

FHSS 방식을 사용하는 무선기기의 RF 측정방법 비교 분석

Analysis of the RF Measurement Methods on Wireless Devices Using Frequency Hopping Spread Spectrum Techniques

김동호(D.H. Kim)
박승근(S.K. Park)

기술기준연구팀 연구원
기술기준연구팀 선임연구원

여러 가지 확산방식 가운데 2.4GHz 대역에서 블루투스, 무선 LAN 등에 적용되고 있는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식을 사용하는 무선기기들에 대하여 미국과 유럽 그리고 일본에서 정하고 있는 기술기준 또는 표준에 관하여 개괄적으로 살펴보았다. 지역별로 정하고 있는 기술기준과 연계하여 각각의 기술기준 또는 표준의 항목들이 의미하는 바를 측정의 관점에서 기술하였으며, 다양한 측정 방법들이 갖는 기술적인 내용에 대하여도 포괄적으로 분석하였다. 마지막으로 최근 국내에서도 FHSS 방식을 사용하는 무선기기들에 대한 기술기준이 개정 고시됨에 따라 국내의 기술기준의 개정 배경과 의미를 외국 기술기준의 내용과 비교하여 설명하였으며, 그 측정 방법에 내포된 의미와 차이점들을 분석하였다.

I. 서론

2001년 7월 27일 방송·해상·항공·전기 통신 사업용 외의 기타 업무용 무선설비의 기술기준이 개정 고시되었다[1]. 개정된 내용 가운데 제5조 특정 소출력 무선국용 무선설비의 기술기준을 살펴보면, 무선 LAN 용도로만 지정되었던 특정 소출력 무선기기의 기술기준이 음성 및 영상 등의 무선 데이터 통신시스템을 포함하는 방향으로 개정되었음을 확인할 수 있다. 새로이 개정된 부분에 해당하는 주파수 대역은 ISM 대역에 속하는 2,400~2,483.5MHz이며, 별도의 구분이 없었던 스펙트럼의 확산 방식을 DS(Direct Sequence) 방식과 FH(Frequency Hopping) 방식으로 구분하여 지정하고 있다. 이에 본 논문에서는 상기의 확산방식들 가운데 2.4GHz

대역의 FHSS 방식에 초점을 맞추어 미국, 유럽, 일본 등의 기술기준 및 표준규격 등을 살펴보았으며, 제 외국의 다양한 측정방법들이 갖는 특징과 차이점들을 국내의 법규 및 개정된 기술기준의 관점에서 비교 분석하였다. 또한 세부적인 측정장비의 설정이 갖는 의미와 정확한 측정을 위해 고려해야 할 사항들을 함께 기술하였다.

II. 외국의 측정방법 분석

1. 미국

FCC(Federal Communications Commission)는 47 CFR(Code of Federal Regulation Title 47 Telecommunication) part 15.247을 통해 902~

928, 2,400~2,483.5, 5,725~5,850MHz에서의 비허가 무선기기의 기술 기준을 정하고 있다. 특히, FHSS 방식에 관하여는 part 15.247에서 정하고 있는 항목들에 대한 구체적인 측정방법을 공시한 바 있다[2]. FCC의 측정항목은 크게 세 부분으로 나누어지며, 구체적 측정항목과 의미는 <표 1>과 같다.

<표 1> FCC의 기술기준 측정항목

관련 규정	측정항목
Part 15.247(a)	범주 1: 시스템 정의에 대한 부합성 여부 판단 Carrier frequency separation, number of hopping frequencies, dwell time, 20dB bandwidth, pseudorandom frequency hopping sequence, equal hopping frequency use, system receiver input bandwidth, system receiver hopping capability
Part 15.247(b)	범주 2: 전도 및 복사성 출력전력 측정 Peak output power, EIRP limit
Part 15.247(c)	범주 3: 불요발사 측정 Band-edge compliance of RF conducted emissions, Spurious RF conducted emissions, Spurious Radiated emissions

◆ 세부측정과정

<표 1>에 기술된 관련 파트별 측정항목에 관한 구체적인 절차는 다음과 같다.

가. 시스템 정의에 대한 부합성 여부 측정

<표 1>에서 시스템 정의에 대한 부합성 여부 판단을 위한 측정항목에 해당하는 사항들에 대한 구체적인 측정설정 및 기준치를 <표 2>와 같이 정리하였다.

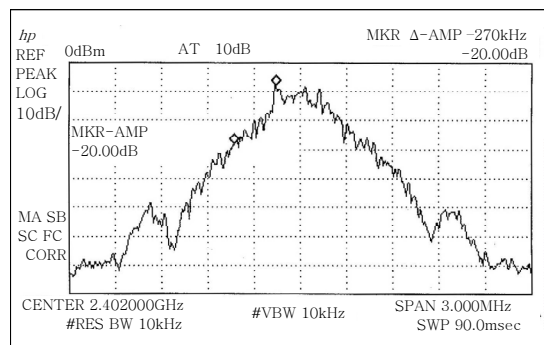
<표 2>에 열거된 세부측정항목 가운데 ‘20dB 대역폭’은 우리나라의 기술기준에서 명시하고 있는 점유주파수대역폭에 상응하는 내용으로 볼 수 있는데, 그 해당 대역의 폭이 점유주파수 대역폭과는 조금 상이하다. 즉, 우리나라의 점유주파수 대역폭은 전체 전력에 대하여 99%의 전력을 차지하는 대역폭을 의미하는데 비해, FCC의 20dB 대역폭은 발사의 최대치로부터 20dB 낮은 전력에서의 대역폭을 나타냄을 구체적인 측정을 통하여 알 수 있다. 두 방법의 차이를 보인 것이 (그림 1) 이다. (그림 1a)와 (그림 1b)

