제 출 문

본 보고서를 「블루투스 시험방법 표준화 연구」과제의 최종보고서로 제출합니다

2002. 1. .

연구책임자 : 김 영 규(전파연구소 전파환경연구과)
연 구 원 : 임 현 창(전파연구소 전파환경연구과)
최 기 갑(전파연구소 전파환경연구과)
오 성 택(전파연구소 전파환경연구과)
김 영 윤(전파연구소 전파환경연구과)

요 약 문

1. 과 제 명 : 블루투스 시험방법 표준화 연구
2. 연구기간 : 2001. 1. 1 2001. 12. 31
3. 연구책임자 : 김 영규
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부내용	연구자	월별 추진계획												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
o 무선기기의 RF 규격분석을 통한 성능평가 시험항목의 기술적 이해 및 분석 - 최신 RF규격 자료수집 및 분석 o 블루투스 RF 규격에 따른 송수신기 RF 시스템 성능 측정기술 연구 - 블루투스 송수신단 RF 규격 및 측정방법 연구 - 블루투스 송수신단 RF 시험 요구사항 분석 o 블루투스 기술기준 검증을 위한 시험 및 측정방법 표준화 연구 - 블루투스 표준규격에 따른 시험체계 및 측정기술 정립 - 국내 블루투스 기술기준 측정방법 표준 정립 o 연구보고서 작성	김영규 임현창 최기갑 오성택 김영윤	→	→	→	→	→								
분기별 수행진도(%)		20			30			30			20			

나. 세부 과제별 추진사항

1) 블루투스 기술기준의 시험요구사항 연구
   - 블루투스 관련 논문수집 및 분석
   - 블루투스 RF 기술규격(V1.1 : SIG규격) 분석
2) 블루투스 규격에 따른 표준 측정기술 연구
   - 국내 블루투스 기술기준(안) 분석
   - 블루투스 시험기술규격(V1.1 : SIG규격) 상의 각 항목별 시험절차 분석
3) 성능평가 시험항목에 따른 측정기술 연구
   - 블루투스 측정시스템(TS8960)의 각 항목별 시험방법 및 절차 분석
   - 블루투스 측정메뉴얼(애질런트) 분석
4) 블루투스 RF시험지원 운영활성화
   - 블루투스 RF측정시스템 구축(2001.10)
   - 블루투스 무선기기 RF측정지원 개시(2001.12.1)

5. 연구결과

1) 블루투스 RF 기술규격(V1.1 : SIG 규격) 분석
   · 블루투스 송수신기 특성 및 요구조건
2) 블루투스 시험기술규격(V1.1 : SIG 규격)상의 각 항목별 시험절차 분석
   · 출력 20dB 밴드폭 시험기술규격 절차 외 15개 항목
3) 블루투스 국외 기술기준 분석
   · 미국 및 유럽의 블루투스 기술기준
4) 국내 블루투스 기술기준 분석
   · 주파수 허용편차 외 5개 항목
   · 국내 블루투스 기술기준 측정절차서 초(안) 작성

6. 기대효과

1) 블루투스 측정 표준기술을 확보하여 국내 인증제도에 활용
2) 산업체에 표준 측정방법을 제공함으로써 경쟁력 향상에 기여
3) 블루투스 측정시설 활용을 통한 측정기술 개발 및 전문인력 양성
4) 블루투스 측정시설을 구축하여 산·학·연에서 개발된 제품에 대한 특성 측정 및 성능시험 지원

7. 기자재 사용 내역

시설장비명	규 격	용 도	보유현황
벡터 신호발생기	- 주파수범위 : 300㎑ 6.4㎓ - 출력범위 : - 144 +10dBm	블루투스 성능 측정용	1대
벡터 신호분석기	- 주파수범위 : 30Hz 26.5㎓ - 기준신호 표시범위 : - 120 +30dBm		1대
전파통신시험기	- 주파수 범위 : 100㎑ 2.7㎓ - 출력레벨범위 : - 130 +13dBm		1대
I/Q 변조기	- 샘플링 동작주파수 : 10Hz 40㎒ - 기준 발진주파수 : 10㎒		1대
파워메터	- 주파수 범위 : 200㎒ 4㎓ - 전력측정범위 : 0.03 120W(AV)		1대

SUMMARY

In the report, we has presented complete and detailed test measurement methods to verify that any bluetooth device must satisfy the limits notified by the information and communication ministry in July 27, 2001. The test measurement methods must followed in type approval testing laboratories for verification of the limits. Result of the test can be varied depending on the test equipment operators. Well-trained and qualified operators must be employed for measurement. The test measurement methods to verify the limits that the bluetooth SIG recommend will also be developed in our laboratory in 2002.

In this report, we provide detailed description on test cases (or procedures) measuring the government controlled-limits imposed on wireless devices that employ the frequency hopping spread spectrum technology like bluetooth: frequency tolerance, frequency bandwidth, output power, spurious emission, hopping dwell time and random hopping. The limits are allowed levels and must not be violated to operate the bleutooth devices in proper way and to avoid interference with other wireless devices. therefore, bluetooth devices must be type-tested and/or type-registered to prove that they meet the limits. The limits are included in the notification No. 2001-67 of the information and communication ministry revised for wireless devices other than for broadcasting, marine, aviation and telecommunication.

목 차

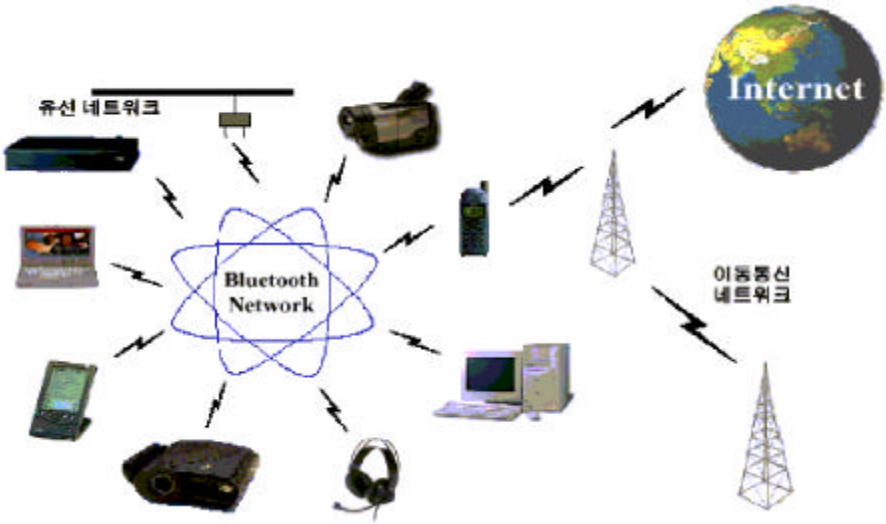
표 목 차

그 림 목 차

제 1 장 서 론

최근 정보통신 기술의 발달은 인터넷과 같은 글로벌한 통신 인프라의 폭발적인 확산에 따라 인터넷이 우리의 생활에 있어서 필수 불가결한 생활의 도구가 되었다. 현재는 물론 미래의 정치, 경제, 사회, 문화 등 전반에 걸친 파급효과 또한 우리의 상상을 초월할 것으로 전망하고 있다. 특히 디지털 시대가 도래함에 따라 전파통신 기술이 정보기술 산업의 핵심으로 등장하면서 무선 LAN 또는 블루투스와 같은 전파기술 관련산업이 주목을 받고 있다.

소출력, 근거리 무선접속기술인 블루투스는 새로운 전파통신혁명, 새로운 기회의 땅으로 인식되고 있으며, 현재 20달러 정도인 칩 가격이 5달러 이하로 떨어지는 시점에서 폭발적으로 성장하리라 예상하고 있다. 블루투스는 1998년 SIG(Special Interest Group)가 결성된 이후 1999년 7월에 처음으로 블루투스 규격 ver. 1.0 이 나왔고, 2000년 10월에는 기존의 규격을 보다 명확히 한 규격 ver. 1.1 이 제정되었다. 블루투스 SIG의 이러한 작업과 병행하여 IEEE 802.15에서의 규격화 작업도 진행되고 있다. IEEE 802.15는 무선 LAN을 규격화한 IEEE 802.11에서 파생한 표준화 단체로 WPAN(Wireless Personal Area Network)의 전파통신 기술의 표준규격화를 블루투스 사양을 기반으로 추진하고 있다.



<그림 1.1> 블루투스 개념도

IEEE 802.15는 각각 블루투스 사양에 기초해서 물리계층 및 데이터 링크 계층에서의 규격화를 추진하고 있으며, IEEE 802.11 기기와의 상호간섭 등을 연구하고 있다. <그림 1.1>에서와 같이 블루투스는 통신 및 정보가전 기기들을 상호 연결함으로써 어느 때나, 어느 곳에서나 서비스가 중단 없이 연결될 수 있게 하는 바탕을 마련할 수 있다는 점에서 주목을 받고 있으며, 전 세계적으로 관련 제품 개발을 위해 노력하고 있다. 아직까지 완결되지 못한 검사 및 인증 과정이 완전히 확립되고, 제조업체의 저가 모듈 및 제품 개발의 노력, 사용자에게 편리하면서도 친근한 응용 제품의 지속적인 개발이 이루어진다면 블루투스는 우리 생활 전반에 익숙한 기술로 자리잡을 수 있을 것이다.

본 보고서에서는 국내 기술기준에서 정하고 있는 주파수 호핑 스펙트럼 확산(FHSS : Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식을 사용하는 무선기기에 대한 측정항목인 주파수 허용편차, 점유주파수대역폭, 공중선전력, 불요발사, 호핑 체류시간, 중첩성 및 호핑의 수 등의 항목들에 대한 세부적인 측정절차를 보여주고 있다. 국내의 전파통신과 관련된 기술기준에서 언급하고 있는 항목들을 자세히 살펴보면 무선국 또는 기기의 운용을 위한 기능적인 면보다는 통신을 위한 여러 가지 허용 가능한 레벨과 함께 타 무선국 또는 기기에 주는 간섭의 영향을 고려한 사항들을 다루고 있음을 알 수 있다. 이러한 무선기기의 형식등록 또는 검정을 위해서는 반드시 관련된 기술기준에서 정하고 있는 기술적인 조건을 만족해야 하며, 각각의 요구되는 항목에 대한 정확한 결과 도출을 위해서는 세심한 주의를 기울여야 한다. 각각의 시험항목에 대한 기준값은 2001년 7월 27일 개정된 정보통신부 고시 제 2001-67호 방송·해상·항공·전기통신 사업용 외의 기타 업무용 무선설비의 기술기준 가운데 제5조 4항의 무선 데이터 통신 시스템 및 무선랜용 특정 소출력 무선기기의 기술적 조건에 근거하고 있다.

제 2 장 블루투스 RF 규격

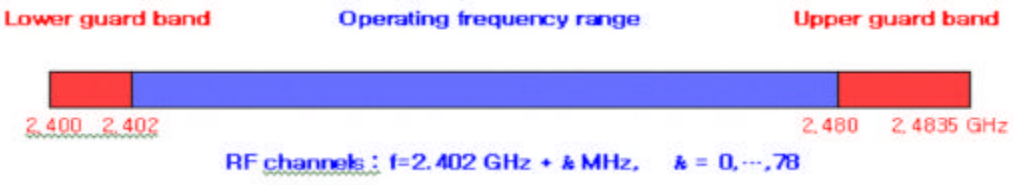
블루투스 SIG(Special Interest Group)는 블루투스를 장려하고 규정하기 위해 함께 일하는 회사들의 모임이다. 현재 Bluetooth SIG내에는 12개의 작업분과(Working Group)가 표준화 활동을 하고 있으며, V2.0 표준화로 2Mbps 이상의 고속전송을 위한 RF 규격, 새로운 블루투스 응용을 위하여 자동차, PAN, 프린터, 정지영상, 확장 SDP, 위치 추적, 제 3세대 이동전화 관련 프로파일 규격을 제정하고 있다. 또한, 2003년을 목표로 블루투스 규격 V3.0을 준비중에 있는데, 속도를 블루투스 규격 V1.0보다 2배 이상 올린다는 계획이다. 또한 2.4㎓ 대역을 이용하는 다른 규격과 간섭 없이 사용할 수 있도록 주파수 공유, 상호호환성 문제 등 여러 가지 방안을 연구하고 있다.

본 보고서는 블루투스 규격 V1.1을 근거로 작성하였다.

제 1 절 블루투스 개요

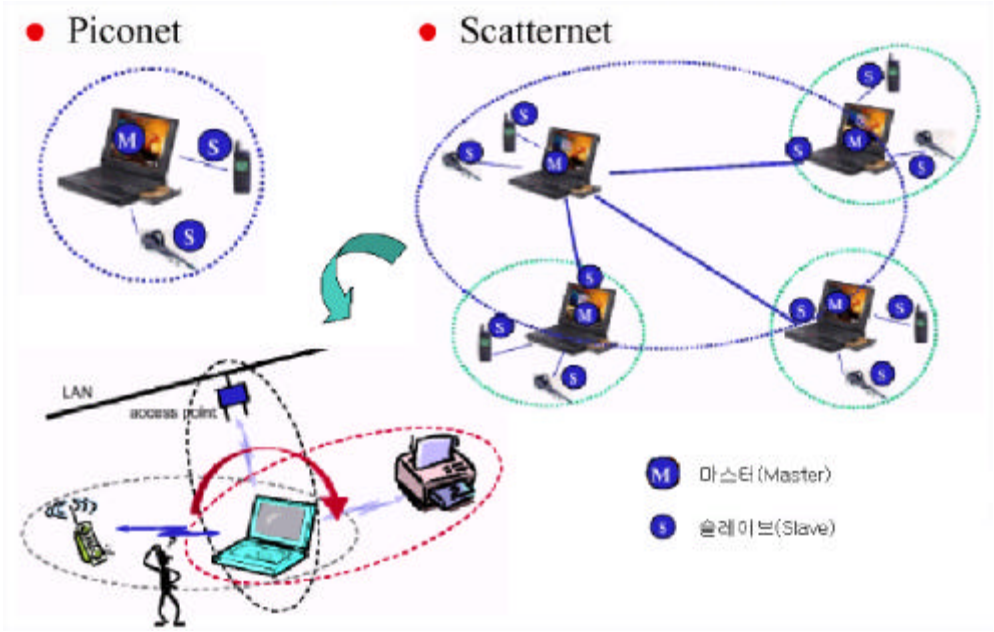
블루투스는 10세기경 덴마크와 노르웨이를 통일한 덴마크 왕의 이름으로, 핸드폰, PDA, 노트북과 같은 정보기기 장치들간의 복잡한 배선 없이 저가격으로 구현할 수 있는 근거리 무선통신 기술, 표준, 제품을 총칭하여 일컫는다. 1998년 미국, 유럽, 일본 등을 중심으로 블루투스 SIG가 결성된 이후, 에릭슨, 도시바, IBM, 인텔, 노키아 등 5개회사가 프로모터를 결성 1999년 7월에 처음으로 블루투스 규격 V1.0 이 발표되어 전세계 관련업체의 이목이 집중되었다. 이 때부터 블루투스 참여기업이 폭발적으로 증가하기 시작하여 2001년 현재 2500여 회사가 회원으로 가입한 상태이다. 1999년 12월에는 업그레이드된 블루투스 규격 V1.0B가 발표되었고, 동시에 블루투스 품질 인증을 수행하는 기관(또는 개인)으로서 BQB(Bluetooth Qualification Body)와 블루투스 시험기관인 BQTF(Bluetooth Qualification Test Facility)가 창설되었다. 2000년 10월에는 기존의 사양 내용을 보다 명확히 한 블루투스 규격 V1.1 이 발표되었다. 블루투스는 <그림 2.1>에서 보는바와 같이 비허가 대역인 2.4㎓ ISM 주파수 대역을 사용하며, 1초에 1600회 채널을 바꾸는 주파수 호핑 방식의 대역확산 통신방식으로 전파를 송수신한다. 블루투스 전송속

도는 1Mbps 속도로 10m내에서 각종 단말기들을 접속해서 사용할 수 있다.



<그림 2.1> 블루투스 주파수 대역

블루투스는 2.400 2.402㎓까지 2㎒를 하위보호대역, 2.480 2.4835㎓까지 3.5㎒를 상위보호대역으로 사용하고 있으며, RF 채널 대역폭은 2.402 2.480㎓까지 1㎒ 79개의 채널을 사용하도록 하고 있다. 또한, 변조방식은 GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)를 사용하고 있으며, duplex 통신을 위하여 TDD(Time Division Duplex)방식을 사용하는 무선 디지털 데이터 통신으로 데이터뿐만 아니라 한번에 전이중(Full-duplex) 음성신호 또는 음성과 데이터를 혼합하여 전송할 수도 있다. 블루투스는 피코넷과 스캐터넷(Scatternet)이라는 2종류의 무선접속 형태로 구축할 수 있으며, 블루투스 네트워크 구성 예를 <그림 2.2>에서 보여주고 있다.



<그림 2.2> 블루투스의 네트워크 구성도

피코넷은 블루투스의 최소단위 네트워크로 7개의 기기가 1개의 피코넷으로 연결되고 7개중 1개는 주파수 호핑 패턴 생성 등 피코넷을 관리하는 마스터가 되고 나머지는 슬레이브로 접속된다. 스캐터넷이란 전술한 피코넷을 연결하여 구성하는 네트워크로 약 100m 정도의 범위까지 구현할 수 있는 블루투스 망이다. 이론적으로는 피코넷을 100개 이상 접속한 스캐터넷을 구축할 수 있다. 즉, Bluetooth는 근거리, 일대다, 음성과 데이터 전송을 위한 무선 방식으로써, 보통 10cm에서 10m에 이르는 거리 내의 단말간 통신이 가능하고, 출력을 증가하면 100m까지도 확장할 수 있다. 또한, Bluetooth는 근거리 무선통신에 기반을 두고 있으며, 고정단말이나 무선단말의 통신 환경을 위한 임시호를 사용한다. 블루투스는 SIG가 결성된지 4년이라는 짧은 기간동안 2500개 이상의 회원사를 가입시켰고, 2005년 20 30억불의 시장 창출이 예상되는 비약적 발전을 이루었다. 하지만, 1Mbps의 저속, 블루투스 단말기간 또는 IEEE 802.11 등과의 상호간섭 문제, 완벽한 상호 호환성을 이루기 위한 인증 등이 문제점으로 대두되고 있다. 이러한 문제점이 해결되고, 저가 모듈 및 제품 개발의 노력, 사용자에게 편리하면서도 친근한 응용제품의 지속적인 개발이 이루어진다면 블루투스는 원래의 목적에 부합하는 기술이 될 수 있을 것이며, 우리 생활 전반에 익숙한 기술로 자리잡을 수 있을 것이다. 또한, IEEE 802.15에서 추진중인 5㎓ ISM 대역을 이용한 블루투스 기술에 많은 관심을 가지고 심도 있게 연구해야 할 것이다.

제 2 절 블루투스 Radio 규격

블루투스 송수신기는 2.4㎓ ISM(Industrial Scientific Medicine) 대역을 사용하며, 비허가 대역에서 운용되는 블루투스 송수신기를 위한 요구조건을 정의하고 있다. 다음과 같은 2가지 이유에 대해서 요구조건을 정의하고 있다.

- 시스템에서 사용되는 radio들간의 적합성 지원
- 시스템의 quality를 정의

블루투스 송수신기는 Appendix A 와 B에 규정된 운용조건 하에서 정해진 요구조건을 수행할 것이며, Radio 파라메터들은 RF 시험규격에 명시된 방법에 따라 측정되어야 한다. 본 규격은 유럽, 일본, 북미의 규격에 근거한 것이며, 블루투스 Radio 규격 V1.1 자료를 근거로 작성하였다.

1. 주파수 대역과 채널 배정(Arrangement)

블루투스 시스템은 2.4㎓ ISM 대역을 사용하며, <표 2.1>과 같이 세계 대다수 나라들은 주파수 2400 2483.5㎒를 블루투스 대역으로 사용하고 있다. 몇몇 국가는 위의 주파수 대역에 대해서 한계를 가지고 있으며, 이러한 국가들에 대해서는 특정 주파수 호핑 알고리듬들이 있어야 한다.

<표 2.1> 주파수 대역

Geography	Regulatory Range	RF Channels
USA, 유럽과 대다수 국가들	2.400 2.4835㎓	f=2402+k MHz, k=0,...,78
프랑스	2.4465 2.4835㎓	f=2454+k MHz, k=0,...,22

채널간격은 1 ㎒를 사용하고 있으며, <표 2.2>와 같이 각 나라들은 Out-of-band 규정을 준수하기 위해서 보호대역을 하위와 상위대역 가장자리를 사용하고 있다.

<표 2.2> 보호대역

Geography	하위 보호대역	상위 보호대역
USA, 유럽과 대다수 국가들	2 MHz	3.5 MHz

2. 송수신기 특성

본 절에서 정해진 요구조건은 EUT 안테나 커넥터에서의 전력값이다. 만일, EUT에 커넥터가 없다면, reference 안테나 이득이 0 dBi 인 것을 사용해야 한다. 또한, 송신기의 방향성 안테나 이득이 0 dBi 보다 큰 것을 사용한다면, ETSI 300 328 과 FCC part 15절을 참고해야 한다. 방사측정에서는 정확한 평가가 어렵기 때문에 형식승인 기간동안 임시적인 안테나 커넥터를 제공하는 integral 안테나를 갖는 시스템이 선택되어야 한다. 즉, 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥

터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용해야 한다. 여기서, 안테나 결합장치 손실은 0 dB 이어야 한다. 송수신기 장비의 power level은 <표 2.3>과 같은 3개의 power class로 분류하고 있다.

<표 2.3> 전력등급(Power level)

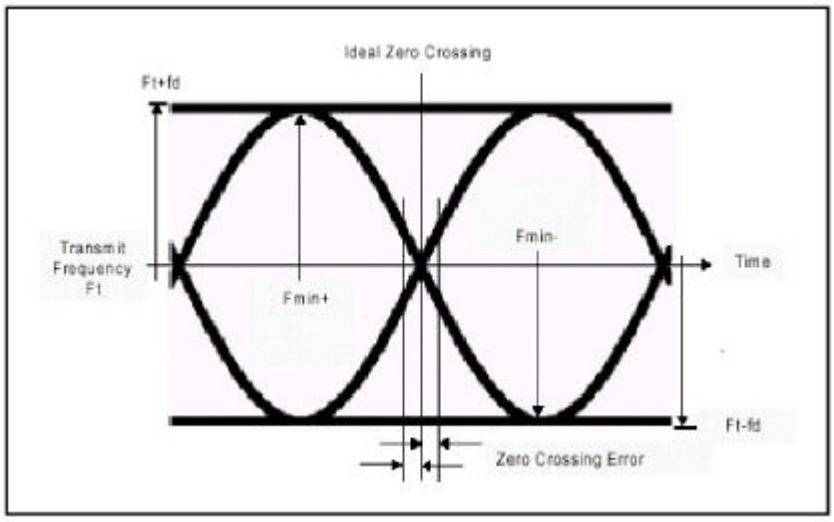
전력등급	최대출력전력 (Pmax)	정상출력전력	최소출력전력[1]	전력제어
1	100mW(20dBm)	N/A	1mW(0dBm)	Pmin< +4dBm to Pmax Optional : Pmin[2] to Pmax
2	2.5mW(4dBm)	1mW(0dBm)	0.25mW(-6dBm)	Optional : Pmin[2] to Pmax
3	1mW(0dBm)	N/A	N/A	Optional : Pmin[2] to Pmax

전력제어는 power class 1 장비를 위해 요구하고 있으며, 0 dBm 이상으로 제한된 transmitted power에 대해서만 사용하며, 0 dBm 미만은 옵션이고 전력소비의 최적화를 위해서 사용될 수 있다. power step은 최대 step size는 8dB이고, 최소 step size는 2dB의 monotonic sequence을 형성할 것이다. 최대송신전력 20dBm을 갖는 장비는 송신전력을 4dBm 또는 그 이하까지 제어할 수 있어야 한다. 측정주파수는 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 측정을 해야 하며, 각각의 주파수대역에 대해서 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력을 단계별로 감소 또는 증가시키면서 출력을 기준허용치와 비교한다.

가. 변조특성

변조관련 시험항목은 변조특성, Initial Carrier Frequency Tolerance, 반송주파수 Drift가 있다. 블루투스 표준규격 V1.1에서 변조방식은 BT=0.5를 갖는 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)방식을 사용하며, 변조지수는 0.28에서 0.35 사이에 있어야 한다. 2진수 1은 +(positive)주파수편이를 나타

내고, 2진수 0은 -(negative)주파수편이를 나타내며, 심볼주기는 ±20ppm 보다 좋도록 규정하고 있다. <그림 2.3>는 변조특성에 관련된 사항들을 설명하고 있다.



