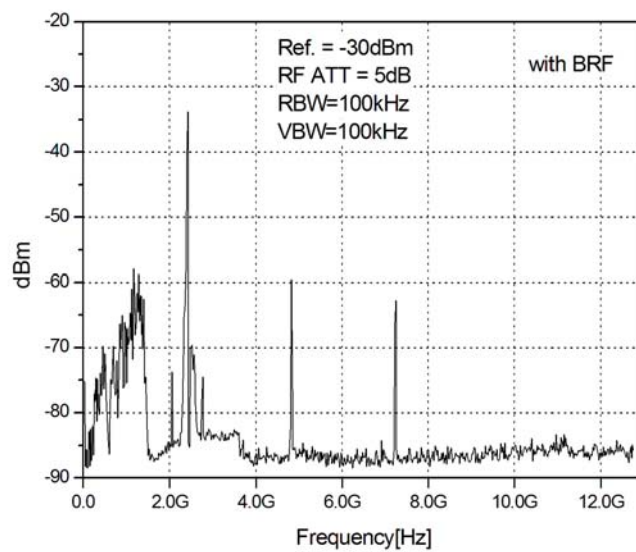


그림 6.7 기본주파수 억제필터를 사용하는 경우(불요발사 대역,
기준레벨=-30dBm)

표 6.6 측정된 스퓨리어스 발사(기본주파수 억제필터 사용, 불요 발사 측정 대역)

측정 주파수	기준레벨	
	-20dBm	-30dBm
4831MHz(제2고조파)	-62.88dBm	-58.90dBm
7235MHz(제3고조파)	-62.69dBm	-61.95dBm

6.2.2 스퓨리어스 주파수 대역에서의 측정 결과

기본 주파수 대역이 제외된 스퓨리어스 주파수 대역에서 기본주파수 억제필터를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때의 스퓨리어스 값을 측정하여 그것의 결과를 비교한다. 그림6.8~6.11은 기준 레벨이 10dBm 일 때의 측정 결과이다. 이들 그림으로부터 알 수 있듯이 기본주파수 억제필터사용에 관계없이 바닥 레벨이 잡음 바닥으로 확인되지 않고 있기 때문에 정확한 스퓨리어스를 측정할 수 없다.

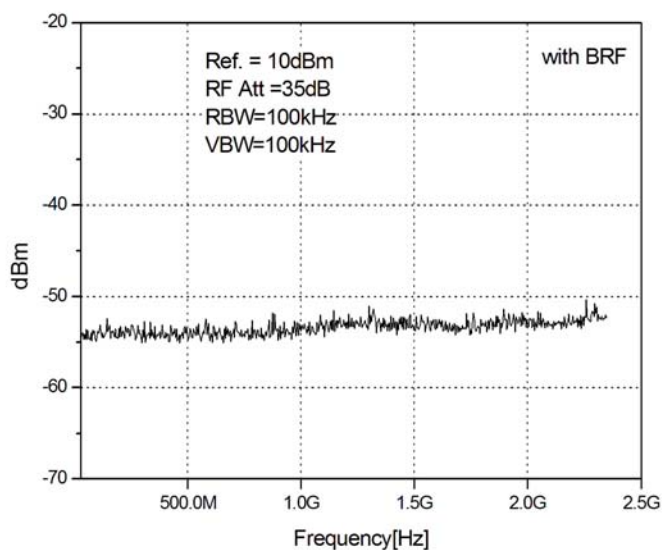


그림 6.8 기본주파수 억제필터를 사용한 경우(하측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=10dBm)