<표 2> 측정설정 및 기준치

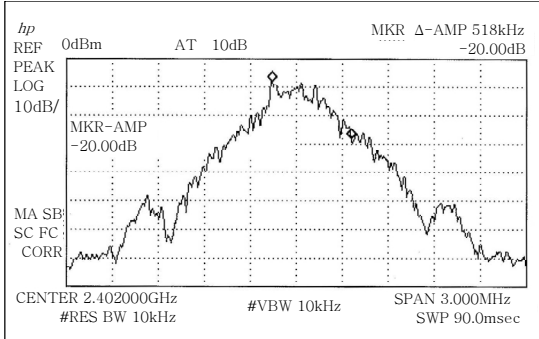
측정항목	측정기기 ¹⁾	측정설정 ²⁾	기준치
Carrier freq. Separation	S.A.	Span=두 개의 인접채널 최대값을 잡기에 충분한 넓이 RBW=span의 1% 정도 VBW≥RBW Sweep=auto Detection=peak Trace=max hold	25kHz와 20dB 호평 채널 대역폭 중 큰 값 이상
Number of hopping freq.	S.A.	Span=운영 주파수 밴드 나머지 설정은 상동	15개 이상 75개 이상
Dwell time	S.A. or O.S.	Span=0Hz (중심주파수는 호평 채널의 중앙) RBW=1MHz Sweep=호평 채널 당 전체의 점유 시간을 잡을 수 있는 값 나머지 설정은 상동	0.4초 이하
20dB bandwidth	S.A.	Span=20dB대역폭의 2~3배 (중심주파수는 호평 채널의 중앙) RBW≥20dB 대역폭의 1% 정도 나머지 설정은 상동	1MHz 5MHz

주 1) S.A.: Spectrum Analyzer, O.S.: Oscilloscope
2) RBW: Resolution BandWidth, VBW: Video BandWidth

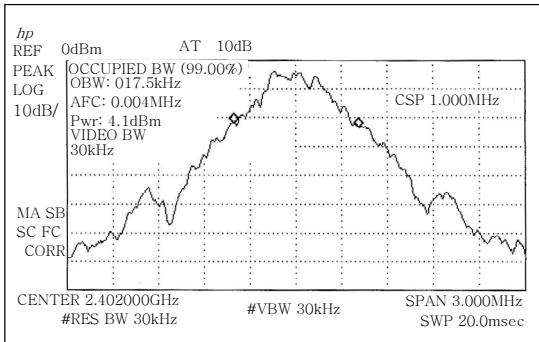
는 FCC가 사용하고 있는 방법을 설명하기 위한 것으로 각각 전력이 최대인 지점에서 좌우로 -20dB인 지점을 마커 델타 기능을 이용하여 측정한 것이다. (그림 1c)는 컴퓨터 내장형 스펙트럼 분석기를 이용하여 전체 전력의 99%에 해당하는 점유주파수대역폭을 측정한 것이다. 측정에 사용된 신호는 중심주파수가 2,402MHz인 블루투스 신호이다.



(그림 1a) FCC의 20dB 대역폭(낮은 주파수)



(그림 1b) FCC의 20dB 대역폭(높은 주파수)



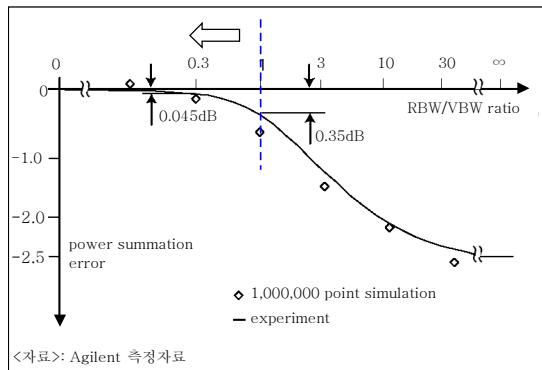
(그림 1c) 99% 점유주파수대역폭

(그림 1)을 통하여 알 수 있듯이 FCC의 측정방법을 따랐을 경우 20dB 대역폭은 788kHz였으며, 우리나라의 점유주파수대역폭 측정방법을 따랐을 경우 817kHz로 두 방법 사이에는 같은 FHSS 방식을 사용하는 신호를 측정하였을 때에도 다소간의 차이가 있음을 알 수 있다. 초기 FCC의 20dB 대역폭은 1MHz에 국한되었으며 이에 상응하여 호핑의 개수도 75개 이상으로 정해졌으나, 광대역 시스템의 출현에 초점을 두어 5MHz의 시스템도 고려하게 되었으며 결과적으로 호핑의 개수도 15개 이상으로 정하게 되었다.

점유시간(dwell time)의 측정에 있어서는 스패(span) 설정을 'zero(0)Hz'로 두고 있는데, 이는 스펙트럼 분석기의 X좌표를 시간축으로 설정하여 측정함을 의미하며 그 때의 화면상에 표시되는 신호의 주파수는 중심주파수 설정(=호핑 채널의 중앙주파수)에 의존한다. 따라서, 측정기기로 스펙트럼 분석기를 대신하여 오실로스코프를 사용할 수 있음을 병

기하고 있다.

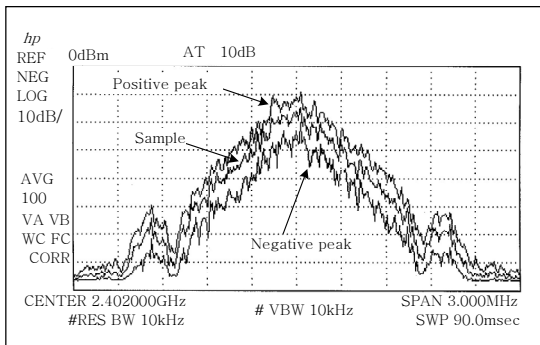
이제 세부적인 측정기기의 설정에 관하여 살펴보겠다. <표 2>를 보면 측정하고자 하는 항목에 따라 측정기기 스패의 설정값을 변화시키는 것을 볼 수 있다. 이는 주파수의 확장범위 설정이 분해대역폭 및 스위칭시간의 설정과 함께 측정에 소요되는 시간에 큰 영향을 주기 때문이며, 정확한 측정을 위해서는 측정하고자 하는 목적에 따라 적절한 주파수의 전체 확장범위를 결정하는 것이 중요하다. 특히, 분해대역폭 및 비디오대역폭과 관련하여 측정에 소요되는 시간을 직접적으로 제어할 수 있는 스위칭시간의 설정은 신호의 변동을 충분히 포함할 수 있을 정도여야 하며, 이는 <표 2>에서 점유시간의 측정에 반영된 사항이다. 마지막으로 상기의 측정에서 고려해야 할 사항으로 분해대역폭 및 비디오대역폭의 설정을 들 수 있다. 일반적인 측정에 있어서는 비디오대역폭의 설정은 분해대역폭 값 이하로 설정하지 않도록 권고되고 있다. 전력의 합산 오차에 대한 분해 및 비디오대역폭의 관계를 실험한 데이터가 (그림 2)에 나와 있다[3].