<그림 2.3> 변조특성에 관련된 사항

각각의 전송채널에 대해서, 1010 sequence에 상응하는 최소 주파수편이(Fmin= the lesser of {Fmin+, Fmin-})는 00001111 sequence에 상응하는 주파수편이(fd)의 ±80% 보다 작아서는 안되며, 더욱이 최소편이는 115kHz 보다 작아서는 안될 것이다. 부호변환점오류(Zero crossing error)는 이상적인 심볼주기와 측정된 교차시간 간에 시간차이다. 이 값은 심볼주기의 ±1/8보다 작아야 한다.

나. 불요발사(Spurious Emissions)

in-band와 out-of-band 에서 불요발사는 하나의 단일 주파수에서 도약하는 주파수도약 송신기를 측정한 것이다; 즉, 이것은 합성기가 수신 슬롯과 송신 슬롯간에 주파수가 변화했음을 의미하지만, 송신주파수는 항상 동일하게 되돌아옴을 의미한다. USA에서는 FCC parts 15.247, 15.249, 15.205, 15.209 규칙을 적용하며, 일본에서는 RCR STD-33를 적용하고, 유럽은 ETSI 300 328을 적용한다.

(1) In-band 불요발사

ISM 대역에서 transmitter는 <표 2.4>에 주어진 것처럼 스펙트럼 mask를 pass할 것이다.

<표 2.4> Transmit 스펙트럼 마스크

주파수 오프셋(offset)	Transmit Power
±500㎑	-20 dBc
|M-N| = 2	-20 dBm
|M-N| ≥ 3	-40 dBm

스펙트럼은 아래에 정의된 FCC의 20dB 대역폭 정의를 따라 측정되어야 한다. FCC 요건에 추가로 둘 또는 그 이상의 다른 채널수를 갖는 인접채널 전력이 정의되어 있으며, 이 인접채널전력은 1MHz 채널에서 측정된 전력의 합으로써 정의되어 있다. transmitted 전력은 maximum hold를 사용하는 100kHz 대역폭에서 측정되어야 할 것이다. transmitter는 채널 M을 전송하고 인접채널전력은 채널수 N에서 측정한다. transmitter는 시험을 통하여 의사 랜덤 데이터 패턴을 보낸다. 즉, 채널 M(2405㎒)을 전송했을 때, 2405㎒를 중심으로 인접채널수 N(2403, 2407㎒)에서는 -20dBm을 적용해야 하며, 인접채널수 N(2402, 2408 2480㎒)에서는 -40dBm의 기준을 적용해야 한다.

예외로 각각의 동작주파수에 대해서 1㎒ 대역폭을 갖는 3개의 채널에 대해서 불합격이 되어도 합격으로 인정해 줄 수 있다. 그러나 불합격 된 3개의 채널도 -20dBm 절대치를 만족해야 한다. 즉, 측정주파수 2402 2480㎒의 79개 채널에서 3개의 채널이 불합격되어도 합격으로 인정해 주지만, 불합격 된 3개의 채널도 -20dBm의 기준을 초과하면 불합격으로 처리됨을 의미한다.

(2) Out-of-band 불요발사

Out-of-band 불요발사에 관한 규정은 각 나라마다 정해져 있으며, 미국은 FCC part 15.247, 15.249, 15.205, 15.209의 규정을 따르며, 유럽은 ETSI 300

328 규격을 따르고 있다. 블루투스 표준규격 V1.1에서는 ETSI 300 328 규격을 따르고 있으며, <표 2.5>에서 Out-of-band 불요발사 규격을 보여주고 있다.

<표 2.5> Out-of-band 불요발사

주파수대역	동작모드	대기모드
30 MHz 1 GHz	- 36 dBm	- 57 dBm
1 GHz 12.75 GHz	- 30 dBm	- 47 dBm
1.8 GHz 1.9 GHz	- 47 dBm	- 47 dBm
5.15 GHz 5.3 GHz	- 47 dBm	- 47 dBm

다. Radio Frequency Tolerance

Initial Carrier Frequency Tolerance는 Carrier 주파수 정확도를 측정하며, 중심주파수 F_c로부터 ±75kHz 이내이어야 한다. 초기 주파수 정확도는 어떤 정보가 전송되기 전에 주파수 정확도로서 정의된다. 주파수 편차요건은 ±75 kHz 안에 포함되어져 있지 않으며, 각각의 패킷 종류에 따라 <표 2.6>과 같이 규정되어 있다. 이 외의 패킷들이 Baseband 규격에 정의되어 있다.

<표 2.6> 패킷에 따른 주파수 편차

패킷형태	주파수 편차
One-slot 패킷	±25 kHz
Three-slot 패킷	±40 kHz
Five-slot 패킷	±40 kHz
최대 편차율	400 Hz/ μs

3. 수신기 특성

비트 에러율 성능을 측정하기 위해서는 장비에 "되돌림(loop back)" 기능이 있어야 한다. 이 기능은 시험모드규격(Test Mode Specification)에 정의되어

있으며, 본 장에서 언급하고 있는 reference sensitivity 레벨은 -70 dBm으로 규정하고 있다.

가. Actual Sensitivity Level

Actual sensitivity 레벨은 0.1%의 비트에러율(BER)이 되는 입력레벨로써 정의된다. 블루투스 수신기를 위한 Actual sensitivity 레벨요건은 -70 dBm 또는 그 이상이어야 한다.

나. 간섭 Performance

동일채널 및 1 MHz 와 2 MHz 의 인접채널에 대한 간섭신호는 reference sensitivity 레벨보다 10 dB 높아야 하며, 다른 주파수에 대한 간섭신호는 reference sensitivity 레벨보다 3 dB 높아야 한다. 2400 2497 MHz 대역외에 있는 간섭신호는 Out-of-band blocking 규격을 적용해야 하며, 간섭신호는 변조된 블루투스 신호이어야 한다. BER은 ≤0.1% 일 것이며, 신호대 간섭비를 <표 2.7>에서 보여주고 있다.

<표 2.7> 간섭 Performance

요구조건	비율
동일채널 간섭, $C/I_{co\text{-}channel}$	11 dB
인접(1 MHz)간섭, C/I_{1MHz}	0 dB
인접(2 MHz)간섭, C/I_{2MHz}	-30 dB
인접(≥3 MHz)간섭, $C/I_{\geq 3MHz}$	-40 dB
영상 주파수 간섭, C/I_{Image}	-9 dB
인접(1 MHz)간섭대 대역내 영상 주파수, $C/I_{Image\pm 1MHz}$	-20 dB

<표 2.7>에서 대역 내 image 주파수는 제조자에 의해서 결정되며, image 주파수가 ≠n*1㎒라면, image 기준주파수에 가장 가까운 것으로 결정한다. 모든 측정값은 BER≤0.1%를 만족해야 하며, BER≤0.1%의 조건을 만족하지

않는 주파수를 불요응답(spurious response) 주파수라 부른다. 각 수신 주파수에 대해서 2 MHz 이상의 인접주파수에서는 5개의 불요응답 주파수가 허용되며, 이런 불요응답 주파수의 간섭 요구신호는 C/I=-17 dB 만 허용된다.

다. Out-of-band 블록킹(Blocking)

Out-of-band 블록킹은 요구신호를 reference sensitivity 레벨보다 3dB 높게 측정해야 한다. 간섭신호는 연속파(continuous wave) 신호이며, BER은 ≤0.1% 이어야 한다. Out-of-band 블록킹은 <표 2.8>과 같은 규격을 만족해야 할 것이다.

<표 2.8> Out-of-band 블록킹

간섭신호 주파수	간섭신호 전력레벨
30 MHz 2000 MHz	-10 dBm
2000 MHz 2399 MHz	-27 dBm
2498 MHz 3000 MHz	-27 dBm
3000 MHz 12.75 GHz	-10 dBm

모든 측정값은 BER이 0.1%보다 작아야 되고, 블록킹 신호의 신호레벨을 <표 2.8>과 같이 설정해야 한다. 이와같은 상태에서 BER을 측정하였을 때, BER이 0.1%보다 크게 측정되는 모든 주파수 수가 24개를 초과하지 않아야 된다. 초과된 주파수를 측정하기 위하여 블록킹신호의 신호레벨을 EUT 수신부에서 -50dBm이 되도록 감소시킨다. 이와같은 과정을 거쳐 BER이 0.1%보다 크게 측정된 모든 주파수에 대해서 다시 측정하였을 때, 그 측정된 BER값이 0.1%보다 큰 주파수가 5개이상 초과해서는 안된다.

라. Intermodulation 특성

BER=0.1%일 때 reference sensitivity 성능은 다음과 같은 조건하에서 만족할 것이다.

■요구신호는 f_0에서 기준감도레벨보다 power level 6 dB 높은 신호
■-39 dBm의 power level를 갖는 f_1 에서 정현파(무변조)신호
■-39 dBm의 power level를 갖는 f_2 에서 블루투스 변조신호
$f_0=2f_1-f_2$ 와 $|f_2-f_1|=n*1$ MHz, 여기서 n은 3, 4 또는 5 이다. 시스템은 3개의 대안 중에서 하나를 수행해야만 한다.

마. Maximum Usable Level

최대로 사용 가능한 입력레벨의 수신기는 -20 dBm보다 좋아야 할 것이다. BER은 -20*dBm 입력전력에서 0.1%보다 작거나 같아야 할 것이다.

바. Spurious Emissions

블루투스 수신기에 대한 불요발사는 <표 2.9> 의 규격을 초과해서는 안 된다.

<표 2.9> Out-of-band 불요발사

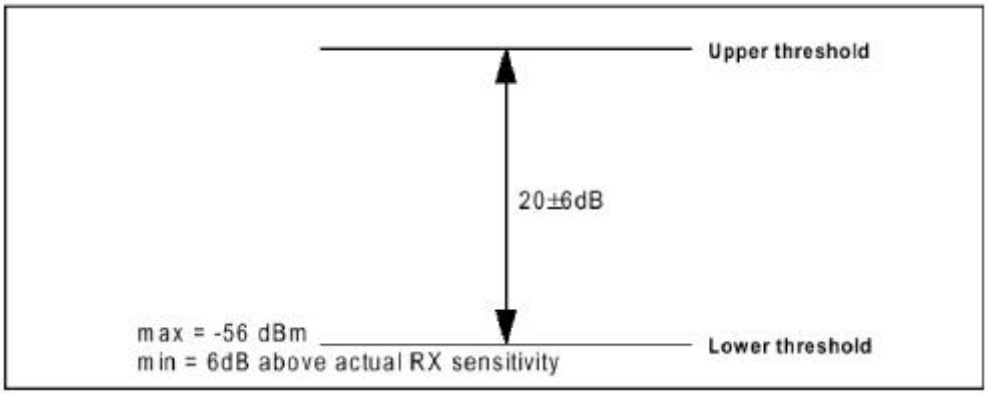
주파수 대역	요구조건
30 MHz 1 GHz	-57 dBm
1 GHz 12.75 GHz	-47 dBm

전력은 100 kHz 대역폭에서 측정되어야 한다.

사. Receiver Signal Strength Indicator(Optional)

power-controlled 링크를 지원하기 원하는 송수신기는 스스로 수신된 신호 세기를 측정할 수 있어야 하고, 그 링크의 다른쪽에 있는 송신기는 출력 전력 레벨을 증가시키거나 감소시키는 것을 결정할 수 있어야 한다. Receiver Signal Strength Indicator(RSSI)가 이것을 가능하게 한다. RSSI는 <그림

2.4>와 같이 Lower threshold 와 Upper threshold의 범위에서 가장 효율적인 수신전력을 갖도록 정의되어 있다.



<그림 2.4> RSSI 동적범위와 정확도

<그림 2.4>에서와 같이 Lower threshold 레벨은 -56dBm과 기준감도레벨(-70dBm)보다 6dB 높은 -64dBm간의 절대적인 정확도를 가져야 한다.
Upper threshold 레벨은 Lower threshold 보다 20±6 dB 범위의 정확도를 가져야 한다.

아. Reference Interference-Signal 정의

블루투스 변조된 간섭신호는 다음과 같이 정의되어 있다.

▶ 변조 = GFSK
▶ 변조지수 = 0.32±1%
▶ BT = 0.5±1%
▶ 비트율 = 1 Mbps±1 ppm
▶ 요구신호를 위한 Modulating 데이터 = PRBS9
▶ 간섭신호를 위한 Modulating 데이터 = PRBS15
▶ 주파수 정확도는 ±1 ppm 이상

4. APPENDIX A

가. 정상시험조건(NTC)

(1) 정상(Nominal) 온도

시험을 위한 정상온도조건은 +15 +35℃이며, 이 조건하에서 시험을 수행하는데 부적합할 때는 환경온도를 명시하고, 이 효과에 대한 주석을 기록해야 할 것이다. 시험기간동안 실제값을 시험보고서에 기록해야 할 것이다.

(2) Nominal Power Source

(가) Mains Voltage

Mains에 연결되어 있는 장비들을 위한 정상(Nominal) 시험전압은 정상적인 주 전압이어야 하며, 정상적인 전압은 장비를 설계하기 위해 공인된 전압(declared voltage) 또는 무엇이든 공인된 전압이어야 한다. AC main에 상응하는 시험 전원의 주파수는 정상 주파수의 2% 이내 이어야 한다.

(나) Lead-acid battery power sources used in vehicles

전파장비가 차량표준인 교류급전(alternator-fed) 납 축전지 전원으로부터 운용을 목적으로 있을 때, 정상적인 시험전압은 축전지 정상전압(6V, 12V, 기타)의 1.1배이어야 한다.

(다) Other power sources

다른 전원 또는 축전지 유형(primary 또는 secondary)으로부터 운용이 목적인 정상 시험전압은 장비 제조업자에 의해 공인된 것이어야 한다. 이것은 시험보고서에 기록되어야 할 것이다.

나. 극한시험조건(ETC)

(1) 극한(Extreme) 온도

극한 온도범위는 다음과 같은 조합으로 이루어진 가장 큰 온도범위로써 정의되어 있다.

- 최소 온도범위는 0℃ +35℃
- 제품 동작 온도범위는 제조업자에 의해 공인된 것.

이러한 극한 온도범위와 공인된 동작 온도범위는 시험보고서에 기록되어야 한다.

(2) 극한(Extreme) 전원공급전압

시험상에 장비가 동작을 목적으로 일부분이 설계되어 있고 서로 다른 시스템 또는 장비 수에 의해 전력이 공급될 때는 아래에 규정되어 있는 극한 전원 전압에서 시험들을 요구하지 않는다. 이러한 경우에는 호스트 시스템 또는 호스트 장비가 있는 곳에서 한계값들을 적용할 것이다. 적용한 한계값들은 제조업자에 의해 공인된 것이어야 하고 시험보고서에 기록되어야 할 것이다.

(가) Mains Voltage

AC 메인 소스(Mains source)에 연결되어 있는 장비를 위한 극한 시험전압은 정상적인 주 전압 ±10% 이내이어야 한다.

(나) Lead-acid battery power sources used in vehicles

전파장비가 차량표준인 교류급전(alternator-fed) 납 축전지 전원으로부터 운용을 목적으로 있을 때, 극한시험전압은 축전지 정상전압(6V, 12V, 기타)의 1.3 과 0.9 배에서 시험해야 한다.

(다) 다른 유형의 밧레리를 전원으로 사용할 경우

다음과 같은 유형의 축전지를 사용하는 전원장비를 위해 하한 극한시험전압은 아래와 같아야 한다.

a) 망간, 알카라인, 리튬 유형 축전지 : 축전지 정상전압의 0.85배

b) 수은 또는 니켈-카드뮴 유형 축전지 : 축전지 정상전압의 0.9배

위의 두가지 경우 모두 상한 극한시험전압은 축전지 정상전압의 1.15 배에서 시험해야 한다.

(라) Other power sources

다른 전원 또는 축전지 유형(primary 또는 secondary)으로부터 운용이 목적인 극한 시험전압은 장비 제조업자에 의해 공인된 것이어야 한다. 이것은 시험보고서에 기록되어야 할 것이다.

5. APPENDIX B

Radio 파라메터들은 <표 2.10>과 같은 조건에서 시험되어야 한다.

<표 2.10> Radio 파라메터 시험조건

파라메터	온 도	전 원
Output Power	ETC	ETC
Power Control	NTC	NTC
변조지수	ETC	ETC
초기 반송주파수 정확도	ETC	ETC
반송주파수 drift	ETC	ETC
In-band 불요발사	ETC	ETC
Out-of-band 불요발사	ETC	ETC
Sensitivity	ETC	ETC
간섭성능	NTC	NTC
상호변조 특성	NTC	NTC
Out-of-band 블록킹	NTC	NTC
최대 Usable 레벨	NTC	NTC
RSSI	NTC	NTC

제 3 장　블루투스 기술기준

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 하 사항으로는 여러 가지가 있겠지만, 기술기준에서 갖추어야 할 항목 및 제한치가 자국 산업발전에 미칠 영향과 국가간 자유무역체제에서 자국 산업보호를 위한 방어벽으로서 역할 등이 가장 중요한 요소라 볼 수 있다. 본 장에서는 각 국가별 2.4㎓ 대역에서 FHSS 방식을 사용하는 무선기기의 기술기준에 대해서 살펴보았다.

제 1 절　국내 블루투스 기술기준

국내에서는 FHSS 방식을 포함하는 기술기준이 2001년 7월 27일 개정 고시되었다. 고시의 내용은 기존의 무선 LAN용 소출력 무선기기의 내용에 FHSS 방식의 무선기기에 대한 기술적 조건을 추가하여 무선 데이터 통신시스템용으로 개정한 것이다. 즉, 블루투스는 무선설비 규칙 제24조 제2항 제5호의 방송·해상·항공·전기 통신 사업용외의 무선 데이터 통신시스템 및 무선 LAN용 특정소출력 무선기기로 분류된 기술기준을 적용하여 무선국 허가없이 사용 가능하며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

⑴ 송신공중선은 그 절대이득이 6데시벨(dBi) 이하일 것. 다만, 고정형 점대점 통신용 무선설비는 20데시벨(dBi) 이하일 것
⑵ 주파수허용편차는 50×10^{-6}이하일 것
⑶ 불요발사는 가목의 규정에 의한 주파수대외의 주파수에서 100㎑ 분해대역폭으로 측정하였을 때 -30dBm 이하일 것
⑷ 송신공중선계에 급전선에 공급되는 전력을 주파수호핑대역(단위는 ㎒로 한다)으로 나눈 값이 3㎽ 이하일 것
⑸ 호핑채널당 점유주파수대폭은 5㎒ 이하일 것
⑹ 호핑채널은 중첩되지 않는 15개 이상일 것
⑺ 호핑순서는 의사랜덤이고 전체 호핑채널에 대하여 균등하게 호핑하는 것

일 것. 다만, 반송파감지 기능을 부가한 설비로서 반송파감지에 의해 호핑하지 않은 채널에 대하여는 예외로 한다.

⑻ 하나의 호핑 채널에서의 체류시간(Dwell Time)은 0.4초 이내 일 것

본 장에서는 블루투스에 해당하는 국내 기술기준에서 정하고 있는 2400 2483.5㎒ 주파수대에서 주파수 호핑 스펙트럼 방식(FHSS)을 사용하는 무선기기에 대한 기준치를 서술하였고, 4장에서는 측정에 관련된 일반적인 사항으로부터 주파수 허용편차, 점유주파수 대역폭, 공중선전력, 불요발사, 호핑주파수의 체류시간, 중첩성 및 호핑의 개수 등의 항목들에 대한 세부적인 측정절차에 대해서 제시하고 있다.

제 2 절 미국 및 유럽의 블루투스 기술기준

미국에서는 인증만으로 무선국을 개설할 수 있는 비허가 무선국에 관한 관련 법규는 FCC CFR 47 part 15.247/209에서 무선기기에 대한 기술기준을 규정하고 있다. 또한, 유럽은 ETSI(European Telecommunication Standard Institute) EN 300 328/826에서 주파수 호핑 대역 확산방식을 사용하는 무선기기의 기술기준을 규정하고 있다. FCC 및 ETSI는 모두 100㎽ 이상의 최대 송신 출력을 허용하고 있으며, 이것은 주파수 호핑에 의한 분산 스펙트럼 기술의 간섭 회피 특성이 매우 좋기 때문에 최대 출력을 높게 허용한 것이다. FCC의 규정에서는 호핑 채널이 최소 75개이고 채널 대역폭은 1 ㎒ 인 반면에, ETSI 규정에서는 호핑 채널이 최소 20개이고 채널 대역폭은 규정하지 않고 있다. 또한, FCC 규정에서는 채널수가 ETSI 보다 3배 이상 많으므로 1W 의 높은 출력을 허용하고 있으며, 30초간 평균 채널 점유시간은 FCC 및 ETSI 모두 0.4초 이하이다. 한편, 새로운 무선통신 기술들의 요구에 따라 FCC는 최근 채널 대역폭을 5㎒까지 허용하도록 규정을 개정하였다. 개정 내용을 살펴보면 FCC 15.247의 2.45㎓에서 동작하는 주파수 호핑 분산 스펙트럼 시스템의 출력을 1W 미만으로 규제하고 있으며, 언급한 시스템들은 1㎒ 보다 크지 않은 20㏈ 대역폭을 사용하며, 겹치지 않는 호핑 채널들을 적어도 75개가 되도록 규정하고 있다. 또한, 30초 주기에 대해서는 어느 한 주파수를 점유하는 시간이 0.4초를 초과하지 못하도록 하고 있으며, 1㎒를 초과하

는 대역폭에 대해서는 출력을 감소시키도록 규정하고 있다. 즉, 5㎒ 시스템의 출력은 200㎽ 이하가 되도록 하고 있으며, 어느 한 주파수를 점유하는 채널 점유시간을 0.02초 이내가 되도록 요구하고 있다. 미국과 유럽의 기술기준은 <표 3.1> 과 같이 규정하고 있다.

<표 3.1> 미국과 유럽의 블루투스 기술기준

Test parameter	FCC part-15	ETS 300 328
Application	no data available	intented for industrial, scientific, medical
Frequency range	2400 - 2483.5 MHz	2400 - 2483.5 MHz
* Max output power	1W	100mW EIRP (for any combination of power level and antenna assembly)
Antenna gain	<= 6dBi fixed point to point only. Reduce peak outp. power 1dB per each 3dB gain over 6dBi)	not applicable
Min. aggregate bit rate	not given	250 KBit/s
* Min. number hopping ch.	75	20
FHSS ch. 20DB band with	1Mhz	not specified
Hopping ch separation	>25Khz or 20dB bandwith	as measured 20 dB below peak power
Dwell time	0.4s in 30s	0.4s in 32s
Hopping sequence	pseudo random, equally averaged	
Peak power density, FHSS	N/A	100mW/100Khz
Spurious emissions	- 20dBc non-restricted bands	
Spurious em. receiver	not required for > 960 MHz	narrow band: 30 MHz . 1 GHz: -57dBm 1 GHz - 12.75 GHz: -47 dBm
		wide band: 30 MHz . 1 GHz: -107dBm 1 GHz - 12.75 GHz: -97 dBm
Spurious em. transmitter	Restricted bands: 30 - 88 MHz: 40 dBuV/m@3m 88 - 216 MHz: 43.5 dBuV/m@3m 216 - 960 MHz: 46 dBuV/m@3m > 960 MHz: 54 dBuV/m@3m	narrow band, operating / stand by: 30 MHz . 1 GHz: -36 / -57 dBm 1 GHz - 12.75 GHz: -30 / -47 dBm 1.8 - 1.9 & 5.15 - 5.3 GHz: -47 / -47 dBm
		wide band, operating / stand by: 30 MHz . 1 GHz: -86 / -107 dBm 1 GHz - 12.75 GHz: -80 / -97 dBm 1.8 - 1.9 & 5.15 - 5.3 GHz: -97 / -97 dBm

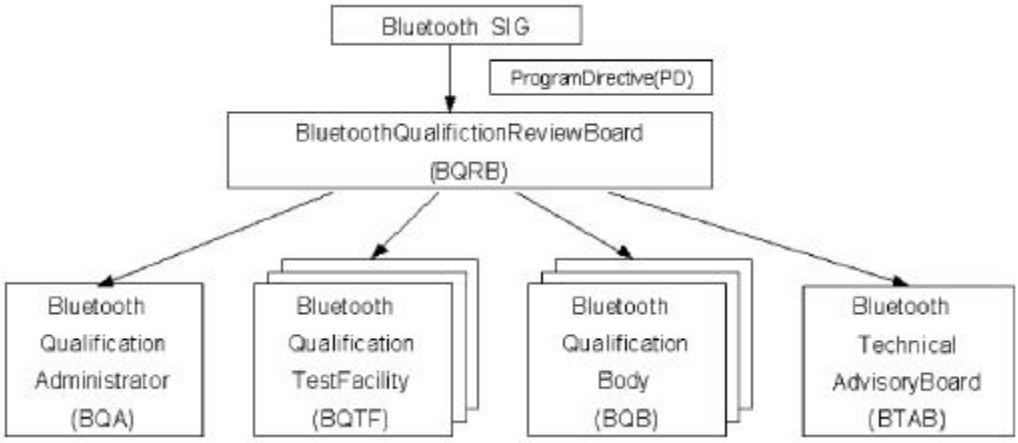
제 3 절 SIG의 로고 인증제도

블루투스 SIG에서는 블루투스 탑재제품이 규격 및 상호 접속 성능을 만족하는지 여부를 확인하기 위한 인증 제도를 실시하고 있다. 블루투스 인증이

라는 것은 블루투스 단체가 인증한 제품이라는 의미로 블루투스 마크(로고)를 사용할 수 있는 권한이 부여된다. 즉, 블루투스 품질인증 프로그램에 제시된 규정(Qualification Program Reference Document : QPRD)에 적합한 제품만 블루투스 호환 제품으로 인정한다.

