

ITU-R RF 성능 권고(안) 분석

Analysis of RF Specification in the ITU-R Recommendations

박진아 (J.A. Park) 스펙트럼공학연구팀 연구원
박승근 (S.G. Park) 스펙트럼공학연구팀 책임연구원

목 차

-
- I . 서론
 - II . 성능항목 분석
 - III . 결론

최근 ITU-R에서는 전파혼신과 밀접한 관계가 있는 무선기기의 RF 항목(주파수허용편차, 점유주파수대역폭, 불요발사 등)에 대한 권고안 SM.1045, SM.328, SM.853, SM.329, SM.1539 등을 제정하거나 개정하였다. 이와 관련하여 본 논문에서는 국내 무선설비규칙의 전파 질 허용치 및 측정방법과 연계하여 ITU-R RF 성능 권고(안)의 핵심내용에 대한 분석결과를 제시하였다. 본 논문의 내용은 무선기기의 인증 및 무선국 검사에 적용되는 국내 무선설비 기술기준치를 이해하는 데 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

I. 서론

무선통신분야는 비약적 발전을 해왔고, 이미 가정이나 직장, 그리고 대학 캠퍼스에서 공항에 이르기까지 무선통신 분야의 발전은 자연스럽게 우리들 생활 속 깊이 자리잡고 있다. 또한, 유비쿼터스 시대가 도래함에 따라 더욱 더 많은 그리고 다양한 무선기기들이 삶의 편의증진을 위해 새롭게 출현할 것이다.

이러한 무선통신의 보급 및 발전을 뒷받침하고 있는 무선통신기술의 한 분야로써, 인증 및 규제와 관련된 기술기준(Radio technical regulation)이 있다. 이는 국내·외를 막론하고 스펙트럼의 효율적인 이용을 도모하고, 전파간섭을 최소화하기 위한 수단이 되어 왔다. 이를 위해 국제적으로는 국제전기통신연합 전파통신부문(ITU-R), 또한 국가적으로는 해당 국가의 주관청을 중심으로 기술기준을 통해 무선설비를 관리해오고 있다.

우리나라는 1952년부터 ITU 회원국으로 활동하고 있으며, 따라서 ITU 회원국은 ITU-R의 전파규칙(RR)을 준수해야 할 의무가 있다[1]. 특히 ITU-R의 RR은 각국 전파주관청에서 규제하는 전파법규의 상위법이라 할 수 있다. ITU-R은 RR을 통해 주파수의 분배 및 무선기기의 성능과 관련된 기술기준, 혼신 및 그에 따른 조정절차 등 다양한 내용을 규정하게 되며, ITU-R의 조직적인 구조는 (그림 1)과 같다[2].

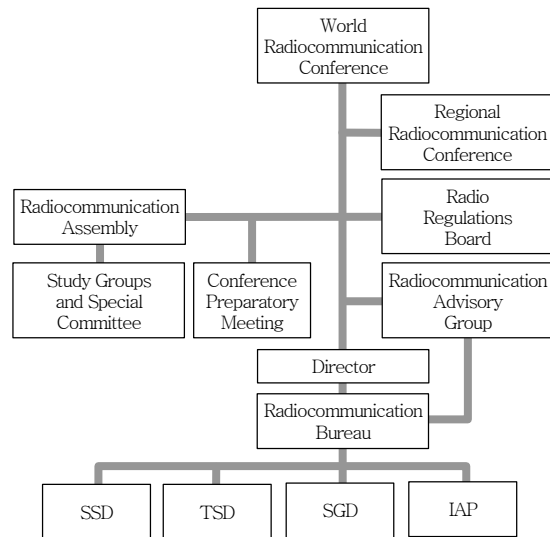
세계전파통신회의(WRC)와 전파통신총회(RA)는 통상 3~4년마다 개최되며, 전파통신부문의 효율성을 향상시키기 위해서 연계하여 개최된다. WRC는 RR의 전반적 혹은 부분적 제·개정 작업을 진행하고, RA는 WRC에 필요한 기술적 기반을 제공한다. 각종 연구반(SG)에서는 전파규칙의 제·개정 이슈 및 권고 초안을 제안하거나 의견을 제시하고 있다.

참고로, 지역전파통신회의(RRC)는 지역적 성격을 가진 특정 전파통신 문제만을 규정할 수 있으며, 전파규칙위원회(RRB)는 주관청의 요청에 의해 유해혼신에 대한 전파통신국장의 조사보고서를 검토하고 그에 대한 권고를 작성하는 역할을 한다. 전파

통신자문반(RAG)은 RA, SG 및 기타 그룹과 전파통신회의의 준비 관련 우선순위, 프로그램, 운용, 재정, 전략 검토 등 RA 또는 이사회 지시사항을 점검한다. 전파통신국(Radiocommunication Bureau)은 전파통신부문의 업무를 조직하고 조정하며, 개발도상국의 전파통신회의에 대한 준비를 지원한다.

SG는 전파통신과 관련된 권고안(Recommendation)을 개발하는 조직으로 RA에 의해 구성되며, WRC의 결의 및 권고에 대한 실질적인 연구를 진행한다. 현재, ITU-R에서 운영되는 SG의 활동 및 역할은 <표 1>과 같다.

특히, 기술기준과 관련된 부분은 SG1(스펙트럼



(그림 1) ITU-R 조직 구성도

<표 1> ITU-R에서 운영되는 SGs

Structure
Study Group 1(SG 1) - Spectrum management
Study Group 3(SG 3) - Radiowave propagation
Study Group 4(SG 4) - Satellite services
Study Group 5(SG 5) - Terrestrial services
Study Group 6(SG 6) - Broadcasting service
Study Group 7(SG 7) - Science service
Coordination Committee for Vocabulary(CCV)
Conference Preparatory Meeting(CPM)
Special Committee(SC)

관리)에서 진행하며, SG1은 다시 WP 1A/1B/1C로 나뉘어져 <표 2>와 같은 세부적인 역할을 담당한다.