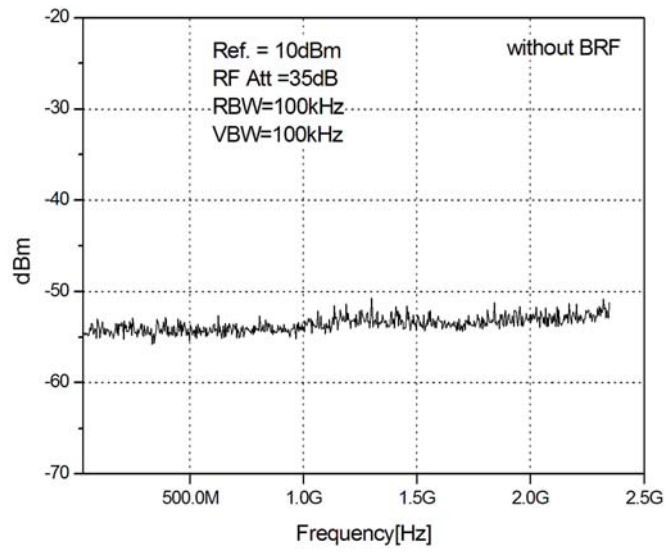


그림 6.9 기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(하측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=10dBm)

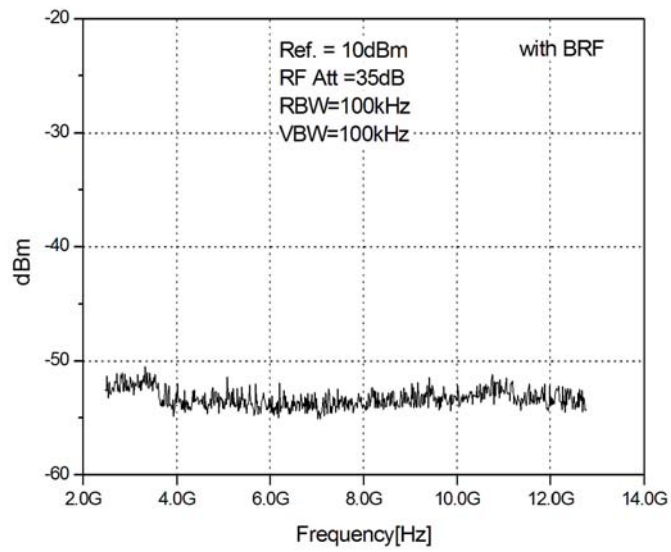


그림 6.10 기본주파수 억제필터를 사용한 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=10dBm)

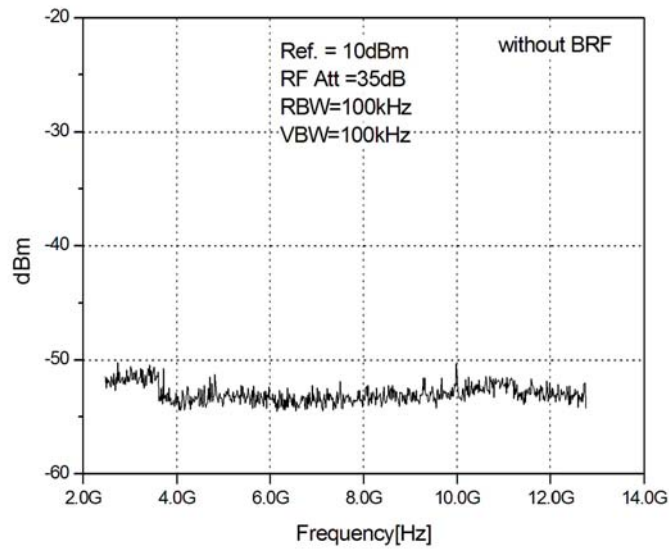


그림 6.11 기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=10dBm)

그림6.12~6.15는 기준 레벨이 -20dBm일 때 기본 주파수 억제 필터의 사용 여부에 따른 측정 결과이다. 표6.6은 기본주파수 억제필터 사용 여부에 따라 측정된 스퓨리어스 발사를 나타내고 있다.