1. SIG 로고 인증조직

블루투스 인증제도는 SIG에서 정한 인증제도로 Qualification 프로그램에 따라 합격한 후 로고마크를 제품에 표시하는 제도이다. <그림 3.1>에서 보는바와 같이 SIG의 로고 인증을 위한 조직체계는 다음과 같다.



<그림 3.1> SIG 인증 조직도

블루투스 SIG의 산하단체인 BQRB가 로고 인증에 대한 업무를 총괄하고 있으며, 인증시험을 위한 BQTF, 인증심사를 위한 BQB, BQA 및 BTAB 등 각각의 조직에서는 다음과 같은 기능을 수행하고 있다.

가. Bluetooth Qualification Review Board (BQRB)

SIG는 Bluetooth Qualification Program Directive(PD)를 통해 Bluetooth Qualification Review Board(BQRB)를 설립했다. BQRB는 Bluetooth 상품 인증에 관련된 모든 정책을 관장하고 계획한다. BQRB는 인증 표준과 규칙을

설정, 유지할 의무가 있으며, 각각의 SIG Promoter company(3Com, Ericsson, IBM, Intel, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia, Toshiba)는 한명의 대표를 BQRB에 임명한다. BQRB는 의장과 사무장을 임명하며 의장과 사무장의 임기는 3개월로, BQRB의 임원들 중에서 임명하게 된다. BQRB는 인증 프로그램의 진행을 검토하거나, 필요에 따라 조정을 하기 위해 규칙적으로 거의 두 달에 한번 만나며, 추가적인 모임은 긴급한 논의 사항이 발생하였을 때 수시로 개최하도록 하고 있다. BQRB는 결정된 정책에 따라 인증 프로그램을 운영하기 위해 Bluebooth Qualification Administrator (BQA)를 선정, 고용, 관리하고 있으며, 추가로 BQRB는 Bluetooth Qualified Test Facility(BQTF) 및 Bluetooth Qualification Body(BQB)가 되기 위한 승인 조건을 규정하고 있다.

나. Bluetooth Qualification Administrator (BQA)

BQA는 BQRB에 의해 규정된 방침 안에서만 활동하며, BQRB의 감독하에서 블루투스 인증 프로그램을 수행할 의무가 있다. BQA는 블루투스 인증 프로그램에 관계된 일을 위해 BQRB와 SIG 회원, BQB/BQTF 또는 제 삼자 간의 contact point 및 대화 채널로서 직무를 수행하게 된다. BQA의 주요기능은 블루투스 인증에 관계된 회원과의 계약, BQTF 와 BQB 및 모든 인증된 상품에 관한 데이터베이스를 유지, 관리, 인증 프로그램에 관한 정보 배포, 제조자나 다른 사람으로부터의 질문에 응답, BQRB와 SIG 회원 사이의 대화 창구 역할 등을 수행한다.

다. Bluetooth Qualification Test Facilities (BQTF)

Bluetooth Qualification Test Facility(BQTF)는 Bluetooth 사양에 적합한 제품을 시험하기 위해 BQRB에 의해서 승인된 시험기관이다. 블루투스 인증 시험은 BQRB에서 제시하고 있는 지침에 따라 시행되어야 한다. 모든 BQTF는 EN 45001 또는 ISO/IEC guide 25:1990에 따라 허가되어야 하며, 다음의 두 분야에 대한 시험권한을 부여받아 업무를 수행한다.

▶ Radio conformance testing, covering the test specification for RF and baseband physical part (non-TTCN)

▶ Protocol and profile conformance testing, covering the Baseband, Link Manager, L2CAP and profile test specifications

BQTF로서 승인을 받기 위해서는 블루투스 시험을 수행하기 위한 질적인 측면 및 기술적인 능력을 평가받아야 하며, BQRB에서 승인을 해주어야 시험기관인 BQTF가 되는 것이다. 국내에서 활동하는 블루투스 인증기관은 현재 CETECOM, TUV라인란드, ETS 코리아 등 3곳에서 블루투스 인증업무를 대행해 주고 있다.

라. Bluetooth Qualification Body (BQB)

BQB는 제품이 BT 인증 프로그램의 모든 요구사항을 만족하는지 여부를 결정, 로고 인증 합격판정을 통지한다. BQB는 BQRB에 의해 임명되며 SIG Member로 Test facility 또는 제품 생산자에 귀속될 필요가 없는 개인이다. BQB는 인증에 필요한 시험항목 및 문서작성 등 로고인증을 받기 위한 제반 서비스를 제공한다. BQRB는 BQB 지원자가 모든 자격조건을 만족하는지에 대한 객관적인 증거로 승인해 주며, BQRB는 통보 없이 어느 때든 BQB 승인을 일시 정지할 수 있는 권리를 보유한다. BQB가 되기 위한 자격 요건은 다음과 같다.

▶ 3 년의 기술 전문직 경력

▶ 2 년의 사업책임자 경력

▶ 기술관련 학위, 제품 평가 및 시험 분야 경력

▶ 제품 인증 및 형식승인 분야 경력

▶ 능숙한 영문 독해 및 작문 능력

▶ 블루투스 인증 프로그램 및 사양에 관한 심도 있는 이해

▶ 업무의 독립성 및 기밀유지가 가능

▶ BTAB에 자비로 참여 적극적 활동이 가능

▶ 인증에 반대적 영향을 주는 모든 영향으로부터 자유로움

마. Bluetooth Technical Advisory Board (BTAB)

Bluetooth Technical Advisory Board(BTAB)는 BQB, BQTF의 대표와 다른 기술적 전문가로써 구성된다. BTAB는 인증제도의 개선, BQB 및 BQTF 승인 조건, 인증시험관련 사양, 절차 및 장비와 관련된 문제에 대한 기술적 조언을 BQRB에게 제공한다. BTAB는 민감한 문제를 고려하기 위한 비공개 회의를 주제 할 수 있다.

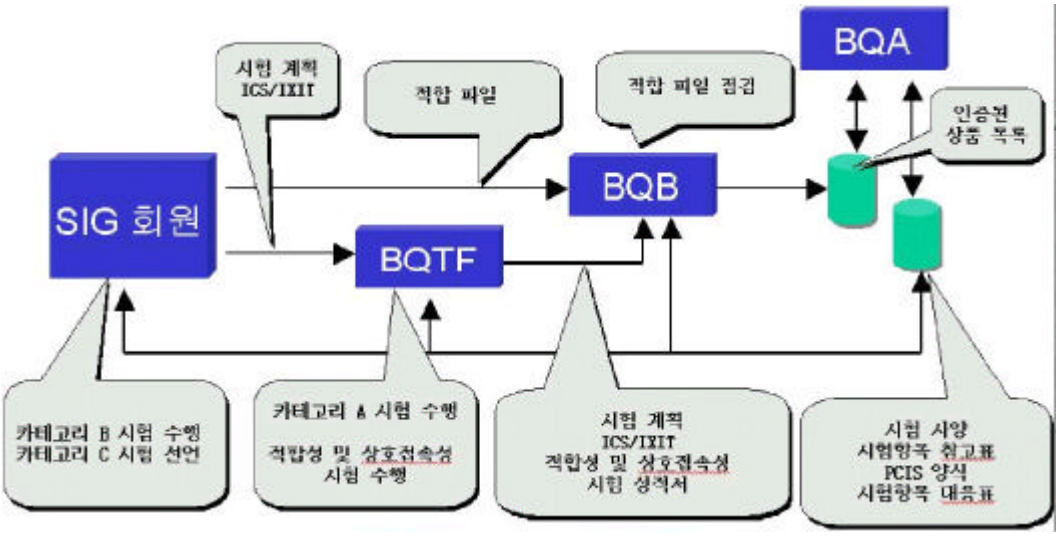
2. SIG 로고 인증절차

로고 인증 절차는 <그림 3.2>와 같으며, 아래와 같이 분류할 수가 있다.

1)• 채용자 계약(Adopters Agreement)의 체결을 통한 블루투스 회원가입

2) 블루투스 품질 인증 시험소(BQTF)를 통한 테스트 보고서 작성

3)• 블루투스 품질 인증관리사(BQB)를 통한 확인 및 블루투스 품질 인증명단 등재 (블루투스 로고사용권 획득)



<그림 3.2> 로고 인증절차

로고인증을 위하여 상품 생산업체가 준비 해야할 사항은 다음과 같다.

⑴ Bluetooth SIG에 가입하지 않은 경우 가입.

⑵ Compliane Folder 작성의 자료로 Web 사이트에서 다음과 같은 관련 자

료의 최신판을 확인, 보유하고 있는 것보다 새로운 자료가 있는 경우 다운로드 하여 교체.

⑶ Web 사이트의 BQB 및 BQTF의 일람표로부터 후보를 선택하고 연락을 취해 신청시기의 업무위탁가능성과 비용 등을 확인.

⑷ 신청기기에 시험 규격서에 명시되어 있는 해당 인터페이스를 준비.

⑸ Web 사이트로부터 Bluetooth 로고마크 사용의 Agreement 체결 수속.

제 4 절 블루투스 응용 및 시장전망

블루투스는 가정 및 사무실에서 사용되는 모든 정보가전기기에 장착되는 것을 목표로 무선망(wireless piconet, ad hoc scatternet 등)을 구성하여 어떠한 유/무선망과도 연동 할 수 있게 된다. 따라서, 블루투스를 이용한 무선 네트워크가 완성되면 모든 정보기기(특히, 노트북, PDA, 휴대단말기) 간의 자유로운 데이터 교환이 이루어지며, 인터넷 브리지를 구성하면 현재 광케이블이나 ADSL, 모뎀 등을 통해 데스크탑 컴퓨터에 도달해 있는 인터넷 정보가 비로소 사용자에까지 도달할 수 있게 되는 것이다. 즉, 무선통신의 궁극적인 목표인 언제, 어디서나, 누구나, 어떤 형태의 정보도 교환할 수 있다는 점에서 주목을 받고 있으며, 전 세계적으로 관련 제품 개발을 위해 노력하고 있다. 블루투스의 주 응용 모델은 다음과 같다.

▶ 통신분야 응용 : 공공장소에서 PDA를 이용해 무선 인터넷에 접속하거나 무선 공중전화를 통한 각종 정보교환이 가능해진다. 사무실에서 무선으로 LAN에 접속하거나 무선 구내전화를 사용할 수 있게 되고 항공기·열차·고속도로에서도 첨단 통신기능을 활용할 수 있다. 즉 사무실에서는 내선전화, 실내에서는 무선전화, 밖에서는 휴대전화가 되는 3-in-1 전화가 가능하다. 이동통신단말기에 블루투스를 장착할 경우 음성통신을 지원하는 본래 기능 외에 노트북·이동전화를 이용해 철도 승차권을 구입하거나 호텔에서 체크인·아웃시 숙박비를 결제하는 것도 가능하다. 또 회의 도중, 연결 케이블 없이도 곧바로 데이터를 교환하는 것이 가능하다.

▶ 홈네트워킹 분야 응용 : 이동전화와 무선전화 겸용 전화기나 무선 헤드세트를 이용한 가정통신수단으로 자리잡게 된다. 리모컨에 블루투스를 탑재하면 AV기기를 무선으로 제어할 수 있고 조명기구나 조리기구, 난방장치

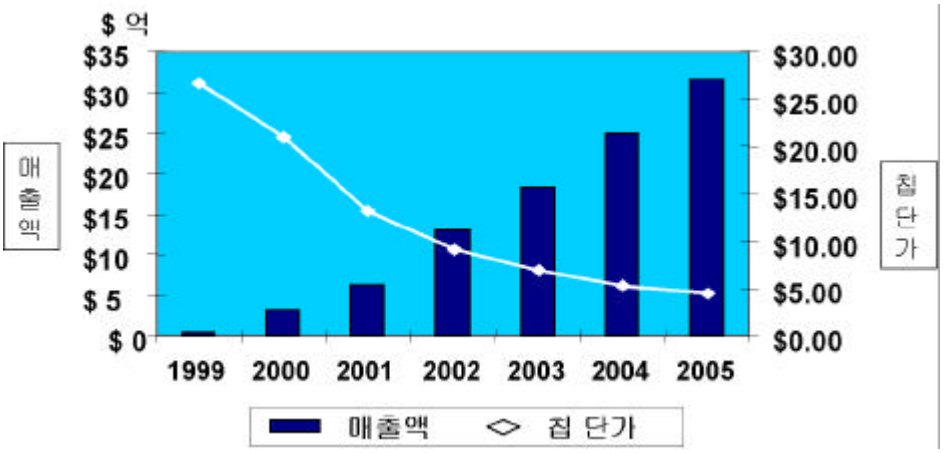
및 이른바 백색 가전으로 불리는 가정용 전자제품의 원격 관리가 가능하다. 마이크나 스피커·인터넷폰·홈 모니터링 단말기도 블루투스로 케이블을 없앨 수 있다. 출입문을 블루투스로 원격 개폐할 수 있고 전기 검침이나 가스검침 등 무선원격검침, 즉 텔레메트리 분야에도 폭넓게 활용할 수 있다.

▶ 개인간 네트워크 응용 : 전자명함을 교환하고 음성·영상·텍스트 등을 무선으로 주고받고, 채팅이나 동호인 모임도 가능하며 제품설명서 파일을 수신·저장하거나 프린터와 무선으로 연결, 인쇄할 수도 있다.

▶ 기타 응용 : 사무실에서는 컴퓨터를 중심으로 마우스·키보드·모니터 등 각종 주변기기를 무선화 할 수 있다. 사무실 내에서 블루투스용 시스템을 구축해 워크숍·세미나 도중에 자료를 서로 공유하게 된다. PDA, 휴대단말기 등과 노트북, PC등의 파일 및 데이터들이 일일이 새로 업데이트하거나 유선으로 연결해서 파일 및 데이터를 전송하지 않아도 서로 같아질 수 있게 하는 데이터 동기화가 가능하다. 상점이나 정보 키오스크 가까이 갔을 때 블루투스를 통하여 사용자의 단말기로 정보가 바로 들어올 수 있게 되며 전자지불 소액결제도 가능하다. 커피자판기·주유기·생활용품 판매기 등 자동판매기와 승차권·유원지·전시회·음악회 입장료나 고속도로 통행료, 주차장 사용료 등을 무선단말기로 결제한 후 이동전화 요금이나 신용카드요금에 합산할 수 있다. 블루투스 기능이 탑재된 단말기에 선불충전 후 선불카드로 사용하는 방식도 고려 할 수 있다. 가방 속에 넣어둔 노트북에서 휴대폰 또는 인터넷 브리지를 통하여 미리 작성해 둔 e-mail 등을 송수신할 수 있고 디지털 카메라로 찍은 영상을 노트북으로 전송하고 곧 바로 그림엽서 등으로 편집하여 전송할 수도 있고 문자인식 펜을 이용 필요한 내용을 적음과 동시에 무선으로 전송 할 수도 있다.

이와 같이 블루투스의 응용분야는 다양하며, 시장은 2001년 20억달러 정도에서 오는 2006년에는 3330억달러에 달할 것으로 전망하고 있다. 또한, 같은 기간 블루투스 응용기기 출하대수는 420만대에서 10억1000만대로 확대될 것으로 예측하고 있다. TDK의 1999년 보고서에 따르면 블루투스 모듈 및 칩의 제품 가격은 <그림 3.3>과 같이 변화할 것으로 예상하고 있으며, 전반적인 시장활성화는 2003년 이후에 기대되며 국내시장은 2005년에 전세계 시장

의 약 5%선에 달할 것으로 예상하고 있다.



<그림 3.3> 블루투스 시장전망

블루투스는 <그림 3.3>에서 보는바와 같이 칩단가가 5달러 이하가 되었을 때 시장활성화가 형성될 것이며, 브로드컴에서는 수십만개의 대량주문이 있을 경우에는 현재라도 칩단가를 5달러로 공급이 가능하다고 발표한 적이 있다. 또한, 인피니온, CSR에서는 2002년 하반기에 5달러 칩을 출시할 예정으로 있어 블루투스 시장은 향후 1 2년내 급성장할 것으로 예상하고 있다.

제 4 장 블루투스 RF 시험방법

본 장에서는 2001년 7월 27일 개정된 정보통신부 고시 제2001-67호 방송·해상·항공·전기통신 사업용 외의 기타 업무용 무선설비 기술기준 가운데 제5조 4항의 "무선 데이터 통신시스템 및 무선LAN 용 특정 소출력 무선기기"의 기술적인 조건을 바탕으로 적합성 여부를 판단할 수 있는 측정절차에 관하여 서술하였다. 측정항목은 주파수 허용편차, 점유주파수대역폭, 공중선 전력, 불요발사, 호핑 주파수의 체류시간, 중첩성 및 호핑수 등의 항목들에 대한 세부적인 측정절차를 제시하고 있다. 또한, 블루투스 SIG 규격에서 시험해야할 측정항목으로는 송신기 부분의 9개항목 Output Power, Power Density, Power Control, TX Output Spectrum-Frequency Range, TX Output Spectrum-20dB Bandwidth, TX Output Spectrum-Adjacent Channel Power, Modulation Characteristics, Initial Carrier Frequency Tolerance, Carrier Frequency Drift 등이 있으며, 송·수신기 부분에는 Out-of-Band Spurious Emission 1개 항목을 측정하도록 하고 있다. 수신기 부분은 Sensitivity-Single slot packets, Sensitivity-Multi slot packets, C/I Performance, Blocking Performance, Intermodulation Performance, Maximum Input Level 등 6개 항목으로 나뉘어져 있으며, 각각의 시험항목별로 측정절차에 대해서 살펴보았다.

제 1 절 국내 기술기준 시험방법

블루투스 국내 기술기준 시험방법은 정보통신기기인증규칙 제6조 3항의 규정에 의한 "형식검정 및 등록처리방법"(전파연구소고시 제2001-235호 : 2001. 7. 30)과 "방송·해상·항공·전기통신사업용외의 기타업무용 무선설비의 기술기준"(정보통신부고시 제2001-67호 : 2001. 7. 27)의 제3장 허가받지 아니하고 개설할 수 있는 무선국의 무선설비 제5조(특정소출력무선국용 무선설비) 4항의 "무선데이타통신시스템 및 무선LAN용 특정소출력무선기기"에서 무선데이타 통신시스템용 주파수호핑방식의 스펙트럼확산방식을 사용하는것의 기술기준에 대한 시험방법 및 시험절차에 대해서 살펴보았다. 기술기준의

측정항목으로는 송신공중선의 절대이득, 주파수 허용편차, 불요발사, 공중선전력, 점유주파수 대역폭, 호핑채널수, 호핑순서, 호핑채널의 체류시간등의 시험항목의 구체적인 시험방법과 절차를 형식검정 및 형식등록처리방법(전파연구소고시 제2001-235 : 2001. 7. 30)에서 제시하는 조건에 부합하는 측면에서 제공하고자 한다.

1. 기술기준 용어해설

▶ FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) : 송신주파수의 자동 스위칭을 사용하는 신호의 구성기법으로 정보의 대역폭보다 더 넓은 대역을 차지하는 주파수 집합으로부터 송신할 주파수를 의사랜덤한 방법으로 선택하는 방식을 의미한다.

▶ 주파수 허용편차 : 발사에 의하여 점유하는 주파수대의 중심주파수와 지정 주파수 사이에 허용될 수 있는 최대편차 또는 발사의 특정주파수와 기준주파수 사이에서 허용될 수 있는 최대편차를 말하며 백만분율 또는 헤르츠(Hz)로 표시한다.

▶ 점유주파수 대역폭 : 변조의 결과로 생기는 주파수대폭의 하한주파수 미만의 부분과 상한주파수를 초과하는 부분에서 각각 발사되는 평균전력이 따로 정하는 경우를 제외하고 각각 0.5%와 같은 주파수대폭을 말한다.

▶ 불요발사 : 스퓨리어스 발사와 대역외 발사를 포함하며 각각의 발사는 다음과 같이 정의하고 있다.

- 스퓨리어스 발사 : 필요대역폭 바깥쪽의 하나 또는 복수의 주파수에서 발생하는 발사로 정보의 전송에 영향을 미치지 아니하고 그 레벨을 저감시킬 수 있는 것으로 이는 고조파 발사, 기생발사, 상호 변조곱 및 주파수 변환곱을 포함하는 것을 말하며 대역외 발사는 제외된다.
- 대역외 발사 : 변조과정에서의 필요대역폭 바로 밖에 있는 하나 또는 여러 주파수들에서의 발사로 스퓨리어스 발사는 제외된다. 발사 중심주파수로부터 필요대역폭의 250% 이내에 떨어진 주파수에 존재하는 모든 불요발사는 대역외 발사로 고려한다.

▶ 공중선전력 : 송신기의 출력회로에서 공중선계의 급전선에 공급되는 전력을 의미한다.

▶ 체류시간 : 다른 발사의 과정이 일어나기 위해 현재의 발사 과정이 정지하고 있는 시간을 의미한다.

▶ 분해대역폭 : 스펙트럼 분석기 측정의 정밀도를 규정하는 값으로 측정기 입력단에 위치하는 IF 필터의 3dB 대역폭을 의미한다.

2. 측정 일반사항

실제적인 측정에 앞서 일반적으로 고려해야 할 사항에는 여러 가지가 있다. 시험에 사용될 주파수 설정, 수험기기가 갖추어야 할 동작모드 및 단자, 기타 시험에 포함될 결과들의 사전 점검 등을 들 수 있다. 측정에 앞서 아래와 같이 일반적으로 고려해야 할 사항들에 대해서 정리하였다.

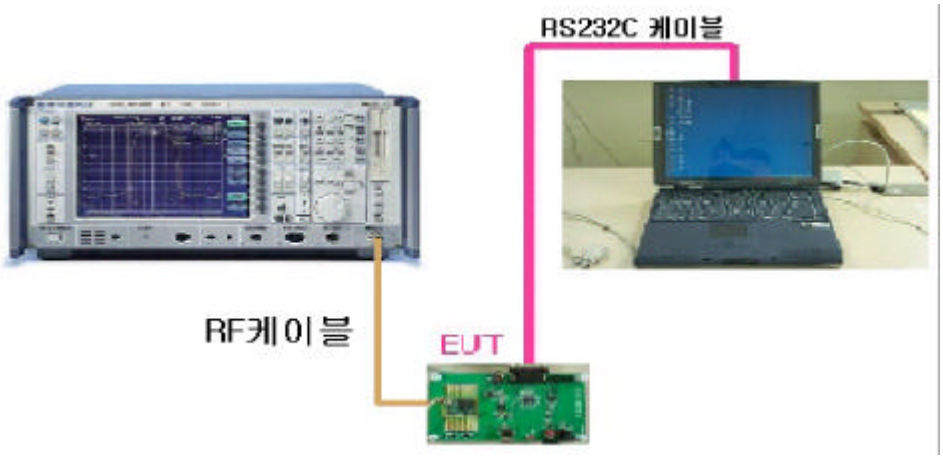
▶ EUT에 전원을 공급할 수 있는 단자를 제공하여야 한다.
- 전원공급기로 전원을 공급하는 기기에 대해서는 정격전압의 ±10% 범위에서 시험을 해야 한다.
- 밧데리를 사용하는 기기에 대해서는 정격전압의 130% 90% 범위에서 시험을 해야 한다. 밧데리 종류에는 납축전지, 리튬밧데리, 머큐리 또는 니켈카드뮴 등이 사용되며, 각각의 규격이 다르게 적용하고 있다.