(그림 2) 분해대역폭 및 비디오대역폭이 측정전력의 합산 결과에 미치는 영향

<표 2>에서 검파모드 및 표시모드의 설정값도 주목할 만한 사항인데, 표시모드의 맥스 홀드 설정은 여러 가지 설정 가능한 검파모드에 있어서 모두 시간에 대한 최대값을 나타낸다는 점에서 공통적이다. 검파모드는 측정기기에 입력되는 실제 신호의

어느 부분을 샘플링하여 화면상에 표시해 주는가에 관계된 기능으로 설정에 따라서 측정결과에 큰 영향을 줄 수 있다. 일반적으로 검파모드에는 피크(peak)모드와 샘플(sample)모드가 있으며 피크모드는 다시 파지티브 피크(positive peak)와 네거티브 피크(negative peak)로 나뉘어진다. 검파모드의 설정이 신호의 측정에 미치는 영향을 나타낸 것이 (그림 3) 이다. 위로부터 각각 파지티브 피크, 샘플, 네거티브 피크모드에서의 측정결과를 나타내며, 측정신호는 (그림 1)의 측정에 사용하였던 신호와 동일한 블루투스 신호이다. 검파모드에 따른 신호 차이를 쉽게 보이기 위해 세 번의 측정 모두 비디오 평균화(averaging) 모드를 사용하였다.



(그림 3) 측정 시 검파모드의 영향

나. 방사전력의 측정

FCC의 비허가 무선기기의 전력측정은 크게 전도성 전력측정과 복사성 전력측정의 두 가지로 나뉘는데, <표 1>에서 침투 출력전력이 전도성 측정에 해당하고 EIRP(Equivalent Isotropic Radiated Power)가 복사성 측정에 해당한다. 방사전력의 측정설정 및 기준치를 <표 3>에 나타내었다.

<표 3>의 전도성 전력측정에 있어서 침투 출력전력의 측정은 스펙트럼 분석기 상에 나타난 파형의 최대값에 마커를 두고 그 지시값을 읽는 것으로 이루어지고 있는데, 이는 FHSS에 관한 국내의 기술기준에서 송신공중선계의 급전선에 공급되는 전

<표 3> 방사전력의 측정설정 및 기준치

측정항목	측정기기	측정설정	기준치
Peak output power	S.A. or Power meter	Span=20dB 대역폭의 약 5배(중심주파수는 호평 채널의 중앙) RBW≥ 측정되는 발사의 20dB 대역폭 VBW≥ RBW Sweep=auto Detector function=peak Trace=max hold	75호평: 1W 이하 15호평: 125mW 이하
EIRP		지향성 이득: 6dBi 고정 점대점 통신용 공중선 이득이 6dBi 초과 시, 이득의 3dB 증가마다 침투 출력전력을 1dB 감소시킬 것	4W 이하 고정 점대점은 예외

력을 평균전력으로 규정하고 있는 것과는 약간의 차이를 보이는 부분이다. 그 기준치는 호평의 개수가 75개 이상인 1MHz 시스템은 1W로, 15개 이상인 5MHz 시스템은 125mW로 정하고 있다. <표 3>에서 일반적으로 공중선의 이득이 6dBi 이하인 것을 사용하게 되어 있는데, 최대 출력전력이 1W인 경우를 고려한다면 이득 6dBi인 공중선에 의한 등가 등방 복사전력(EIRP)은 4W가 된다. 단, 고정용 점대점 통신을 위한 시스템 운용 시는 예외의 경우로 지향성 이득이 6dBi를 초과하는 송신공중선을 사용할 수 있도록 정하고 있다. 이 때의 침투 출력전력은 6dBi를 초과하는 공중선 이득에 대하여 매 3dB 당 1dB씩을 감소시킬 것을 규정하고 있는데, 실제적으로 증가시킬 수 있는 복사전력은 물리적인 제약에 따라 한계가 있겠지만 이론적으로는 복사되는 전력의 제한이 없는 것과 같은 규정이다. 방사할 수 있는 최대의 전력을 허용한다는 면에서 기존의 기술기준이 갖는 규제의 성격과는 다소 상이하게 보이는 기준치이지만, 실제적인 공중선에 있어서 이득이 증가함에 따라 빔의 폭이 좁아지므로 고정용 점대점 통신을 위한 운용을 하는 경우는 상대적으로 복사전력이 증가하여도 타 무선국 또는 무선기기에 간섭을 줄 확률이 줄어든다는 것을 바탕으로 복사성 출력전력의 기술기준을 판단할 수 있다.

다. 불요발사의 측정

ITU-R의 권고안에서는 불요발사(unwanted emissions)를 대역외 발사와 스푸리어스 발사의 두 가지로 구성된다고 명시하고 있다[4]. 대역외 발사와 스푸리어스 발사의 구체적인 정의는 다음과 같다.

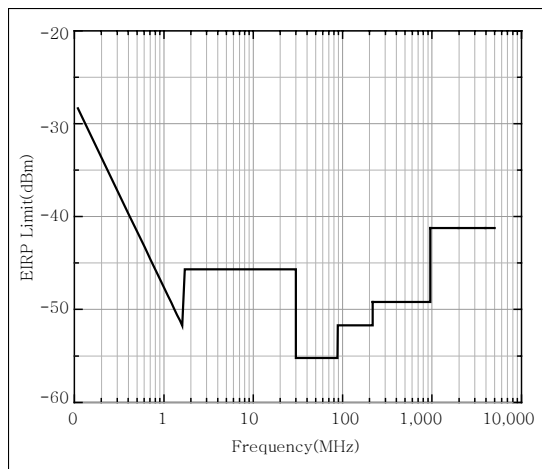
- 대역외 발사(out-of-band emission): 필요대역폭 바로 바깥쪽의 주파수에서 변조과정에 의해 발생하는 발사로 스푸리어스 발사를 제외한다.
- 스푸리어스 발사(spurious emission): 필요대역폭 바깥쪽의 주파수에서 발생하는 발사로 정보의 전송에 영향을 미치지 않고 그 레벨을 저감시킬 수 있는 것. 스푸리어스 발사는 고조파 발사, 기생발사, 상호변조 및 주파수 변환 등에 의한 발사를 포함하고, 대역외 발사는 포함하지 않는다.

