

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2421-0 报告
(06/2018)

数字无线电系统的无用发射

SM 系列
频谱管理



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列报告

（也可在线查询<http://www.itu.int/publ/R-REP/en>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理

说明： 该ITU-R报告的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2018年，日内瓦

© 国际电联 2018

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R SM.2421-0 报告

数字无线电系统的无用发射

(2018年)

范围

在本报告中，对数字无线电系统诸多设备样本的无用发射进行了测量，并与以下各项进行了比较：

- ITU-R SM.1541建议书、区域协议与/或标准制定组织（SDO）出版物中的OoB发射限值；
- ITU-R SM.329建议书、ERC/REC 74-01与/或标准制定组织（SDO）出版物中的杂散发射限值。

将这些测量中基于调制的无用发射的边界与ITU-R出版物中带外（OoB）与杂散域之间的边界限值进行比较。

缩略语和首字母缩写

3GPP	第三代合作伙伴计划
BCCH	广播控制信道
BS	基站
BW	带宽
CEPT	欧洲邮政和电信管理部门大会
D/A	数字到模拟
DAB	数字音频广播
DECT	数字增强无绳通信
DSP	数字信号处理器
DSSS	直接序列扩频
DVB-T	数字视频广播 – 地面
ECC	电子通信委员会
ERC	欧洲无线电通信委员会
e.i.r.p.	等效各向同性辐射功率
e.r.p.	有效辐射功率
ETSI	欧洲电信标准协会
FDD	频分双工
FS	固定业务
FSK	频移键控
GMSK	高斯最小移位键控
GSM	全球移动通信系统
G-TEM	千兆赫横向电磁
IEEE	电气和电子工程师协会

IMT	国际移动通信
ITU	国际电信联盟
ITU-R	国际电信联盟 – 无线电通信部门
I/Q	同相/正交
LTE	长期演进
OFDM	正交频分复用
OoB	带外
PMR	个人移动电台
QAM	正交调幅
QPSK	正交相移键控
RB	资源块
RF	射频
RLAN	无线局域网
RMS	均方根
Rx	接收机
SC-FDMA	单载波频分多址
SRD	短距离设备
TDD	时分双工
TDMA	时分多址
TETRA	地面集群无线电
TFES	根据R&TTE指令为IMT家族制定协调标准的TC MSG/TC ERM工作组
Tx	发射机
UE	用户设备
UMTS	通用移动通信系统
VHF	甚高频
W-CDMA	宽带码分多址
WiMAX	全球微波接入互操作性
WLAN	无线局域网

1 引言

本报告论述OoB和杂散域中的无用发射问题，重点关注窄带和宽带数字系统。

现代数字系统发射机总是在所谓的“基带”中以数字形式产生RF频谱。在数模转换（D/A）之后，通过应用同相/正交（I/Q）调制，两个基带分量直接转换到RF频率范围中。结果是，在杂散域中不会出现任何明显的峰值。与模拟发射机相比，数字发射机没有尖峰。

数字无线电系统无用发射的现有通用限值大约在15年前首次更新或首次开发，自那时起，数字技术发生了很大变化。SM系列中的若干建议书（ITU-R SM.1541建议书、ITU-R SM.329建议书、ITU-R SM.1539建议书等）是在1996年至2004年期间制定的，当时数字无线电系统的性能已经超过了模拟无线电系统。ERC/REC 74-01是欧洲邮政和电信管理部门大会（CEPT）关于ITU-R SM.329建议书定义之类别B限值的杂散域中无用发射的一个建议书。

使用附件1中的测量过程和设置对数字系统诸多设备样本的无用发射进行了测量。测量结果见附件2，并在第2节、第3节和第4节中进行了总结。

2 带外发射

表1总结了若干数字系统的测量结果与ITU-R SM.1541建议书、RRC06和相关ETSI标准中现有OoB发射限值的比较。

在以下系统的测量中，相关ETSI标准中定义的特定OoB发射掩膜的性能优于：

- LTE800基站（图8）；
- LTE800 UE（图10）；
- GSM900基站（图16）；
- UMTS基站（图19）；
- RLAN（图21）；以及
- 25 GHz点对点链路（图24）。

ITU-R SM.1541建议书掩膜中给出的通用“安全净”限值明显优于DVB-T发射机（见图7）和25 GHz点对点链路（见图20）的测量结果；对于表1中的其他系统，ITU-R SM.1541建议书中没有任何关于OoB限值的信息。

应进一步注意，在某些情况下（例如，图17中的DECT），仅略微满足限值。

表1

若干数字系统测量结果与OoB限值的比较

系统	图	与以下的比较：		
		ITU-R SM.1541建议书	RRC06	ETSI
DAB+发射机	图5	-	可以看出，临界掩膜在2.2 MHz偏移附近被违反，但由于测量设备的灵敏度限制，很难判断掩膜被违反的原因。	-
DVB-T发射机	图7	DVB-T的性能优于这些限值约20 dB或更高。	紧配。	-
LTE800基站	图8	本建议书中没有关于此类应用的OoB限值的信息。	-	ETSI EN 301 908-14, 表4.2.2.2.3-3: 即使没有应用外部滤波器，超过约15 MHz（150%信道宽度）偏移的OoB发射也已低于限值20 dB。然而，这些信号中的一个在较低的偏移（<10MHz）处刚好满足掩膜，如果测量时间增加，这可能会改变。
LTE800 UE	图10	本建议书中没有关于此类应用的OoB限值的信息。	-	ETSI EN 301 908-13, 表4.2.3.1.2-1: 所测UE在不同程度上优于OoB发射掩膜，并展示了不对称发射，在862 MHz以上具有更高的抑制。这表明存在（内部）滤波，以解决相邻频段中系统的共存问题。
GSM900基站	图16	本建议书中没有关于此类应用的OoB限值的信息。	-	ETSI TS 145 005: 在整个范围内，无用发射的电平低于ETSI限值，特别是在400 kHz偏移处，优于发射掩膜约10 dB。

表1 (结束)

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.1541建议书	RRC06	ETSI
DECT	图17			两个所测DECT设备的OoB电平在1 MHz左右的偏移范围内不满足ETSI标准[17]的要求。由于在OoB域中只能看到与调制相关的发射, 因此可以假设所有DECT设备都具有几乎相同的OoB频谱, 在这种情况下, OoB发射限值与实际OoB发射之间似乎存在相当大的差距, 尤其是在具有2 MHz偏移的相邻信道的范围内。
UMTS基站	图19	本建议书中没有关于此类应用的OoB限值的信息。	-	ETSI TS 125 104 , 第6.6.2.1节, 表6.5: OoB发射比掩膜低至少15 dB。调制产生的无用发射已经从放大器的宽带噪音中消失, 在信道宽度的125%偏移处。
RLAN	图21	本建议书中没有关于此类应用的OoB限值的信息。	-	ETSI EN 300 328 : 在250%偏移处, OoB发射通常比限值低20 dB以上。
25 GHz点对点链路	图24	本建议书附件12中的OoB通用FS安全净发射限值满足约20 dB的余量。	-	ETSI EN 302 217-2-2 , 第4.2.4.2.1节: 满足余量至少为10 dB的特定限值。

3 杂散发射

表2总结了若干数字系统的测量结果与ITU-R SM.329建议书、ERC/REC 74-01和相关ETSI标准中杂散域中无用发射现有限值的比较。

除了图13（LTE800 UE）中的谐波频率外，杂散域中ITU-R SM.3290建议书和ERC/REC 74-01的限值通常优于几十dB的显著余量：

- DAB发射机（图6）；
- DVB-T发射机（图7）；
- LTE800基站（图9）；
- LTE800 UE（图11）；
- LTE 2.3 GHz UE（图14）；
- GSM900基站（图16）；
- UMTS基站（图20）；
- RLAN（图22）；
- WIMAX 3.6 GHz UE（图23）；
- 25 GHz点对点链路（图25）。

以下测量表明，如ITU-R SM.329建议书和相关ETSI标准中所假设的，杂散域中的无用发射电平在频率上不是恒定的，特别是当应用输出滤波器时：

- DAB发射机（图6）；
- LTE800基站（图9）；
- LTE800 UE（图11）；
- LTE 2.3 GHz UE（图14）；
- GSM900基站（图16）；
- UMTS基站（图20）；
- 25 GHz点对点链路（图24）。

随着频率偏移的增加，杂散发射电平不断降低。滤波后的发射机通常在信号带宽四倍以上的偏移处没有任何可测量的杂散发射，有时已经在250%的边界处（例如，参见图26）。然而，滤波器衰减的杂散响应通常预期出现在中心频率谐波附近的频率范围内。

即使是未经滤波的发射机也显示出杂散发射的频率相关性。一种例外情况可能是谐波的峰值，请参见图13中的LTE800 UE，它显示了在二次谐波频率下所测UE的无用发射示例，但即使在彼处，峰值也比ERC/REC 74-01的限值低1.5 dB。

表2

若干数字系统测量结果与杂散域中无用发射限值的比较

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/REC 74-01	相关ETSI标准
DAB/DAB+发射机	图5 (DAB+发射机) 和图6 (DAB发射机)	类别A “除了下面引用的那些业务之外的所有业务” 都优于DAB发射机 (图6)。	滤波后的DAB/DAB+发射机的杂散发射偏离中心频率约10 MHz以上, 谐波发射低于测量灵敏度, 低于ERC/REC 74-01限值57 dB以上。	-
DVB-T发射机	图7		由于需要滤波, 因此即使在杂散域开始处 (20 MHz偏移) 的无用发射电平也低于测量灵敏度, 并且至少低于ERC/REC 74-01表4.1的限值30 dB。	
LTE800基站	图9	由于输出滤波器的应用, 对ITU-R SM.329建议书、ERC/REC 74-01表2.1和ETSI EN 301 908-14中的陆地移动业务, 杂散发射的电平至少低于类别B限值的40 dB。		
LTE800 UE	图11	两个UE均优于ITU-R SM.329建议书 (类别B, 陆地移动业务)、ERC/REC 74-01表2.1和相关ETSI标准 EN 301 908-13 (表4.2.4.1.2-2) 中的限值, 在此配置中至少为20 dB。由于可用测量灵敏度的限制, 实际的杂散发射要低于所示的值。		
LTE2300 UE	图14	较高频率偏移的杂散发射性能限值为30 dB。然而, 应该注意, 杂散域中的测量受到测量设备的动态范围限制。因此, 设备的无用发射可能甚至低于图14所示的值。		