표 6.6 기본주파수 억제필터 사용 여부에 따른 스퓨리어스 발사(기준 레벨=-20dBm, 하측 스퓨리어스 영역)

측정 주파수	측정된 스퓨리어스 발사 (기준 레벨 -20dBm)	
	기본주파수 억제필터 사용하지 않음	기본주파수 억제필터 사용
1189MHz	-57.3dBm	-58.7dBm

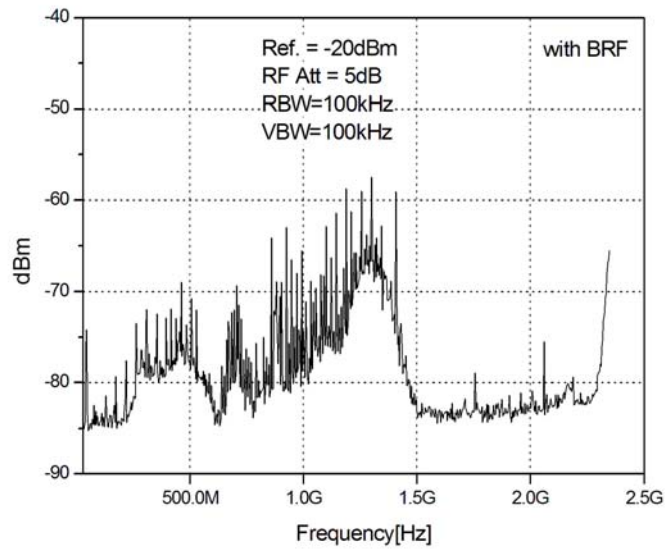


그림 6.12 기본주파수 억제필터를 사용한 경우(하측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)

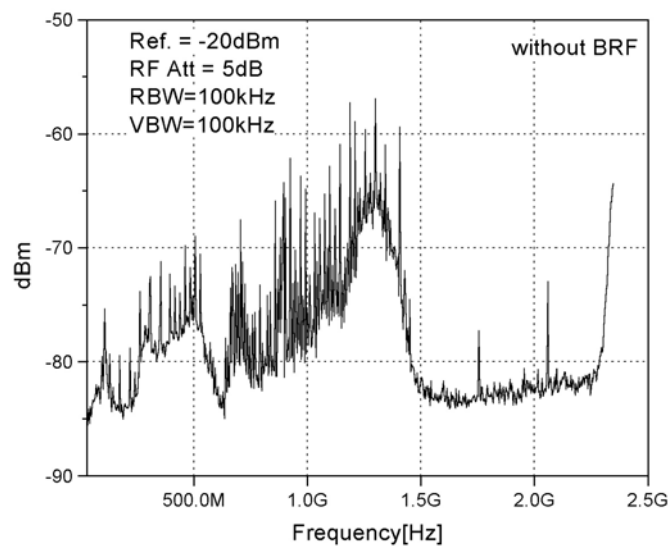


그림 6.13 기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(하측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)

그림6.14와 6.15는 기준 레벨이 -20dBm일 때, 기본 주파수 억제 필터의 영향을 조사하기 위한 측정 결과이다. 여기서 측정된 스퓨리어스 측저우 결과를 정리하면 표6.7과 같다.

표 6.7 기본주파수 억제필터 사용 여부에 따른 스퓨리어스 발사(기준 레벨=-20dBm, 상측 스퓨리어스 영역)

측정 주파수	측정된 스퓨리어스 발사 (기준 레벨 -20dBm)	
	기본주파수 억제필터 사용하지 않음	기본주파수 억제필터 사용
4839MHz(제2고조파)	-56.1dBm	-62.9dBm
7230MHz(제3고조파)	-57.6dBm	-62.7dBm

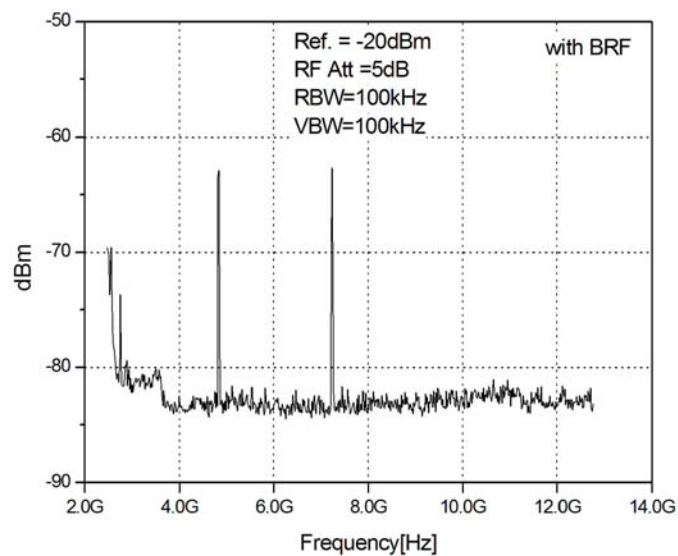


그림 6.14 기본주파수 억제필터를 사용한 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)