<표 1>의 불요발사 측정항목은 위의 관점에서 대역외 발사와 스푸리어스 발사로 나뉘 볼 수 있다. 여기서 한 가지 특징적인 것은 복사성 스푸리어스 발사에 있는데 FCC에서 이를 규정하고 있는 목적은 47CFR part 15.205에서 정하고 있는 금지대역 안으로 들어오게 되는 스푸리어스 발사를 제한하는데 있다. 일반적인 비허가 무선기기의 스푸리어스 발사의 제한치는 part 15.209에서 규정하고 있으며, 기타 예외 사항들은 별도로 규정하고 있다[5]. Part 15.209의 신호발사 제한치를 전력의 단위로 환산하여 (그림 4)에 나타내었다. 불요발사의 측정을 위한 기기설정 및 제한치를 <표 4>와 같이 정리하였다.

<표 4>에서 대역 가장자리에서의 발사는 운용되고 있는 주파수 대역 바깥쪽의 어떠한 100kHz 대역 내에서의 RF 전력도 요구되는 전력의 최대치를 포함하는 운영대역 내 100kHz 대역에서의 RF 전력보다 20dB 낮아야 한다고 규정하고 있다. 복사성 스푸리어스 발사는 수험장비에 사용되는 공중선 가운데 이득이 가장 높은 것을 연결하여 측정되며, 분해대역폭의 설정은 ITU-R SM.329-8의 권고를 따르고 있다.

<표 4> 불요발사의 측정설정 및 기준치

측정항목	측정기기	측정설정	기준치
Band-edge compliance of RF conducted emissions	S.A.	Span=밴드의 가장자리에서 가까운 채널상에서 방사되는 최대레벨과 허용 밴드 바깥으로 떨어지는 다른 어떤 종류의 변조에 의한 발사들을 포착하기에 충분한 넓이 RBW≥ span의 1% VBW≥ RBW Sweep=auto Detection=peak Trace=max hold	20dBc
Spurious RF conducted emissions	S.A.	Span=10번째 고조파까지 측정할 수 있는 충분한 넓이 RBW=100kHz 나머지 항목은 상동	Part15.209의 제한치
Spurious Radiated emissions	S.A.	Span=측정되는 발사들을 모두 포착할 수 있는 충분한 넓이 RBW=1MHz, f≥ 1GHz 100kHz, f<1GHz 나머지 항목은 상동	Part15.205의 대역 Part15.209의 제한치



(그림 4) FCC part 15.209의 제한치

2. 유럽

ETSI EN 300 328-1에서는 2.4GHz 대역에서의 스펙트럼 확산방식을 사용하는 비허가 무선기기의 기술기준을 규정하고 있다[6],[7]. 이 가운데 주파수 호핑 대역확산방식을 사용하는 무선기기의 기술기준을 살펴보면 <표 5>와 같이 요약된다.

<표 5> 유럽의 기술기준 및 측정설정

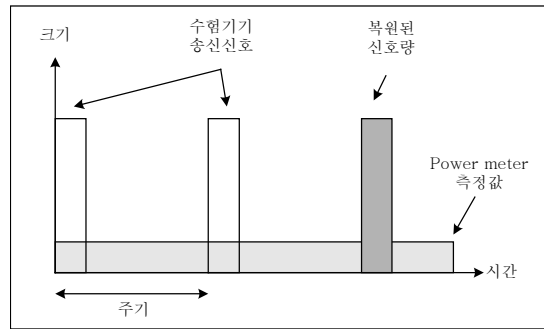
측정항목	측정기기	측정설정(또는 과정)	기준치
Number of hopping freq.			20개 이상
Dwell time			0.4초 이하
ERP	S.A. & O.S. & Power Meter	수협기기의 duty cycle 측정 EIRP 계산: P=수협기기의 평균출력전력 + 공중선이득 + 10log(1/duty cycle) 이용	20dBm 이하
Peak power density	S.A. & Power Meter	Span=스펙트럼폭의 3배 정도 (중심주파수는 동작주파수와 동일) RBW=100kHz VBW=RBW Detection=positive peak Display=max hold Power meter로 전력밀도 측정	20dBm/100kHz
Frequency range(f)	S.A.	스펙트럼분석기를 video average 모드에서 측정 Number of sweep ≥ 50회	2,400 < f < 2,483.5 MHz
Spurious emissions	S.A.	RBW=100kHz VBW=RBW Detection=positive peak Span=100MHz Sweep time=1s	<표 6> 참조

◆ 세부측정과정

유럽의 경우 미국과는 달리 호핑 주파수의 개수나 호핑에 의해 점유되는 시간에 대한 구체적인 측정방법 또는 절차 등에 관한 언급은 없으며 다만 그 기준치에 대해서만 <표 5>와 같이 규정하고 있다. 이제 유럽에서 정하고 있는 기술기준 항목들의 측정방법과 의미 등을 살펴보겠다.

가. 실효복사전력

실효복사전력(ERP)의 측정은 크게 오실로스코프를 이용한 duty cycle의 측정과 전력계를 이용한 수협기기의 평균출력 전력측정의 두 과정으로 이루어진다. 기준치에 대한 적합성의 여부는 <표 5>에서 보인 바와 같이 전력계를 이용한 평균출력전력에



(그림 5) 유럽의 실효복사전력 측정방법의 의미

duty cycle의 영향을 고려하는 것으로 결정되는데 여기서 duty cycle 이 갖는 의미는 (그림 5)와 같다.

즉, <표 5>의 수식이 모두 로그스케일(dB scale)로 되어 있음을 감안하면 (그림 5)와 같이 전력계로 측정된 시간축에서의 평균전력을 수협기기가 방사하는 신호의 duty cycle로 나눠 줌으로써 원래의 신호가 갖는 크기를 복원하는 것과 같은 결과를 얻게 된다. 이는 방사되는 신호의 전력세기를 (그림 5)와 같은 버스트 신호 내에서만 의미 있는 것으로 간주하는 것으로 볼 수 있으며, 일본의 측정방법에서 자주 볼 수 있는 버스트 내의 전력측정과 같은 의미로 파악할 수 있다. 위의 측정을 바탕으로 공중선 이득을 계산식에 추가함으로써 실효복사전력을 계산하게 된다.