ITU-R에서 발행되는 권고안은 무선기기 시스템 특성에 따라 <표 3>과 같이 다양하며, 기술기준에 대한 불요발사 사항은 주로 권고안 시리즈와 연관이 있다.

국내·외 무선설비의 규제에 관한 이해를 돕고자, 본 논문에서는 국내 무선설비규칙에서 규제하는 무선설비의 주요 기술기준을 ITU-R SM 권고안과 비교하여 항목별로 정의, 필요성, 규제동향 및 측정 방법을 각각 설명하였다. II장에서는 기술기준의 개

<표 2> SG1의 산하 WPs 업무

SG1 Structure	
Working Party 1A(WP 1A)	Spectrum engineering techniques
Working Party 1B(WP 1B)	Spectrum management methodologies and economic strategies
Working Party 1C(WP 1C)	Spectrum monitoring

<표 3> ITU-R에서 운영되는 SGs

ITU-R Recommendations	
BO	Satellite delivery
BR	Recording for production, archival and play-out; film for television
BS	Broadcasting service(sound)
BT	Broadcasting service(television)
F	Fixed service
M	Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services
P	Radiowave propagation
RA	Radio astronomy
RS	Remote sensing systems
S	Fixed-satellite service
SA	Space applications and meteorology
SF	Frequency sharing and coordination between fixed-satellite and fixed service systems
SM	Spectrum management
SNG	Satellite news gathering
TF	Time signals and frequency standards emissions
V	Vocabulary and related subjects

요와 주파수 허용편차(frequency tolerance), 주파수 대폭의 허용치(occupied bandwidth), X dB bandwidth, 방사 마스크(emission mask), 대역외 영역 및 스퓨리어스 영역 불요발사, 그리고 대역외 영역과 스퓨리어스 영역의 경계기준을 설명하였다. 본 논문에서 제시한 내용은 무선측정 분야의 실무자뿐만 아니라 전파관계 업무자 분들에게도 도움이 되리라 기대한다.

II. 성능항목 분석

1. 개요

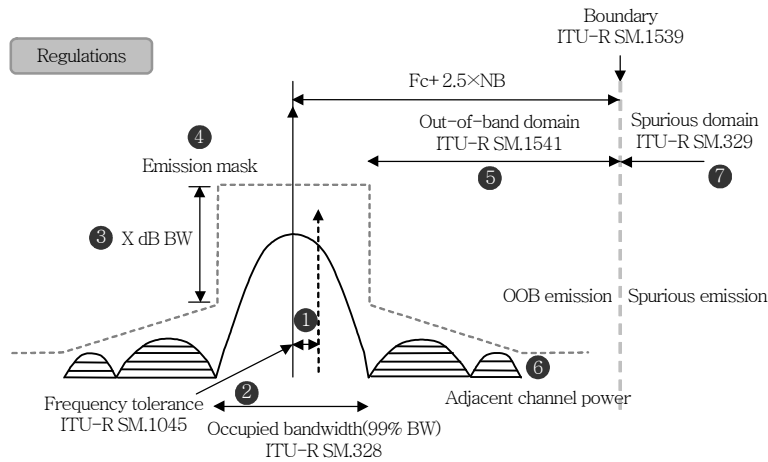
(그림 2)는 ITU-R의 RR 및 각국 전파법규에서 규정하고 있는 주요한 무선설비에 대한 기술기준 항목이다[3].

2. 주파수허용편차

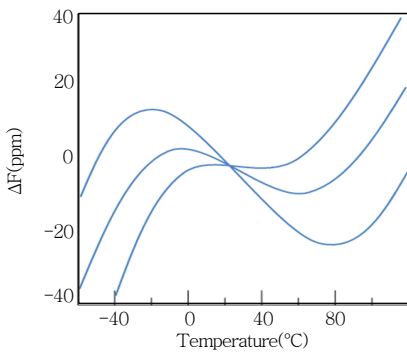
앞서 설명한 (그림 2)에서 주파수허용편차는 번호 1에 해당한다. 무선설비규칙 제1장 총칙 제2조 정의에서 정의하는 주파수허용편차는 “발사에 의하여 점유하는 주파수대의 중심주파수와 지정주파수 사이에 허용될 수 있는 최대 편차 또는 발사의 특성 주파수와 기준주파수 사이에서 허용될 수 있는 최대 편차”를 말하며, 기준치는 백만분율($\times 10^{-6}$, ppm) 또는 헤르츠(Hz) 단위로 표시한다.

그렇다면, 주파수허용편차는 왜 측정하고 규제하는 것일까? 무선설비의 송신주파수를 결정하는 오실레이터(oscillator)는 통상적으로 수정 발진기를 사용한다. 수정 발진기는 높은 안전성을 가지고 있지만, (그림 3)과 같이 온도에 민감한 주파수 변화를 나타낸다. 변화된 송신주파수는 통신품질의 저하를 유발하고, 특히 주파수 스펙트럼을 세분화하여 사용하는 체계에서는 타 통신에 혼신을 일으킬 가능성이 있기 때문이다.

이에 대하여, ITU-R에서는 SM.1045-1(frequency tolerance of transmitters) 권고안을 개발하



(그림 2) 무선설비의 주요 기술기준 항목



(그림 3) 수정 발진자의 온도특성에 따른 변화

여 RR에 주파수허용편차를 규제하는 근거를 마련하였으며, 국내 무선설비규칙에서도 RR 및 SM.1045-1 권고안을 참고하여 주파수허용편차를 규제하고 있다[4],[5].

또한, <표 4>는 RR, SM.1045-1 및 국내 무선설비규칙에서 규제하는 주파수허용편차의 주파수 대역을 비교한 것이다. 주목할만한 부분은 SM.1045-1이 30~235GHz까지 고려하는 것으로, 이미 IEEE 802.15.3c 등과 같은 표준화 기구에서 60GHz 밀리미터파대 무선기기에 대한 표준이 언급되고 있는 만큼 RR 및 국내 무선설비규칙에서도 주파수허용편차의 규제 주파수 대역 확장 문제가 추후 논의되어야 할 것이다.