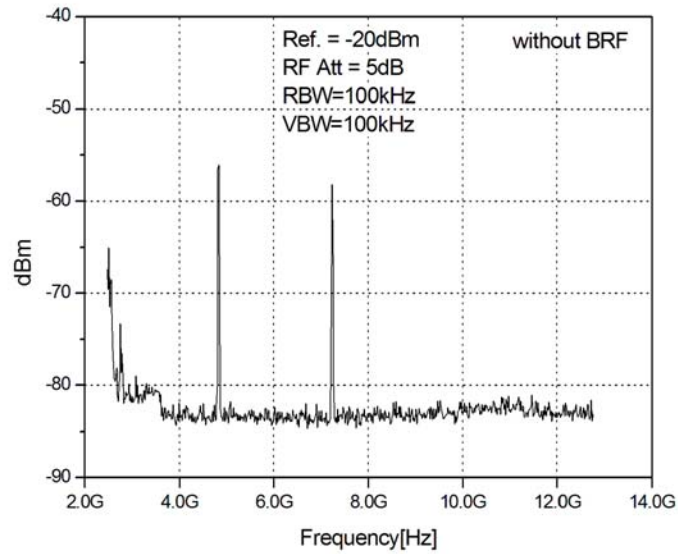


그림 6.15 기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-20dBm)

그림6.14와 6.15의 스퓨리어스 측정 결과를 비교해보면, 기본 주파수 억제필터를 사용하면 그렇지 않을 때보다 2차, 3차 고주파가 약 6dB 가량 낮게 나타난다는 것을 알 수 있다.

그림 6.16은 기준 레벨을 -30dBm으로 하였을 때의 측정 결과이다. 그림6.15와 6.16으로부터 알 수 있듯이 기본주파수 억제필터를 사용하지 않더라도 기준 레벨을 -20dBm 이하로 설정하였을 때, 바닥잡음이 약 -85dBm이 된다는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 과정으로 바닥잡음을 구한 다음, 이 레벨 이상에서 존재하는 스퓨리어스를 측정하여 원하는 스퓨리어스 발사 레벨을 얻을 수 있었다.

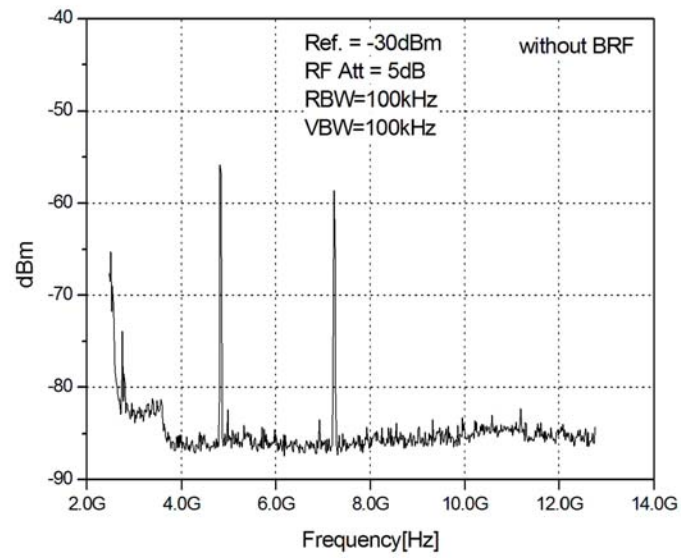


그림 6.16 기본주파수 억제필터를 사용하지 않은 경우(상측 스퓨리어스 대역, 기준레벨=-30dBm)