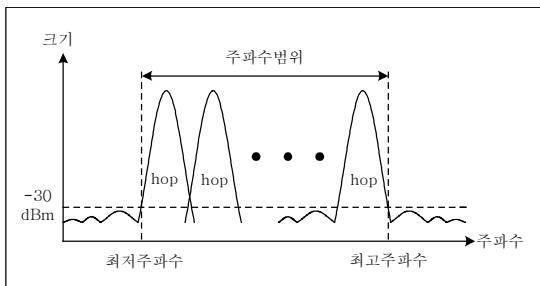
나. 첨두 전력밀도

첨두 전력밀도(peak power density)에 대한 측정방법은 동작시간이 10μs 이상인 수협기기에 대해 정의하고 있으며, 그 이하인 기기에 대하여는 별도의 측정방법을 명시하도록 하고 있다. 측정의 절차를 간단히 설명하면 다음과 같다. 우선 <표 5>의 설정대로 스펙트럼 분석기를 이용하여 측정하고자 하는 방사 포락선의 최대점에 해당하는 주파수를 찾아낸다. 그 다음 스펙트럼 분석기의 중심주파수를 앞의 과정에서 찾은 주파수로 설정하고 스캔을 0Hz로 설정 후, 전력계를 스펙트럼 분석기 IF 출력에 연결하여 첨두 전력밀도를 측정한다. 여기서 주목할 것은 분해대역폭의 설정에 있는데, 기준

치를 보면 알 수 있듯이 전력의 밀도를 100kHz 당의 밀도로 정하고 있다. 스펙트럼 분석기에서 입력 신호는 믹서를 통과 후 주파수가 낮추어진 상태로 IF 필터를 통과하게 된다. 분해대역폭이란 이 IF 필터의 3dB 대역폭을 의미하므로 결국 100kHz 당의 전력밀도란 분해대역폭을 100kHz로 두고 측정한 값이 된다. 따라서, 위의 측정과정은 스펠이 0Hz인 상태에서 중심주파수가 발사의 첨두에 놓인 상태로 IF 필터의 3dB 대역폭인 100kHz를 통과하는 전력을 전력계로 측정하는 것을 의미한다. 검파모드나 표시모드의 설정은 발사의 첨두를 찾기 위한 설정이며 전력밀도의 측정에 있어서는 영향을 주지 않는다.

다. 주파수 범위

주파수 범위(frequency range)란 신호의 전력밀도가 -80dBm/Hz로 떨어지는 주파수의 폭을 의미하며, 만약 어떠한 특정한 하나의 홉에 대하여 본다면 높은 쪽의 주파수와 낮은 쪽의 주파수 사이의 대역폭으로 볼 수 있다. ETSI EN 300 328에서의 주파수 범위는 수협기기가 최저 운용 주파수일 때 측정된 -80dBm/Hz에 해당하는 최저주파수와 수협기기가 최고 운용 주파수일 때 동일한 방법으로 측정된 최고 주파수 사이의 대역폭을 의미하며, (그림 6)과 같이 표현할 수 있다. 즉, (그림 6)이 의미하는 바는 전체 호핑이 일어나면서 차지하는 주파수 대역이다. 우리나라의 기술기준과 비교해 볼 때, 한 홉에 의해 점유되는 대역폭을 점유주파수 대역폭으로 정하는 것과는 차이가 있음을 알 수 있다.



(그림 6) 주파수 범위의 측정 예

라. 스푸리어스 발사

스푸리어스 발사는 수협기기가 운용중인 상태에서의 발사와 대기모드에서의 발사로 구분된다. 기준치는 <표 5>의 설정을 기준으로 협대역 발사와 광대역 발사로 구분하고 있으며, 협대역 발사는 전력의 단위로 광대역 발사는 전력밀도의 단위로 규정하고 있다. <표 6>은 주파수 대역에 따른 스푸리어스 발사의 기준치를 나타낸다.

<표 6> 스푸리어스 발사의 기준치

주파수 범위	협대역 발사		광대역 발사	
	운용중	대기모드	운용중	대기모드
30MHz ~1GHz	-36dBm	-57dBm	-86dBm/Hz	-107dBm/Hz
1GHz~12.7GHz	-30dBm	-47dBm	-80dBm/Hz	-97dBm/Hz
1.8GHz~1.9GHz 5.15GHz~5.3GHz	-47dBm	-47dBm	-97dBm/Hz	-97dBm/Hz

협대역 발사와 광대역 발사의 기준은 <표 5>의 설정으로부터 분해대역폭을 100kHz에서 30kHz로 좁혔을 때, 레벨의 변화가 2dB 이하인 것은 협대역 발사로, 그 이상인 것은 광대역 발사로 정의하고 있다. 측정 시의 분해대역폭은 100kHz로 스펠의 0.1%의 값인데 FCC의 전도성 스푸리어스 발사에서의 설정치와 동일하다. 일반적인 스펠의 1% 정도의 분해대역폭 설정방법과 ITU-R에서 권고하고 있는 1GHz 이상에서의 설정치와는 조금 상이한데, 운영대역의 가장자리 부근에서의 측정을 위한 분해대역폭 설정에 근거한 것으로 보인다. 즉, 운영대역의 가장자리 부근에서는 분해대역폭이 넓을 경우 IF 필터의 선택도를 고려한다면 스푸리어스 발사가 아닌 원하지 않는 신호까지 측정에 포함될 수 있기 때문이다. 광대역 발사의 기준치를 자세히 살펴보면 모두 스펠당 전력 밀도로 표시되어 있는데, 협대역 발사를 분해대역폭 100kHz로 측정한다는 것을 생각해 보면 (100kHz를 Hz 단위로 환산하면 -50dB의 차이가 발생함) 결국은 협대역 발사의 기준치와 동일한 것이

되는 것을 알 수 있다. 전체적인 측정의 범위는 대략 5번째의 고조파까지로 한정하고 있다. 그리고 주 스펙트럼이 스펙트럼 분석기의 입력회로를 포화시켜 실제로 존재하지 않는 스퓨리어스 신호를 분석기의 화면에 나타낼 수 있는데, 이러한 경우 입력 감쇠량을 10dB 증가시켜 신호가 사라지면 이는 실제 발사되는 스퓨리어스가 아니며 이 방법으로 실제신호와 구별할 수 있게 하고 있다.