表2 (结束)

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/REC 74-01	相关ETSI标准
GSM900基站	图16	在指配的GSM频段之外, 至少比ITU-R SM.329建议书和ERC/REC 74-01类别B、陆地移动系统、基站的杂散限值优30 dB。		特别是在指配的GSM频段之外, 由于内部滤波保护相邻业务, 因此无用发射的电平比ETSI TS 145 005限值低25 dB以上。
UMTS基站	图20	尽管在最高信道上进行传输并因此而呈现出符合杂散发射限值的最临界情况, 但即使在杂散域的开始处, 所测电台的性能也优于这些限值约10 dB。 对于高于20 MHz的偏移, 至少优于限值30 dB。这些偏移的实际杂散发射甚至低于所示的值。限制条件是测量的灵敏度。		
RLAN	图22	典型地, 限值满足20~30 dB的余量。		
WiMax 3.6 GHz UE	图23	尽管测量仅覆盖非常高偏移处的很小一部分频率范围, 但可以看出, 限值优于至少40 dB的余量。		
25 GHz点对点链路	图25	杂散发射限值满足超过20 dB的余量。		

4 OoB与杂散域之间的边界

除了一些公共移动系统（3GPP标准）之外，一般而言，OoB与杂散域之间的边界定义为信号带宽的250%（必要带宽 B_n ）。对于宽带系统，《无线电规则》（附录3之附件1）定义了更严格的 $1.5 \cdot B_n$ 的边界。然后，该公式通常仅适用于带宽比带内实际使用的带宽更大的系统。例子是：

- 在30 MHz与1 GHz之间， $1.5 B_n$ 处的边界仅适用于 $B_n > 10$ MHz。TETRA、DAB、DVB-T、GSM、UMTS和LTE等典型应用的带宽较小；
- 在1 GHz与3 GHz之间，缩小的边界仅适用于 $B_n > 50$ MHz。该范围内的几乎所有系统（包括GSM、UMTS、DECT、LTE和RLAN）都具有较小的带宽。

因此，对于本报告中所有接受测量的系统，边界处于信号带宽的250%处，公共移动频段中的例外情况是边界通常相对于指定频段的边缘来定义。例如，在一些基于可变信道带宽的IMT系统中，对超出工作频段边缘10 MHz的基站，目前在ITU-R M.2070建议书第2.6节中来规定边界。

本报告中的测量表明，基于调制的无用发射，尤其对宽带系统，通常以远低于带宽250%的偏移来结束。对于诸如DAB（参见图26）、DVB-T（参见图7）和GSM/UMTS/LTE（参见用于GSM的图15和图16、用于UMTS的图19、用于LTE 800基站的图8和图9以及用于LTE 800 UE的图11）的滤波后系统的基站，情况尤为如此。

5 小结

在本报告中，对有限数量的不同无线电技术的设备样本进行了测量。据观察，除谐波频率外，所测发射通常低于ITU-R建议书和ETSI标准中的限值，在杂散域中有几十dB的显著余量。这一发现对共用和兼容性研究具有重要意义，它们通常基于设备只能满足标准中规定之限值的假设。

然而，这需要在统计上证明是合理的，原因是已经针对一组有限的条件（环境和配置的参数）在数量非常有限的设备样品上进行了测量。

根据本研究中提供的示例，它无意在现有的ITU-R建议书中加入额外的限制或修改限值或边界。

参考文献

- [1] ITU-R SM.1541建议书 – 带外域中的无用发射
- [2] ERC REC 74-01 (Siófok 98, Nice 99, Sesimbra 02, Hradec Kralove 05, Cardiff 11) ‘Unwanted emissions in the spurious domain’
- [3] ITU-R SM.329建议书 – 杂散域中的无用发射
- [4] 国际电联《无线电规则》，2016年版

- [5] ITU-R SM.1539建议书 – ITU-R SM.1541建议书和ITU-R SM.329建议书应用所需的带外与杂散域之间边界的变化
- [6] ETSI EN 301 908 ‘IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive’
- [7] ETSI EN 301 908-3 v7.1.1 ‘IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 3: CDMA Direct Spread (UTRA FDD) Base Stations (BS)’
- [8] ETSI EN 301 908-13 V7.1.1 (2015-12) ‘IMT cellular networks; Harmonised EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 13: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) User Equipment (UE)’
- [9] ETSI EN 301 908-14 v7.1.1 ‘IMT cellular networks; Harmonised EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 14: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Base Stations (BS)’
- [10] ETSI EN 301 908-18 v7.1.1 ‘IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 18: E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS)’
- [11] Geneva 06 (GE-06) Agreement: Regional Agreement Relating to the planning of the digital terrestrial broadcasting service in Region 1 (parts of Region 1 situated to the west of meridian 170°E and to the north of parallel 40 S, except the territory of Mongolia) and in the Islamic Republic of Iran, in the frequency bands 174 230 MHz and 470-862 MHz (<http://www.itu.int/pub/R-ACT-RRC.14-2006/en>)
- [12] ETSI EN 302 077 v1.1.1 ‘Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the Terrestrial - Digital Audio Broadcasting (T-DAB) service; Part 1: Technical characteristics and test methods’
- [13] ETSI EN 302 296 v1.1.1 ‘Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T)’
- [14] LTE User Equipment – Coexistence with 862-870 MHz, Ofcom, September 2012: <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/award-800mhz/statement/lte-coexistence.pdf>
- [15] ITU-R M.2071建议书 – 使用IMT-Advanced地面无线电接口的移动电台的一般无用发射特性
- [16] ETSI TS 145 005 v13.0.0 (2016-01) ‘Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception (3GPP TS 45.005 version 13.0.0 Release 13)’
- [17] ETSI EN 300 175-2 v2.6.1 (2015-07) ‘Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT). Common Interface (CI); Part 2: Physical Layer (PHL)’
- [18] ETSI TS 125 104 ‘Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD)’
- [19] ETSI EN 300 328 v1.9.1 ‘Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2.4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive’
- [20] ETSI EN 302 217-2-2 v2.0.0 ‘Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas’
- [21] ETSI EN 301 390 v1.3.1 ‘Fixed Radio Systems; Point-to-point and Multipoint Systems; Unwanted emissions in the spurious domain and receiver immunity limits at equipment/antenna port of Digital Fixed Radio Systems’
- [22] ECC Recommendation (02)05 ‘Unwanted emissions’

- [23] ETSI EN 301 406 v1.5.1 ‘Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Harmonized EN for Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) covering the essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive; Generic radio’
- [24] Liaison Statement from ECC PT1 to ETSI ERM RM and ERM/MSG TFES on “IMT 2000/UTRA Category B spurious emission limits”, Doc ECC PT1(06)184 Annex 12
- [25] ETSI Technical Specification TS 136 521 ‘LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception’
- [26] ITU-R M.2292报告 “用于频率共用/干扰分析的地面IMT-Advanced系统的特性”
- [27] ECC Report 174 ‘Compatibility between the mobile service in the band 2500-2690 MHz and the radiodetermination service in the band 2700-2900 MHz’
- [28] IEEE 802.11-2012: IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
- [29] ETSI EN 301 908-21 v5.2.1 ‘IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 21: OFDMA TDD WMAN (Mobile WiMAX) FDD User Equipment (UE)’
- [30] ITU-R M.1580建议书 – 使用IMT-2000地面无线电接口的基站的一般无用发射特性
- [31] ITU-R M.1581建议书 – 使用IMT-2000地面无线电接口的移动电台的一般无用发射特性
- [32] ITU-R M.2070建议书 – 使用IMT-Advanced地面无线电接口的基站的一般无用发射特性
- [33] ITU-R SM.1540建议书 – 落入相邻分配频段的带外域中的无用发射
- [34] Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014
- [35] 3GPP TS 36.211: V13.1.0 ‘Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation’
- [36] ETSI EN 302 408 V8.0.1 ‘Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); GSM Cordless Telephony System (CTS), Phase 1; CTS-FP Radio subsystem’
- [37] ETSI EN 301 502 V12.1.1 ‘Global System for Mobile communications (GSM); Harmonized EN for Base Station Equipment covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive’
- [38] ITU-R SM.328建议书 – 发射频谱和带宽

附件1

测量过程和设置

目录

1	设置类型1	12
2	设置类型2	13
3	设置类型3	14
4	频谱掩膜的峰值和平均值情况	15

本附件显示了测量OoB和杂散发射的典型设置。使用哪种设置取决于结果所需的动态范围以及发射是脉冲形式还是连续形式。

对不需要返回路径的发射机的传导测量，在适当的衰减（虚拟负载）或测量输出（如果提供的话）之后，信号直接从发射机输出处获得。如果采用外部输出滤波，那么测量点位于滤波器之后。

对需要返回路径且没有测量输出的发射机的传导测量，信号取自插入传输路径的定向耦合器的输出处。该方法的主要缺点是待测量的信号被定向耦合器衰减（通常为20 dB），这限制了无用发射的检测电平，尤其是对于功率非常低的设备。一些系统允许在Rx/Tx分离器之前接入传输线，然后Rx/Tx分离器作为优选的测量点。

那些没有天线端口的发射机必须进行辐射测量，最好是在具有已知RF特性的G-TEM单元中进行。

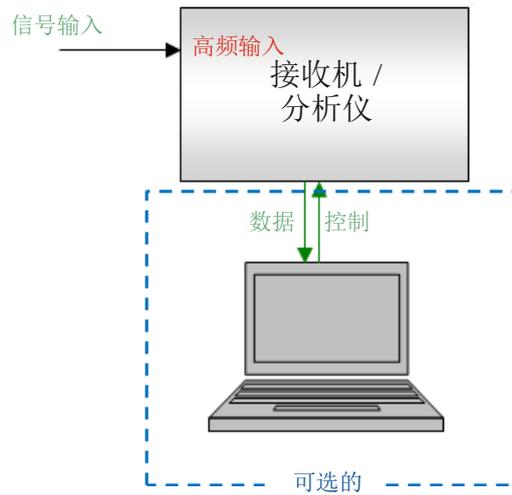
对较大发射机的辐射测量，信号取自测量天线。在这种情况下，最关键的问题是收集尽可能多的RF能量，并且感兴趣的频率范围不受其他发射机的发射。通过使用具有高定向性（并因此而高增益）的天线，它可在尽可能短的距离上直接指向发射天线，则这两个问题均可得到解决。