제 7 장 결 론

본 연구에서는 ITU-R의 스퓨리어스 발사 기준 및 측정방법에 관한 권고문 SM.329-10을 분석하고 이들을 시험을 통하여 검증하였다. 여기서 [8]에서 정하고 있는 무선데이터 통신 시스템용 무선설비에 해당하는 무선랜를 측정에 사용하였으며, [9]의 시험방법에 따라 주파수 분석기를 설정하였다. 그리고 측정기의 전단에 기본주파수 억제필터를 사용하였을 경우와 사용하지 않았을 경우에 대하여 스퓨리어스 발사를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 기본주파수를 포함하는 불요발사 주파수 대역에 대해서 기본 주파수대역 억제필터를 사용하지 않을 경우 동적범위 내에서 스퓨리어스가 분석기의 잡음에 가려져 원하는 스퓨리어스 발사를 측정할 수 없다. 따라서 이러한 경우에 기본 주파수대역 억제필터가 필요하다.
- 상·하측 스퓨리어스 측정 주파수 대역에 대해서는 기본 주파수대역 억제필터를 사용하지 않더라도 분석기의 바닥잡음에 이르도록 기준레벨을 조정할 수 있기 때문에 기본 주파수 대역필터는 반드시 필요하지 않다.
- 또한 이 대역에서는 분석기의 동적 범위 내에서 현행 측정방법을 이용하여 스퓨리어스 발사를 측정할 수 있다.
- 기본 주파수대역 억제필터는 분석기에 의해서 발생하는 고조파 왜곡을 감소시키기 때문에 기본 주파수대역 억제필터를 사용하면 분석기의 동적 범위를 향상시킬 수 있다.
- 기본주파수 억제필터를 사용이 하는 SM.329-10의 측정 방법은 보다 큰 동적 범위를 요구하는 큰 출력의 무선기기의 스퓨리어스 측정에 매우 효과적으로 사용될 수 있다.
- 스퓨리어스 측정에서는 일관된 측정 방법을 적용하는 것이 중요하다. 그러나 현재 개정된 국내의 기술기준은 SM.329-10을 근간으로 하고 있지만, 측정 방법은 있어서는 아직까지 권고문의 측

정방법이 반영되어 있지 않고 있다. 따라서 본 연구의 결과에서 얻어진 실제 측정 결과를 국내의 표준 측정방법을 마련하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있다.

- 따라서 분야별 무선기기의 시험방법이 표준화된다면, 이것을 활용하는 관련 산업체 및 인증 검사 기관 등이 모두 동일한 시험방법을 적용하게 됨으로써 상호간에 측정에 관한 정보를 공유할 수 있게 되어, 업무의 효율을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] ITU-R Recommendation SM.329-10, "Unwanted emissions in the Spurious domain"
- [2] TTA, "단거리 전용 통신용 무선기기의 RF 표준측정 법 잠정표준"
- [3] ITU-R Recommendation SM.328, "Spectra and Bandwidth of Emissions"
- [4] ITU-R Recommendation SM.1539, "Variation of the boundary between the out-of-band and spurious domains required for the application of Recommendations ITU-R SM.1541 and ITU-R SM.329 "
- [5] ITU-R Recommendation SM.1541, "Unwanted emissions in the out-of-band domain"
- [6] Agilent, AN-150, "Spectrum Analysis Basics"
- [7] ITU-R Recommendation M.1177, "Techniques for measurement of unwanted emissions of radar systems"
- [8] 정보통신부고시 제2003-15호 방송·해상·항공·전기통신사업용외의 기타업무용 무선설비의 기술기준
- [9] 전파진흥 제13권, 1호, " 무선랜 측정·시험방법 표준화" pp49-57 2003.
- [10] Rohde&Schwarz, AN, "Spurious Emission Measurement on 3GPP Base Station Transmitters, Jan. 2002.
- [11] Rohde&Schwarz, AN, "Out of Band Spurious Measurement for Bluetooth Modules", Jun. 2002.

[부록 I]

무선설비규칙개정(안)의 스퓨리어스 발사 허용치

2003년 1월 1일 후에 개설된 송신설비에 대하여 다음 표와 같이 스퓨리어스 발사의 허용치를 적용한다.