주파수허용편차의 측정은 측정기기에 따라 여러 가지 방법이 있으나, 주파수카운터(frequency coun-

<표 4> 주파수허용편차 주파수 비교

RR Appendix S2	무선설비규칙 제3조	ITU-R SM.1045
9~535kHz	9~535kHz	9~1606.5kHz
535~1606.5kHz	535~1606.5kHz	
1606.5~4000kHz	1606.5~4000kHz	1606.5~4000kHz
4~29.7MHz	4~29.7MHz	4~29.7MHz
29.7~100MHz	29.7~100MHz	29.7~108MHz
100~470MHz	100~470MHz	108~470MHz
		470~960MHz
470~2450MHz	470~2450MHz	960~1215MHz
		1215~2450MHz
2.45~10.5GHz	2.45~10.5GHz	2.45~10.5GHz
10.5~40GHz	10.5~40GHz	10.5~30GHz
-	-	30~235GHz

ter)나 스펙트럼분석기(spectrum analyzer)를 이용하는 방법이 가장 일반적이다. 주파수카운터의 정밀도는 측정대상 무선기기의 규격보다 10배 이상 좋고, 주파수가 안정하기까지 송신시작 직후부터 대략 30초에서 1분 간격으로 10분간 측정하는 것이 바람직하다.

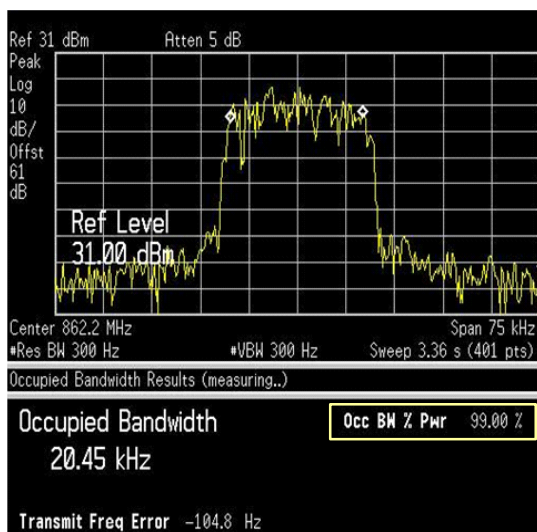
3. 점유주파수대폭

점유주파수대폭은 앞서 설명된 (그림 2)에서 번호 2에 해당된다. RR에 의한 점유주파수대폭의 정

의는 “Occupied bandwidth: The width of a frequency band such that, below the lower and above the upper frequency limits, the mean powers emitted are each equal to a specified percentage $\beta/2$ of the total mean power of a given emission.(The value of $\beta/2$ should be taken as 0.5%(RR No. S1.153))”이고, 국내 무선설비규칙 제1장 총칙 제2조에 의한 정의는 “변조의 결과로 생기는 주파수대폭의 하한주파수 미만의 부분과 상한 주파수를 초과하는 부분에서 각각 발생하는 평균전력이 따로 정하는 것을 제외하고 각각 0.5%와 같은 주파수대폭”을 말한다. 즉 (그림 4)와 같이 99% power bandwidth를 의미하게 된다.

무선기기는 정해진 점유주파수대폭의 범위 내에서 통신해야 하며, 점유주파수대폭을 초과한 전파가 발생하면 인접한 타 통신에 혼신을 일으킬 가능성이 높기 때문에, 점유주파수대폭은 무선기기의 주요한 특성으로 다루어지고 있는 것이다. 기준치는 kHz나 MHz 단위로 표시한다. <표 5>에서는 국내 무선설비규칙 주파수대폭의 허용치 규정 일부를 보여주고 있다[6].

점유주파수대폭의 측정은 경우에 따라 FFT 분석기, 밴드미터 등이 사용되나, 일반적으로 스펙트럼 분석기가 이용된다.



(그림 4) 점유주파수대폭 측정 예

참고로, X dB 대역폭이라는 개념에 대해 알아보자. 이는 측정된 신호를 수신하여 그 스펙트럼 분포의 포락선 파형에서 기준레벨의 X dB 값만큼 저하한 레벨에 대한 주파수대폭을 결정 및 측정하는 방법을 말한다. 기준레벨은 통신 무변조 반송파 레벨이다. 흔히, 3dB 대역폭, 26dB 대역폭 등이 이에 해당한다. (그림 5)는 X dB 대역폭의 개념을 나타낸다.

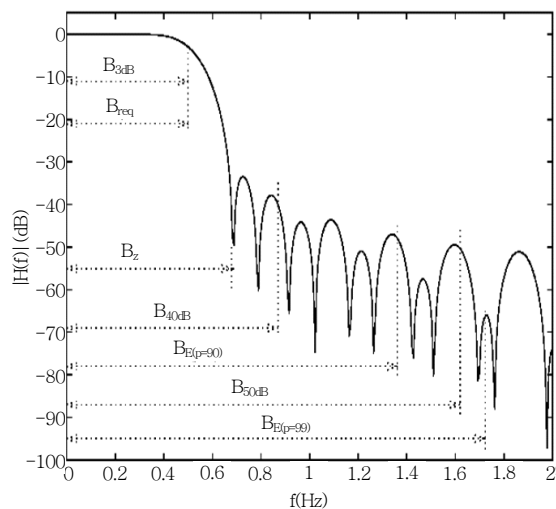
ITU-R SM.328-11 권고안에서는 부록을 통하여 single/double sideband 주파수 및 위상변조의 전파형식별 필요대역폭 및 점유주파수대폭에 대한 계산을 권고하고 있다[7].

<표 6>은 SM.328-11 권고안 부록 6의 디지털 위상변조에 대한 예로, MSK와 GMSK BT 계수에 따른 % 대역폭을 나타내고 있다.