3. 일본

일본의 측정법은 TELEC(TELEcom Engineering Center)에서 정하는 기술기준 적합증명을 위한 측정방법을 따르고 있는데, FHSS 방식은 크게 공중선 일체형과 분리형으로 나뉘어 있다. 여기서는 특별한 복사 테스트는 제외시키고 공중선 분리형에 대해서만 살펴보았다. 일본의 기술기준이 정하고 있는 항목과 기준치 및 측정장비의 설정 등을 <표 7>에 정리하였다.

◆ 세부측정과정

일본의 기술기준에서 정하고 있는 항목은 우리나라의 법규에서 정의하고 있는 기본적인 항목들과 매우 흡사하다. 이는 우리나라의 전파관계법규나 규정이 일본의 법규에 바탕을 두고 있기 때문이라고 보여지며 따라서 국내의 기술기준항목과도 밀접한 관계가 있다고 판단할 수 있다. 여기서는 구체적인 측정항목과 그에 따른 측정의 과정을 살펴보겠다.

가. 주파수 편차

주파수 편차의 측정에 있어서 버스트 파를 측정할 경우에는 주파수카운터의 펄스 측정 기능을 이용하여 게이트 개방시간을 버스트 구간 전체를 측정할 수 있게 설정할 것과 충분한 정밀도를 얻을 수 있는 시간동안 측정할 것을 권고하고 있는 것이 특징이다.

나. 점유주파수대역폭

점유주파수대역폭 측정에 있어서 주의할 사항은

<표 7> 일본의 기술기준 항목 및 측정설정

측정항목	측정기기	측정설정(또는 과정)	기준치
주파수 편차	Freq. Counter or S.A.		$\pm 50 \times 10^{-6}$
점유주파수대역폭	S.A. & computer	Center freq.=사용대역 중심주파수 Span=허용치의 2~3배 RBW=허용치의 3% 이하 VBW=RBW Detection=positive peak Display=max hold	83.5MHz
스푸리어스 발사강도	S.A. & computer	스푸리어스 발사의 탐색 Span=가능한 저주파수에서 반송파 주파수의 3배 정도까지 RBW=1MHz 정도 VBW=10kHz Sweep=single Detection=positive peak Display=max hold 스푸리어스 발사의 측정: 본문참조	<표 8> 참조
공중선전력 편차	Power meter		+20% -80%
부차적발사	S.A.	Span=수신주파수의 3배 정도까지 RBW=span에 따라 설정 VBW=RBW Sweep=single Detection=positive peak	f<1GHz: 4nW f≥1GHz: 20nW
호평주파수 채류시간	S.A. or Freq. counter	Center freq.=측정 호평 주파수 Span=0Hz RBW=1MHz VBW=RBW Sweep=single Detection=positive peak	0.4초

표시 모드를 맥스 홀드로 설정을 한다는 데 있다. FHSS 방식의 무선기기는 시간의 변화에 따라 주파수를 미리 정해진 패턴에 의해 변화시켜 가며 신호를 송출하게 되는데 표시모드를 맥스 홀드로 하지 않게 되면 측정을 해야 하는 신호가 스펙트럼 분석기의 화면상에서 사라지게 되므로 측정이 불가능하게 된다. 즉, 맥스 홀드 기능은 시간축에 대하여 과거 발사되었던 모든 신호를 최대의 크기로 잡아두기

때문에 아래의 과정을 이용하여 점유주파수대역폭을 측정할 수 있게 된다.

일본의 점유주파수대역폭의 정의는 국내의 무선설비규칙에서 정의하는 바와 동일하며 따라서 그 측정방법 또한 동일하다. 측정은 스펙트럼 분석기에 GPIB 등과 같은 별도의 케이블로 컴퓨터를 연결하여 이루어지며 그 과정은 아래와 같이 요약된다.

- 스펙트럼 분석기의 표시값을 컴퓨터의 배열변수로 저장
- 저장된 데이터를 진수(anti-logarithm) 값으로 변환
- 최저주파수로부터 데이터를 순차적으로 주파수 증가방향으로 가산한 값이 전체전력의 0.5%에 해당하는 값을 「하한주파수」로 설정
- 최고주파수로부터 위의 과정을 반복하여 「상한주파수」 설정
- 점유주파수대역폭=「상한주파수」-「하한주파수」

여기서 컴퓨터란 스펙트럼 분석기 내에 내장된 형태일 수 있으며, 요즘은 위의 과정에 따른 계산을 자동으로 처리하여 점유주파수대역폭을 결정해 주는 측정기가 많은 편이다.

다. 스퓨리어스 발사강도

스펙트럼 분석기를 이용한 스퓨리어스 발사강도의 측정은 탐색과 측정의 두 과정으로 분리된다. 탐색 과정에서 발견된 스퓨리어스는 그 진폭을 측정하여, 반송파주파수의 비와 공중선전력의 값에서 절대값을 구하게 되는데 이를 간단히 표현하면 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{스푸리어스 발사 절대값} \\ & = (\text{공중선전력 절대값}) \times \frac{(\text{스푸리어스 진폭})}{(\text{반송파 진폭})} \quad (1) \end{aligned}$$

식 (1)을 사용함에 있어서 주의하여야 할 점은 사

전에 공중선전력의 절대값을 정확히 측정하여야 한다는 것이다. 이는 뒤에서 설명하겠지만 스퓨리어스 발사강도의 절대값은 공중선전력의 측정결과에 절대적으로 의존하기 때문이다. 식 (1)에서 구한 값이 기준치를 만족하는 경우는 측정을 중단하고 그 값을 측정값으로 한다. 그렇지 않은 경우는 다음의 설정을 이용하여 측정을 한다.