업무 또는 무선설비	공중선전력에 대한 감쇠값(dB)
우주업무 ⁵⁾	$43+10\log(PY)$ 또는 60dBc 중 덜 엄격한 값
무선측위업무	$43+10\log(PX)$ 또는 60dB 중 덜 엄격한 값
텔레비전방송업무	$46+10\log(PY)$ 또는 60dBc 중 덜 엄격한 값 ⁶⁾ (단, VHF 무선국과 UHF 무선국의 스퓨리어스 성분은 각각 평균전력 1mW와 12mW를 초과하지 않을 것)
초단파방송업무	$46+10\log(PY)$ 또는 70dBc 보다 덜 엄격한 값이고, 평균전력 1mW를 초과하지 않을 것
중파(MF)/단파(HF) 방송업무	50dBc이고, 평균전력 50mW를 초과하지 않을 것
단측파대 이동국	첨두포락선전력(PX)보다 43dB 낮을 것
30MHz 대역 미만의 아마추어 업무(단측파대 통신방식 포함)	$43+10\log(PX)$ 또는 50dB 중 덜 엄격한 값
30MHz 대역 미만의 업무 (단, 우주업무, 무선측위, 방송, 단측파대 이동국, 아마추어 업무는 제외)	$43+10\log(X)$ 또는 60dBc 중 덜 엄격한 값 (단, 단측파대 변조방식을 사용하는 경우에 X는 PX이고, 그 외의 변조방식을 사용하는 경우에는 PY임)
소출력 무선기기 ⁷⁾	$56+10\log(PY)$ 또는 40dBc 중 덜 엄격한 값
비상 송신설비 ⁸⁾	제한 없음
상기 이외의 업무	$43+10\log(PY)$ 또는 70dBc 중 덜 엄격한 값

(주)

- 1) 스퓨리어스발사의 허용치 측정방법은 국제전기통신연합의 권고 (ITU-R SM.329)를 따른다.
- 2) 스퓨리어스발사 전력의 측정 기준대역폭은 주파수 9kHz~150kHz에서 1 kHz로, 150kHz ~30MHz에서 10kHz로, 30MHz~1GHz에서 100kHz로, 1GHz 이상에서 1MHz로 한다. 다만, 우주업무는 주파수와 상관없이 4kHz로 한다.
- 3) 기호 dBc는 무변조 반송파 전력을 기준으로 한 dB이지만, 반송파가 없거나 측정할 수 없는 경우에는 평균전력을 기준으로 한 dB을 말한다.
- 4) 평균전력(PY) 및 첨두포락선전력(PX)의 단위는 와트(W)로 한다.
- 5) 아마추어업무에 사용되는 지구국은 30MHz대역 미만의 아마추어 업무의 기준을 적용하고, 지구로부터 2×10^6 킬로미터 이상 떨어진 곳에서 우주업무를 하는 우주국은 스퓨리어스 발사 제한을 적용하지 않는다.
- 6) 혼신방지 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 표에 규정된 스퓨리어스 발사의 허용치보다 엄격한 기준을 적용할 수 있다.
- 7) 전파법시행령 제30조의 규정에 의한 무선국을 말한다.
- 8) 비상위치지시용무선표지설비, 비상위치지시용송신기, 개인위치지시용 표지설비, 수색구조용트랜스폰더, 생존정용송신설비, 비상시 사용하는 육상, 항공, 해상업무용 송신설비를 말한다.

[부록 II]

현행 무선설비규칙의 스퓨리어스 발사 허용치

무선설비규칙 제5조(스푼리어스발사의 허용치) 송신설비에서 발사되는 스퓨리어스발사의 허용치를 다음과 같이 규정하고 있으며, 2003년 1월 1일 이전에 개설된 송신설비에 대하여 2012년까지 다음 표와 같이 스퓨리어스발사의 허용치를 적용한다.