점유주파수 대역폭은 BT 계수×전송속도(Rb)로 구할 수 있다. 예를 들어, Rb=270kbps이고, GMSK

<표 5> 무선설비규칙 제4조 점유주파수대폭의 허용치 별표[3]

전파형식	주파수대	무선국 종별 허용치
F7W, G7W	800MHz 대의 주파수의 전파를 사용하는 이동가입무선전화통신을 하는 무선국의 무선설비와 1800 MHz 대의 주파수의 전파를 사용하는 개인휴대전화용 무선설비	1.32MHz



(그림 5) X dB 대역폭

〈표 6〉 % BW에 따른 MSK 및 GMSK BT 계수

BW	MSK	GMSK BT			
		0.50	0.30	0.25	0.15
90%	0.80	0.69	0.61	0.56	0.45
95%	0.94	0.80	0.70	0.67	0.53
99%	1.28	1.03	0.91	0.86	0.70
99.8%	2.81	1.20	1.06	1.00	0.83

〈표 7〉 RR의 정의

1.144 Spurious emission

Emission on a frequency, or frequencies, which are outside the necessary bandwidth and the level of which may be reduced without affecting the corresponding transmission of information. Spurious emissions include harmonic emissions, parasitic emissions, intermodulation products and frequency conversion products but exclude out-of-band emissions.

1.145 Out-of-band emission

Emission on a frequency or frequencies immediately outside the necessary bandwidth which results from the modulation process, but excluding spurious emissions.

1.146 Unwanted emissions

Consist of spurious emissions and out-of-band emissions.

1.146A Out-of-band domain(of an emission): The frequency range, immediately outside the necessary bandwidth but excluding the spurious domain, in which out-of-band emissions generally predominate. Out-of-band emissions, defined based on their source, occur in the out-of-band domain and, to a lesser extent, in the spurious domain. Spurious emissions likewise may occur in the out-of-band domain as well as in the spurious domain. (WRC-03)

1.146B Spurious domain(of an emission): The frequency range beyond the out-of band domain in which spurious emissions generally predominate. (WRC-03)

BT=0.30, 99% BW인 경우에 99% 점유주파수대역 폭은 $0.91 \times 270\text{kbps} = 245.7\text{kHz}$ 가 된다.

4. 불요발사

불요발사는 정보전송을 위해 필요한 최소한의 주파수 대역, 즉 필요대역폭 바깥의 주파수 대역에서 발생하는 발사로서, ITU-R RR에서는 WRC-03을 통하여 불요발사를 〈표 7〉과 같이 대역외 영역과 스퓨리어스 영역 불요발사로 구분하여 정의하였다. 국내에서도 WRC-03 결과를 반영하여 2003년 무선설비규칙이 개정되었다[8].

그렇다면, 대역외 영역과 스퓨리어스 영역을 구분한 이유는 무엇이며, 또 두 경계는 어떻게 결정되는 것일까?

가. 대역외 영역과 스퓨리어스 영역의 경계기준

일반적으로 대역외 영역과 스퓨리어스 영역을 구

분한 것은 대역외 영역에서 무선기기의 증폭기(amplifier)에 의한 비선형성을 규제하고, 스퓨리어스 영역에서 고조파(harmonic)에 의한 불요발사를 규제하자는 의미로 받아들여진다.

ITU-R SM.1539-1 권고안(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)에서는 대역외 영역과 스퓨리어스 영역에 대한 경계기준을 개발하였다[9]. 일반적인 경우의 경계기준은 중심주파수(f_c)로부터 필요대역폭(B_N)의 2.5배 이격된 부분으로 스퓨리어스 영역이 결정된다.

〈표 8〉 대역외 영역과 스퓨리어스 영역의 경계기준

Type of emission	If NB(B_N) is	Frequency eparation
Narrow-band case	$< B_L$	$2.5 \times B_L$
Normal case	B_L to B_U	$2.5 \times B_N$
Wideband case	$> B_U$	$B_U + 1.5 \times B_N$

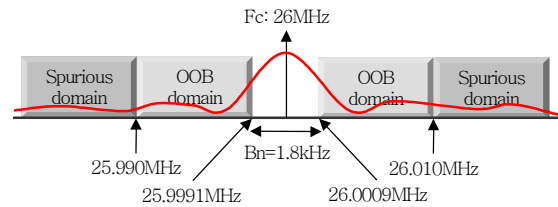
〈표 9〉 주파수범위에 따른 경계기준

Guideline values for frequency separation between the centre frequency and the boundary of the spurious domain					
Frequency range	Narrow-band case($B_N < B_L$)		Normal separation	Wideband case($B_N > B_U$)	
	B_L	Separation		B_U	Separation
9kHz~150kHz	250Hz	625Hz	$2.5 \times B_N$	10kHz	$1.5 \times B_N + 10\text{kHz}$
150kHz~30MHz	4kHz	10kHz	$2.5 \times B_N$	100kHz	$1.5 \times B_N + 100\text{kHz}$
30MHz~1GHz	25kHz	62.5kHz	$2.5 \times B_N$	10MHz	$1.5 \times B_N + 10\text{MHz}$
1GHz~3GHz	100kHz	250kHz	$2.5 \times B_N$	50MHz	$1.5 \times B_N + 50\text{MHz}$
3GHz~10GHz	100kHz	250kHz	$2.5 \times B_N$	100MHz	$1.5 \times B_N + 100\text{MHz}$
10GHz~15GHz	300kHz	750kHz	$2.5 \times B_N$	250MHz	$1.5 \times B_N + 250\text{MHz}$
5GHz~26GHz	500kHz	1.25MHz	$2.5 \times B_N$	500MHz	$1.5 \times B_N + 500\text{MHz}$
$f_c > 26\text{GHz}$	1MHz	2.5MHz	$2.5 \times B_N$	500MHz	$1.5 \times B_N + 500\text{MHz}$

ITU-R SM.1539-1에서는 무선기기를 협대역 경우, 일반적인 경우, 광대역의 경우로 나누어 <표 8>과 같이 경계기준을 설정하였다. 즉, 필요대역폭 B_N 이 B_L 보다 작은 경우 협대역 시스템의 경우에 해당되며, 대역외 영역과 스푸리어스 영역의 경계는 $2.5 \times B_L$ 이 된다. 또한 B_N 이 B_L 보다 크고 B_U 보다 작은 경우 일반적인 시스템에 해당되며, 경계기준은 $2.5 \times B_N$ 이 된다. 광대역 시스템의 경우는 B_N 이 B_U 보다 큰 경우이며, 이때의 경계기준은 $B_U + 1.5 \times B_N$ 이 된다.