1 设置类型1

如果要求的动态范围不高于测量接收机可处理而不会过载的最大电平与其自身噪声电平之间的差值，那么对连续信号可采用最简单的设置：

图1

原理测量设置类型1



SM.2421报告-01

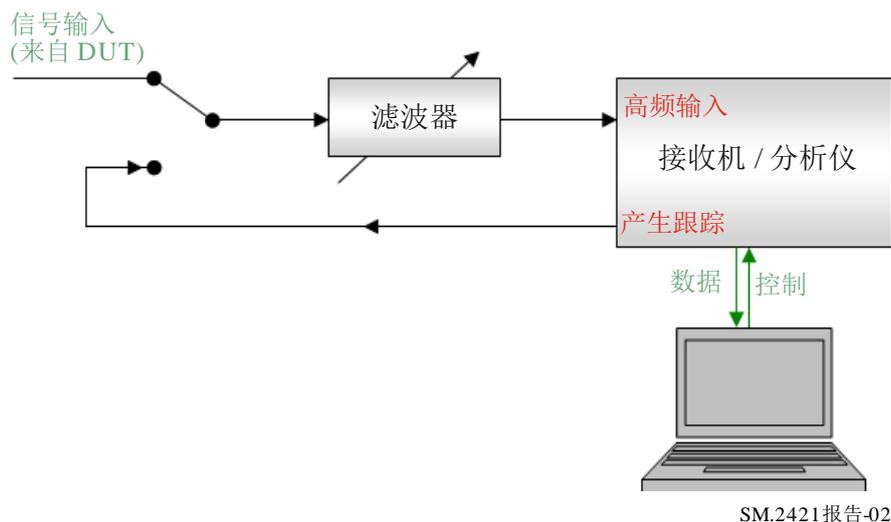
2 设置类型2

当结果要求的动态范围超出测量接收机/分析仪的性能时，对连续信号可采用该设置。

为了增强测量接收机/分析仪的动态范围，必须通过（可调）滤波器抑制有用信号。首先，测量并记录有用信道/频率上以及OoB或杂散域中的滤波后频谱。在第二次测量中，使用相同的接收机/分析仪设置，测量并记录滤波器的衰减（频率响应）。然后，使用软件工具（例如Microsoft Excel），添加两条曲线，以保留信号的初始频谱。如果由计算机控制，则测量最有效。

根据被测信号的应用、频率和带宽，可以使用带通滤波器或带阻滤波器。对于杂散发射，优选调谐到所需频率的带阻滤波器，原因是它允许一次测量整个杂散范围。对于OoB测量，也可以使用调谐到待测OoB域频率范围的带通滤波器。

图2
原理测量设置类型2

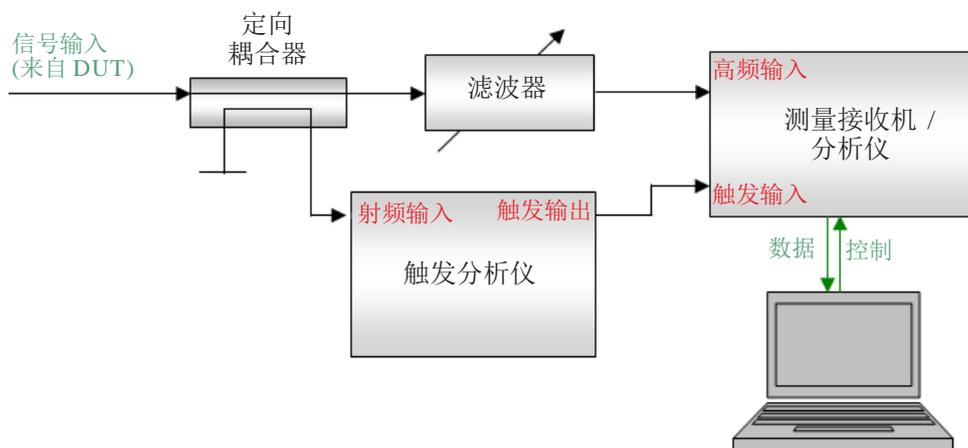


3 设置类型3

对于以突发方式传输的TDMA系统，限值通常适用于发射机开启的时间。除非在相关建议书中特别提到了峰值电平，否则必须测量平均突发电平，即仅在突发期间的RMS电平。这通过从外部触发测量接收机至突发开始并调整测量时间以匹配突发时长来完成。触发器获自第二个频谱分析仪，工作于零跨度模式并调谐至所需频率。

测量过程与设置类型2相同。

图3
用于测量TDMA系统的设置类型3



数据处理

始终选择测量带宽等于或小于相关建议书或标准中规定的参考带宽。特别是在峰值杂散发射附近和接近所需频率的OoB域中，需要使用窄的测量带宽，否则测得的频谱将被过度加宽，而导致过高估计无用的电平。

使用以下公式将选定测量带宽中的信号电平（或谱密度）线性转换为参考带宽中的相应电平或功率密度：

$$P_{refBW} = P_{measBW} + 10 * \log_{10} \left(\frac{refBW}{measBW} \right)$$

其中：

- P_{refBW} ： 参考带宽中的信号电平；
- P_{measBW} ： 测量带宽中的信号电平；
- $refBW$ ： 参考带宽；
- $measBW$ ： 测量带宽。

4 频谱掩膜的峰值和平均值情况

对于任何时候都不会超过的无用发射的固定限值，有必要使用一个峰值检测器来测量发射。然而，OoB频谱掩膜的0 dB参考在大多数情况下是给定参考带宽中的总信道内功率或pfd，两者都是RMS值。

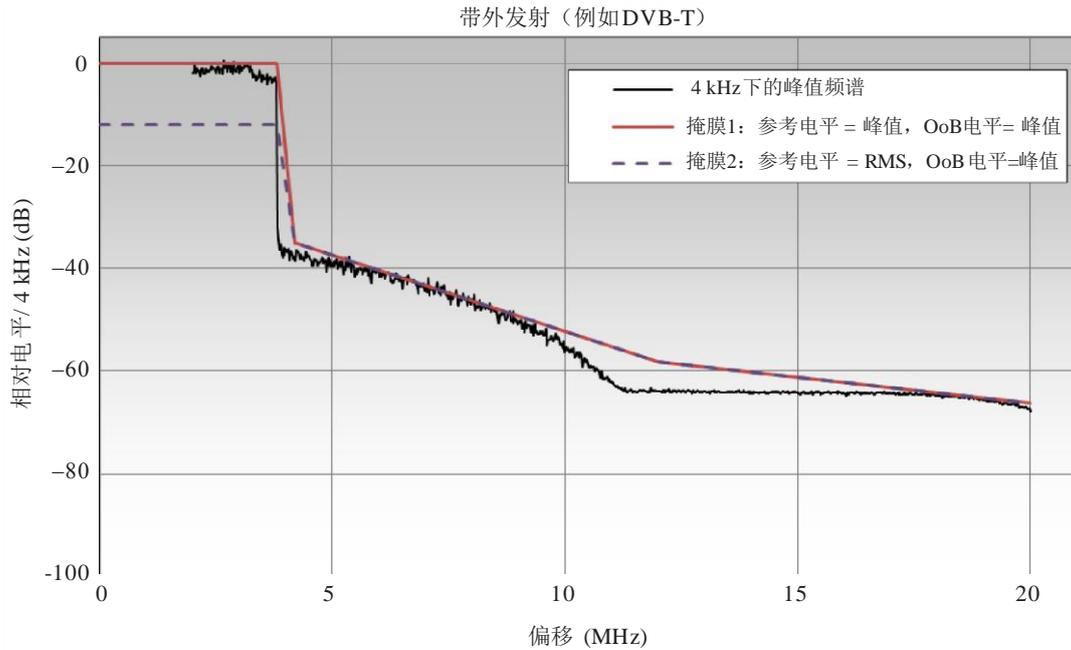
不过，对于模拟受害接收机，无用发射的干扰电位可能主要取决于其峰值电平，而RMS电平决定了对数字接收机的干扰电位。这已通过各种有关兼容性研究的测量得到证明。

在数字系统中，几乎所有的无用发射和有用发射都为类噪音，这意味着RMS与峰值电平之间通常存在约13 dB的固定差异。对于这些系统，将有可能定义RMS或峰值限值，原因是可以计算对应的其他电平。例外的情况包括因谐波或混合产物而引起的尖峰。

不过，在逐个案例的基础上考虑系统并在相同的基础上定义OoB/杂散电平和0 dB参考电平（两者都在RMS中或两者都在峰值中）并适应特定情况是有用的，原因是这样可以直接将测得的频谱与掩膜进行比较。图4显示了一个示例（DVB-T OoB发射），当中掩膜的OoB限值始终以峰值电平来定义。掩膜1为4 kHz参考带宽中的峰值谱密度。可以直接将该掩膜与测得的OoB频谱进行比较。但对掩膜2，0 dB参考电平是4 kHz中的RMS频谱功率。在这种情况下，测得的信道内谱密度与掩膜的0 dB参考值之间存在约13 dB的差异。

图4

不同的掩膜定义 – 一个例子 (DVB-T OoB发射)



SM.2421 报告-04

在许多情况下，频谱掩膜的参考电平是未调制载波的功率。在数字系统中，载波从不是未经调制的，因此无法直接测量。相反，经调制信号的总的信道内功率可以是测得的RMS，原因是它等于未调制载波的功率。然而，该测量的参考带宽必须是信号的占用带宽，它可能与无用发射的参考带宽不同。在这些情况下，相比测得的频谱的频谱掩膜没有信道内参考线。在图4的示例中，0 MHz与4 MHz偏移之间的水平线将丢失，0 dB参考电平将偏移带宽校正产生的差异（在DVB-T的情况下： $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ MHz}/4 \text{ kHz}) = 23 \text{ dB}$ ）。

附件2

对通用数字系统无用发射的测量

目录

1	概述	17
2	DAB/DAB+	18
3	DVB-T	21
4	LTE800基站	23
5	LTE 800用户设备	27
6	LTE 2300用户设备	33
7	GSM900基站	34
8	DECT	38
9	UMTS 2100基站	42
10	2.4 GHz频段中的RLAN设备	45
11	WIMAX 3.6 GHz UE	47
12	25 GHz点对点链路	49
13	经滤波和未经滤波的系统	52
14	脉冲数字系统中的瞬态发射	53
15	窄带和宽带无用发射	55