▶ EUT의 RF종단은 50Ω 특성임피던스로 하고, 시험할 수 있는 단자를 부착 제공하여야 한다.(예 : 20㎝ 이내 길이의 케이블과 SMA(m)타입 커넥터 부착)

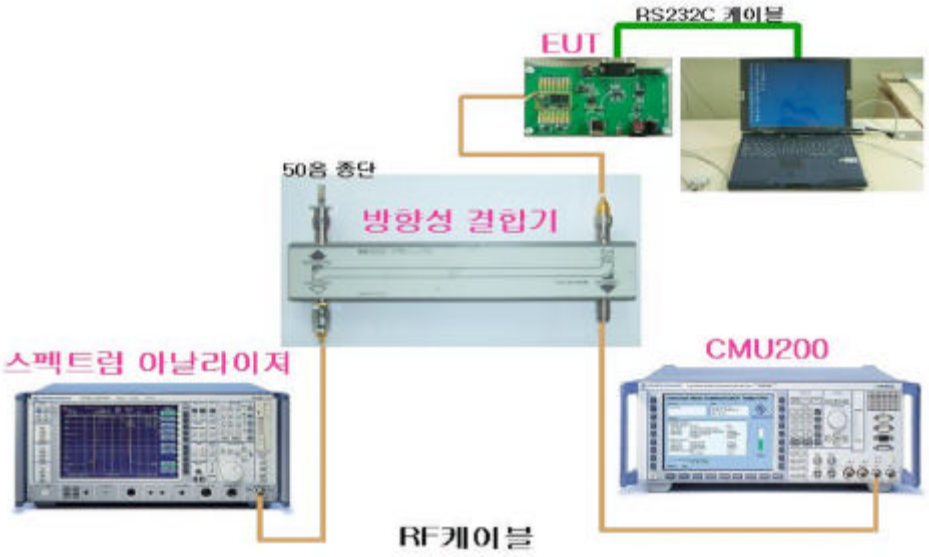
▶ EUT의 테스트 모드 설정방법 및 필요 소프트웨어를 제공해야 한다.
- 제어용 컴퓨터와 EUT를 연결할 수 있는 소요 케이블(예 : RS232)
- 강제 송신제어가 가능할 것
- 슬레이브로 설정이 가능할 것
- 무변조 단일 주파수 송신이 가능해야 할 것(채널 임의변경 포함)
- PRBS9 DH1, DH5 패킷 송신이 가능할 것
- Hopping ON/OFF 설정이 가능할 것
- 기타 측정에 필요한 기능을 제어할 수 있도록 제공해야 한다.

▶ EUT와 측정기간에 연결한 케이블 및 부대품이 포함되어 있을 경우에는 감쇄량을 측정하여 측정값에 반드시 보상해 주어야 한다.

측정을 위해 <그림 4.1> 와 <그림 4.2>과 같이 연결하여 측정할 수 있다.



<그림 4.1> 측정 구성도 (방법 1)



<그림 4.2> 측정 구성도(방법 2)

<그림 4.1>과 같이 연결하여 측정할 경우에는 컴퓨터 등을 이용하여 EUT를 시험조건(Hopping ON/OFF, 무변조 송신, DH1/DH5)에 따라 강제로 설정이 가능해야 한다.

<그림 4.2>에서는 방향성결합기를 이용하여 EUT와 스펙트럼 아날라이져 및 CMU200을 연결하는 측정구성도를 보여주고 있다. <그림 4.2>에서 보는

바와 같이 EUT의 RF종단은 50Ω 특성임피던스를 사용하였으며, RS232C 케이블을 이용하여 컴퓨터에 연결하여 EUT를 제어하도록 하였다. 측정 구성도에서 CMU200은 마스터 모드로서 사용되며, EUT는 슬레이브 모드와 테스트 모드로서 동작하도록 하였다. EUT와 스펙트럼 아날라이져간에 연결되는 경로의 총손실값을 주파수 별로 미리 측정해 두어야 한다. 모든 시험항목에 대해서 위 그림의 측정 구성도를 적용하여 시험할 수 있다.

3. 환경시험조건

환경시험조건은 전파연구소고시 제2001-235호(2001. 7. 30)의 형식검점 및 등록처리방법에서 제시한 조건들을 만족해야 한다. 환경시험조건을 간략히 요약하면 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 환경시험조건

구 분	형식검정 및 등록처리방법
정격전압	± 2%
규정된 전원전압 (극한전압)	· 정격전압의 ±10%의 범위 · 밧데리 : 신규건전지 최고전압에서 정격전압의 130% 90% 범위
온도(상온)	+15℃ +35℃
극한온도	-20℃(-10℃) 와 +50℃에서 각각 1시간 방치후 그 온도에서 규정된 전원전압을 가하여 동작여부 확인 ⇒ 총 4회 실시 ※ 신청자가 원하는 전압중 선택하여 시험을 하고 사용설명서에 규격을 명시하도록 하고 있다.
습도(상습)	45% 75%
극한습도	+35℃의 상대습도 95%에서 4시간 방치후 상온상습에 복귀하여 규정된 전원전압을 가하여 동작여부 확인 ⇒ 총 1회 실시
연속동작	통상의 사용상태로 8시간 동작시켰을 때 이상 없는지 동작여부 확인
진동시험	규정에 의한 진동 시험후 정격전압을 가하여 파손, 발화, 발연 등 이상 없이 동작하는지 여부 확인
충격시험	정격전압이 인가된 상태에서 규정에 의한 낙하시험 후 파손, 발화, 발연 등 이상 없이 동작하는지 여부 확인

4. 시험방법

국내 블루투스 기술기준의 측정항목으로는 송신공중선의 절대이득, 주파수 허용편차, 불요발사, 공중선 전력, 점유주파수 대역폭, 호핑채널수, 호핑순서, 호핑채널의 체류시간등의 시험항목이 있다.

가. 송신공중선의 절대이득

송신공중선의 절대이득은 제작사 또는 신청인이 시험하여 작성한 성적서, 이득 패턴도 또는 카달로그 등을 이용하여 시험 적합 여부를 판정하도록 하고 있다.

(1) 기술기준

송신공중선은 그 절대이득이 6데이벨(dBi) 이하일 것. 다만, 고정형 점대점 통신용 무선설비는 20데시벨(dBi) 이하일 것.

(2) 확인근거

송신공중선의 절대이득은 전파연구소 고시 제6조 1항, 2항의 형식검정 및 등록처리방법에 의하여 제작사 또는 신청인이 직접 시험하여 제출하도록 하고 있으며, 규정을 살펴보면 다음과 같다.

▣ 제6조 : 발사하는 전파가 미약한 무선국의 확인방법

▶ 제1항 : 공중선의 특성확인

- 공중선과 송신장치 사이에는 증폭기 등 능동회로가 부가되지 아니한 것일 것.
- 공중선의 종류 및 형태(형식, 길이, 외관사진 등)
- 공중선의 이득 및 지향특성
- 공중선의 편파특성(해당사항이 있는 경우)
- 송신장치와의 접속형태(내장형, 고정형 또는 커넥터 규격)

· 공중선의 제작사 및 모델명(상품명이 있는 경우)

▶ 제2항 : 공중선의 특성확인은 신청인이 선언하는 바에 따른다. 이 경우 공중선의 제작사 또는 신청인이 시험하여 작성한 성적서, 이득패턴도, 또는 카달로그 등을 이용할 수 있다.

위의 근거에 의하여 공중선의 절대이득은 시험을 하지 않으며, 신청인이 선언하는 바에 의하여 인정해 주어야 한다. 제작사 또는 신청인은 성적서, 이득패턴도, 카달로그 등을 첨부하여야 하며 이를 토대로 시험 적합 여부를 판정하도록 하고 있다.

나. 주파수 허용편차

주파수 허용편차 측정은 시험주파수로 설정하여 호핑을 정지하고 무변조파의 연속 송출로 하며 불가능할 경우에는 무변조파의 계속적인 버스트 송출로 해야 한다. 측정기기로는 주파수 카운터와 스펙트럼 분석기를 사용할 수 있는데, 그 측정의 정확도가 규정된 허용편차보다 10배 이상 높은 것이어야 한다. 즉, 규정된 허용편차보다 10배 이상의 정확성을 갖는 측정을 위해서 측정기의 오차는 주파수 허용편차의 최소 10배 이상이 되는 것으로 측정해야 한다. 허용편차는 $\pm 50 \times 10^{-6}$ 이므로 중심주파수 2402㎒에 대하여 적용하면 120.1㎑가 되며, 2480㎒에 대하여 적용하면 124㎑가 된다. 따라서 주파수 허용편차 범위는 ±120.1㎑ 124㎑ 범위에서 동작하여야 한다.

(1) 기술기준

주파수 허용편차는 $\pm 50 \times 10^{-6}$ 이하일 것

(2) EUT의 시험조건

▶ 측정상태는 Hopping off 로 측정해야 한다.

▶ 무변조 연속송출상태로 측정해야 한다.

▶ 측정은 저(2402㎒) · 중(2441㎒) · 고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험해야 한다.

(3) 측정기 요구사항

▶ 측정기의 오차는 주파수 허용편차의 최소 10배 이상이 되는 것으로 측정한다. 즉, 5×10^{-8} 이하인 것으로 측정해야 신뢰성이 보장된다.(현재 CMU200 장비의 허용편차는 3.5×10-8 이다.)

▶ CMU200 장비로 주파수와 관련된 측정에서 신뢰성을 확보하기 위해서는 외부 REF입력단자에 기준주파수를 입력하여 측정한다. (예: 신호발생기의 REF Out 단자를 CMU200에 입력하든가 또는 루비듐 원기 또는 GPS 표준 주파수를 입력하는 방법도 있다)

(4) 측정절차

① EUT에 전원을 연결한다.

② EUT를 스펙트럼 아날라이져 또는 주파수 카운터에 연결

▶ 클래스1 (+20dBm)일 경우는 스펙트럼 분석기의 Ref Level +30dBm으로 설정한다.

▶ 주파수 카운터일 경우도 입력레벨에 주의한다.

▶ 측정하고자 하는 주파수를 중심주파수로 설정한다.(예 : 2402㎒)

▶ 스펙트럼 분석기의 SPAN(소인 주파수폭)을 300㎑ 정도로 설정한다. (오차 범위가 124㎑ 이내여야 하므로)

▶ 스펙트럼 분석기의 RBW(분해대역폭)를 5㎑ 이하로 설정한다.(오차 범위의 1/10 값임)

③ EUT를 강제로 테스트 모드로 동작 시킬수 있는 프로그램을 이용하여 무변조 반송파 연속송출 또는 무변조파의 버스트(파워램핑상태)송출로 활성화시킨다.(예: 아래와 같은 테스트 프로그램 구동 - 시험신청자에게 협조를 받음)

④ CSR 칩의 경우에는 <그림 4.3>과 같이 TXSTART를 선택하고 최저 동작주파수(2402㎒)를 입력한다.

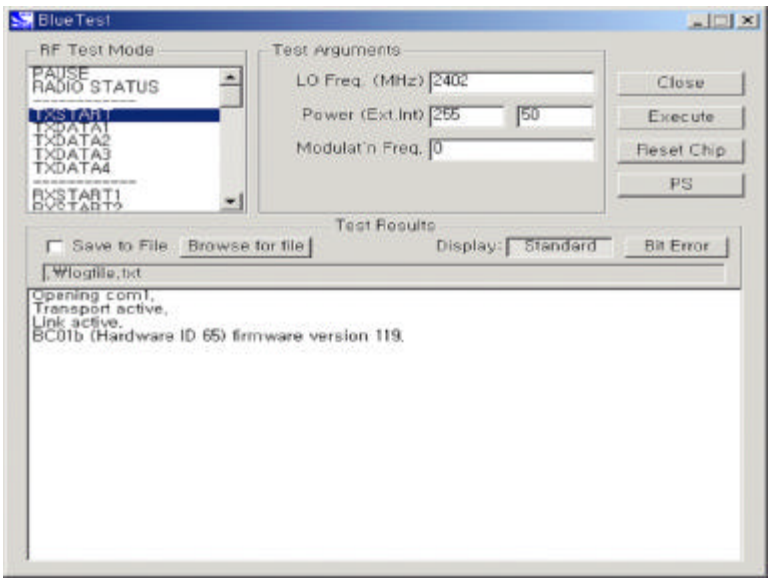
⑤ 측정하고자 하는 주파수를 송출하고 나서 스펙트럼 분석기를 이용하여 측정주파수를 읽어오면 된다.(아래는 FSIQ스펙트럼 분석기를 이용하여 측정하는 순서이다.)

▶ 스펙트럼 분석기 Marker부분의 Search버튼을 눌러 Peak Search 기능을 이용하여 송신주파수의 최고점을 찾는다.

▶ 스펙트럼 분석기의 주파수 Count기능이 있으면 이것을 이용하면 향상된 주파수 측정이 이루어진다.(SPAN과 RBW값을 줄여가면서 측정을 할 수도 있음)

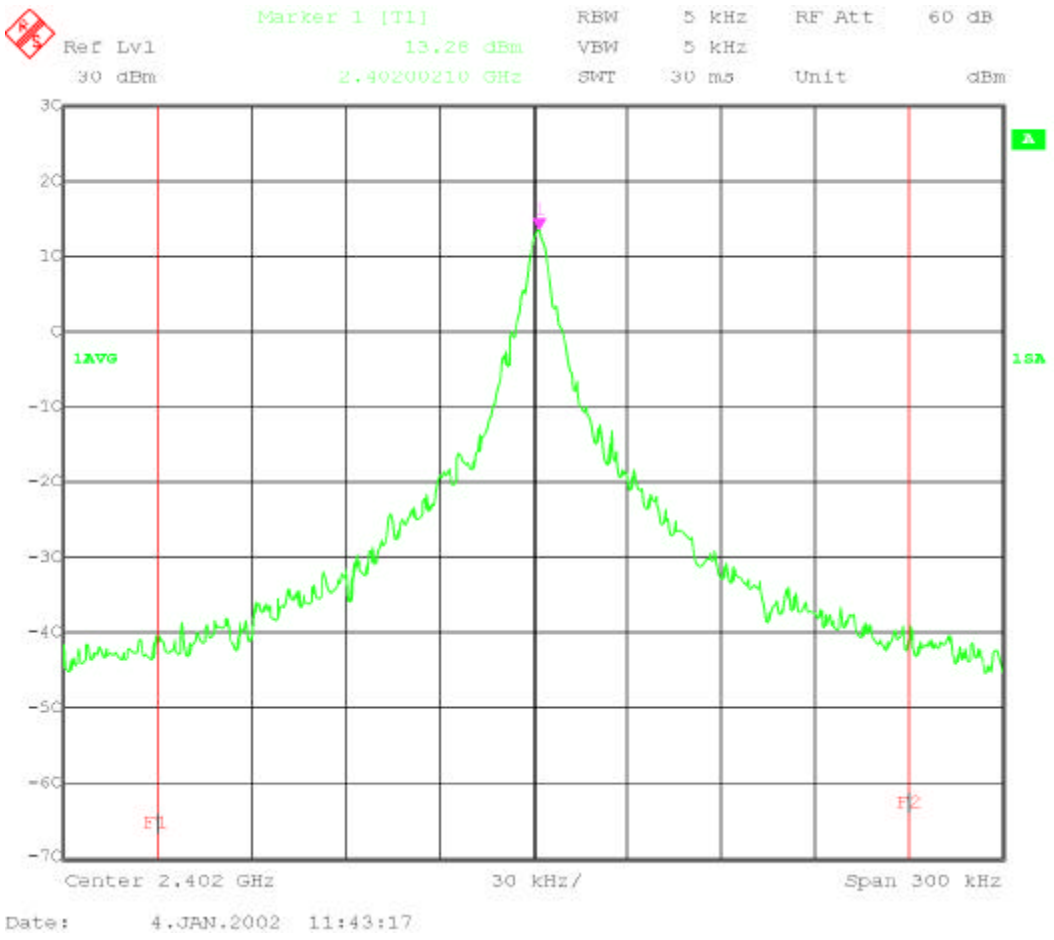
- FSIQ의 경우에는 Marker 기능의 Normal버튼을 누른 후 SIGNAL COUNT버튼을 선택하여 초록색으로 활성화 시킨 후,
- 주파수 측정오차를 줄이기 위해 MENU기능 버튼에 있는 ▶버튼을 눌러 COUNTER RESOL 버튼을 누르면 측정분해능의 기본단위를 선택하는 화면이 나온다.
- 그 후 원하는 측정분해능을 선택한다.(예 : 100Hz)

▶ 스펙트럼 분석기에서 측정되는 주파수 값을 읽어 기준 측정오차 값과 비교하여 적부 판정을 한다.



<그림 4.3> 동작주파수 설정과정

⑥ 스펙트럼 분석기로 측정한 측정결과를 <그림 4.4>에서 보여주고 있다. 주파수 허용편차 ±120.1㎑ 124㎑ 범위를 만족하기 위해서는 측정결과에서 피크점이 F1 과 F2 사이에서 동작해야 한다.



<그림 4.4> 주파수 허용편차 측정결과

⑦ 중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서도 step ③부터 ⑥의 과정을 반복한다.

다. 불요발사

불요발사 시험주파수 범위는 30㎒ 12.75㎓까지 측정하도록 하고 있다. 측정방법에는 전도측정방법과 방사측정방법 2가지가 있으며, 본 보고서에서는 전도측정방법을 사용하였다. 30㎒ 1㎓까지는 100㎑ RBW로 측정하고 1㎓ 12.75㎓까지는 1㎒ RBW로 측정한다. 불요발사는 발사되는 전력레벨에 절대 의존적이므로 수험기기는 반드시 최대 레벨로 송신하고 있는 상태에서 측정을 수행해야 한다.

(1) 기술기준

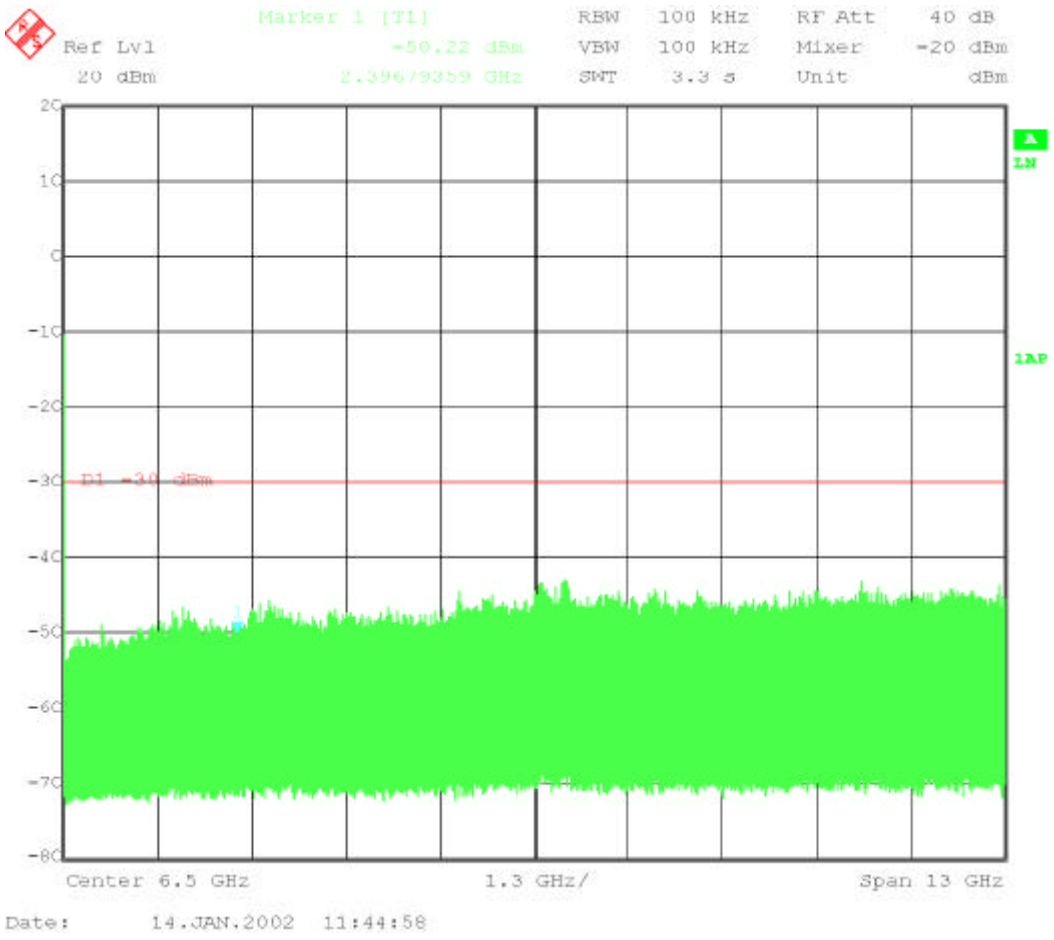
불요발사는 2400 2483.5㎒ 주파수 외의 주파수에서 100㎑ 분해대역폭으로 측정하였을 때 -30㏈m 이하일 것

(2) EUT의 시험조건

▶ 측정상태는 Hopping off, 최대출력 상태로 측정해야 한다.
▶ PRBS9 DH1 패킷 상태(테스트모드 Loop back 상태도 가능)로 측정해야 한다.
▶ 측정은 최저주파수(2402㎒) 와 최고주파수(2480㎒)에 대해서 시험해야 한다.

(3) 측정절차

① EUT의 종단에서 측정기(스펙트럼 분석기)로 연결되는 경로의 모든 부품의 총 감쇄량을 측정하여 기록해 둔다.(후에 측정값에 감쇄량을 보상하여 측정값으로 적용해야 한다.)
② 스펙트럼 분석기의 입력포트에 아무것도 연결하지 않은 상태에서 잡음레벨을 측정한다.
  ▶ 스펙트럼 SYSTEM 메뉴의 PRESET을 누른다.
  ▶ FREQUENCY의 START를 10㎒로 설정한다.
  ▶ FREQUENCY의 STOP를 13㎓로 설정한다.
  ▶ SWEEP 메뉴 부분의 COUPLING버튼을 눌러 RBW 100㎑로 설정한다.(광대역 측정이므로 잡음 레벨을 측정기준치인 -30㏈m보다 아래로 떨어뜨리기 위함)
  ▶ LEVEL REF 메뉴의 하위메뉴 중 ATTEN AUTO LOW NOISE를 선택한다.
  ▶ LEVEL REF 메뉴의 하위메뉴 중 REF LEVEL를 20㏈m으로 설정한 상태이다.
  ▶ <그림 4.5>에서 잡음 레벨이 전 대역에서 -40dBm이하로 나타나는 것을 보여주고 있다.



<그림 4.5> 전 대역에서 잡음레벨

③ EUT를 측정하기 위해 송신상태로 동작시킨다.

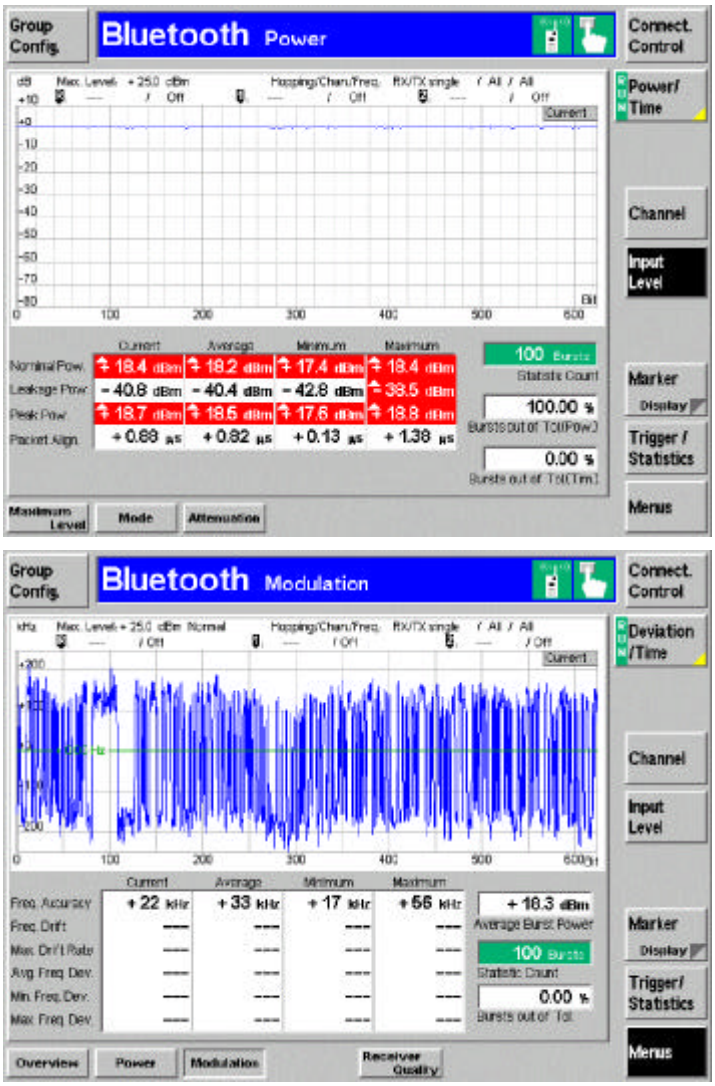
④ TRACE 모드를 Maxhold로 한 다음 측정을 한다.