<표 9>에서는 주파수범위에 따라 B_L 과 B_U 의 값을 제시하고, 각 경우에 맞추어 이격거리를 계산한 예를 나타낸다.

이해를 돕기 위해 중심주파수, $f_c=26\text{MHz}$, 필요대역폭, $B_N=1.8\text{kHz}$ 인 시스템을 예로 들어보자. 이 시스템은 주파수 범위가 150kHz~30MHz인 경우에 해당하며, 그때의 $B_L=4\text{kHz}$ 보다 B_N 이 작으므로 협대역 시스템의 경우에 해당된다. 이때의 경계기준



(그림 6) 경계기준 계산 예

은 $2.5 \times B_L = 2.5 \times 4 = 10\text{kHz}$ 가 된다. 따라서, (그림 6)과 같이 $F_c \pm 0.9\text{kHz} (B_N/2)$ 부터 대역외 영역이 시작되며, $F_c \pm 10\text{kHz}$ 스푸리어스 영역으로 결정된다 [10].

또한 ITU-R SM.1539-1에서는 <표 10>, <표 11>과 같이 협대역 및 광대역 시스템의 특별한 경우에 대하여 적용되는 경계기준을 권고하였다.

나. 대역외 영역 불요발사

대역외 영역은 (그림 2)의 5번에 해당한다. 즉 필요대역폭을 제외한 인접채널과 alternative 인접 채널

〈표 10〉 협대역 고정위성업무에 대한 경계기준

Narrow-band variation for systems or services and frequency bands				
Services	Frequency range	Narrow-band case($B_N < B_L$)		
		B_L	Separation	
FSS	14kHz~1.5MHz	20kHz	50kHz	
	1.5~30MHz	$P_T > 50\text{W}$	80kHz	200kHz
		$P_T < 50\text{W}$	30kHz	75kHz

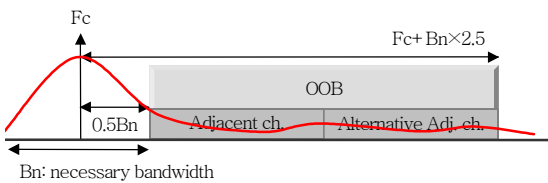
〈표 11〉 광대역 고정/고정위성업무 및 방송위성업무에 대한 경계기준

Wideband variation for systems or services and frequency bands			
Services	Frequency range	Wideband case($B_N > B_U$)	
		B_U	Separation
Fixed Services(FS)	14~150kHz	20kHz	$1.5 \times B_N + 20\text{kHz}$
Fixed-satellite Services(FSS)	3.4~4.2GHz	250MHz	$15 \times B_N + 250\text{MHz}$
FSS	5.725~6.725GHz	500MHz	$15 \times B_N + 500\text{MHz}$
FSS	7.25~7.75/7.9~8.4GHz	250MHz	$15 \times B_N + 250\text{MHz}$
FSS	10.7~12.75GHz	500MHz	$15 \times B_N + 500\text{MHz}$
Broadcasting-satellite Services(BSS)	11.7~12.75GHz	500MHz	$15 \times B_N + 500\text{MHz}$
FSS	12.75~13.25GHz	500MHz	$15 \times B_N + 500\text{MHz}$
FSS	13.75~14.8GHz	500MHz	$15 \times B_N + 500\text{MHz}$

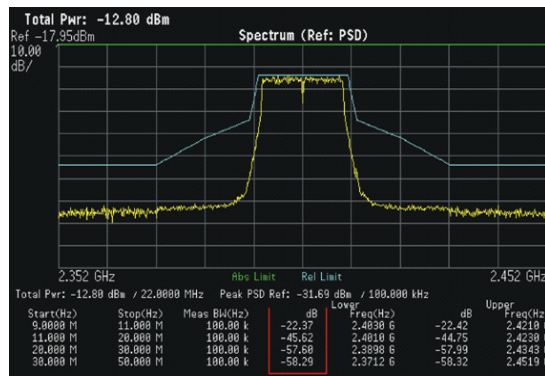
널로 정의되며, 따라서 일반적인 시스템의 경우에 (그림 7)에서 나타내듯이 $F_c \pm B_N/2$ 부터 스퓨리어스 영역($F_c \pm B_N \times 2.5$) 전까지로 결정된다.

대역외 영역의 불요발사는 주로 증폭기의 비선형성에 의존하며, 증폭기 선형성에 따라 스펙트럼의 부엽(side lobe)이 나타나는 것을 볼 수 있다.

이러한 대역외 영역 불요발사는 인접한 타 무선 통신에 혼신의 우려가 있으므로, ITU-R SM.1541-1에서는 방사마스크 형태로 대역외 영역 불요발사



(그림 7) 대역외 영역 불요발사



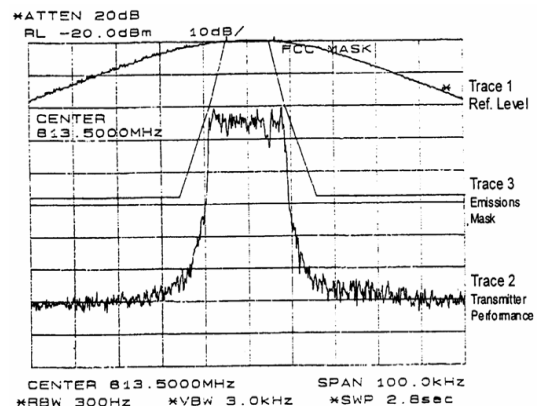
(그림 8) IEEE 802.11a 무선랜의 방사마스크 측정예시

기준치를 다루고 있다. 권고안에서는 우주, 텔레비전, 레이더, 아마추어, 이동 및 고정 서비스에 대한 대역외 영역 불요발사 마스크를 제시한다[10].