- 중심주파수=반송파주파수 및 탐색된 스퓨리어스 주파수
- Span=0Hz, RBW=1MHz, VBW=1kHz, sweep=single

위의 과정을 통하여 다시 반송파진폭 및 스퓨리어스 진폭을 측정하고 식 (1)과 같이 공중선전력의 절대값으로부터 스퓨리어스 발사의 절대값을 환산해 내게 된다. 이러한 스퓨리어스 발사는 유럽의 경우에 설명되었듯이 중심주파수가 스퓨리어스 발사의 중심주파수이고 3dB 대역폭이 1MHz인 필터를 통과한 신호의 크기라고 볼 수 있다. 하지만 식 (1)의 과정을 통하여 동일한 설정 하에서 측정된 반송파 진폭으로 나누어지므로 결국은 위의 설정은 큰 의미를 가지지 못하게 된다. 다만 측정값의 정확도 여부는 위에서 기술한 바와 같이 공중선전력의 절대값의 정확도와 직결된다고 볼 수 있다. <표 7>의 설정을 살펴보면 VBW가 10kHz로 RBW와의 비가 100이 되는데, 이는 (그림 1)이 의미하는 바를 고려해보면 적절하지 않은 측정설정이라고 볼 수 있다. 하지만 이러한 설정은 위에서 기술된 것과 동일한 맥락에서 측정 값에 영향을 주지는 않는다. 다만 VBW를 RBW/100의 작은 값으로 설정한 이유는 단일소인(single sweep) 후 화면상에 나타날 노이즈에 의한 영향을 줄여 좀 더 스퓨리어스의 탐색을 용이하게 하기 위함이라고 판단된다. 스퓨리어스 발사강도의 기준치는 <표 8>과 같다.

라. 공중선전력의 편차

공중선전력의 측정은 DSSS(Direct Sequence

<표 8> 일본의 스푸리어스 발사강도 허용치

주파수	허용치
2,387MHz 미만	2.5 μ W
2,387~2400MHz	25 μ W
2,483.5~2,496.5MHz	25 μ W
2,496.5MHz 초과	2.5 μ W

Spread Spectrum) 방식에 비해 비교적 간단한 편이다. 전력측정기를 수험기와 연결된 의사부하(감쇠기)의 출력 단자에 직접 연결하여 측정된 전력을 전체 호핑이 일어나는 대역폭(FHSS 측정에 있어서 일본의 점유주파수대역폭)으로 나누어 1MHz 당의 스펙트럼 전력밀도로 구한다. 일반적인 공중선전력의 정의와는 조금 상이한데 위의 측정과정은 다음과 같은 의미를 내포하고 있다. 예를 들어 호핑 대역폭이 1MHz이고 전체호핑이 일어나는 대역폭이 80MHz인 시스템은 공중선전력 기준치 3mW/MHz를 적용한다면 1홉 당 240mW 까지 발사할 수 있게 된다. 일본의 FHSS 방식에 대한 공중선전력 기술기준이 이와 같이 제정된 것은 법규상 비허가 무선기기가 갖추어야 할 조건 중 공중선전력이 10mW 이하라는 것과 연관이 있다고 판단할 수 있다.

마. 부차적 발사

부차적 발사란 수신기기가 수신모드에서 공중선을 통하여 발사하는 것을 의미하며 일반적으로 그 발사레벨은 낮은 편에 속한다. 측정에서 주의하여야 할 특별한 절차는 없으며 다음의 과정으로 이루어진다. 우선, 주파수의 스캔을 가능한 낮은 주파수로부터 수신 주파수의 3배 정도까지로 설정하고 이에 따른 분해대역폭 및 비디오대역폭도 일반적인 방법으로 설정하여 측정한다. 허용치는 상당히 낮은 전력이므로 측정 시 세심한 주의가 요구된다.

바. 호핑주파수 체류시간

<표 7>에서 볼 수 있듯이 FCC의 측정방법과 유사한 방법으로 측정이 이루어 짐을 알 수 있다. 중심주파수를 측정하고자 하는 호핑의 주파수에 두고 스캔을 '0Hz'로 설정하여 스펙트럼 분석기 X축을 시

간축이 되게 하여 측정하는 방법이다. 스위칭시간은 1초로 설정하고 있는데, 이는 0.4초인 기술기준치를 감안할 때 호핑의 체류시간을 잡기에 충분한 시간임을 의미한다. 위의 과정을 각각의 호핑주파수에 대하여 반복하여 측정한다. 이 때 체류하고 있다고 판단하기 위한 전력의 문턱값(threshold level)에 관해서는 특정한 기준이 없고 제출자료 등으로 판단하도록 명시하고 있다.

4. 국내 기술기준

국내에서는 FHSS 방식을 포함하는 기술기준이 2001년 7월 27일 개정 고시되었다. 고시의 내용은 기존의 무선 LAN용 특정 소출력 무선기기의 내용에 FHSS 방식의 무선기기에 대한 기술적 조건을 추가하여 무선 데이터 통신시스템 용으로 개정한 것으로서 구체적인 내용은 <표 9>와 같다.

<표 9> 국내 기술기준

기술기준 항목	기준치	기술기준 항목	기준치
주파수	2,400~2,483.5MHz	점유주파수 대역폭	5MHz 이하
공중선 전력	3mW/MHz 이하	호핑 채널 수	15개 이상
송신공중선이득	6dBi 이하, 20dBi 이하	호핑 성격	본문참조
주파수 허용편차	$\pm 50 \times 10^{-6}$ 이하	체류시간	0.4초 이하
불요발사	-30dBm 이하		

◆ 기준치의 내용

<표 10>에서 주파수, 주파수 허용편차 및 체류시간의 기술기준 및 측정에 관하여는 앞에서 언급한 방법들과 특별히 다른 점이 없으며 여기서는 나머지 기술기준 항목들이 갖는 의미와 배경에 관하여 간략하게 살펴보겠다.

가. 공중선전력

국내의 FHSS 방식의 무선기기에 관한 기술기준은 비허가 특정 소출력 무선기기로 분류되고 있다.

전파법 시행령 제30조 6항에 따르면 전파법 제46조의 규정에 의하여 형식등록을 한 무선기기로서 공중선전력이 10mW 이하인 특정 소출력 무선국용 무선기기는 신고하지 않고 개설할 수 있도록 하고 있다. 이러한 맥락에서 국내의 공중선전력에 관한 기술기준은 전파법 시행령에서 정하는 바를 만족시키기 위해 스펙트럼 전력밀도의 개념을 도입하였다고 볼 수 있다.