⑤ <그림 4.6>은 CMU200 장비에서 측정한 EUT의 송신신호를 측정한 상태를 보여주고 있다.

▶ 스펙트럼 분석기의 TRACE부분의 1번을 누른 후 MAX HOLD 서브메뉴를 선택한다.(sweep 횟수는 10회 이상 수행한다.)

▶ EUT는 TEST Loop back 모드 DH5 슬롯 10101010 페이로드 패턴을 발생시킨 상태이다.

▶ 주의해야 할 점은 EUT에서 송출되는 전력을 측정하므로 방향성결합기와 연결되는 각종 케이블의 감쇄 손실을 주파수 별로 측정하여 그 값을 알고 있는 상태에서 스퓨리어스 발사강도를 측정해야 신뢰성 있는 정확한 측정을 할 수 있다.



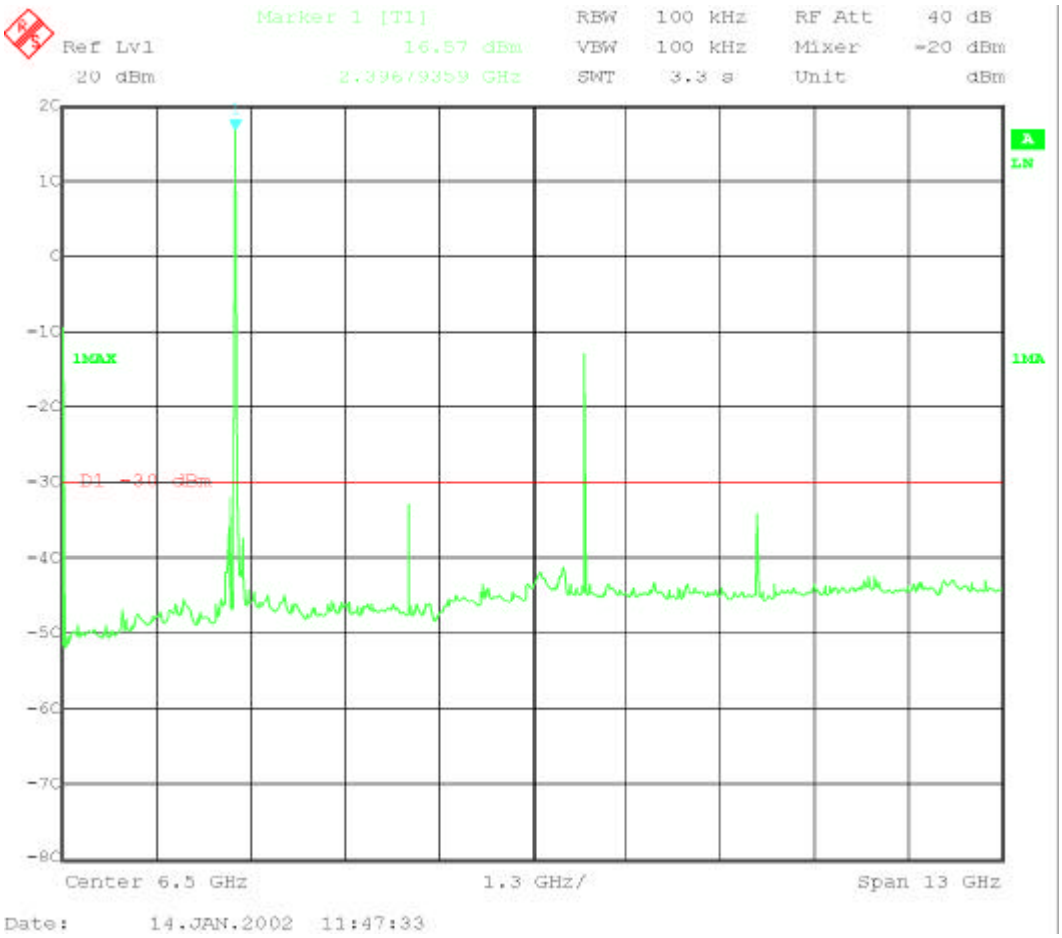
<그림 4.6> EUT의 송신신호

⑥ 측정결과를 <그림 4.7>에서 보여주고 있다. 일단 이 상태에서 -30dBm 보다 크게 나오는 신호를 MARKER 의 SEARCH 메뉴를 이용해 체크 한 다음 그 신호를 다시 자세히 측정한다. RBW 100㎑로 측정한다.

▶ 이때 잡음레벨을 더 떨어뜨리기 위해서는 EUT 송출신호의 레벨값을 찾아 그 신호를 REF LEVEL로 설정하면 잡음레벨이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이것은 실제 불요파가 잡음레벨에 묻혀서 확인이 안 될 수 있으므로 낮게 떨어뜨려서 측정을 해야한다.

⑦ <그림 4.7>에서 보는바와 같이 2차 3차 4차 고조파인 4.8㎓, 7.2㎓, 9.6㎓ 대역의 신호가 크게 나타나는 것을 알 수 있는데, MARKER 부분의

SERCH 버튼을 눌러 PEAK 및 NEXT PEAK 버튼을 차례로 눌러 어느 대역에서 스퓨리어스가 측정되는지 확인한다.



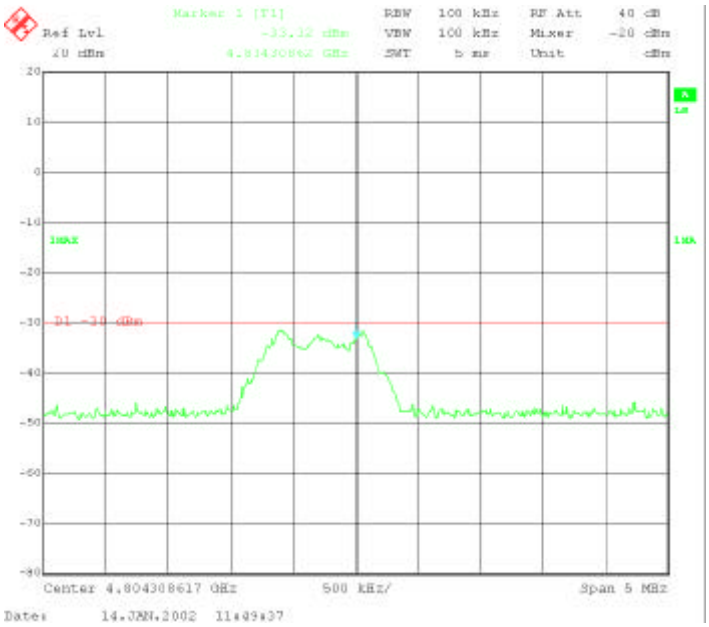
<그림 4.7> 불요발사의 측정결과

⑧ 마커를 측정하고자 하는 주파수에 올려 놓은 후 MARKER 메뉴의 MKR ⇒버튼을 눌러 하위메뉴 중 MKR → CENTER 버튼을 눌러 선택한 MARKER주파수가 스펙트럼 분석기의 중심주파수가 되게 선택한다.

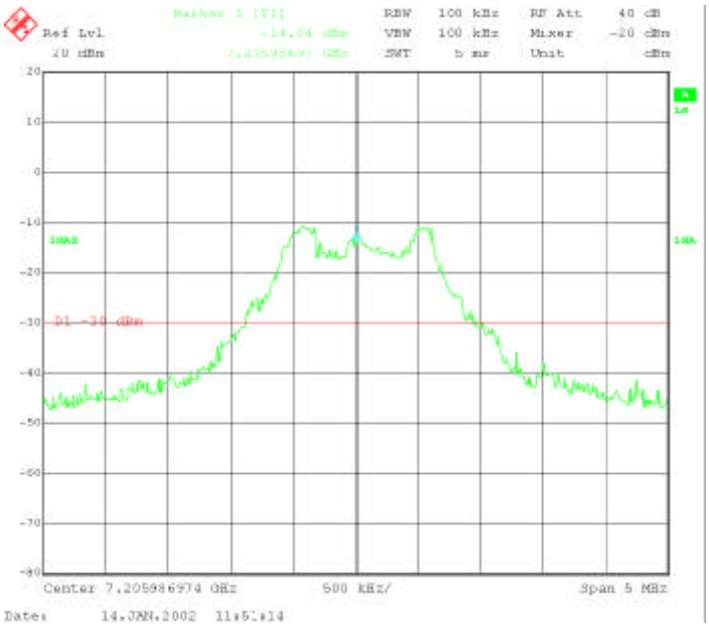
⑨ FREQUENCY 부분의 SPAN 버튼을 눌러 50㎒나 100㎒를 입력하여 좁은 대역에서 스프리어스 발사강도를 측정하면 된다. 측정하고자 하는 주파수가 스펙트럼 분석기의 중심부분으로 오게 하려면 step ⑦부터 ⑧까지의 과정을 차례로 반복하여 SPAN 을 좁혀가며 측정할 수 있다.

⑩ 기술기준에 100㎑ 분해대역폭으로 측정하도록 되어 있으므로 SWEEP 부분의 COUPLING 버튼을 눌러 RBW MANUAL 버튼을 눌러 100㎑가 되게 입력하여 측정한다.

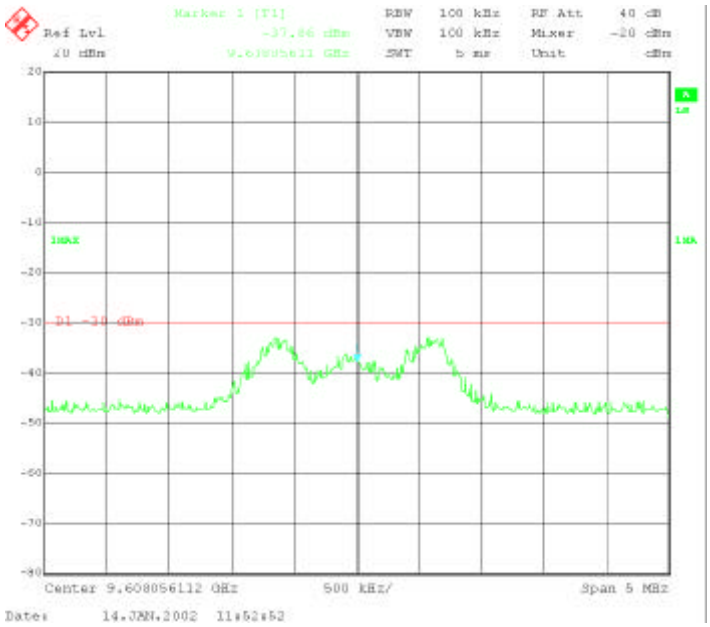
⑪ 다음 <그림 4.8>, <그림 4.9>, <그림 4.10>은 측정 후 제2, 3, 4 고조파에 대한 스퓨리어스의 발사정도를 세밀하게 측정한 결과이다.



<그림 4.8> 제2고조파 측정결과



<그림 4.9> 제3고조파 측정결과



<그림 4.10> 제4고조파 측정결과

⑫ 이미 알고 있는 부품의 감쇄량(케이블 및 방향성결합기)을 측정한 값에 더하여 더 정확한 측정값이 될 수 있도록 해야 한다.

라. 공중선전력

공중선 전력은 버스트 시간의 20 80% 시간동안 평균전력을 측정하여 측정된 평균전력값을 주파수 호핑대역으로 나눈값이 3㎽ 이하가 되도록 규정하고 있다.

(1) 기술기준

송신공중선계 급전선에 공급되는 전력을 주파수 호핑대역(단위는 ㎒로 한다)으로 나눈값이 3㎽ 이하일 것

(2) EUT의 시험조건

▶ 측정상태는 Hopping off, EUT에서 설정할 수 있는 최대출력 상태로 측정해야 한다.

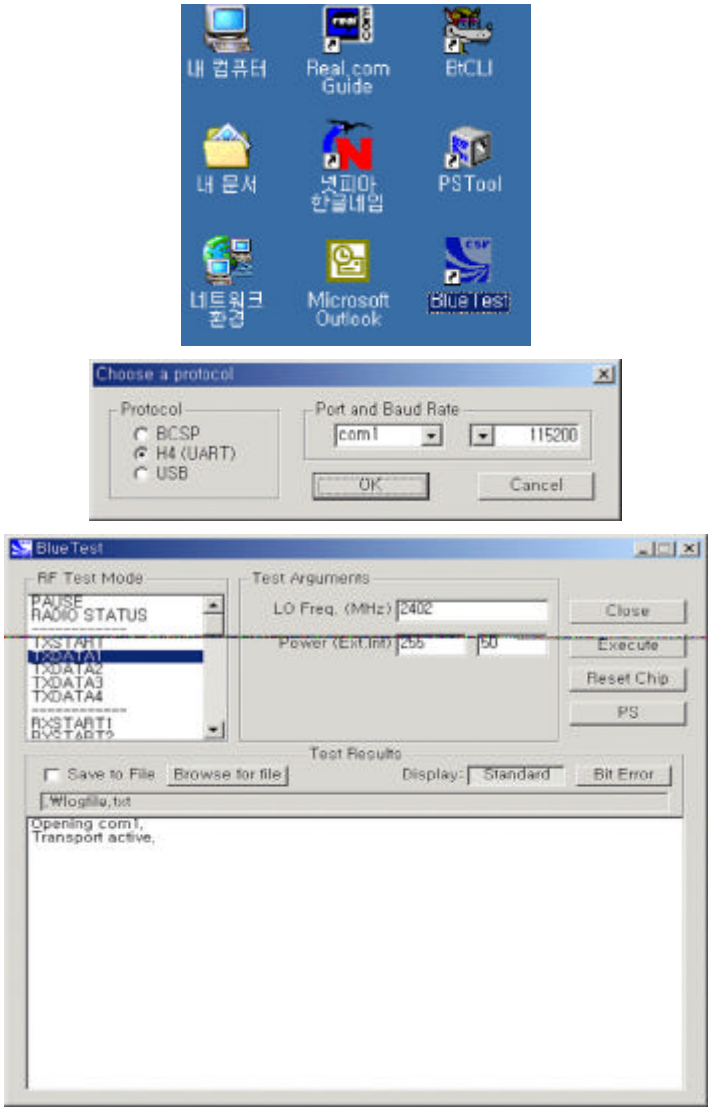
▶ 테스트 Loop back 모드에서 PRBS9 DH5 패킷 상태로 송출해야 한다.

▶ 측정은 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험해야 한다.

(3) 측정절차

① 측정은 2가지 방법을 이용하여 측정할 수 있다.

▶ 측정방법 1 : 스펙트럼 분석기의 입력포트에 직접 EUT 종단을 연결하여 시험할 경우 <그림 4.11>과 같은 순서로 EUT를 제어할 수 있는 프로그램을 실행하여(예 : bluetest) EUT를 출력송신 상태로 하여 측정한다.



<그림 4.11> EUT를 제어하는 과정

▶ 측정방법 2 : 방향성결합기를 이용하여 CMU200과 스펙트럼 분석기를 연결한다.(이때는 연결되는 부품에 손실값을 보상하여야 한다.)

② EUT의 종단에서 측정기(스펙트럼 분석기)로 연결되는 경로의 모든 부품의 총 감쇄량을 측정하여 기록해 둔다.(후에 측정값에 감쇄량을 보상하여 측정값으로 적용해야 한다.)

③ 스펙트럼 분석기를 다음과 같이 설정한다.

▶ 스펙트럼 SYSTEM 메뉴의 PRESET을 눌러 초기화한다.

▶ LEVEL REF 메뉴의 하위메뉴 중 REF LEVEL를 눌러 30㏈m으로 설정한다.

・EUT의 송신출력 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.

▶ EUT를 측정하기 위한 송신상태로 동작시킨다.

▶ FREQUENCY의 CENTER를 2402㎒로 설정한다.

▶ FREQUENCY의 SPAN을 Zero span 상태로 설정한다.

▶ SWEEP 부분의 COUPLING버튼을 눌러 RBW 3㎒로 설정한다.

▶ SWEEP 부분의 SWEEP버튼을 눌러 3㎒(3㎳)로 설정한다.(DH5 패킷)

・DH1 패킷의 경우에는 0.65㎒(0.65㎳)로 설정한다.

▶ SWEEP 부분의 TRIGGER버튼을 눌러 VIDEO를 70㎐(70%)로 설정한다.

▶ SWEEP 부분의 TRIGGER버튼을 눌러 TRIGGER DELAY를 -100㎑(-100㎲)로 설정한다.

▶ TRACE부분의 1번 버튼을 누르고 DETECTOR를 누르고 DETECTOR MAX PEAK를 선택한다

▶ TRACE부분의 1번 버튼을 누르고 AVERAGE를 눌러 AVERAGE 모드로 설정한다.

▶ TRACE부분의 1번 버튼을 누르고 SWEEP COUNT를 누르고 1㎐로 설정한다.

▶ LINES부분의 D LINES를 누르고 TIME LINE1을 선택하여 0.574㎒(0.574㎳)으로 입력 : DH5 패킷의 경우(DH5 패킷의 총 길이가 2870㎲ 이므로 이것의 20%는 0.574㎳이다)

・DH1 패킷의 경우는 총 패킷길이가 366㎲ 이므로 20%는 0.0732㎳이다.

▶ LINES부분의 D LINES를 누르고 TIME LINE2을 선택하여 2.296㎒

(2.296㎳)으로 입력 : DH5 패킷의 경우(DH5 패킷의 총 길이가 2870㎲ 이므로 이것의 80%는 2.296㎳이다)

・DH1 패킷의 경우는 총 패킷길이가 366㎲ 이므로 80%는 0.2928㎳이다.

▶ MARKER부분의 SEARCH를 누르고 SUMMARY MARKER를 선택하고 하위메뉴 중 RMS를 한번 더 눌러 초록색이 없어지도록(반전) 한다.

④ SWEEP부분의 SWEEP버튼을 누르고 SINGLE SWEEP를 눌러 설정(측정이 잘 되지 않을 경우 여러 번 눌러서 측정한다.)

⑤ PEAK값을 측정하는 방법

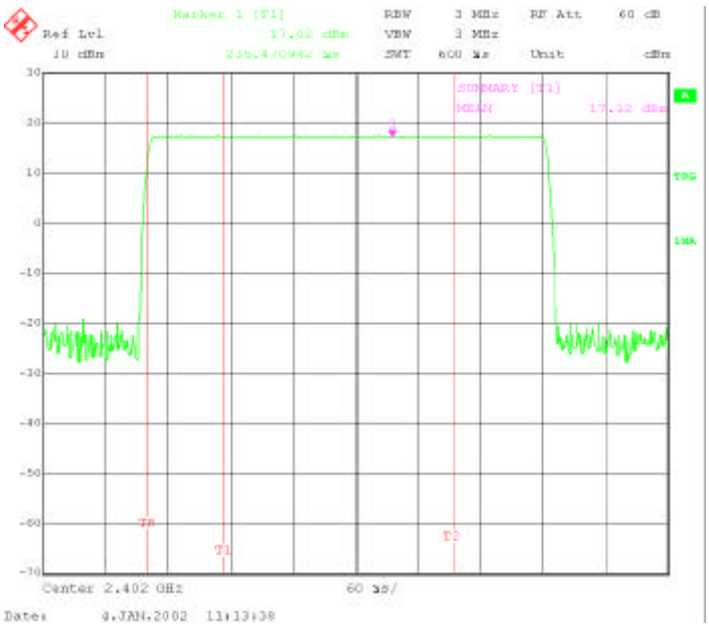
▶ MARKER부분의 SEARCH버튼을 누르고 나타난 하위메뉴 중 PEAK를 눌러 측정값을 기록한다.

⑥ 평균값을 측정하는 방법

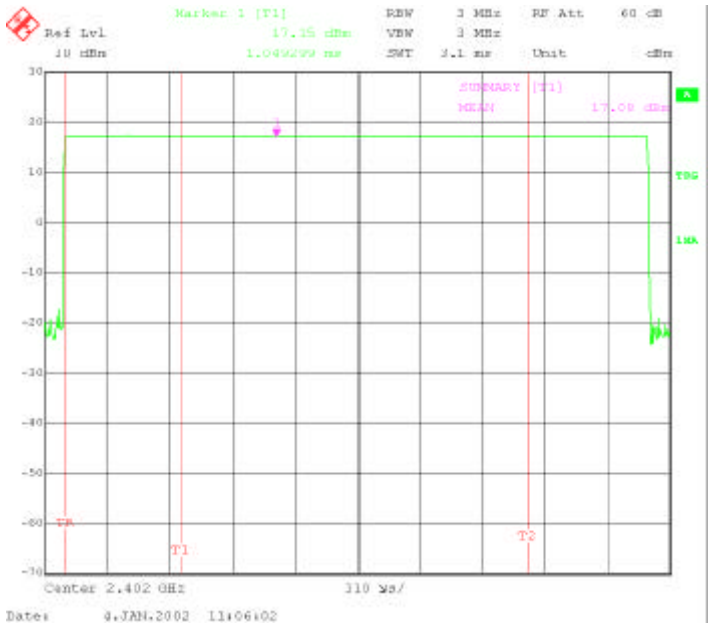
▶ MARKER부분의 SEARCH버튼을 누르고 하위메뉴 중 SEARCH LIM을 눌러 ON상태로 설정한다.

▶ MARKER부분의 SEARCH버튼을 누르고 하위메뉴 중 SUMMARY MARKER의 MEAN버튼을 눌러 화면에서 측정된 값을 기록한다.

⑥ DH1패킷과 DH5패킷상태로 측정한 결과를 <그림 4.12> 과 <그림 4.13> 에서 보여주고 있다.



<그림 4.12> 공중선 전력의 측정결과(DH1 패킷의 경우)



<그림 4.13> 공중선 전력의 측정결과(DH5 패킷의 경우)

⑦ 중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서도 ③부터 ⑥의 과정을 반복한다.

⑧ 측정결과에서 버스트 시간은 피크점에서 3dB 대역폭을 갖는 구간을 버스트 시간이라 하며, 시작점에서 20% 끝점에서 20%를 제외한 T1 T2 구간에서 평균전력을 구한 후, 평균전력 값을 주파수 호핑대역으로 나눈값이 3㎽ 이하가 되도록 규정하고 있다.

마. 점유주파수 대역폭

점유주파수 대역폭은 무선기기가 실제 통신에서 데이터를 주고받을 때에 발사되는 신호 전력의 99%에 해당하는 대역폭을 측정하는 것으로 수험기기는 반드시 최대의 데이터율로 송신하여야 한다. 국내의 점유주파수 대역폭은 총 전력의 99%를 측정하는 것으로 미국이나 유럽의 20dB 대역폭과 유사하며, 일본과는 조금은 상이하다.