참고로 (그림 8)은 IEEE 802.11a 무선랜의 방사 마스크의 측정예시를 보여주고 있다.

방사마스크는 전력스펙트럼밀도(PSD)의 기준점을 무엇으로 잡느냐에 따라 dBsd, dBasd, dBc, dBpp로 구분한다. (그림 9)는 무변조된 신호의 carrier power를 기준으로 하는 dBc의 측정예시이다. dBc의 경우 아날로그 변조에서는 carrier power를, 디지털 변조에서는 mean power를 기준레벨로 사용한다.

국내 기술기준에도 방사마스크가 도입된 사례가 있으며, 예로 800MHz 이동전화용 무선설비의 기지

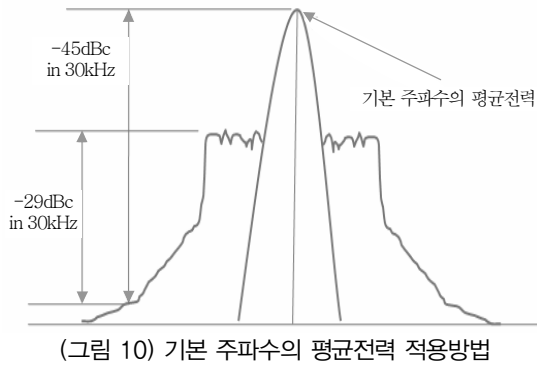


(그림 9) dBc 방사마스크 측정예시

〈표 12〉 800MHz 이동전화용 무선설비의 기지국 송신장치 조건 중 불요발사 기술기준 일부

송신장치의 불요발사는 다음 조건을 만족할 것

- (1) 지정주파수로부터 ±750kHz 이상 떨어진 주파수에서 30kHz 분해대역폭으로 측정된 경우 기본주파수의 평균전력보다 45dB 이상 낮을 것
- (2) 지정주파수로부터 ±1.89MHz 이상 떨어진 주파수에서 30kHz 분해대역폭으로 측정된 경우 다음과 같을 것
 - (가) 기본주파수의 평균전력이 33dBm 이상인 것은 기본주파수의 평균전력보다 60dB 이상 낮을 것
 - (나) 기본주파수의 평균전력이 28dBm 이상 33dBm 미만인 것은 기본주파수의 평균전력보다 -27dBm 이상 낮을 것
 - (다) 기본주파수의 평균전력이 28dBm 미만인 것은 기본주파수의 평균전력보다 55dB 이상 낮을 것
- (3) 지정주파수로부터 ±3.125MHz 이상 떨어진 주파수에서 100kHz 분해대역폭으로 측정된 평균전력보다 -13dBm 이하일 것

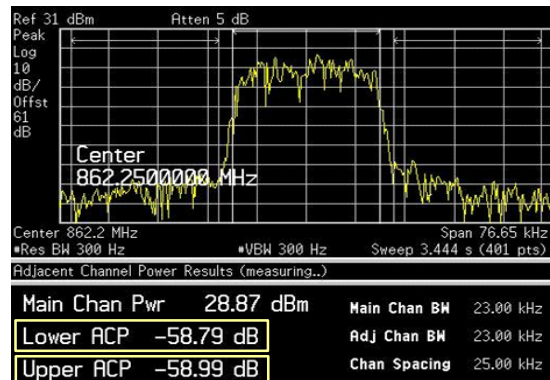


국 송신장치 조건 중에서 방사마스크에 의한 불요발사 기술기준을 간단히 <표 12>와 같이 정리하였다[11].

주목할 부분은 “기본주파수의 평균전력보다”라는 부분에서 dBc 개념이 도입된 것을 확인할 수 있다. 그러나 실제로는 무변조 상태에서 측정하는 것이 어려워 psd 개념에서 측정하는 것이 일반적이다. 즉 (그림 10)과 같이 carrier power로부터 45dB 감쇠를 psd에서 29dB 감쇠로 값을 상환(10 log (1230-채널대역폭/30-분해대역폭)=16dB, 45dB-16dB=29dB)하여 적용하는 것이다.

다. 인접채널누설전력

인접채널 누설전력은 (그림 2)의 6번에 해당한다. 인접채널 누설전력이란 변조상태의 송신출력이 양측의 각 인접채널 주파수를 중심으로 규정된 대역폭 내로 누설되는 전력을 의미한다. 측정은 전력측정용수신기(PMR)와 스펙트럼분석기를 이용한다. (그림 11)은 스펙트럼분석기를 이용하여 측정한 인접 채널누설전력의 예이다. 그림에서 볼 수 있듯이 측정을 통하여, 반송파대 인접채널 누설전력의 비(dB)를 구할 수 있다. 따라서 기술기준도 <표 13>



(그림 11) 스펙트럼분석기로 측정된 인접채널 누설전력 측정예시

과 같이 전력의 절대값이 아니라 비(dB)로 표시되어 있다.

인접채널 누설전력은 왜 측정하는 것일까? 송신 스펙트럼의 폭을 규제하는 부분은 이미 오래 전부터 점유주파수대폭을 통해 이루어져 왔다. 그러나 점유주파수대폭은 최대진폭의 -20~-30dB의 레벨 정도의 주파수폭을 나타내는 것으로, 이 기술기준은 자기 채널 내의 스펙트럼을 측정하는 데 그친다. 그러나 전파이용의 증대에 따라 채널간격의 협대역화가 진행되고, 송신기들의 근거리 사용이 비약적으로 늘어남에 따라 인접채널 누설전력에 의한 혼신의 우려가 증가하였다. 이에 대한 대책으로 인접채널 누설전력을 추가적으로 규제하게 되었고, 현재 이 기술기준은 송신장치의 중요한 특성 중의 하나이다. 또한, 인접채널 누설전력의 특성은 송신회로의 자동적제어장치(IDC)와 필터에 의해 대략 결정된다.