기본주파수대		급전선에 공급되는 주파수 마다의 스퓨리어스발사의 평균전력의 허용치 ¹⁾	비 고
9kHz 초과 30MHz 이하		50mW 이하이고 기본주파수의 평균전력 보다 40dB 낮은 값 ²⁾	
30MHz 초과 235MHz 이하	송신장치의 평균 전력 25W 이하	25μW이하이고 기본주파수의 평균전력 보다 40dB 낮은 값 ³⁾⁴⁾⁵⁾	다중통신로의 송 신설비는 기본주 파수의 평균전력 보다 40dB 낮은 값
	송신장치의 평균 전력 25W 초과	1mW 이하이고 기본주파수의 평균전력 보다 60dB 낮은 값 ³⁾⁵⁾	
235MHz 초과 960MHz 이하	송신장치의 평균 전력 25W 이하	25μW 이하이고 기본주파수의 평균전력 보다 40dB 낮은 값 ³⁾⁵⁾	
	송신장치의 평균 전력 25W 초과	20mW 이하이고 기본주파수의 평균전력 보다 60dB 낮은 값 ³⁾⁵⁾	
960MHz 초과 17.7GHz 이하	송신장치의 평균 전력 10W 이하	100μW 이하의 낮은 값 ³⁾	
	송신장치의 평균 전력 10W 초과	100mW 이하이고 기본주파수의 평균전력 보다 50dB 낮은 값 ³⁾	
17.7GHz 초과		기본주파수의 평균전력 보다 40 dB 낮은 값 ³⁾	

(주)

- 1) 이 스퓨리어스발사의 허용치는 비상위치지시용무선표지설비(EPIRB), 비상위치지시용송신기(ELT), 개인위치지시용표지설비(PLB), 수색구조용트랜스폰더, 생존정의 송신설비, 해상업무용 송신설비 등을 비상시 사용하는 경우에는 적용하지 아니한다.
- 2) 평균전력 50kW 이상의 송신설비에서 1옥타브 이상의 주파수 범위를 전환하여 사용할 때의 스퓨리어스발사는 표의 규정에 불구하고 급전선에 공급되는 때 주파수 당 스퓨리어스발사 평균전력이 50mW 이하이고, 기본주파수의 평균전력 보다 60dB 낮은 값을 허용치로 한다.
- 3) 30 MHz를 초과하는 주파수로서 F3E 전파 및 G3E 전파를 사용하는 선박국 및 휴대국(선박에서 사용하는 것에 한한다.)과 F3E 전파 및 G3E 전파를 사용하는 휴대국(항공기에 탑재하여 국제전파규칙 부록 제S18호의 표에 의한 주파수의 전파를 사용하는 것에 한한다)의 송신설비의 스퓨리어스발사는 표의 규정에 불구하고 급전선에 공급되는 때 주파수 당 그 스퓨리어스발사 평균전력 기본주파수대가 146 MHz 이상 174 MHz 이하인 경우에는 2.5 μ W 이하의 값을 허용치로 하고, 그 밖의 주파수대인 경우에는 10 μ W 이하의 값을 허용치로 한다. 다만, 기본주파수의 평균전력이 20W 이상인 경우에는 이들의 허용치는 기본주파수의 평균전력에 비례하여 증가하는 것으로 본다.
- 4) 118 MHz 이상 144 MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 평균전력 25W 이하의 항공이동업무를 행하는 무선국의 송신설비의 스퓨리어스발사는 표의 규정에 불구하고 급전선에 공급되는 때 주파수 당 스퓨리어스발사 평균전력이 25 μ W 이하이고, 기본주파수의 평균전력 보다 40 dB 이상 낮은 값을 허용치로 한다.
- 5) 138 MHz 이상 174 MHz 이하, 335.4 MHz 이상 470 MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 송신설비로서, F1D · G1D · F2D · G2D · F3E · G3E 전파를 사용하는 단일 통신로의 무선국의 송신설비(아마추어국 · 행상이동업무를 행하는 무선국 및 457.5 MHz 이상 467.6 MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신국의 송신설비를 제외한다)의 스퓨리어스발사는 표의 규정에 불구하고 기본주파수의 평

균전력이 25W 이하의 송신설비인 경우에는 1 mW 이하이고, 기본주파수의 평균전력 보다 70 dB 낮은 값을 허용치로 한다.

[부록 III]

기본 주파수 대역저지 필터의 사양