나. 송신공중선 이득

일반적인 운용의 경우는 이득을 6dBi 이하로 규정하고 있으며, 고정형 점 대 점 통신용 무선설비의 경우에 한하여 20dBi까지 허용하고 있다. 이는 앞의 본문에서 설명한 FCC의 경우와 비슷한 내용으로 공중선 이득의 증가에 따른 복사전력 증가가 야기할 수 있는 간섭의 가능성을 빔 폭의 변화를 이용하여 해결하려는 취지로 볼 수 있다. 다만, 한 가지 차이점은 국내의 기술기준은 FCC에서와 같이 공중선의 이득 증가에 대한 공중선전력의 감쇠량을 규정하지 않고 이득을 20dBi라는 값으로 제한하고 있는데, 이 제한은 두 가지의 관점에서 해석될 수 있다. 하나는 운용상의 문제로 공중선 이득의 가변 시 그 실현 가능성에 대한 것으로 볼 수 있다. 즉, 무선기기를 고정용 점 대 점으로 운용 시 공중선 이득의 변화에 따른 공중선전력량 감쇠 실현의 용이성과 필요성에 관련된 문제로 볼 수 있다. 다른 하나는 측정과 연관된 문제로 실제 측정에 있어서 공중선 이득의 증가에 따른 전력의 감쇠량을 정확히 도출하기가 어렵다는 것이다. 따라서 사실상의 공중선 이득을 20dBi로 규정한 것은 위의 두 가지 측면을 고려한 결과라고 볼 수 있다.

다. 불요발사

고시에서는 불요발사 측정 시의 분해대역폭 설정을 100kHz로 규정하고 있다. 불요발사의 측정은 앞에서 언급한 것과 같이 크게 탐색과 측정의 과정으로 나뉠 수 있는데, 위의 100kHz 분해대역폭 설정

은 측정의 과정에 속한다고 볼 수 있다. 즉, 불요발사 탐색의 과정에 대한 특별한 언급은 없으며, 측정기기의 기타 여러 가지 설정과 관련하여 측정의 효율성을 높이기 위해 탐색 시의 분해대역폭 설정은 1MHz가 바람직하다고 판단된다.

라. 점유주파수대역폭 및 호핑 채널 수

국내의 점유주파수대역폭 기술기준은 1홉에 해당하는 것으로 미국의 20dB 대역폭과 그 내용적인 면에서 유사하며, 일본의 점유주파수대역폭과는 상이하다. 호핑 채널의 개수는 대략 호핑에 의해 점유되는 전체 운용 가능한 주파수 대역을 1홉이 차지하는 대역폭(점유주파수대역폭)으로 나눈 것으로 판단할 수 있으며, 점유주파수대역폭 5MHz의 기준은 기존의 1MHz 시스템을 모두 포함하는 기준이 된다. 15개 이상의 호핑 채널 수 또한 동일한 맥락으로 판단할 수 있다.

마. 호핑의 성격

호핑의 순서는 의사랜덤하고 전체 호핑 채널에 대하여 균등하게 호핑할 것을 명시하고 있으며 반송파감지 기능을 갖춘 설비로 반송파감지에 의해 호핑하지 않는 채널에 대하여는 예외로 다루고 있다. 이는 적응형 주파수 호핑(adaptive frequency hopping) 방식을 채택하는 무선기기를 고려한 것으로 위의 방식이 전송품질이 좋지 않은 채널은 호핑하지 않으므로 전체 호핑 채널에 대하여 균등하게 호핑하지 못하게 되는 경우를 고려한 조항이다.

바. 기타

위에서 열거한 기술기준 외 혼신의 가능성에 대하여 크게 두 가지를 규정하고 있는데 그 내용은 다음과 같다. 첫번째는 2,400~2,410MHz 대역의 주파수를 사용하는 경우로 2,390~2,400MHz 대역에서 가입자회선(WLL)용 설비와 혼신이 발생할 가능성이 있으므로 사용상 주의가 필요하다는 것이다. 두번째로는 “당해 무선설비는 운용중 전파혼신 가

능성이 있음”이라는 문구를 설비의 잘 보이는 곳에 부착하도록 하고 있다. 기본적으로 전파의 혼신을 용인하는 주파수 대역이지만 사용자들의 이해를 돕기 위한 정부의 발상으로 판단할 수 있겠다.

III. 결론

기술기준 또는 기술적 조건이 갖는 성격은 기본적으로 원활한 통신을 보장하기 위해 정부가 정하는 무선기기들이 지켜야 할 최소한의 규칙이라고 볼 수 있다. 이러한 기술기준의 제정 또는 개정을 위해 고려해야 할 사항으로는 여러 가지를 들 수 있지만 기술기준에서 갖추어야 할 항목 및 제한치가 자국 산업발전에 미칠 영향과 국가간 자유무역체제에서 자국 산업 보호를 위한 방어벽으로서의 역할 등은 그 중 중요한 요소라 볼 수 있다. 그리고 위와 같은 기술기준의 제·개정 작업에 있어서 그 성격에 따른 공학적 기초연구와 함께 제 외국의 사례분석 또한 반드시 수행되어야 할 것이다.

이에 본론을 통하여 각 국가별 2.4GHz 대역에서의 FHSS 방식을 사용하는 무선기기의 기술기준 및 그 측정방법 등을 살펴보았다. 그리고 지역별로 다양한 기술기준 및 측정방법을 국내의 기술기준 항목들이 갖는 의미와 비교함으로써 FHSS 방식의 무선

기기에 대한 전체적인 기술기준의 윤곽을 그려볼 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 정보통신부, “방송·해상·항공·전기통신 사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준,” 고시 제2001-67호, 2001.
- [2] FCC, “Filing and Measurement Guidelines for Frequency Hopping Spread Spectrum Systems,” public notice, DA 00-705, mar. 30, 2000.
- [3] Agilent Technologies, “Spectrum Analyzer Measurements and Noise,” Application note, AN 1303, 1998.
- [4] ITU-R, “Spurious Emissions,” SM 329-8, 2000.
- [5] FCC, “Understanding the FCC Regulations for Low-power, Non-licensed Transmitters,” OET bulletin No. 63, Feb. 1996.
- [6] ETSI, “Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters(ERM); Wideband Transmission Systems; Data Transmission Equipment Operating in the 2.4GHz ISM Band and Using Spread Spectrum Modulation Techniques; Part 1: Technical Characteristics and Test conditions,” EN 300 328-1, v1.2.2, July 2000.
- [7] ERC, “Recommendation Relating to the Use of Short Range Devices(SRD),” ERC/REC 70-03, may 2001.