1 概述

本节显示了几种常见数字系统中无用发射（OoB和杂散域）的测量结果。测量基于有限数量的设备样本，这些样本可能不一定能代表更大数量的设备。

为了立即进行比较，相关限值也包含在带有测量结果的图中。在限值被定义为绝对功率电平的情况下，使用与所测频谱相同的、所传输载波上的参考功率电平，将它们重新计算为相对值。在限值被定义为带宽而非测量带宽中的功率谱密度的情况下，使用滑动积分窗口，将测得的频谱转换为参考带宽。为了更容易与测得的频谱进行比较，从中心频率的0 MHz偏移处绘制OoB限值线，作为指明相对带内功率谱密度的参考线。

每个图包括取自相关标准的参考OoB限值（例如，频谱掩膜）。如果可用的话，还包括ITU-R SM.1541建议书中有业务的安全净限值，作为与更严格的实际标准化限值的比较。

应该注意的是，测量灵敏度在不同的图中可能不同，但并不总是完全已知。因此，频谱有时看起来以（几乎）水平梯度的形式结束，这实际上是测量接收机的本底噪声，而不是来自发射机的无用发射。对在输出处带有滤波器的发射机而言尤其如此，它限制了无用发射，以便满足某些系统要求（例如，保护相应的接收频段）。对杂散域中的较大偏移而言，这样的系统几乎从不具有任何可测量的发射。请注意，在某些图中，“接收机噪音”的记号应理解为“频谱分析仪本底噪音”。

关于何时使用频谱掩膜峰值和平均情况的说明，请参见附件1第4节。

2 DAB/DAB+

该OFDM系统是模拟声音广播系统可能的数字后继者之一。DAB和DAB+系统¹的相关RF参数相同：

- 调制： 具有1 736个有效载波的OFDM；
- 发射机带宽： 1.536 MHz；
- 发射机功率： 780 W = 28.9 dBW（Tx输出），10 kW（e.r.p.）；
- Tx输出滤波器： 是；
- OoB域结束于： 3.84 MHz（必要带宽的250%）。

2.1 带外发射

在图5中，显示了DAB+发射机的测量值及相关限值。

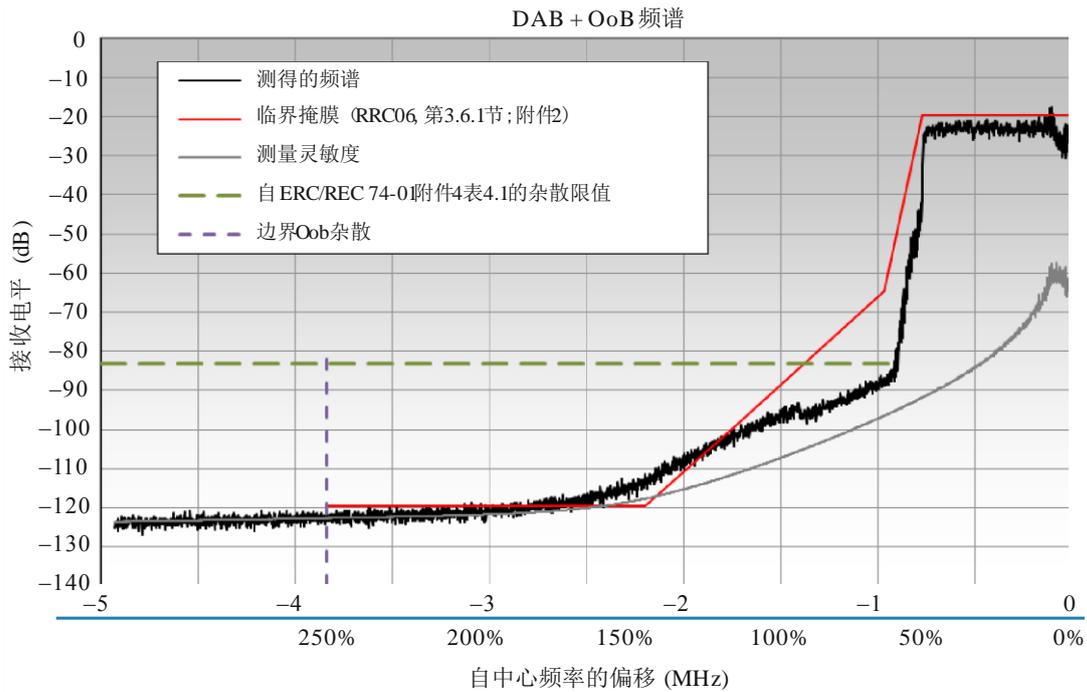
GE-06特殊协议（图3-2及其相关表3-10）中定义的掩膜之一给出了任何4 kHz频段中带外辐射信号频谱的限值。发射机的中心频率为174.928 MHz，这是VHF频段中的最低频率块。因此，最临界的掩膜用作下边带测量的参考。

测量在发射机的天线端口处进行，分辨率带宽为3 kHz。GE-06的频谱掩膜具有4 kHz的初始参考带宽。它被转换成3 kHz中的频谱掩膜；得到的频谱掩膜如图5所示。

作为参考，ERC/REC 74-01的杂散发射的相关限值也显示在图5中。

¹ 由于DAB与DAB+之间的差别仅在数字编码；相同的发射机用于两种标准，导致相同的典型无用发射。

图5
来自DAB+发射机的OoB测量结果



SM.2421报告-05

由于在大于2.5 MHz的偏移处测得的频谱发射电平非常接近测量设备的灵敏度水平，因此只能说大于此偏移的实际OoB发射电平低于来自GE-06特殊协议的临界掩膜（最严格的）。然而，由于测量的动态范围有限，因此无法确定发射机的发射低于临界掩膜的程度。在2.2 MHz的频率偏移下，测量中使用的系统的实际灵敏度在-115与-120 dBm之间。

从图5观察可以看到：

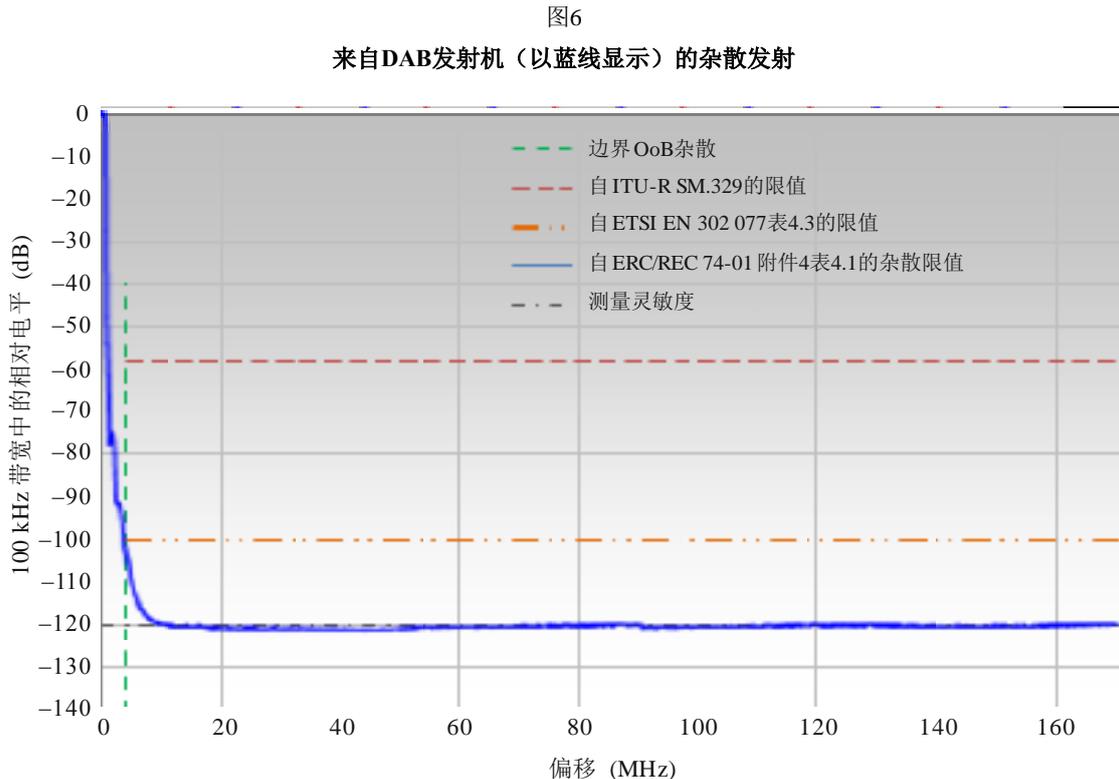
- 可以看出，临界掩膜在2.2 MHz偏移附近被违反，但由于测量设备的灵敏度限制，很难判断掩膜被违反的原因。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	RRC06
DAB+发射机	图5		可以看出，临界掩膜在2.2 MHz偏移附近被违反，但由于测量设备的灵敏度限制，很难判断掩膜被违反的原因。

2.2 杂散发射

如上所述，DAB/DAB+发射机始终带有输出滤波器，以限制无用发射。对德国若干DAB发射机的测量表明，无法检测到有关中心频率高频偏移以及测量系统本底噪声以上谐波发射的、杂散域中的无用发射。

图6显示了自DAB发射机（深蓝色）的杂散发射的测量结果和相关的监管限值。



测量结果与监管限值的比较：

- ITU-R SM.329建议书不包含类别B（欧洲）中有关DAB的特定杂散发射限值。因此，使用有关类别A“除了下面引用的那些业务之外的所有业务”的限值。
- 测量在DAB发射机的天线端口处进行，输出功率为780 W（10 kW e.r.p.）。100 kHz下、来自ITU-R SM.329建议书类别A“除了下面引用的那些业务之外的所有业务”的杂散发射限值为70 dBc。由于图6归一化为100 kHz带宽下的带内频谱电平，因此该限制被转换为 $70 \text{ dBc} - 10 \cdot \log_{10}(1\ 536/100) = 58.2 \text{ dBc}$ 的相对衰减。ERC/REC 74-01附件4表4.1规定了8至800 W输出功率之间发射机的限值为75 dBc，参考带宽为100 kHz。这导致100 kHz下信道内功率谱密度的限值为 $75 \text{ dBc} - 10 \cdot \log_{10}(1\ 536/100) = 63.2 \text{ dBc}$ 。
- 对25至1000 W之间的平均发射机输出功率，ETSI EN 302 077-1表4.3[12]在4 kHz参考带宽中定义了一个126 dBc的相对限值。由于图6归一化为100 kHz带宽中的带内频谱电平，因此该限值转换为 $126 \text{ dBc} - 10 \cdot \log_{10}(1\ 536/4) = 100.2 \text{ dBc}$ 的相对衰减。