라. 스퓨리어스 영역 불요발사

스퓨리어스 영역 불요발사는 (그림 2)의 7번에 해

당한다. 무선설비규칙 제15의 3 정의에 의하면, 스푸리어스 발사는 “필요주파수대폭 바깥쪽에 위치한 하나 이상의 주파수에서 발생하는 발사(대역외발사를 제외한다)로서 정보전송에 영향을 미치지 아니하고 그 강도를 저감시킬 수 있는 것으로 고조파발사, 기생발사, 상호변조 및 주파수 변환 등에 의한 발사를 포함한 발사”를 말한다.

스푸리어스 발사의 발생원인은 대부분 송신기의 회로방식에 기인한다. 기존의 주파수 체배 방식에서는 각 체배단의 주파수가 스푸리어스가 되었다. 하지만, 현재는 VCO(전압제어 발진기)의 주파수를 디지털로 분조하여 기준주파수 발진기의 주파수와 비

교제어하는 루프(PLL)를 구성한 동기화 장치방식이 주를 이룬다. 이 방식의 스푸리어스 성분은 이상적인 회로의 경우 기준주파수와 반송파의 고조파뿐이다.

(그림 12)는 5.8GHz DSRC 시스템의 2차 고조파를 측정된 예시이다.

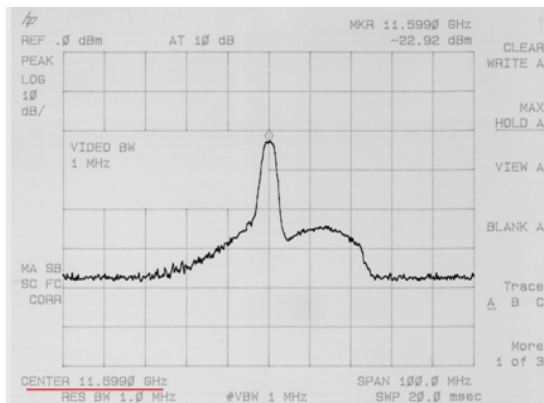
스푸리어스는 다른 무선통신에 혼신을 미칠 가능성이 높기 때문에, 기술기준을 통해 반송파에 대한 비(dB) 또는 전력으로서 허용치를 규제하고 있다. ITU-R에서는 1951년 SM.329-10 권고안을 개발한 이래 총 십여 차례의 개정을 통해 최근 무선기기에 대한 스푸리어스 영역 및 발사에 대한 기준, 측정 방법 등을 권고하고 있다. 국내 무선설비규칙 제5조 스푸리어스 영역 불요발사의 허용치를 통해 ITU-R SM.329-10 권고안의 내용을 반영하고 있다.

ITU-R SM.329-10에서는 <표 14>와 같이 A-Z에 이르기까지 다양한 스푸리어스 발사의 제한치 분류를 소개한다. 현재 ITU-R RR 및 국내 무선설비규칙의 기준치는 category A에 해당한다[12].

참고로 <표 15>에서 언급한 기준치($43 + 10 \log P(W)$)는 항상 절대적인 값을 갖는다. 즉,

$$P_{dBm} [30 + 0 \log p(W)] - [43 + 0 \log p(W)] = -13 \text{ dBm 또는 } -43 \text{ dBW이다.}$$

이때 중요한 것은 <표 16>과 같이 주파수 범위별로 기준대역폭(reference bandwidth)이 달라진다는



(그림 12) 측정된 5.8GHz DSRC의 스푸리어스 발사

<표 13> 이동통신용무선설비(PCS)의 기지국송신장치 조건 중 인접채널누설전력 기술기준 일부 발췌

라. 인접채널누설전력은 가장 낮은 지정주파수와 가장 높은 지정주파수로부터 바깥쪽으로 5MHz 떨어진 주파수의 경우 3.84MHz 대역 내에 복사되는 전력이 기본주파수의 평균전력보다 44.2dB 이상 낮은 값이고, 10MHz 떨어진 주파수의 경우 3.84MHz 대역 내에 복사되는 전력이 기본주파수의 평균전력보다 49.2dB 이상 낮은 값일 것

<표 14> ITU-R SM.329-10: 스푸리어스 영역 불요발사의 제한치

Category A	Category A limits are the attenuation values used to calculate maximum permitted spurious domain emission power levels. Appendix 3 is derived from Category A limits.
Category B	Category B limits are an example of more stringent spurious limits than Category A limits. They are based on limits defined and adopted in Europe and used by some other countries.
Category C	Category C limits are an example of more stringent spurious limits than Category A limits. They are based on limits defined and adopted in the United States and America and Canada and used by some other countries.
Category D	Category B limits are an example of more stringent spurious limits than Category A limits. They are based on limits defined and adopted in Japan and used by some other countries.
Category Z	Radiation limits for Information Technology Equipment(ITE) specified by the International Special Committee on Radio Interference(CISPR).

는 것이며, 이해를 돕기 위해 (그림 13)을 통하여 설명하였다.