(1) 기술기준

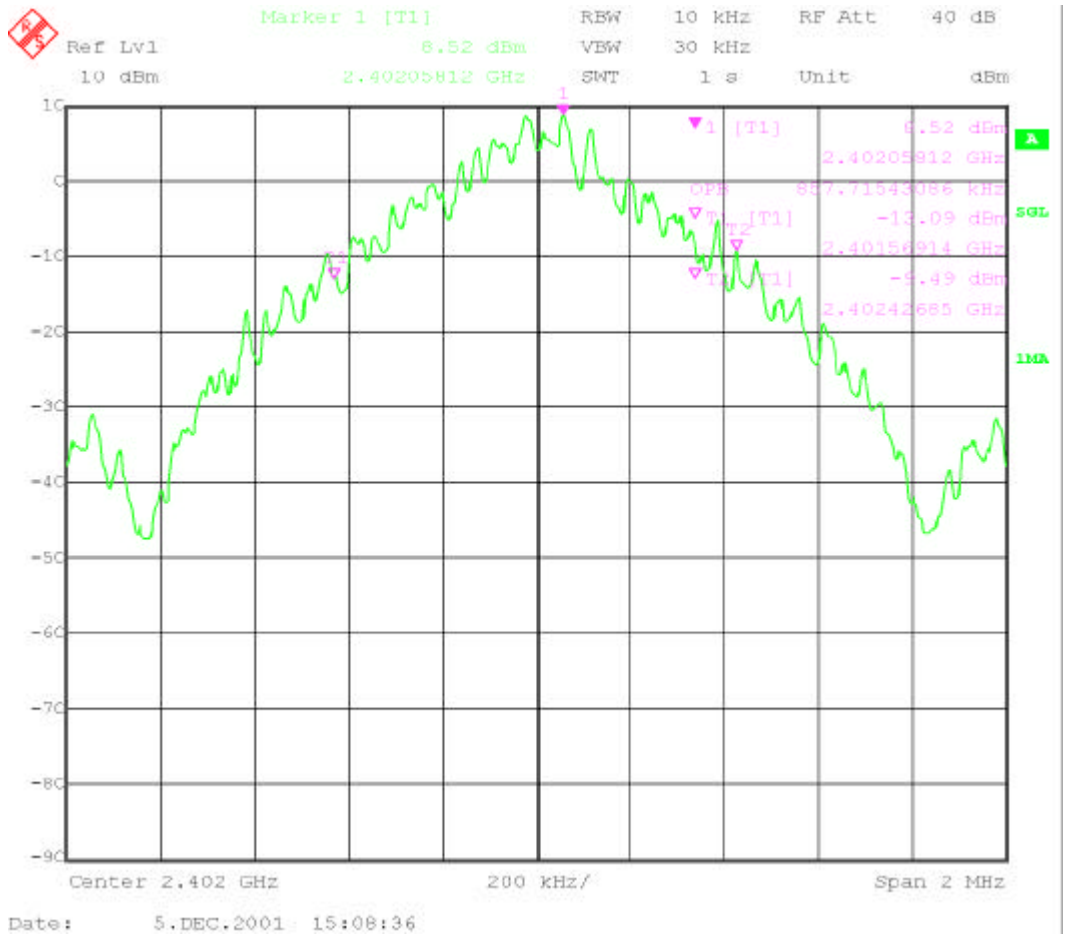
호핑채널당 점유주파수 대역폭은 5㎒ 이하일 것

(2) EUT의 시험조건

▶ 측정상태는 Hopping off, EUT에서 설정할 수 있는 최대출력 상태로 측정해야 한다.
▶ 테스트 Loop back 모드에서 PRBS9 DH1 패킷 상태로 송출해야 한다.
▶ 측정은 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험해야 한다.

(3) 측정절차

① EUT를 측정할 수 있는 동작상태로 하기 위해 적절한 프로그램을 수행시켜 EUT를 활성화시킨다.
② 스펙트럼 분석기를 다음과 같이 설정한다.
  ▶ 스펙트럼 SYSTEM 메뉴의 PRESET을 눌러 초기화한다.
  ▶ LEVEL REF 메뉴의 하위메뉴 중 REF LEVEL를 눌러 20㏈m으로 설정한다.
    ·EUT의 송신출력 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.
  ▶ EUT를 측정하기 위한 송신상태로 동작시킨다.
  ▶ FREQUENCY의 CENTER를 2402㎒로 설정한다.
  ▶ FREQUENCY의 SPAN을 2㎒로 설정한다.
    ·주파수 span은 채널대역폭의 2 3배로 설정해야 한다.
  ▶ SWEEP 부분의 COUPLING버튼을 눌러 RBW 10㎑로 설정한다.
  ▶ TRACE부분의 1번 버튼을 누르고 MAXHOLD를 선택한다.
    ·sweep 수는 10회이다.
  ▶ MARKER부분의 NORMAL 버튼을 누르고 MENU의 ← 화살표를 눌러 OCCUPIED PWR BANDW 모드로 설정한다.
  ▶ TRACE부분의 1번 버튼을 누르고 SWEEP COUNT를 누르고 1㎐로 설정한다.
③ 모든 데이터의 전력합계를 구하여 총 전력으로 한다.
④ 총 전력값의 시작점과 끝점에서 각각 0.5%에 해당하는 점을 찾아 표시한다.
⑤ 총 전력값의 99%에 해당하는 점유주파수 대역폭 측정결과를 <그림 4.14>에서 보여주고 있다.



<그림 4.14> 점유주파수 대역폭 측정결과

⑥ 중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서도 ①부터 ⑥의 과정을 반복한다.

⑦ 측정결과에서 총 전력의 99%의 의미는 시작점에서 총 전력의 0.5% 끝점에서 총 전력의 0.5%를 제외한 T1 T2 구간에서 총 전력이 99%에 해당되는 것을 나타낸다. T1 T2 구간의 대역폭이 5㎒를 초과하지 못하도록 규정하고 있다.

바. 호핑 채널수

호핑 채널의 수는 대략 호핑에 의해 점유되는 전체 운용 가능한 주파수대역을 점유주파수 대역폭으로 나눈 것으로 판단할 수 있으며, 점유주파수 대역폭 5㎒의 기준은 기존의 1㎒ 시스템을 모두 수용할 수 있는 기준이 된다.

호핑되는 채널의 수를 확인하기 위한 것이므로 연결부품의 감쇄와는 무관하며, 측정기의 MAXHOLD 상태에서 호핑이 일어난 주파수의 채널을 파악하는 것이다.

(1) 기술기준

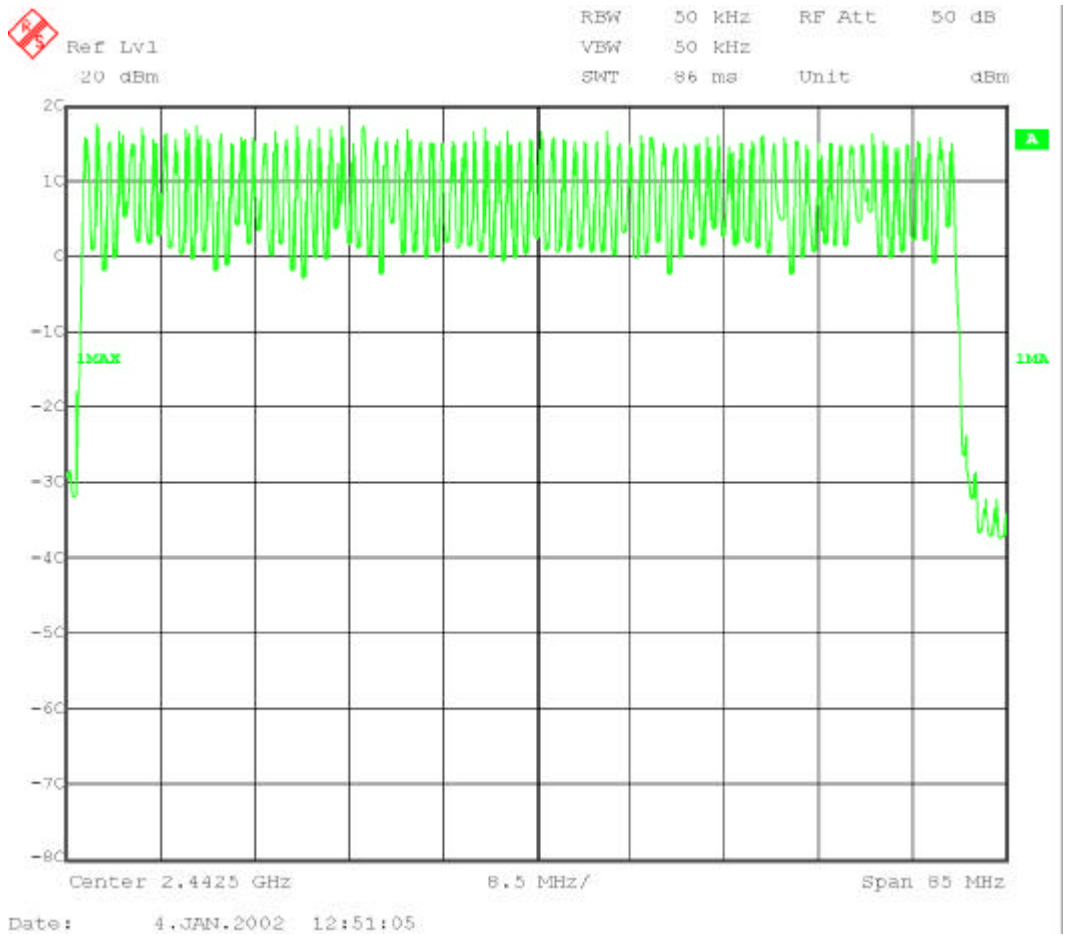
호핑채널은 중첩되지 않는 15개 이상일 것

(2) EUT의 시험조건

▶ 측정상태는 Hopping on, EUT에서 설정할 수 있는 최대출력 상태로 측정해야 한다.
▶ 테스트 Loop back 모드에서 PRBS9 DH1 패킷 상태로 송출해야 한다.

(3) 측정절차

① EUT를 측정할 수 있는 동작상태로 하기 위해 적절한 프로그램을 수행시켜 EUT를 활성화시킨다.
② 스펙트럼 분석기를 다음과 같이 설정한다.
  ▶ 스펙트럼 SYSTEM 메뉴의 PRESET을 눌러 초기화한다.
  ▶ LEVEL REF 메뉴의 하위메뉴 중 REF LEVEL를 눌러 20㏈m으로 설정한다.(EUT의 송신출력 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.)
  ▶ EUT를 호핑 동작모드 PRBS9 DH1 패킷 송신상태로 동작시킨다.
  ▶ FREQUENCY의 START를 2400㎒로 설정한다.
  ▶ FREQUENCY의 STOP를 2485㎒로 설정한다.
  ▶ SWEEP 부분의 COUPLING버튼을 눌러 RBW 100㎑로 설정한다.
  ▶ TRACE부분의 1번 버튼을 누르고 MAXHOLD를 선택한다.
  ▶ MAXHOLD 상태에서 1분이상 2분정도 기다린 다음 호핑이 일어난 주파수의 개수를 세면 그것이 호핑 채널수이다.
③ 스펙트럼으로 측정한 79개 채널의 호핑이 일어난 상태를 <그림 4.15>에서 보여주고 있다.



<그림 4.15> 호핑 채널수 측정결과

사. 호핑순서와 호핑균등여부

호핑순서와 호핑균등여부는 적응형 주파수 호핑 방식을 채택하는 무선기기를 고려한 것으로 전송품질이 좋지 않은 채널은 호핑하지 않으므로 전체 호핑 채널에 대하여 균등하게 호핑하지 못하게 되는 경우를 고려한 조항이다. 또한, 이 시험항목은 제작사나 신청인이 의사랜덤 적용 데이터를 첨부 제시해야 하며, 이 자료를 근거로 인정해 주도록 하고 있다.

(1) 기술기준

호핑순서는 의사랜덤이고 전체 호핑채널에 대하여 균등하게 호핑하는 것일

것. 다만, 반송파감지 기능을 부가한 설비로서 반송파 감지에 의해 호핑하지 않는 채널에 대하여는 예외로 한다.

(2) 확인근거

▶ 신청인은 의사랜덤 적용 데이터를 첨부 제시해야 하며, 이 자료를 토대로 시험적합 여부를 인정할 수 있다.

▶ 스펙트럼 분석기를 이용하여 간접테스트를 해볼 수 있다.

① 호핑채널수의 측정방법과 동일하게 설정해 놓고 Sweep count를 1600번으로 설정하여 Trace는 Maxhold 상태에서 Sweep를 Single sweep으로 하여 Sweep이 1600번이 끊나는 시점에서 빠진 채널이 있는지를 확인해 본다.

② 스펙트럼 분석기 FREQUENCY의 START를 2402㎒로 STOP를 2485㎒로 설정한 후에, RBW는 300㎑, Sweep count를 1600번으로 설정하여 TRACE는 Average 모드, Sweep를 Single sweep로 하여 Sweep이 1600번이 끊나는 시점에서 측정되는 레벨의 편차가 1dB 이내 인지를 확인한다.

아. 호핑채널의 체류시간

호핑채널의 체류시간 측정은 중심주파수를 측정하고자 하는 호핑의 주파수에 두고 span을 Zero span으로 설정하여 스펙트럼 분석기 X축을 시간축이 되게 하여 측정하는 방법이다.

(1) 기술기준

하나의 호핑채널에서 체류시간은 0.4초 이내일 것

(2) EUT의 시험조건

▶ 측정상태는 Hopping off 상태(단일채널 호핑상태)로 설정한다.

▶ EUT에 설정할 수 있는 최대출력 상태 또는 스펙트럼 분석기로 측정할 수 있는 전력으로 송출하도록 해야 한다.

▶ 테스트 Loop back 모드에서 PRBS9 DH5 패킷 상태로 송출하거나 EUT를 제어할 수 있는 프로그램으로 동일한 패킷을 송출해야 한다.

▶ 측정은 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험해야 한다.

(3) 측정절차

① EUT를 측정할 수 있는 동작상태로 하기 위해 적절한 프로그램을 수행시켜 EUT를 활성화시킨다.

② 스펙트럼 분석기를 다음과 같이 설정한다.

▶ 스펙트럼 SYSTEM 메뉴의 PRESET을 눌러 초기화한다.

▶ LEVEL REF 메뉴의 하위메뉴 중 REF LEVEL를 눌러 20㏈m으로 설정한다.

·EUT의 송신출력 크기에 따라 다르게 설정할 수 있다.

▶ FREQUENCY의 CENTER를 2402㎒로 설정한다.

▶ FREQUENCY의 SPAN을 Zero span으로 설정한다.

▶ SWEEP 부분의 COUPLING버튼을 누르고 RES BW MANUAL을 선택하여 1㎒로 설정한다.

▶ SWEEP 부분의 SWEEP버튼을 눌러 3㎒(3㎳)로 설정한다.

·DH5 패킷의 길이가 3㎳ 보다 짧기 때문이다.

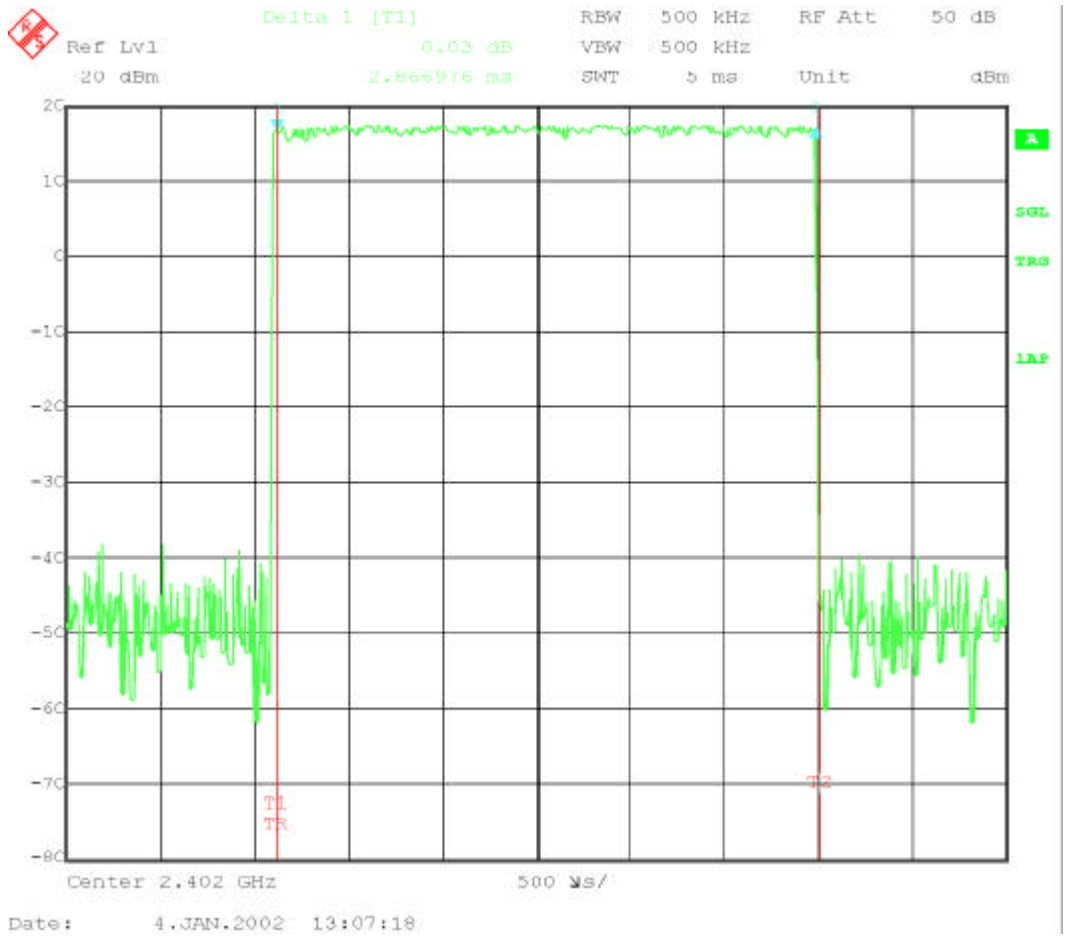
▶ SWEEP 부분의 TRIGER버튼을 누르고 하위메뉴의 VIDEO를 80㎐(80%)로 설정한다.

▶ MARKER 부분의 NORMAL 버튼을 누르고 MARKER를 이용해 파형이 끊나는 부분으로 이동하여 표시되는 마커의 시간을 읽으면 그것이 호핑채널 체류시간이 된다.

③ EUT를 측정하고자 하는 채널과 가장긴 패킷 PRBS9 DH5 패킷상태로 송신하도록 설정한다.

④ 스펙트럼으로 측정한 호핑채널의 체류시간을 <그림 4.16>에서 보여주고 있다.

⑤ 중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서도 ①부터 ④의 과정을 반복한다.



<그림 4.16> 호핑채널의 체류시간 측정결과

⑥ 측정결과에서 신호 시작점에서 끝점까지의 시간을 측정하는 방법으로 신호 끝점에 마커를 표시하여 측정한 값이 체류시간이다. <그림 4.16>에서 T1 T2 구간의 시간이 체류시간이다.

제 2 절 블루투스 SIG 시험방법

SIG의 블루투스 Radio 시험규격에 규정된 측정항목은 위에서 설명하였듯이 크게 송신기, 수신기, 송수신기 부분으로 분류되어 있다. 이 시험규격의 목적은 블루투스 제품들간의 상호운용을 위한 블루투스 소자의 적합성 시험을 위한 것이다. 먼저 송신기 부분 9개 시험항목에 대한 측정절차는 다음과 같다.

1. 송신기 시험방법

송신기 측정항목은 Output Power, Power Density, Power Control, TX Output Spectrum-Frequency Range, TX Output Spectrum-20dB Bandwidth, TX Output Spectrum-Adjacent Channel Power, Modulation Characteristics, Initial Carrier Frequency Tolerance, Carrier Frequency Drift 등 9개 항목으로 나누어져 있다. 각각의 시험항목별로 측정절차를 살펴보면 다음과 같다.

가. Output Power 측정절차

이 시험규격 목적은 EUT의 평균 RF 출력전력에 대해 검증하기 위한 측정항목이다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping on 상태로 설정
▶ EUT가 전력제어를 지원한다면 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 시험기는 가장 길게 지원하는 PRBS 9 패킷을 EUT로 송신한다.
ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.
  ▶ 중심주파수 : 가장 낮은 동작주파수(2402㎒)
  ▶ Span : Zero Span

▶ Resolution Bandwidth : 3MHz

▶ Video Bandwidth : 3MHz

▶ Detector : Peak

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : packet type(하나의 완전한 packet)에 의존한다.

▶ Trigger : extern (to signalling unit)

ⓒ EUT가 spectrum analyzer의 중심주파수로 burst를 최초 전송시에는 전체 burst 지속기간이 sweep 되도록 triggering 한다.

ⓓ Trace에서 최대 전력값(Peek Power : P_{pk})을 기록하고 burst 시간중 적어도 20%에서 80% 이상 평균전력(average power : P_{av})을 계산한다. 여기서 burst 시간은 평균전력과 비교하여 3dB 감소하는 leading과 trailing 사이의 시간을 의미한다.

ⓔ 중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서도 ⓑ부터 ⓓ의 과정을 반복한다.

ⓕ 모든 국가의 특정 hopping 모드에 대해서 ⓐ부터 ⓔ의 과정을 반복한다.

ⓖ 극한시험조건에서도 ⓐ부터 ⓕ의 과정을 반복한다.

ⓗ 복사전력을 측정시에는 안테나의 이득을 합산한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

① P_{av} < 100㎽ (20dBm) EIRP

② P_{pk} < 200㎽ (23dBm) EIRP

③ EUT가 전력등급 1 장치이면 : P_{av} > 1㎽ (0dBm)

④ EUT가 전력등급 2 장치이면 : 0.25㎽(-6dBm)<P_{av}<2.5㎽(4dBm)

⑤ EUT가 전력등급 3 장치이면 : P_{av} < 1㎽ (0dBm)

나. Power Density 측정절차

이 시험규격 목적은 최대 RF 전력밀도가 기준 허용치 범주내에 속하는지를 인증하기 위한 것이다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를

이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping on 상태로 설정
▶ EUT가 전력제어를 지원한다면 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 시험기는 가장 길게 지원하는 PRBS 9 패킷을 EUT로 송신한다.
ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.
  ▶ 중심주파수 : 2441㎒
  ▶ Span : 240㎒(100㎑ 밴드의 출력밀도 측정이므로 전 대역을 측정할 수 있도록 충분히 넓게 설정)
  ▶ Resolution Bandwidth : 100㎑
  ▶ Video Bandwidth : 100㎑
  ▶ Detector : Peak
  ▶ Mode : Maxhold
  ▶ Sweep time : 1 sec per 100㎑ span
  ▶ Trigger : freerun
ⓒ Trace를 수행, 최대전력을 주는 주파수로 스펙트럼 아날라이져의 중심주파수를 설정한다.
ⓓ 스펙트럼 Analyzer를 Zero span 및 1분의 sweep time으로 설정한 후, single sweep을 수행한다.
ⓔ 전력밀도는 ⓓ의 과정에서 찾은 peak 값이 된다.
ⓕ 극한시험조건에서도 ⓐ부터 ⓔ의 과정을 반복한다.

ⓖ 다른 국가의 특정 hopping mode에 대해서 ⓐ부터 ⓕ의 과정을 반복한다.
ⓗ 안테나이득은 ⓐ부터 ⓖ의 과정에서 측정된 결과에 합산한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ Power Density < 100㎽(20㏈m) per 100㎑ EIRP

다. Power Control

이 시험규격 목적은 전력제어 레벨이 기준 허용치 범주내에 속하는지를 인증하기 위한 것이다. 전력제어 측정은 전력제어를 지원하는 전력등급 1 장비에 대해서 요구하고 있다. 전력제어는 0㏈m 이상의 송신전력을 제한하기 위해서 이용되며, 0㏈m 이하의 송신전력을 갖는 전력제어는 선택적이다. 전력제어는 2 8㏈m의 step으로 조절 가능하여야 한다. 즉, step을 4㏈m으로 할 경우, 측정된 최대출력이 18㏈m 이라면 18, 14, 8, 4, 0㏈m으로 제어가 가능해야 한다. 최대 전송전력 20㏈m을 갖는 전력등급 1 장비는 4㏈m 또는 그보다 더 낮게 전송전력을 제어할 수 있어야 한다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0㏈이어야 한다. 시험은 정상시험조건에서만 측정하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다. 각각의 주파수 대역에서 다음의 과정에 따라 측정을 수행해야 한다.

▶ LMP 명령어를 이용하여 EUT를 최대출력 송출상태로 만들고 출력을 기준 허용치와 비교한다.
▶ LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력을 단계별로 감소시키면서 감소된 출력을 기준 허용치와 비교한다.
▶ 최소전력에 도달할 때까지 위의 과정을 반복한다.
▶ 최소 출력전력을 측정한다.
▶ LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력을 단계별로 증가시키면서 증가된

출력을 기준 허용치와 비교한다.

▶ 최대 출력에 도달할 때까지 위의 과정을 반복한다.

▶ 최대 출력을 기록하고 기준 허용치와 비교한다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, EUT를 최저 송신주파수 상태로 설정한 후 PRBS 9 DH1 패킷을 EUT로 송신한다.

ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.

▶ 중심주파수 : 가장 낮은 동작주파수(2402㎒)

▶ Span : Zero Span

▶ Resolution Bandwidth : 3MHz

▶ Video Bandwidth : 3MHz

▶ Detector : Peak

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : 하나의 완전한 DH1 패킷

▶ Trigger : extern (to signalling unit)

ⓒ EUT가 spectrum analyzer의 중심주파수로 burst를 최초 전송시에는 전체 burst 지속기간이 sweep 되도록 triggering 한다.

ⓓ Trace에서 최대 전력값(Peek Power : P_{pk})을 기록하고 burst 시간중 적어도 20%에서 80% 이상 평균전력(average power : P_{av})을 계산한다. 여기서 burst 시간은 평균전력과 비교하여 3dB 감소하는 leading과 trailing 사이의 시간을 의미한다.