从图5和图6观察可以看到：

- 相对于OoB边界附近的载波功率，杂散发射的相对抑制约为100 dB（对于低于-3.84 MHz的偏移，也可见图5）；

- 来自偏离中心频率约10 MHz以上处滤波后DAB/DAB+发射机的杂散发射和谐波发射低于测量灵敏度，低于ERC/REC 74-01限值57 dB以上；
- 在约1.4 MHz的偏移处或90%的信号带宽处，OoB掩膜达到ERC/REC 74-01的杂散发射限值（见图5）。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01
DAB/DAB+发射机	图5（DAB+发射机）和图6（DAB发射机）	DAB发射机优于类别A“除了下面引用的那些业务之外的所有业务”（图6）。	滤波后的DAB/DAB+发射机的杂散发射偏移中心频率约10 MHz以上，谐波发射低于测量灵敏度，低于ERC/REC 74-01限值57 dB以上。

3 DVB-T

这是欧洲使用的数字地面电视系统。为了保护相邻信道与/或无线电通信业务，ITU-R SM.1541建议书的OoB限值被认为是不够的。因此，在GE-06协议中定义了更加严格的限值。为了满足这些要求，DVB-T发射机必须在最终的放大阶段后安装带限滤波器。

测得的DVB-T系统的参数是：

调制： 8k OFDM，具有6 817个有效载波；

带宽： 7.61 MHz；

发射机功率： 1 kW（Tx输出），10 kW e.r.p.；

Tx输出滤波器： 是；

OoB域结束于： 20 MHz（参见ITU-R SM.1541建议书附件6第2.2.1节）。

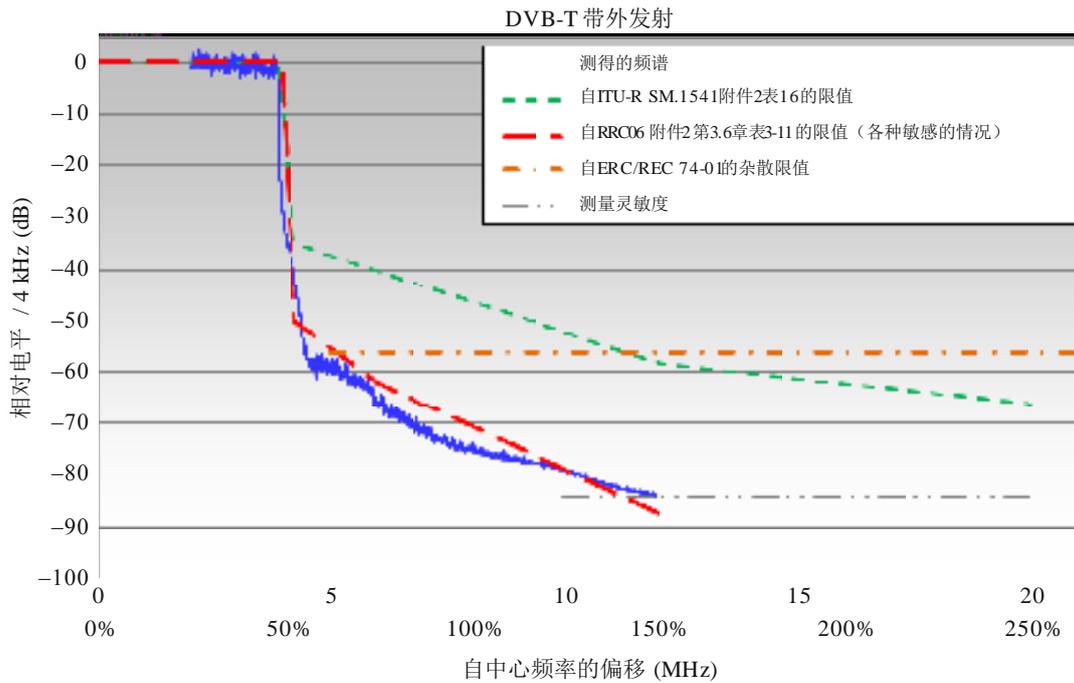
关于其他说明，另见附件1第4节。

3.1 带外发射

测量是在天线馈电处进行的，测量带宽为7.5 kHz，如图7所示，参考带宽为4 kHz。测得的电平归一化为4 kHz带宽中的带内功率谱密度。ITU-R SM.1541建议书规定了整个OoB范围的相对限值。为了保护相邻频段中的无线电通信业务，所测发射机的输出滤波器设计为满足敏感情况下GE-06第3.6章表3-11中最严格的掩膜。应注意的是，在大多数情况下，应用的是非临界的RRC06频谱掩膜。

图7

DVB-T发射机的OoB测量结果



SM.2421报告-07

从图7观察可以看到：

- OoB发射只能下测到12 MHz处GE-06掩膜断点的电平。较高频率偏移的OoB发射低于该最严格的掩膜，但因测量灵敏度有限而无法量化。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	RRC06
DVB-T发射机	图7	DVB-T的性能优于限值约20 dB或更高。	紧配

3.2 杂散发射

与监管限值的比较：

- GE-06协议不包含任何杂散发射限值。
- 由于ITU-R SM.329建议书不包含DVB-T的特定值，因此可以采用“广播电视”发射机的一般类别A的限值。规定限值为 $46 \text{ dB} + 10 \cdot \log_{10}(P/W)$ 或 60 dBc ，以较低者为准，但不超过 12 mW (10.8 dBm)。对于输出功率超过 50 W 的发射机， 100 kHz 带宽中 60 dBc 的衰减是相关的；对于 12 kW 以上的发射机，要求的衰减为 $19 \text{ dB} + 10 \cdot \log_{10}(P/W)$ 。
- ERC/REC 74-01表4.1规定了天线端口处平均输出功率为 1 kW 的发射机在 100 kHz 带宽中的杂散限值为 -16 dBm 。

在 8 MHz 带宽中输出功率为 59 dBm 时，该限值会导致 $59 \text{ dBm} - 10 \cdot \log_{10}(8000/100) - (-16 \text{ dBm}) = 56 \text{ dB}$ 的相对衰减。该限值如图7所示。

- 相关ETSI标准EN 302 296 [13]规定了比ITU-R SM.329建议书中的限值更严格的杂散限值。例如，对于超过1 kW的发射机输出功率，该ETSI标准中的限值在100 kHz带宽（400-790 MHz和862-1 000 MHz）中为-36 dBm，导致超过96 dBc的相对衰减。

如上所述，DVB-T发射机始终带有输出滤波器，以满足GE-06协议的要求。最临界点为12 MHz的偏移，在该处必须达到最低的OoB电平。在20 MHz的OoB与杂散域之间的边界处，输出滤波器进一步减少无用发射，使之远低于任何限值。因此，不会出现任何高于测量灵敏度的杂散发射或谐波。BNetzA在德国进行的测量表明，相对于相同带宽中的带内参考功率谱密度，杂散域中DVB-T无用发射的谱密度衰减超过100 dB。

从图7观察可以看到：

- 由于需要滤波，因此即使在杂散域开始处（20 MHz偏移）的无用发射电平也低于测量灵敏度，并至少比来自ERC/REC 74-01表4.1的限值低30 dB。

来自GE-06的OoB掩膜在5 MHz的频率偏移或62%的信号带宽处已达到ERC/REC 74-01表4.1的杂散发射限值。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01
DVB-T发射机	图7		由于需要滤波，因此即使在杂散域开始处（20 MHz偏移）的无用发射电平也低于测量灵敏度，并至少比来自ERC/REC 74-01表4.1的限值低30 dB。

4 LTE800基站

许多网络提供商现正在引入第四代移动通信标准（LTE）。3GPP TS 36.211允许许多灵活的RF参数，包括RF带宽。在来自不同制造商的若干LTE800基站上进行测量。所测基站的关键RF参数是：

- 频率范围： Tx1和Tx2为796 MHz， Tx3为816 MHz；
- 调制： OFDM；
- 带宽： 10 MHz；
- 发射机功率： 46 dBm（40 W）Tx输出， 60.5 dBm（1122 W）e.i.r.p.；

Tx输出滤波器：发射机1和发射机3无；发射机2有一个额外的外部滤波器，以符合DVB-T保护要求（实际上测量了Tx2的下边带，结果在中心频率上镜像到上边带，以便在一个图中与来自Tx1和Tx3的结果直接进行比较）；

OoB域结束于：对Tx1为偏离中心频率35MHz，对Tx2和Tx3为偏离中心频率15MHz。

尽管没有外部输出滤波器应用于Tx1和Tx3，但它们带有内部滤波器，以限制所分配下行链路频段外的杂散发射，以便保护上行链路频段（832至862 MHz）中其自身接收机。

测量基于有限数量的设备样本，并且由于3GPP LTE系统的固有动态特性，最坏情况下的性能可能显著偏离所示结果。此外，测量期间的特定资源块配置并不总是已知的。

4.1 带外发射

系统根据基站配置和流量，以不同长度和带宽突发的形式进行传输。在基站处于测试模式时，使用所有可用的资源块进行测量，从而激发最大的边带发射。测量带宽介于30与100 kHz之间。所有三个LTE基站的发射机输出功率均为 $40\text{ W} = 16\text{ dBW} = 46\text{ dBm}$ 。辐射功率为60.5 dBm。