즉, 주파수 범위에 따라 기준대역폭이 달라짐으로써, 스퓨리어스 발사 기준치 자체가 달라짐을 의

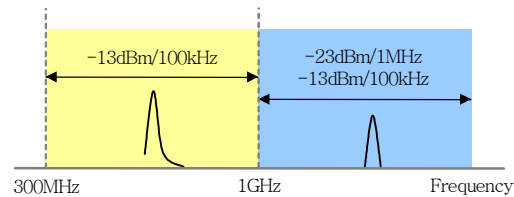
미한다. 여기서 혼동하지 말아야 할 것은 기준대역폭과 분해대역폭(resolution bandwidth)이다. 기준대역폭은 기준치 설정을 위한 것이고, 분해대역폭은 실제 측정에 필요한 대역폭이다. <표 17>은 실제 스

<표 15> ITU-RR Appendix 3와 무선설비규칙 제5조 별표 3의 스퓨리어스 발사 기준치 일부 비교

ITU-R RR Appendix 3		무선설비규칙 제5조 별표 3	
Service category	Attenuation(dB) below the power(W) supplied to the antenna transmission line	업무 또는 무선설비	공중선전력에 대한 감쇠값(dB)
All services except those services quoted below	43+ 10log(P) or 70dBc, whichever is less stringent	그 밖의 업무 및 무선설비	43+ 10log(PY) 또는 70dBc 중 덜 엄격한 값
Space services(mobile earth stations)(3),(4)	43+ 10log(P) or 60dBc, whichever is less stringent	우주업무	43+ 10log(PY) 또는 60dBc 중 덜 엄격한 값
Broadcast television(8)	46+ 10log(P) or 60dBc, whichever is less stringent, without exceeding the absolute mean power level of 1mW for VHF stations or 12mW for UHF stations. However greater attenuation may be necessary on a case-by-case basis	텔레비전 방송업무	46+ 10log(P) or 60dBc 중 덜 엄격한 값이고, VHF 무선국은 평균전력 1mW를, UHF 무선국은 평균전력 12mW를 각각 초과하지 아니할 것

<표 16> ITU-R SM.329-10에서 권고한 기준대역폭

Reference Bandwidth	
Frequency Range	Ref. Bandwidth
9kHz~150kHz	1kHz
150kHz~30MHz	10kHz
30MHz~1GHz	100kHz
Above 1GHz	1MHz



(그림 13) 기준대역폭에 따른 스퓨리어스 발사 기준치 변화

<표 17> 스퓨리어스 발사 기준치 적용 예

(4) 1840~1850MHz, 1850~1860MHz 및 1860~1870MHz 주파수대(20MHz 이상을 사용하는 장비는 1840~1850MHz 및 1860~1870MHz 주파수대)의 끝으로부터 1MHz 범위 내에 있는 주파수에서는 12.5kHz 분해대역폭으로 측정된 평균전력이 -13dBm 이하일 것

<표 18> ITU-R SM.329-10-불요발사의 측정주파수 범위

Fundamental frequency range	Frequency range for measurements	
	Lower limit	Upper limit(The test should include the entire harmonic band and not be truncated at the precise upper frequency limit stated)
9kHz~100MHz	9kHz	1GHz
100MHz~300MHz	9kHz	10th harmonic
300MHz~600MHz	30MHz	3GHz
600MHz~5.2GHz	30MHz	5th harmonic
5.2GHz~13GHz	30MHz	26GHz
13GHz~150GHz	30MHz	2nd harmonic
150GHz~300GHz	30MHz	300GHz

퓨리어스 발사 기준치가 적용된 예이다.

일반적으로 고조파 측정에서는 3차 고조파까지 측정한다. 그러나, ITU-R SM.329-10에서는 <표 18>과 같이 측정주파수 범위별로 스퓨리어스 발사의 측정 하한치와 상한치를 권고하고 있다.

참고로, 76~77GHz에서 운용되는 vehicular radar는 3차 고조파(약 220GHz 주파수 근처)까지 측정하도록 권고하고 있다.

RAG	Radiocommunication Advisory Group
RR	Radio Regulation
RRB	Radio Regulations Board
RRC	Regional Radiocommunication Conference
SG	Study Group
SGD	Study Group Department
SM	Spectrum Management
SSD	Space Services Department
TSD	Terrestrial Services Department
WRC	World Radiocommunication Conference

III. 결론

무선기기의 주파수허용편차, 대역폭, 불요발사 등은 전파혼신에 미치는 영향이 크므로, ITU-R에서는 SM 권고안 시리즈를 통하여 적절한 허용치를 권고하고 있다. 이와 관련하여 국내 무선설비규칙의 이해도를 높일 목적으로, 본 논문에서는 무선설비규칙과 연계하여 ITU-R 권고안 중에서 무선기기의 RF 성능과 관련된 권고안 SM.1045, SM.328, SM.853, SM.329, SM.1539 등의 주요 내용을 소개하였다. 특히, 전파혼신과 관련된 불요발사 권고안 SM.329 및 SM.1539의 경계기준, 권고치 해석, 측정방법 등은 국내 무선설비 기술기준 제정 및 개정 시에 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

약어 정리

FFT	Fast Fourier Transform
IAP	Informatics, Administration and Publications Department
ITU-R	International Telecommunication Union-Radiocommunication
PMR	Power Measurement Receiver
psd	power spectral density
RA	Radiocommunication Assembly

참고 문헌

- [1] ITU-R, "Radio Regulation," 2003.
- [2] <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=rhome&lang=en>
- [3] 전파법, 2008.
- [4] ITU-R SM.1045, Frequency Tolerance of Transmitters, 1997.
- [5] 방송통신위원회고시 제2008-26호, 무선설비규칙 제3조, 별표 2, 2008.
- [6] 방송통신위원회고시 제2008-26호, 무선설비규칙 제4조 별표 3, 2008.
- [7] ITU-R SM.328-11 Spectra and Bandwidth of Emissions, 2007.
- [8] 방송통신위원회고시 제2008-26호, 무선설비규칙 제2조(정의) 및 제5조(스퓨리어스 영역 불요발사의 허용치), 2008.
- [9] ITU-R SM.1539-1 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, 2002.
- [10] ITU-R SM. 1541-1 Unwanted emissions in the out-of-band domain, 2002.
- [11] 전기통신사업용 무선설비의 기술기준, 이동전화의 무선설비, 2008.
- [12] ITU-R SM. 329-10 Unwanted emissions in spurious domain, 2003.