ⓔ EUT의 출력을 전력제어 step 만큼 최저치까지 단계적으로 감소시키면서 ⓑ부터 ⓓ의 과정을 반복한다.

ⓕ EUT의 출력을 전력제어 step 만큼 최고치까지 단계적으로 증가시키면서 ⓑ부터 ⓓ의 과정을 반복한다.

ⓖ 중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서도 ⓑ부터 ⓕ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다. 예상 측정 결과값은 출력전력 증감크기와 최저출력을 의미하며, 최저출력은 EUT의 전력등급에 따라 다르다.

① 전력제어의 증감크기 : 2㏈ ≤ 증감크기 ≤ 8㏈

② 전력등급 1 장비를 위한 최소전력 step : P_{av} < 4㏈m

라. TX Output Spectrum - Frequency Range

이 시험규격 목적은 동작주파수(2.4 2.4835㎓) 방사가 기준 허용치 내에 있는지 여부를 입증하기 위한 것이며, Lower Guard Band는 2㎒이고 Upper Guard Band는 3.5㎒로 규정되어 있다. 세계 대다수 나라들은 주파수 2400 2483.5㎒를 블루투스 대역으로 사용하고 있다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0㏈이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건에서 측정해야 하며, 저(2402㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, EUT를 최저 송신주파수 상태로 설정한 후 PRBS 9 DH1 패킷을 EUT로 송신한다.

ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.

▶ start frequency : 최소(2399㎒), 최고(2475㎒)

▶ stop frequency : 최소(2405㎒), 최고(2485㎒)

▶ Resolution Bandwidth(RBW) : 100㎑

▶ Video Bandwidth : 300㎑

▶ Detector : Peak

▶ Mode : averaging

▶ Sweep time : 2s(적어도 샘플당 하나의 burst)

▶ Trigger : extern (to signalling unit)

▶ Number of sweeps : 50

ⓒ spectral 전력밀도가 -80㏈m/㎐ EIRP(또는 -30㏈m/100㎑)의 이하로 떨어질 때, 동작주파수 아래에서 가장 낮은 주파수(F_L)를 찾는다.

ⓓ EUT를 최고 송신주파수(2480㎒)로 설정한다.

ⓔ Spectrum analyzer 중심주파수를 가장 높은 송신주파수로 설정한다.

ⓕ spectral 전력밀도가 -80㏈m/㎐ EIRP(또는 -30㏈m/100㎑)의 이하로 떨어질 때, 동작주파수 위에서 가장 높은 주파수(F_H)를 찾는다.

ⓖ 극한시험조건에 대해서도 ⓐ부터 ⓕ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 하며, F_L 과 F_H 는 허용된 주파수 범위에 있어야 한다.

▶ 허용된 주파수범위(79채널) : 2.4 2.4835㎓

마. TX Output Spectrum - 20dB Bandwidth

이 시험규격 목적은 점유주파수 대역폭이 20dB 대역폭에서 1㎒ 기준 허용치 내에 있는지 여부를 입증하기 위한 것이다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건에서 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다. <표 4.2>는 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대한 EUT의 송신과 수신주파수를 보여주고 있다.

<표 4.2> EUT의 송신과 수신 주파수

저(2402㎒) 동작주파수		중(2441㎒) 동작주파수		고(2480㎒) 동작주파수	
EUT f_{TX}	EUT f_{RX}	EUT f_{TX}	EUT f_{RX}	EUT f_{TX}	EUT f_{RX}
2402 ㎒	2480 ㎒	2441 ㎒	2402㎒	2480 ㎒	2402㎒

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.
▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, EUT를 최저 송신주파수 상태로 설정한 후 PRBS 9 DH1 패킷을 EUT로 송신한다.
ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.

▶ 중심주파수 : 가장 낮은 송신 동작주파수(2402㎒)

▶ Resolution Bandwidth(RBW) : 10㎑

▶ Video Bandwidth : 30㎑

▶ Span : 2㎒

▶ Detector : Peak

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : auto

▶ Trigger : freerun

▶ Number of sweeps : 10

ⓒ 전송채널에서 가장 높은 전력값을 찾은 후, 20㏈ 감소하는 최소(F_L) 및 최대(F_H) 주파수를 찾아서 주파수 범위 $\Delta f = | F_H - F_L |$를 계산한다. 여기서, 주파수 범위 $\Delta f = | F_H - F_L |$ 가 20㏈ 대역폭이다.

ⓓ EUT를 중간 동작주파수(송신 : 2441㎒, 수신 : 2402㎒) 와 최고 동작주파수(송신 : 2480㎒, 수신 : 2402㎒)로 설정하여 ⓑ부터 ⓒ의 과정을 반복한다.

ⓔ 극한시험조건에 대해서도 ⓐ부터 ⓓ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ Transmit spectrum의 마스크 범위 : $\Delta f = | F_H - F_L | \leq 1㎒$

바. TX Output Spectrum - Adjacent Channel Power

이 시험규격 목적은 Spurious Emission을 양으로 나타내기 위해 사용하며 인접채널의 경우 주파수 Offset ±500㎑에서 -20㏈c로 규정되어 있다. 다른 채널에 대해서는 채널차가 |M-N|=2에 대하여 -20㏈m, |M-N|≥3에 대하여 -40㏈m으로 규정하고 있으며, 이 기준 허용치 범주내에 속하는지를 인증하기 위한 것이다. EUT가 채널 M에서 송신하고 인접채널 N에 대한 전력이 측정되며, N은 전체 규격범위를 커버해야 한다. 각각의 동작주파수에 대해서 1㎒ 대역폭을 갖는 3개의 밴드까지만 허용한다. 즉, 3개까지는 불합격되어도

상관없지만, 이들 3개의 주파수에 대해서도 -20dBm 절대치를 초과해서는 안 된다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, f(3 : 2406㎒)·중(2441㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정
▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, 송신주파수를 index M, 시험기에서의 측정주파수를 index N으로 정의하면 최초에 $f_{TX}=f(3)(M=3)$으로 전송되도록 EUT를 설정한다.
ⓑ N=0으로 설정한다.(N : 측정주파수)
ⓒ 시험기를 PRBS9 DH1 패킷으로 EUT에 전송한다.
ⓓ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.
  ▶ 중심주파수 : f(N)-450㎑
  ▶ Span : Zero Span
  ▶ Resolution Bandwidth : 100㎑
  ▶ Video Bandwidth : 100㎑
  ▶ Detector : Average
  ▶ Mode : Maxhold
  ▶ Sweep time : 100㎳
  ▶ Number of sweeps : 10
ⓔ Trace의 최대전력값 P_{TXn}을 결정한다.

ⓕ 100㎑ 만큼 중심주파수를 증가시킨다.

ⓖ 중심주파수=f(N)+450㎑까지 step ⓔ부터 ⓕ의 과정을 반복한다.

ⓗ P_{TX} (f) = ∑(P_{TXk}), k = 1....10 을 계산한다.

ⓘ N=N+1로 1 ㎒ 만큼 중심주파수를 증가시킨다.

ⓙ f(N)이 최대 송신주파수를 초과할 때까지 step ⓒ부터 ⓘ의 과정을 반복한다.

ⓚ EUT 송신주파수(f_{TX})를 중간 동작주파수와 최대 동작주파수가 f(M_{max})라 할 때 주파수를 f(M_{max}-3)으로 설정한다.

ⓛ N=0으로 설정한 후 step ⓒ부터 ⓙ의 과정을 반복한다.

ⓜ 극한시험조건 하에서도 ⓐ부터 ⓛ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

① M-N = 2 에서는 P_{TX}(f) ≤ -20㏈m

② M-N ≥ 3 에서는 P_{TX}(f) ≤ -40㏈m

사. Modulation Characteristics

이 시험규격 목적은 서로 다른 GFSK 변조패턴에 대한 변이를 결정하기 위한 것이다. 블루투스 표준규격 V1.1의 변조방식은 BT=0.5를 갖는 GFSK 변조방식을 사용하고 변조지수는 0.28에서 0.35이며, 심볼주기는 ±20ppm보다 더 좋도록 규정하고 있다. 변조특성 측정은 주파수 편이 측정이며, 변조특성 측정을 위해서는 반복하는 8 비트열 집합 2개(00001111 및 01010101)가 페이로드로써 사용된다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0㏈ 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, 가장 낮은 동작주파수(2402㎒)로 전송되도록 EUT를 설정한다.

ⓑ 시험기는 페이로드(payload) 11110000...의 비트 패턴을 갖는 가장 길게 지원되는 패킷을 전송한다. 이때 시험기의 측정 대역폭은 적어도 3㎒가 되도록 설정해야 한다.

ⓒ 시험기는 EUT의 패킷으로부터 비트시작 p0의 위치를 다음과 같이 설정해야 한다.

- 첫 번째 프리앰블 비트인 p0의 시작은 시간 축에서 액세스 코드 Trailer의 첫 번째 비트보다 68비트 전에 발생하며, p0는 패킷에서 모든 zero crossing 점의 평균으로 계산된다. 여기서 Assess Code trailer의 첫 번째 비트는 변조된 carrier가 채널주파수를 통과하여 주파수 deviation이 시작하는 점이다. Bit 패킷에서 m번의 zero crossing이 발생할 경우, i번째 zero crossing time이 t(i)㎲일때(이 시간이 p(i)에 해당), 비트 p0 시작시간 t0는 $\frac{1}{m}$ ∑t(i)-p(i)*bit time (1<=i<=m) 이다.

ⓓ 시험기는 payload의 8bit "00001111" 각각의 주파수에 대한 평균 주파수를 계산한다. 정확한 주파수 편차 값을 결정하기 위하여 최소한 4번 이상 샘플링을 수행해야 하며, 각각의 bit에 대한 4개 이상의 샘플에 대한 평균을 취한다. 8bit의 각 2번째, 3번째, 6번째, 7번째에 대해 bit 주기 내의 평균 주파수로부터 편차를 $\Delta f1_{max}$로 기록한다. 여기서, $\Delta f1_{max}$ = 4번 이상 샘플링한 8비트 순차열의 평균 주파수이다.

ⓔ 측정된 모든 $\Delta f1_{max}$ 의 평균 $\Delta f1_{avg}$ 를 계산한다.

ⓕ 시험기는 payload 10101010...의 비트패턴을 갖는 가장 길게 지원되는 패킷을 전송한다.

ⓖ 시험기는 EUT의 packet으로부터 비트시작 p0의 위치를 결정하며, 이것이 페이로드 비트를 확인하는 기준이 된다.

ⓗ 시험기는 8bit "01010101" 순차열에 대해서 각각의 평균 주파수를 계산한다. bit 주기 내의 평균 주파수로부터 최대 편차를 ■$f2_{max}$로 기록한다.

ⓘ 측정된 모든 ■$f2_{max}$ 의 평균 ■$f2_{avg}$ 를 계산한다.

ⓙ 적어도 10개의 packet에 대해서 ⓑ부터 ⓘ까지의 과정을 반복한다.

ⓚ EUT를 중간 동작주파수(송신 : 2441㎒, 수신 : 2402㎒)와 최고 동작주파수(송신 : 2480㎒, 수신 : 2402㎒)로 설정하여 step ⓑ부터 ⓙ까지의 과정을 반복한다.

ⓛ 극한시험조건 하에서도 ⓐ부터 ⓚ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다. 최대 주파수 편차 ■$f1_{max}$ 측정값이 적어도 99.9%가 140 ≤ 175㎑ 범위에 있어야 한다. 또한, ■$f2_{max}$ 측정값이 적어도 99.9%가 115㎑보다 커야 한다.

① 모든 ■$f1_{max}$ 의 측정값이 적어도 99.9%가 140㎑ ≤ ■$f1_{max}$ ≤ 175㎑ 범위에 있어야 한다.

② 모든 ■$f2_{max}$ 의 측정값이 적어도 99.9%가 ■$f2_{max}$ ≥ 115㎑ 범위에 있어야 한다.

③ $\frac{■f2_{avg}}{■f1_{avg}}$ ≥ 0.8.

아. Initial Carrier Frequency Tolerance

이 시험규격 목적은 송신기 중심주파수가 ±75㎑ 범주내에 있는지 여부를 검증하기 위한 것이다. 이는 어떤 정보가 전송되기 전의 주파수 정확도로서 정의되어 진다. 즉, 초기 캐리어 주파수 허용오차 시험은 송신기의 캐리어 주파수 정확도를 측정하기 위한 것이다. 측정은 전도측정으로 수행하고

EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정
▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, 가장 낮은 동작주파수(2402㎒)로 전송되도록 EUT를 설정하여 PRBS9 DH1 패킷을 시험기로 전송한다.
ⓑ 시험기는 EUT의 패킷으로부터 비트시작 p0의 위치를 결정한다.
ⓒ 시험기는 EUT의 송신채널에서 패킷 4개의 프리엠블 비트와 그 뒤에 이어지는 1개 비트의 중심주파수를 측정, 평균하여 이를 캐리어 주파수 f_0라 한다.
ⓓ 최소한 10 패킷에 대해서 step ⓑ부터 ⓒ까지의 과정을 반복한다.
ⓔ EUT를 중간 동작주파수(송신 : 2441㎒, 수신 : 2402㎒)와 최고 동작주파수(송신 : 2480㎒, 수신 : 2402㎒)로 설정하여 step ⓑ부터 ⓓ까지의 과정을 반복한다.
ⓕ EUT 동작모드를 hopping on 상태로 전환한 후, 각각의 동작채널에 대해서 step ⓑ부터 ⓔ까지의 과정을 반복한다.
ⓖ 극한시험조건 하에서도 ⓐ부터 ⓕ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다. 각각의 채널은 허용오차가 ±75㎑ 범위에 있어야 한다.

▶ f_{rx} - 75㎑ ≤ f_0 ≤ f_{rx} + 75㎑

자. Carrier Frequency Drift

이 시험규격 목적은 송신기의 중심주파수가 페이로드 시간동안 최대 400㎐/㎲ 속도로 25㎑/40㎑ 범위안에서 변화되는가를 검증하기 위한 것이다. 즉, 송신 중심주파수는 <표 4.3>에 나와있는 기준치를 초과해서는 안 된다.

<표 4.3> 주파수 편차 허용치

Type of Packet	Frequency Drift
One slot packet	± 25 ㎑
Three slot packet	± 40 ㎑
Five slot packet	± 40 ㎑

측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0㏈ 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, 가장 낮은 동작주파수(2402㎒)로 전송되도록 EUT를 설정하여 PRBS9 DH1/DH3/DH5 패킷을 시험기로 전송한다.

ⓑ 시험기는 EUT의 패킷으로부터 비트시작 p0의 위치를 결정한다.

ⓒ 시험기는 EUT의 송신채널에서 패킷 4개의 프리엠블 비트와 그 뒤에 이어지는 1개 비트의 중심주파수를 측정, 평균하여 이를 캐리어 주파수 f_0라 한다.

ⓓ 시험기는 페이로드 body의 모든 10bit 심볼마다 주파수 deviation의 평균을 계산하며, 이를 f_K 라 한다. 측정은 두 번째 페이로드 비트로부터 시작하므로 처음의 10 비트 블록은 페이로드 비트 211을 포함한다.

ⓔ 최소한 10 패킷에 대해서 step ⓑ부터 ⓓ까지의 과정을 반복한다.

ⓕ 모든 패킷 데이터(DH1/3/5)에 대해서도 step ⓑ부터 ⓔ까지의 과정을 반복한다.

ⓖ EUT를 중간 동작주파수(송신 : 2441㎒, 수신 : 2402㎒)와 최고 동작주파수(송신 : 2480㎒, 수신 : 2402㎒)로 설정하여 step ⓑ부터 ⓕ까지의 과정을 반복한다.

ⓗ EUT 동작모드를 hopping on 상태로 전환한 후, 각각의 동작채널에 대해서 step ⓑ부터 ⓖ까지의 과정을 반복한다.

ⓖ 극한시험조건 하에서도 ⓐ부터 ⓗ의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다. 주파수 편차 허용치는 4개의 프리엠블 비트에 대한 평균주파수 f_0와 10개의 비트 심벌의 평균주파수 f_K간의 차이이다.

▶ $|f_{K+1} - f_K| \leq 4000\text{Hz}$, $k=0...max$

주파수 변화율을 모든 패킷에서 400Hz/μs 이어야 하며, 최대 변화율은 2개의 인접된 4비트 그룹간의 차이이다.

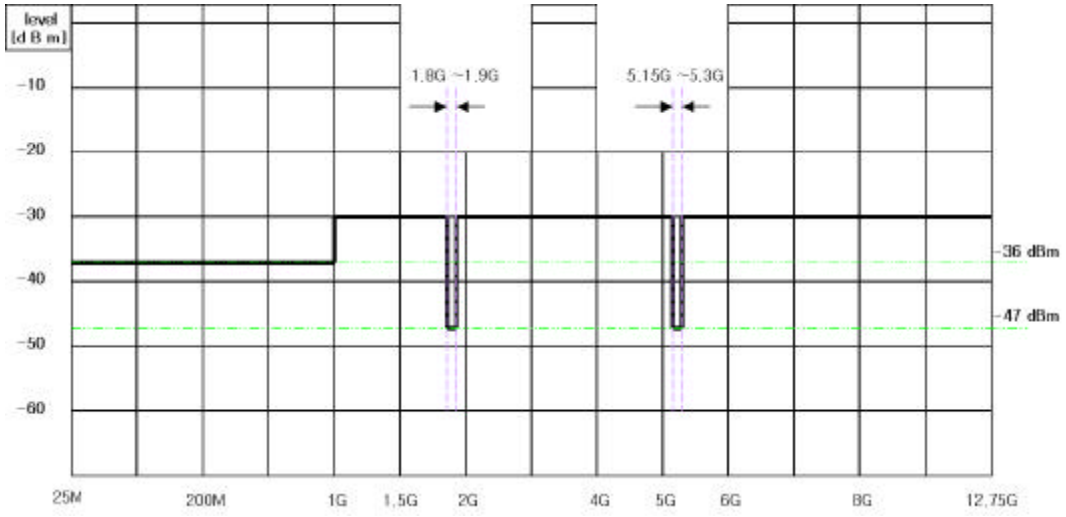
2. 송수신기 시험방법

Out-of-band 불요발사에 관한 규정은 각 나라마다 정해져 있으며, 미국은 FCC part 15.247, 15.249, 15.205의 규정을 따르며, 유럽은 ETSI 300 328 규격을 따르고 있다. 블루투스 표준규격 V1.1에서는 ETSI 300 328 규격을 따르고 있으며, <표 4.4>에서 Out-of-band 불요발사 규격을 보여주고 있다.

<표 4.4> Out-of-band 불요발사

주파수대역	동작모드	대기모드
30 MHz 1 GHz	- 36 dBm	- 57 dBm
1 GHz 12.75 GHz	- 30 dBm	- 47 dBm
1.8 GHz 1.9 GHz	- 47 dBm	- 47 dBm
5.15 GHz 5.3 GHz	- 47 dBm	- 47 dBm

<표 4.4>에서 보여주고 있는 기준치를 그림으로 나타내면 <그림 4.17>과 같이 나타낼 수 있으며, 동작모드에 대해서만 살펴보았다. 또한, 송수신기 측정항목에서는 Out-of-band 불요발사에 관한 1개의 항목만을 측정하도록 하고 있다.



<그림 4.17> Out-of-band 불요발사 reference line

가. Out-of-band 불요발사

이 시험규격 목적은 Out-of-band 불요발사는 2.4 2.4835㎓ 주파수대역 외에서 허용 기준치 이하에 있는지 여부를 검증하기 위한 것이다. 즉, 이 측정방법은 30㎒ 12.75㎓에서 <표 4.4>의 허용 기준치를 만족하는지 여부를 검증하기 위한 것이다. 측정은 전도측정과 방사측정 상태에서 시험을 수행하도록 하고 있다. 전도측정방법으로 측정을 수행할 경우에 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결되며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용한다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. Out-of-band 불요발사 측정은 30㎒ 12.75㎓의 주파수대역에서 수행하도록 하고 있다. 방사측정방법으로 측정을 수행할 경우에는 EUT와 측정기 사이는 전파로 연결된다. Out-of-band 불요발사 측정은 80㎒ 7㎓의 주파수대역에서 수행하도록 하고 있다. 7㎓ 상한주파수는 EUT의 안테나 특성에 따라 달라진다. 또한, 전도측정은 정상과 극한시험조건 하에서 측정해야 하며, 방사측정 시험은 정상시험조건에서만 수행해야 한다. 그리고 저(2402㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.
▶ 시험기는 PRBS9 DH1 패킷을 EUT에 전송하도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

Out-of-band 불요발사 측정은 ETS 300 328에 의한 전도측정 및 방사측정, FCC 15.247에 의한 전도측정 및 방사측정 등 4가지 방법에 따라 측정하도록 하고 있다.

(가) ETS 300 328에 의한 측정절차

안테나 포트를 갖는 EUT는 전도측정 및 방사측정을 모두 수행할 수 있으

며, 안테나 포트가 없는 EUT는 방사측정을 수행하며 주파수범위는 30㎒에서 12.75㎓까지 측정하도록 하고 있다. ETS 300 328에 의한 전도측정 및 방사측정은 아래와 같은 측정절차로서 수행되어야 한다.

ⓐ 송신기를 최대 출력상태로 동작시키고, EUT를 최저 송신주파수(f_{TX}) 와 최고 수신주파수(f_{RX})에서 작동하도록 설정하여 허용치보다 6dB 낮은 Out-of-band 주파수를 찾도록 한다.

ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.

▶ Span : 100㎒

▶ Resolution Bandwidth : 100 kHz

▶ Video Bandwidth : 100 kHz

▶ Detector mode : Peak

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : 1 second, single sweep

▶ amplitude: adjust for middle of the instrument's range

▶ Adjust spectrum analyzer center frequency to 80 MHz

ⓒ Start Sweep

ⓓ 불요발사가 허용치보다 6dB 이하이면 resolution bandwidth를 30㎑에 맞추고, span은 그것에 따라 조정한다. 만약 불요발사가 2dB 이상으로 수준이 바뀌지 않는다면 관찰된 값을 기록한다. (동작 주파수범위(2.4 2.4835㎓) 밖의 peak 값만 기록)

ⓔ Spectrum analyzer 중심주파수를 100㎒ 증가시킨다.

ⓕ 최대 주파수가 측정될 때까지 step ⓒ부터 ⓔ까지의 과정을 반복한다.

ⓖ 전력제어가 가능한 EUT는 가장 낮은 출력상태에서 step ⓐ부터 ⓕ까지의 과정을 반복한다.

ⓗ EUT가 중간 및 최대 동작주파수로 송신토록 설정하고 step ⓐ부터 ⓖ까지의 과정을 반복한다.

ⓘ 아래와 같이 sweep time을 설정하고 EUT를 standby mode로 하여 step인 EUT에 대해 step ⓐ부터 ⓕ까지의 과정을 반복한다.

・standby mode 측정에 대한 sweep time은 EUT의 inquiry scan interval 과 inquiry scan duration으로부터 얻을 수 있다. Sweep time

은 inquiry scan duration이다. sweep의 수는 inquiry scan interval을 전부 포함하도록 선택한다. sweep time이 span을 포함하기에 너무 짧으면, span은 2개 혹은 그 이상의 part로 나눌 수 있다. 또는, Page scan을 대신 이용할 수도 있다.

(나) FCC 15.247 - conducted에 의한 측정절차

FCC part 15.247에 의한 Out-of-band 불요발사 전도측정은 다음과 같은 측정절차에 따라 시험을 수행해야 한다. 전도측정의 허용규정은 동작주파수를 제외한 30㎒ 25㎓에서 $P_{ref} \geq P_{PK} + 20dB$ 이어야 한다.

ⓐ 송신기를 최대 출력상태로 동작시키고, EUT를 최저 송신주파수(f_{TX}) 와 최고 수신주파수(f_{RX})에서 작동하도록 설정한다.

ⓑ 측정시 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.

▶ 중심주파수 : 2441㎒

▶ Span : 240㎒

▶ Resolution Bandwidth : 100kHz

▶ Video Bandwidth : 100kHz

▶ Detector mode : Peak

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : ≥ 12 second, single sweep

ⓒ Start Sweep

ⓓ sweep의 피크값을 찾아서 P_{ref}라고 기록하고 동작 주파수범위(2.4 2.4835 ㎓) 밖의 peak 값만을 기록한다.

ⓔ 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 다시 설정한다.

▶ Span : 30㎒ 25㎓까지를 포함할 수 있도록

▶ Resolution Bandwidth : 100kHz

▶ Video Bandwidth : 100kHz

▶ Detector mode : Peak

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : coupled

ⓕ Start Sweep

ⓖ sweep의 피크값을 찾아서 P_{ref}라고 기록하고 동작 주파수범위(2.4 2.4835 ㎓) 밖의 peak 값만을 기록한다.