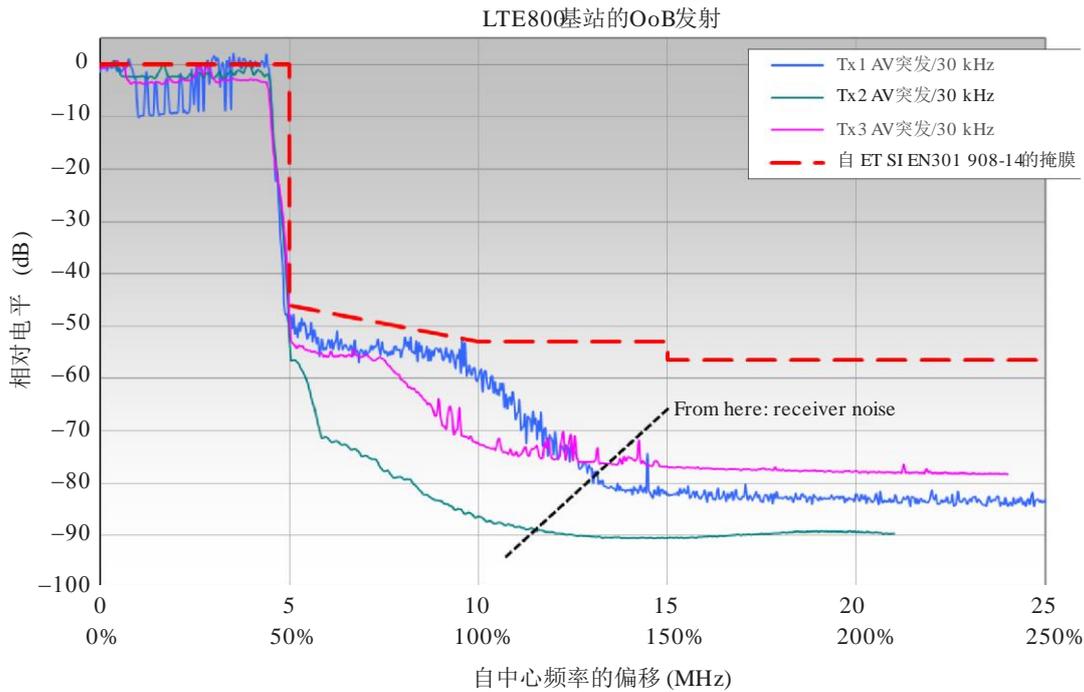
由于ITU-R SM.1541建议书不包含任何有关此类应用的OoB限值的信息，因此在图8中显示了ETSI EN 301 908-14表4.2.2.2.3-3中的掩膜，用于比较。

将测得的值和限值的电平转换为30 kHz的带宽，并进行归一化。

图8中黑色虚线右侧的值表示因接收机噪音而引起的技术限制。

图8

来自LTE800基站的OoB发射



SM.2421报告-08

从图8观察可以看到：

- 即使没有应用任何外部滤波器（参见Tx1和Tx3），超出约15 MHz（150%信道宽度）偏移的OoB发射也已被抑制80 dB，或者低于限值20 dB（另请参见图27，上边带）。
- 然而，注意到，Tx1仅在较低偏移（< 10MHz）处满足掩膜要求，并且如果测量时间增加，这可能会发生变化。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	ETSI EN 301 908-14, 表4.2.2.2.3-3
LTE800基站	图8	在本建议书中没有任何有关此类应用的OoB限值的信息。	即使没有应用外部滤波器，超过约15 MHz（150%信道宽度）偏移的OoB发射也已比限值低20 dB。然而，这些信号中的一个恰好满足较低偏移（< 10MHz）处的掩膜，并且如果测量时间增加，这可能会发生变化。

4.2 杂散发射

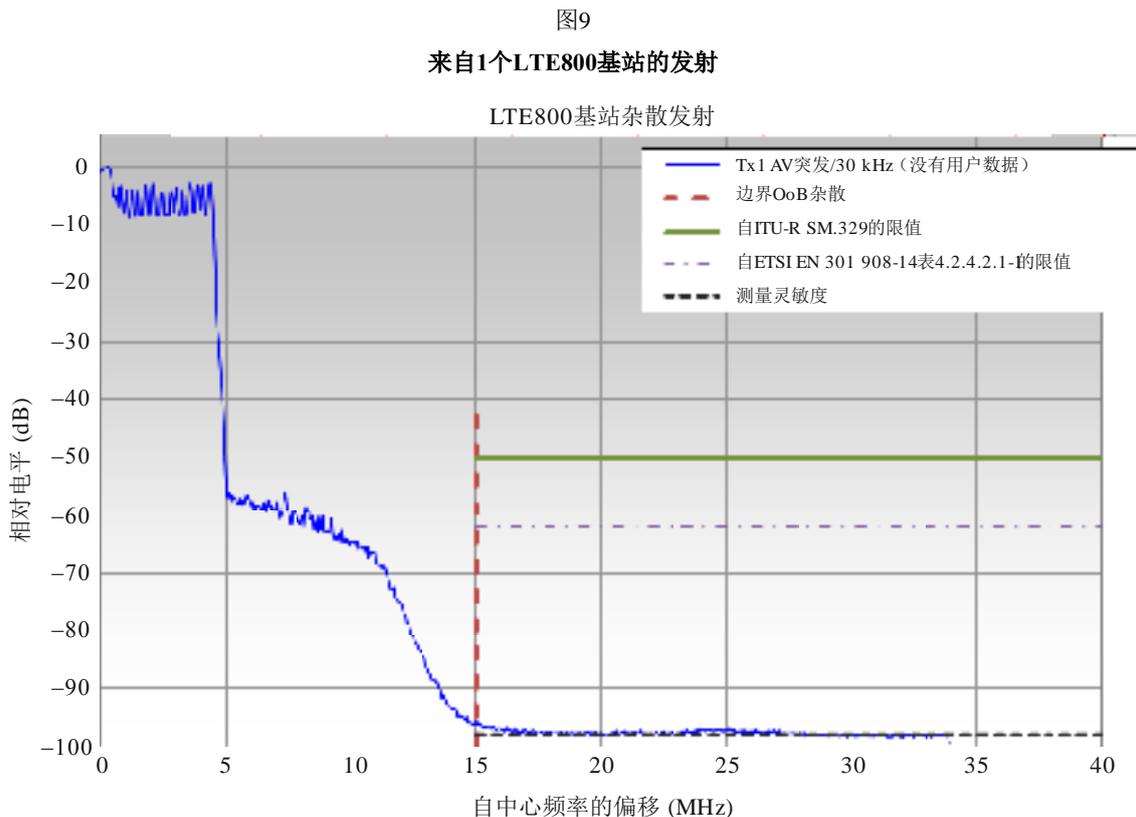
与监管限值的比较：

- 由于ITU-R SM.329建议书（类别B）不包含1 GHz以下宽带无线接入系统的特定值，因此在图9中采用100 kHz带宽中-36 dBm陆地移动业务的一般类别B限值来进行比较。
- 相关ETSI标准EN 301 908-14第4.2.4.2.1节和ERC/REC 74-01表2.1还规定了在100 kHz带宽中的-36 dBm杂散限值，在发射机输出传导处测量。该限值必须参考10 MHz中的40 W = 46 dBm总带内功率，它对应100 kHz带宽中 $46 \text{ dBm} - 10\log_{10}(10\,000/100) = 26 \text{ dBm}$ 的带内功率谱密度。由此而产生的杂散发射相对衰减为 $26 \text{ dBm} - (-36 \text{ dBm}) = 62 \text{ dB}$ 。

如在OoB测量中所见，图8中的发射电平已低于在杂散域边界处的测量系统灵敏度。由于所有LTE基站至少带有内部滤波器以保护其自身的接收频段，因此在任何进一步的频率偏移处都不会检测到杂散发射。

下面的图9显示了工作于796 MHz频率的LTE基站发射机输出处的传导测量。尽管并非所有资源块都已分配给用户数据，但基站已做配置，以便以最大的功率进行传输。当基站以最大的功率进行传输且所有的资源块都分配给用户数据时，工作模式可以规定一个更高的无用发射电平并可被称为“最坏情况”。

考虑到第3.2节中描述的原理，杂散域从15 MHz的偏移开始，如下面图9中的红色虚线所示。



从图9观察可以看到：

- 在约15 MHz偏移（150%带宽）处，调制后的信号在低于测量灵敏度时已经消失。
- 由于应用了输出滤波器，因此杂散发射电平至少比在ITU-R SM.329建议书、ERC/REC 74-01表2.1和ETSI EN 301 908-14中的、有关陆地移动业务类别B的限值低40 dB。
- 尽管电台在“最坏情况”模式下不工作，但可以看出，输出滤波器在12 MHz以上偏移处具有最大影响，尽管杂散域开始于25 MHz偏移处。

系统	图	与以下的比较：		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
LTE800基站	图9	由于应用了输出滤波器，因此杂散发射电平至少比在ITU-R SM.329建议书、ERC/REC 74-01表2.1和ETSI EN 301 908-14中的、有关陆地移动业务类别B的限值低40 dB。		

5 LTE 800用户设备

LTE800的用户设备（UE）可以是安装于带有内部或外部天线或者智能电话的房屋中的调制解调器。在有效连接期间，UE总是传输带宽为180 kHz的控制信道。基站中的调度器在特定时间向移动电台指配一部分额外的信道宽度，以便传输用户数据。这导致UE信号的带宽不断发生变化，这取决于业务情况。另外，功率控制以信号在基站处刚好可接收的方式不断调整UE的输出功率。

使用来自不同制造商的若干LTE800UE进行测量。众所周知，理想情况下，应分析具有统计代表性数量的设备样本/参考设计，以便得出实际部署的移动设备性能的统计模型。出于实际原因，测量基于有限数量的设备样本，并且由于3GPP LTE系统的固有动态性，最坏情况下的性能可显著偏离所示的结果。例如，并不总是规定所用的LTE配置（即资源块的数量，其中是位于时间/频率中的资源块等）。甚至“满载”（当中UE在所有可能的资源块上以最大功率进行传输）也不一定导致最大的无用发射，这就是为什么在用于一致性测试的ETSI标准中设备必须工作于多种不同配置的原因，在这些不同的配置中，没有一个能产生

超出限值的无用发射²。不过，测量结果可为共享和兼容性研究提供有价值的信息。

所测UE的关键RF参数是：

频率范围： 832 MHz - 862 MHz；

调制： SC-FDMA；

带宽： 180 kHz ~ 10 MHz；

OoB域结束于： 偏离中心频率20 MHz（参见ETSI EN 301 908-13表4.2.4.1.2-1）；

发射机功率： 高达23 dBm（200 mW）e.i.r.p.；

Tx输出滤波器： 无。

尽管没有应用外部输出滤波器，但存在一些内部滤波，以限制在所分配上行链路频段之外的杂散发射，以便保护其自身工作于791~821 MHz频段或相邻业务中的接收机。

由于在该频率范围内仅关注FDD模式，因此尚未研究TDD操作。

5.1 带外发射

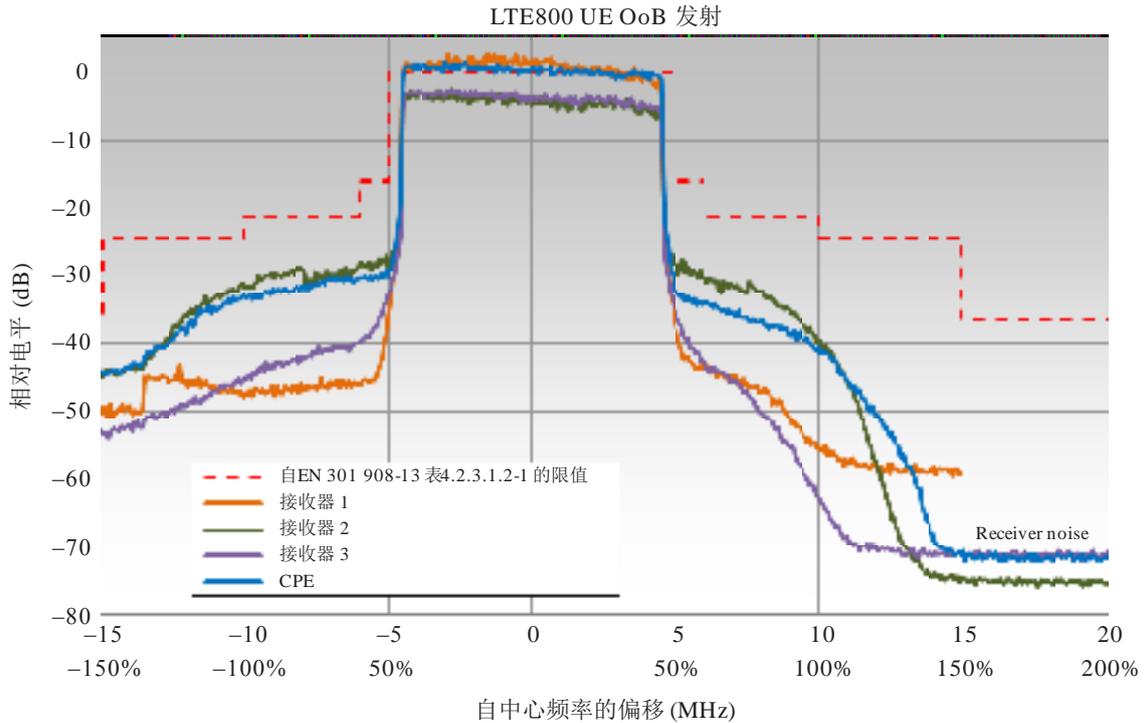
关于四种不同LTE800 UE的测量结果发表于[14]中。报告指出，测量结果记录为10 kHz分辨率带宽中的RMS功率，每个UE设置为以最大功率（23 dBm）进行传输，并使用16QAM调制，这是所有被测设备都支持的最大调制阶数。这确保了最大的无用发射电平。由于ITU-R SM.1541建议书不包含任何有关此类应用OoB限值的信息，因此来自ETSI EN 301 908-13表4.2.3.1.2-1的掩膜如图10所示，用于比较。注意，该标准还定义10 MHz LTE信号的OoB边界位于20 MHz偏移处，它等于信道带宽的200%。

将所测值和限值的电平转换为10 kHz的带宽，并进行归一化。

² 注：在带外和杂散发射方面，不易确定LTE的“最坏情况”资源块分配情况。实际上，这种“最坏情况”配置不同于“满载”配置，在基站和用户设备情况下，“满载”配置中的所有可用资源块均予以分配。原因如下：在LTE中，可能存在非常灵活的资源块（RB）分配，对单个载波而言，它可以在1到100的范围内。这些资源块的位置也可以在0到99之间变化，因此有数千种不同的组合。在载波聚合的情况下，第一载波的这些数千种组合可以与第二载波的各种组合相结合，从而产生更多的组合。虽然完全分配在某些情况下是最坏的情况，原因是它会导致非常宽的信号，但也存在其他情况，当中等数量的资源块可导致更高的OoB发射。另一种情况是单个资源块的传输，原因是单个RB传输具有非常高的功率谱密度。因此，所传输的资源块、载波频率和图像频率之间的互调产物可以落入OoB频率范围内并具有接近限值的巨大振幅。在载波聚合中，甚至可能在每个载波上存在单个RB。然后，落于带外的载波之间的互调产物可非常高，因此在这种情况下需要降低功率，以满足OoB和杂散发射限值。

图10

4个LTE800 UE的OoB测量结果



从图10观察可以看到：

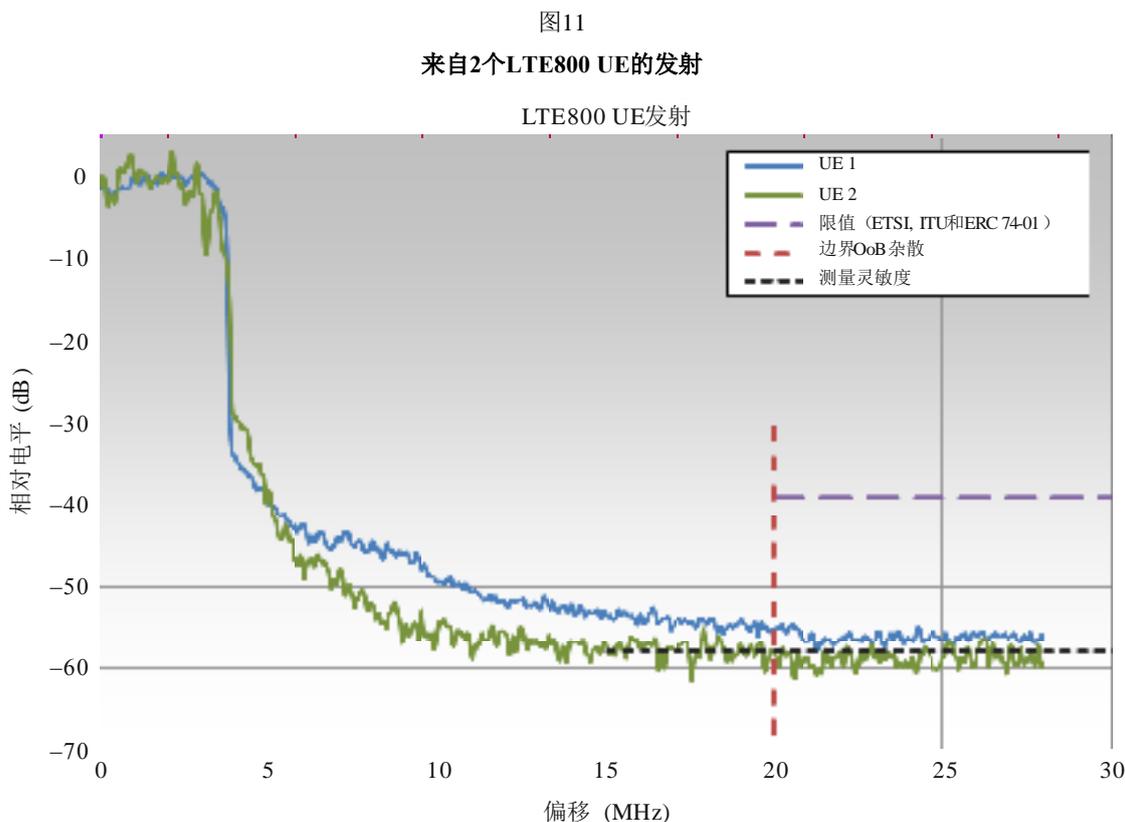
- 结果表明，所有UE都不同程度地优于OoB发射掩膜。
- 所有经过测试的UE都表现出不对称的发射，在862 MHz以上具有更高的抑制。这表明存在（内部）滤波，以解决在相邻频段中的系统的共存问题。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	ETSI EN 301 908-13, 表4.2.3.1.2-1
LTE800 UE	图10	在本建议书中没有任何有关此类应用的OoB限值的信息。	所测UE在不同程度上优于OoB发射掩膜，并表现出了不对称发射，具有高于862 MHz的更高抑制。这表明存在（内部）滤波，以解决与相邻频段中的系统共存的问题。

5.2 杂散发射

- ITU-R SM.329建议书（类别B，陆地移动业务）、ERC/REC 74-01表2.1和相关ETSI标准EN 301 908-13（表4.2.4.1.2-2）规定了100 kHz参考带宽中的杂散发射限值-36 dBm（在发射机输出处测得的传导发射）。该限值必须参考10 MHz中200 mW = 23 dBm的总带内功率，它对应100 kHz带宽中的 $23 \text{ dBm} - 10\log_{10}(10\,000/100) = 3 \text{ dBm}$ 带内谱密度。由此而产生的杂散发射的相对衰减为 $3 \text{ dBm} - (-36 \text{ dBm}) = 39 \text{ dB}$ 。
- 注意：ETSI EN 301 908-13定义10 MHz LTE信号的OoB边界在20 MHz偏移处，等于信道带宽的200%（参见表4.2.4.1.2-1）。

图11显示了在OoB边界附近偏移范围内工作于857 MHz的2个LTE800 UE的测量结果。



从图11观察可以看到：

- 可以看出，在该配置中，两个UE的性能均至少优于ERC/REC 74-01表2.1中的限值20 dB。由于可用测量灵敏度的限制，实际的杂散发射要低于所示值；
- UE工作于最高的LTE800信道上、其杂散发射被进一步抑制以保护相邻业务的事实导致非常高的杂散发射抑制，甚至低于测量灵敏度。通过检查图11中的下边带可以看出，在OoB边界处、甚至在LTE800频段内，杂散发射明显低于限值。

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
LTE800 UE	图11	在该配置下，两个UE均优于ITU-R SM.329建议书（类别B，陆地移动业务）、ERC/REC 74-01表2.1和相关ETSI标准EN 301 908-13（表4.2.4.1.2-2）的限值至少20 dB。由于可用测量灵敏度的限制，实际的杂散发射低于所示的值。		

5.3 谐波发射

已经测量了商用LTE800 UE二次谐波频率上的无用发射，原因是它落在无线电导航卫星业务频段的接收机带宽内。由于这些无用发射总是高于1 GHz，因此适用于ITU-R SM.329建议书中类别B，陆地移动业务，ERC/REC 74-01的表2.1以及1 MHz参考带宽中-30 dBm的ETSI EN 301 908-13的限值。适用于IMT-Advanced UE的ITU-R M.2071建议书也规定了相同的限值。测得的总辐射功率在10 MHz中为27 dBm，它导致信道内谱密度为17 dBm/MHz。因此，要求的谐波频率抑制为17 dBm/MHz - (-30 dBm) = 47 dB。