ⓗ Spectrum analyzer를 다른 Span 간격으로 변환한다.

ⓘ 중심주파수가 25㎓ 이상 될 때까지 step ⓔ부터 ⓗ까지의 과정을 반복한다.

ⓙ EUT를 최저 송신주파수와 최고 수신주파수에 대해서도 step ⓐ부터 ⓘ까지의 과정을 반복한다.

(다) FCC 15.247 - radiated에 의한 측정절차

FCC part 15.247에 의한 Out-of-band 불요발사 방사측정은 다음과 같은 측정절차에 따라 시험을 수행해야 한다.

ⓐ 송신기를 최대 출력상태로 동작시키고, EUT를 최고 송신주파수(f_{TX}) 와 최저 수신주파수(f_{RX})에서 작동하도록 설정한다.

ⓑ 1㎓ 이하의 주파수에 대해서는 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 설정한다.

▶ Span : 규격의 restricted bands 에 따른 조정(측정기준치 표를 참조)

▶ Resolution Bandwidth : 100kHz

▶ Video Bandwidth : 300kHz

▶ Detector mode : CISPR Quasi-Peak Detector

▶ Mode : Maxhold

ⓒ Start Sweep

ⓓ sweep의 피크값을 찾아서 <표 4.8>에 있는 전계강도 허용치와 비교한다.

ⓔ 스펙트럼 Analyzer를 1㎓ 이하의 주파수에 대하여 <표 4.7>에 따라 변환한다.

ⓕ span의 범위를 바꾼 후 1㎓ 이하의 모든 span에 대하여 step ⓒ부터 ⓔ까지의 과정을 반복한다.

ⓖ 1㎓ 25㎓ 주파수대역에 대해서는 스펙트럼 아날라이져는 다음과 같이 다시 설정한다.

▶ Span : 규격의 restricted bands 에 따른 조정(측정기준치 표를 참조)

▶ Resolution Bandwidth : 1㎒

▶ Video Bandwidth : 1㎒

▶ Detector mode : Average Detector

▶ Mode : Maxhold

▶ Sweep time : coupled, single sweep

ⓗ Start Sweep

ⓘ sweep의 피크값을 찾아서 <표 4.8>에 있는 전계강도 허용치와 비교한다.

ⓙ 스펙트럼 Analyzer를 1㎓ 25㎓ 의 주파수에 대하여 <표 4.7>에 따라 변환한다.

ⓚ span의 범위를 바꾼 후 1㎓ 25㎓ 의 모든 span에 대하여 step ⓗ부터 ⓙ까지의 과정을 반복한다.

ⓛ EUT를 최저 송신주파수와 최고 수신주파수로 설정하여 step ⓐ부터 ⓚ까지의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다. 측정기준치는 ETS 300 328 과 FCC part 15.247에 따라 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

(가) ETS 300 328 측정 기준치

측정은 30㎒ 12.75㎓ 사이의 주파수대역에 수행하며, 협대역과 광대역 불요발사 기준치를 <표 4.5> 와 <표 4.6>에서 보여주고 있다.

<표 4.5> 협대역 불요발사에 대한 기준치

Frequency Range	Limit when operating	Limit when in standby
30㎒ - 1㎓	- 36 dBm	- 57 dBm
Above 1㎓ - 12.75㎓	- 30 dBm	- 47 dBm
1.8 - 1.9㎓ 5.15 - 5.3㎓	- 47 dBm	- 47 dBm

<표 4.6> 광대역 불요발사에 대한 기준치

Frequency Range	Limit when operating	Limit when in standby
30㎒ - 1㎓	- 86 dBm/Hz	- 107 dBm/Hz
Above 1㎓ - 12.75㎓	- 80 dBm/Hz	- 97 dBm/Hz
1.8 - 1.9㎓ 5.15 - 5.3㎓	- 97 dBm/Hz	- 97 dBm/Hz

측정은 2번씩 실시하되 EUT 송신 상태에서 1번, EUT 대기 상태에서 한 번 측정한다.

(나) FCC part 15.247 측정기준치

Conducted 측정은 30㎒ 25㎓ 사이의 주파수범위에서 P_{ref} - P_{PK} ≥ 20dB를 만족해야 한다. Radiated 측정은 불요발사 억제대역에서 <표 4.7>의 방사 측정값은 <표 4.8>에서 보여주고 있는 기준치를 만족해야 한다.

<표 4.7> Restricted Bands

MHz	MHz	GHz
108 - 121.94 123 - 138 149.9 - 150.05 156.52475 - 156.52525 156.7 - 156.9 162.0125 - 167.17 167.72 - 173.2 240 - 285 322 - 335.4 399.9 - 410 608 - 614 960 - 1240 1300 - 1427	1435 - 1626.5 1645.5 - 1646.5 1660 - 1710 1718.8 - 1722.2 2200 - 2300 2310 - 2390 2483.5 - 2500 2655 - 2900 3260 - 3267 3332 - 3339 3345.8 - 3358 3600 - 4400 4500 - 5150	5.35 - 5.46 7.25 - 7.75 8.025 - 8.5 9.0 - 9.2 9.3 - 9.5 10.6 - 12.7 13.25 - 13.4 14.47 - 14.5 15.35 - 16.2 17.7 - 21.4 22.01 - 23.12 23.6 - 24.0

<표 4.8> Restricted bands에서 전계강도 기준치

Frequency(MHz)	Field Strength (microvolts/meter)	Measurement Distance (meters)
80 - 88	100	3
88 - 216	150	3
216 - 960	200	3
960 - 2500	500	3

3. 수신기 시험방법

수신기 측정항목은 Sensitivity-Single slot 패킷, Sensitivity-Multi slot 패킷, C/I Performance, Blocking Performance, Intermodulation Performance, Maximum Input Level 등 6개 항목으로 나누어져 있다. 각각의 시험항목별로 측정절차를 살펴보면 다음과 같다.

가. Sensitivity - single slot packets

이 시험규격 목적은 BER이 기준 허용치 범주내에 속하는지를 인증하기 위한 것이다. 감도는 non-ideal 송수신기(단일 슬롯 패킷)를 사용하여 시험한다. EUT는 non-ideal 신호에 대한 감도특성을 갖추어야 한다. BER 측정은 EUT로부터 수신되는 payload 데이터와 시험기에 의해 송신되는 payload 데이터를 비교하여 수행된다. EUT로부터 수신되는 payload bit수를 ξξ(≥ 1600000)라하고 error로 계수 되는 payload bit수를 γγ라 하면 BER = γ/ξ 이다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

▶ 송신기의 전력은 EUT 수신기의 입력전력이 -70dBm이 되도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ EUT를 최저 주파수로 송신하도록 f_{Tx}를 설정하여 PRBS9 DH1 패킷을 연속적으로 EUT에 전송한다.

ⓑ 패킷의 특성은 <표 4.9>에 따라 선택하며, 시험기는 <표 4.9>의 첫 번째 파라미터로 설정하여 20㎳ 동안 송신하고, 그 다음 두 번째 파라미터로 설정하여 20㎳ 동안 송신한다. 10개의 파라미터까지 모두 송신한 후에는 다시 처음으로 돌아가 위의 과정을 반복한다.

<표 4.9> 송신 Packet 성질

Set of Parameters	Carrier Frequency offset	Modulation index	Symbol timing error
1	75 kHz	0.28	- 20 ppm
2	14 kHz	0.30	- 20 ppm
3	-2 kHz	0.29	+ 20 ppm
4	1 kHz	0.32	+ 20 ppm
5	39 kHz	0.33	+ 20 ppm
6	0 kHz	0.34	- 20 ppm
7	-42 kHz	0.29	- 20 ppm
8	74 kHz	0.31	- 20 ppm
9	-19 kHz	0.28	- 20 ppm
10	-75 kHz	0.35	+ 20 ppm

ⓒ EUT에서 돌아오는 패킷과 최소 1,600,000개 페이로드 비트의 샘플을 이용하여 BER을 측정한다.

ⓓ EUT를 중간주파수와 최고주파수로 설정하여 step ⓐ부터 ⓒ까지의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ BER ≤ 0.1%(최소 샘플수는 1,600,000개 되돌아온 페이로드 비트들이다)

나. Sensitivity - multi slot packets

이 시험항목은 non-ideal 송신기를 사용하여 시험하며, 측정기의 송신기는 주파수 변조지수 심볼주기에서 변이가 있는 non-ideal 시험신호를 발생한다. 주파수 편차(drift)는 FM 변조에 의해 실행될 수 있고 주파수 편이(deviation)는 감도측정시 25㎑이고 Multi-슬롯 패킷시에는 40㎑이다. 변조주파수는 패킷길이에 따라 변하며, FM 주파수 변조의 편이는 주파수 편차를 나타내고 변조주파수는 주파수 속도의 편차를 나타낸다. 시험신호 레벨은 -70dBm이고 페이로드 PRBS9 패킷 DH1(감도), DH3 또는 DH5(Receiving 멀티슬롯 패킷)를 송신한다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상과 극한시험조건 하에서 최대 출력전력을 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

▶ 송신기의 전력은 EUT 수신기의 입력전력이 -70dBm이 되도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ EUT를 최저 주파수로 송신하도록 f_{TX}를 설정한다.

ⓑ 시험기는 5-슬롯 패킷에 대해서는 PRBS9 DH5 패킷을 연속적으로 EUT에 전송하며, 3-슬롯 패킷에 대해서는 PRBS9 DH3 패킷을 연속적으로 EUT에 전송한다.

ⓒ 패킷의 특성은 <표 4.10>에 따라 선택하며, 시험기는 <표 4.10>의 첫 번째 파라미터로 설정하여 20㎳ 동안 송신하고, 그 다음 두 번째 파라미터로 설정하여 20㎳ 동안 송신한다. 10개의 파라미터까지 모두 송신한 후에는 다시 처음으로 돌아가 위의 과정을 반복한다.

<표 4.10> Dirty Transmitter Multi Slot Packets

Set of Parameters	Carrier Frequency offset	Modulation index	Symbol timing error
1	75 kHz	0.28	- 20 ppm
2	14 kHz	0.30	- 20 ppm
3	-2 kHz	0.29	+ 20 ppm
4	1 kHz	0.32	+ 20 ppm
5	39 kHz	0.33	+ 20 ppm
6	0 kHz	0.34	- 20 ppm
7	-42 kHz	0.29	- 20 ppm
8	74 kHz	0.31	- 20 ppm
9	-19 kHz	0.28	- 20 ppm
10	-75 kHz	0.35	+ 20 ppm

ⓓ EUT에서 돌아오는 패킷과 최소 1,600,000개 페이로드 비트의 샘플을 이용하여 BER을 측정한다.

ⓔ EUT를 중간주파수와 최고주파수로 설정하여 step ⓑ부터 ⓓ까지의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ BER ≤ 0.1%(최소 샘플수는 1,600,000개 되돌아온 페이로드 비트들이다)

다. C/I performance

이 시험항목은 co-channel과 adjacent channel에서 간섭신호가 존재할 때의 특성을 점검하는 시험이다. 원하는 신호를 <표 4.11>의 전력수준으로 시험기에서 EUT로 전송한 후, 규정된 여러 주파수 대역의 PRBS15 payload를 갖는 간섭신호를 전송, EUT에서 loop back된 1,600,000개 이상의 sample을 이용 BER을 측정한다. BER ▩ 0.1% 의 조건을 만족하지 않는 주파수를 spurious response 주파수라 하고 원하는 신호의 동작 주파수 보다 2㎒ 이상 떨어져 있는 주파수의 간섭신호에 대하여서는 C/I가 -17㏈인 경우 5개까지 허용한다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0㏈ 이어야 한다. 시험은 정상시험조건 하에서만 측정해야 하며, 모든 블루투스 채널에 대해서 시험하도록 하고 있다.

<표 4.11> C/I Performance 신호조건

간섭신호 주파수	C/I 전력비	원하는 신호 전력
Co-Channel interference	11 dB	-60 dBm
Adjacent (1 MHz) interference	0 dB	-60 dBm
Adjacent (2 MHz) interference	-30 dB	-60 dBm
Adjacent (▩3 MHz) interference	-40 dB	-67 dBm
Image frequency interference	-9 dB	-67 dBm
Image frequency ▪ 1 MHz interference	-20 dB	-67 dBm

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.
▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.
▶ f_{image}는 EUT 제조업체의 규정에 따라 수행한다.

(2) 측정절차

ⓐ EUT는 최저 주파수에서 수신하고 송신하도록 설정한다.
ⓑ 시험기는 동시에 송신하도록 설정한다
  ▶ 요구신호 : PRBS9 DH1 패킷
    · 동일 및 1㎒와 2㎒의 인접채널에 대한 간섭신호는 기준감도 레벨보다 10dB 높아야 한다.
    · 다른 주파수에 대한 간섭신호는 기준감도 레벨보다 3dB 높아야 한다.
  ▶ 블루투스 변조된 PRBS15 간섭신호는 $f_I = f_{RX}$와 동일할 때 동작하도록 한다.
ⓒ EUT에서 돌아오는 패킷과 최소 1,600,000개 페이로드 비트의 샘플을 이용하여 BER을 측정한다.
ⓓ f_I + K ㎒ 주파수에 대해서 step ⓑ부터 ⓒ까지의 과정을 반복한다.
ⓔ EUT를 중간 동작주파수(2441㎒)와 최고 동작주파수(2477㎒)의 요구신호에 대해서도 step ⓑ부터 ⓓ까지의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ BER ≤ 0.1%(최소 샘플수는 1,600,000개 되돌아온 페이로드 비트들이다)

라. Blocking performance

이 시험항목은 간섭신호가 존재할 때 수신기의 성능을 증명하기 위한 시험으로 기준은 BER ≤ 0.1이다. Blocking 성능 측정은 측정기가 제공하는 2개의 신호에 의해서 수행된다. 첫 번째 신호는 EUT의 기준감도레벨보다 3dB 높은 요구신호이다. 두 번째 신호는 무 변조된 간섭신호이며, <표 4.12>에서 간섭신호의 전력레벨 기준치를 보여주고 있다. <표 4.12>에서 제시한 기준치보다 2dB 높게 발생한 CW 간섭신호에 의한 BER이 0.1%보다 나쁘게 나온 신호의 수는 24개 이하여야 한다. 또한, CW 간섭신호를 -50dBm이 되도록 감소시킨후 위에서 나쁘게 나온 신호에 대해서 다시 측정하여 BER이 0.1%보다 나쁘게 나온 신호의 수가 5개를 초과해서는 안 된다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상시험조건 하에서만 측정해야 하며, 2460㎒ 한 주파수에 대해서만 시험하도록 하고 있다.

<표 4.12> CW 간섭신호의 전력레벨

Interfering Signal Frequency	Interfering Signal Power Level
30 MHz - 2000 MHz	-10 dBm
2000 MHz - 2400 MHz	-27 dBm
2500 MHz - 3000 MHz	-27 dBm
3000 MHz - 12.75 GHz	-10 dBm

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

▶ EUT 주파수는 f_{RX} = f_{TX} = 2460㎒ 로 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ 측정기의 LMP 명령어를 이용하여 EUT의 출력이 최대가 되도록 설정하고, EUT의 동작주파수는 f_{RX} = f_{TX} = 2460㎒ 로 설정한다.

ⓑ 시험기는 원하는 2460㎒ 신호를 기준감도레벨보다 3dB 높은(-67dBm) 상태로 송신하도록 설정한다

ⓒ 시험기는 f_I = 30㎒ 무변조 정현파 간섭신호를 규정된 전력레벨보다 2dB 높은 신호를 EUT에 송신한다.

ⓓ EUT에서 loop back 된 100,000개의 페이로드 비트를 이용하여 BER을 측정한다. 만약, BER이 0.1%보다 크게 측정되면 이 Blocking 신호 주파수를 기록한다.

ⓔ 1㎒의 정수배인 f_I에 대해서 30㎒ ≤ f_I ≤12.75㎓ 까지 step ⓐ부터 ⓓ까지의 과정을 반복한다.

ⓕ step ⓓ에 기록된 모든 주파수에 대하여 CW 간섭신호를 규정된 전력 수준으로 EUT에 전송 loop back된 1,600,000 개의 payload bits을 이용하여 BER을 측정한다. 만약 BER이 0.1%보다 크면 blocking 신호의 주파수를 기록한다.

ⓖ step ⓕ에 기록된 모든 주파수에 대하여 CW 간섭신호를 -50dBm으로 감소시킨 후, 감소된 간섭신호를 EUT에 전송 loop back된 1,600,000 개의 payload bits을 이용하여 BER을 측정한다. 만약 BER이 0.1%보다 크면 blocking 신호의 주파수를 기록한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

① BER ≤ 0.1%(최소 샘플수는 1,600,000개 되돌아온 페이로드 비트들이다)

② 측정절차 step ⓕ에서 기록된 주파수 수가 24개를 초과해서는 안 되며, 측정절차 step ⓖ에서 기록된 주파수 수가 5개를 초과하지 않아야 한다.

마. Intermodulation performance

이 시험항목은 간섭신호가 존재할 때 수신기의 상호변조 성능을 검증하기 위한 시험이다. Intermodulation 성능 측정은 시험기가 제공하는 3개의 신호에 의해서 수행된다. 첫 번째 신호는 EUT의 기준감도레벨보다 6dB 높은 (-64dBm) 요구신호이며, PRBS9 페이로드를 갖는 DH1 패킷이 이용된다. 두 번째 신호는 -39dBm 전력레벨을 갖는 블루투스 변조 간섭신호이다. 세 번째 신호는 -39dBm 전력레벨을 갖는 무 변조된 간섭신호이다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상시험조건 하에서만 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서만 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.
▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.
▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.
▶ EUT 주파수는 $f_{RX} = f_{TX}$ 로 유지하도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ EUT는 최저 주파수에서 송수신하도록 설정한다.
ⓑ 시험기는 EUT로 요구신호를 연속적으로 송신하고, 이 요구신호는 f_{TX}에서 기준감도보다 6dB 높은(-64dBm) 상태로 설정하여 PRBS9 DH1 패킷을 송신하도록 설정한다
ⓒ -39dBm 전력의 정현파 신호(무변조 신호) f_1을 송신한다.
ⓓ -39dBm 전력의 블루투스 PRBS15 페이로드 변조신호 f_2를 송신한다.
ⓔ $f_{TX} = 2f_1 - f_2$ 그리고 $f_2 - f_1 = n*1$㎒로 설정하며, 여기서 n은 3,4,5이다.
ⓕ EUT에 전송 loop back된 1,600,000 개의 payload bits을 이용하여 BER을

측정한다.

ⓖ 중간주파수와 최고주파수에 대해서도 step ⓑ부터 ⓕ까지의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ BER ≤ 0.1%

바. Maximum Input Level

이 시험항목은 EUT의 수신부가 입력신호 레벨의 DH1 패킷을 수신하는지 검증하기 위한 시험이다. 입력신호는 -20dBm이고 PRBS9 DH1 패킷이 이용된다. 측정은 전도측정으로 수행하고 EUT는 50Ω 커넥터로 시험기에 연결하며, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 안테나 결합장치를 이용하도록 하고 있다. 안테나 결합장치 손실은 0dB 이어야 한다. 시험은 정상시험조건 하에서만 측정해야 하며, 저(2402㎒)·중(2441㎒)·고(2480㎒) 주파수에 대해서만 시험하도록 하고 있다.

(1) 측정을 위한 초기조건

▶ EUT를 50Ω 커넥터를 이용하여 시험기에 연결한다. 만약, 안테나 커넥터가 없는 경우에는 적당한 커플링 소자를 이용해야 한다.

▶ EUT는 test loop back, Hopping off 상태로 설정해야 한다.

▶ EUT는 최대 송신전력을 되돌려 보내도록 설정해야 한다.

(2) 측정절차

ⓐ EUT는 최저 주파수에서 loop back 송신하도록 설정한다.

ⓑ 시험기는 EUT의 수신부에서 전력이 -20dBm이 되도록 PRBS9 DH1 패킷

을 연속적으로 송신하도록 설정한다

ⓒ EUT에 전송 loop back된 1,600,000 개의 payload bits을 이용하여 BER을 측정한다.

ⓓ 중간주파수와 최고주파수에 대해서도 step ⓑ부터 ⓒ까지의 과정을 반복한다.

(3) 측정기준치

측정된 모든 값이 합격판정을 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다.

▶ BER ≤ 0.1%(최소 샘플수는 1,600,000개 되돌아온 페이로드 비트들이다)

제 5 장 결 론

최근의 근거리 무선통신 기술들 가운데 가장 빠르게 진보되고 있는 블루투스 또는 무선LAN과 같은 전파기술 관련산업이 주목을 받고 있다. 이와 같은 무선전송기술은 전파를 정보의 전송매체로 이용하는 기술로 사용자의 위치에 상관없이 용이하게 정보를 전송할 수 있는 이동성, 휴대성 및 간편성 등으로 인해 그 응용범위가 점차 확대되어 가고 있다. 또한, 통신시장의 개방화 및 국제화에 따라 무선통신 사업도 치열한 국제 경쟁시대로 돌입하게 됨으로써 미국을 비롯한 선진 각국에서는 무선기기에 대한 각종 규제를 대폭 완화하거나 철폐하도록 강력히 요구하고 있는 실정이다. 이와 같이 이용규제에 대한 완화요구, 무선통신기술의 급격한 발전 및 무선통신 사용자의 다양한 서비스 요구에 능동적으로 대처하기 위해서는 전파자원의 효율적인 이용은 물론 전파이용질서를 체계적으로 확립하여야 한다. 특히, 최근 급증하고 있는 특정 소출력 무선기기의 구조 및 성능에 대한 객관성을 높이기 위해서는 각 시험기관들이 표준으로 사용할 수 있는 표준시험방법이 절실히 필요한 실정이다.

본 보고서에서는 블루투스에 관련된 주파수 호핑 방식을 사용하는 무선기기의 측정에 있어서 기술기준과의 적합성 여부를 판단하기 위한 구체적인 측정방법을 제시하였다. 측정이라는 것은 그 특성상 구체적이고 명확한 측정절차가 존재하지 않으면 동일한 기기로 측정을 하더라도 측정자의 자질에 크게 의존하게 되는 것이다. 따라서, 특정 소출력 무선기기의 기술적 조건 가운데 최근 개정 고시된 제5조 4항의 무선 데이터 통신시스템 및 무선랜용 특정 소출력 무선기기의 기술적 조건을 바탕으로 측정방법을 제시하였다. 또한, 블루투스 SIG 시험규격인 송신기, 수신기, 송·수신기에 대한 측정방법을 살펴보았다. 블루투스 SIG RF 시험규격에는 18개의 시험항목이 있으며, 이 시험규격의 목적은 상호운용을 위한 블루투스 소자의 적합성 시험을 위한 것이다.

향후 2.4㎓ ISM 주파수대역을 블루투스 뿐만 아니라 무선LAN 등과 같은 다양한 시스템들이 동일한 주파수대역을 사용하고 있으므로 다른 시스템뿐만 아니라 동종 시스템간에도 상호간섭이 매우 심각한 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IEEE 802.11로부터 분리된 IEEE 802.15

에서는 블루투스와 거의 같은 개념인 근거리 통신의 새로운 규격으로서 WPAN(Wireless Personal Area Network)을 작업중이다. 그러나 WPAN은 IEEE 802.11과는 간섭이 일어나지 않지만, 블루투스 규격의 대폭적인 수정을 필요로 하고 있다. 따라서, 문제 해결을 위한 완전한 해결책이 될 수 없으며, 이러한 문제점을 완벽하게 해결할 수 있는 대책이 시급한 실정이다. 또한, IEEE 802.15에서 거론되고 있는 5㎓ ISM 대역을 이용한 블루투스 기술에 많은 관심을 가지고 심도있게 연구해야 할 것이다.

참고문헌

[1] Specification of the Bluetooth System part A : Radio Specification, Version 1.1, www.bluetooth.org, 2001

[2] Specification of the Bluetooth System part I : Test Mode

[3] ETS 300 328 : "Radio Equipment and Systems (RES); Wideband trans-mission systems; Technical characteristics and test conditions for each transmission equipment operating in the 2.4㎓ ISM band and using spread spectrum modulation techniques", 1996

[4] FCC Part 15: CFR 47, Part 15 "Radio Frequency Device", Sections 15.205, 15.209, 15.247

[5] "Performing Bluetooth RF Measurements Today" Agilent Technologies, Aplication Note 13-33.

[6] "Transmitter Measurements on Bluetooth Modules with FSP" Rodhe & Schwarz Inc, 2001