发射机频率为858 MHz。已在实验室设置的辐射中进行了测量，测量带宽为100 kHz。图12和图13显示了测得的带内信号及其二次谐波。

图12

来自1个LTE800 UE的带内发射

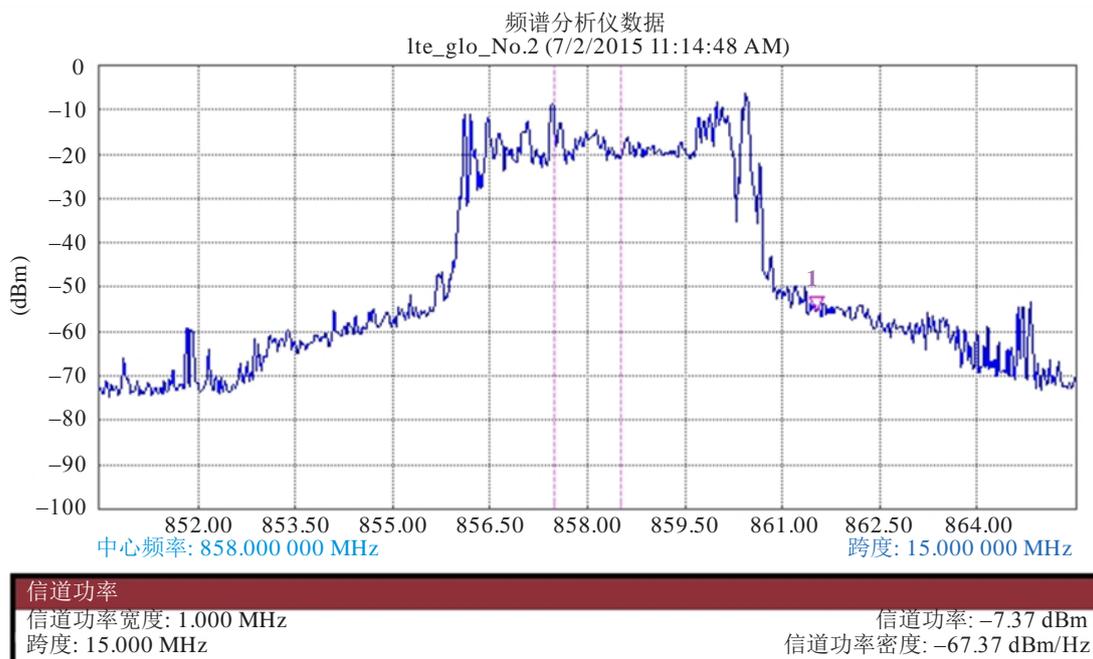
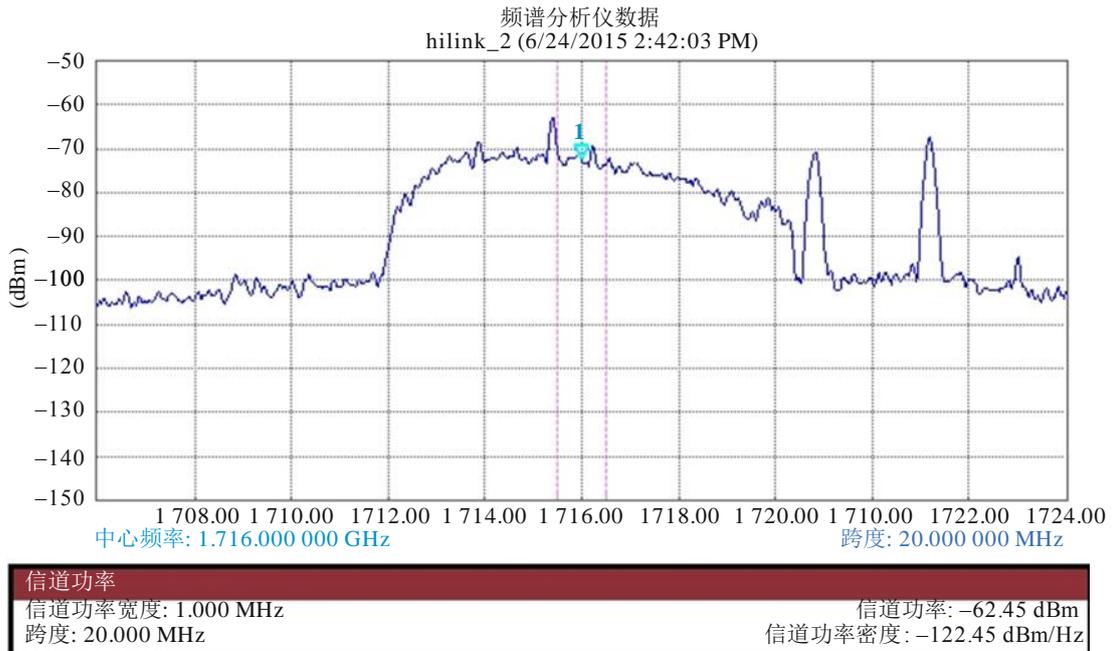


图13

二次谐波频率上来自1个LTE800 UE的发射



SM.2421 报告-13

这些测量的链路预算如表3所示:

表3
链路预算

参数	主发射	二次谐波发射
频率	858 MHz	1716 MHz
测得的功率	-7.35 dBm/MHz	-62.45 dBm/MHz
天线增益	7.8 dB	7.5 dB
电缆衰减	1.2 dB	1.5 dB
自由空间衰减	31.2 dB	37.14 dB
辐射的功率	17.23 dBm/MHz	-31.31 dBm/MHz

测得的UE的二次谐波抑制估计为 $17.23 \text{ dBm/MHz} - (-31.31 \text{ dBm/MHz}) = 48.54 \text{ dB}$ 。

观察可以看出：

- 在二次谐波频率上测得的UE的无用发射大约低于限值1.5 dB。

6 LTE 2300用户设备

在一些欧洲国家，LTE也用于2.3 GHz范围中。系统主要与LTE800相同，但通常信道的宽度为20 MHz。相关的RF参数是：

- 频率范围： 2 300 MHz - 2 400 MHz；
- 调制： SC-FDMA；
- 带宽： 180 kHz ~ 20 MHz；
- 发射机功率： 高达23 dBm（200 mW）Tx输出和e.i.r.p.；
- Tx输出滤波器： 无；
- OoB域结束于： 偏离中心频率35 MHz（参见ETSI EN 301 908-13表4.2.4.1.2-1）。

下面的图14显示了对两个不同LTE UE（工作于2 370-2 390 MHz之间2.3 GHz LTE TDD频段的20 MHz信道上）的无用发射的实验室测量结果。测量结果以10 kHz分辨率带宽记录为RMS功率，每个UE设置为以最大功率（23 dBm）发射并使用16QAM调制。

由于类似于第5节中所讨论的原因，测量基于两个设备样本，并且最坏情况下的性能可能与因3GPP LTE系统的固有动态行为而显示的结果相差很大。此外，并不总是规定所用的LTE配置（即：资源块的数量，哪些是位于时间/频率中的资源块等）。

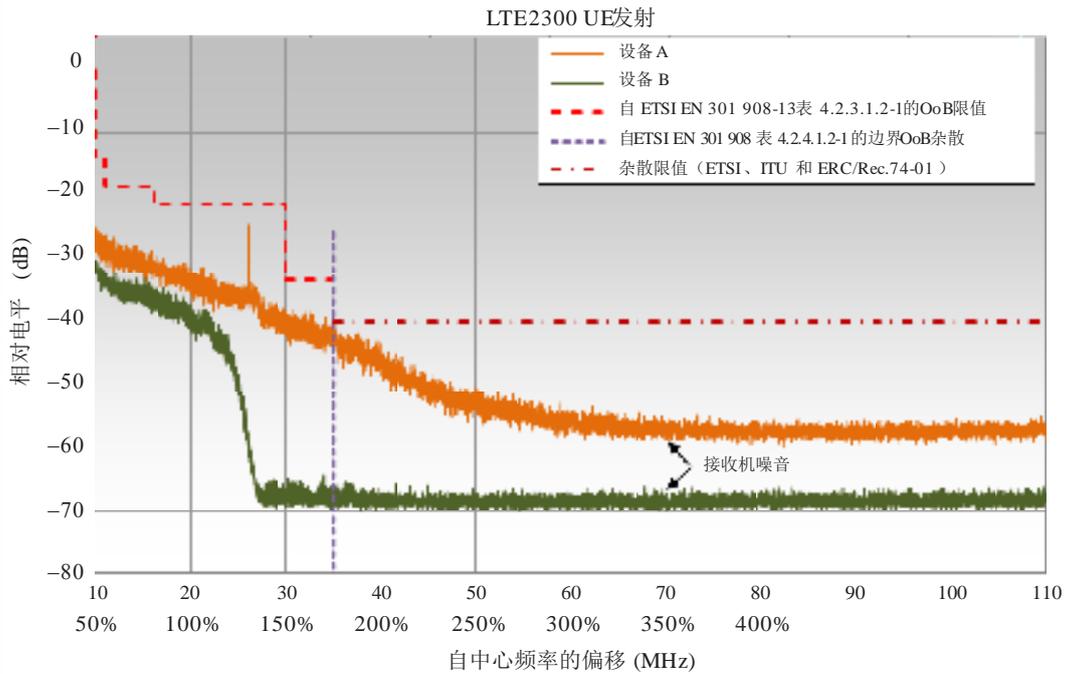
将图14中的图归一化为10 kHz带宽中的信道内功率谱密度。

ITU-R SM.1541建议书不包含该系统的OoB发射限值，因此相关标准ETSI EN 301 908-13（表4.2.3.1.2-1）的频谱掩膜转换为10 kHz带宽，并与信道内功率谱密度做比较，如图14所示。

相关ETSI标准EN 301 908-13（表4.2.4.1.2-2）、ITU-R SM.329建议书（有关陆地移动系统的类别B）和ERC/REC 74-01（表2.1）提供了1 MHz带宽中-30 dBm的杂散发射限值。由于该值适用于发射机输出，因此监管限值必须参考20 MHz中200 mW = 23 dBm的总带内功率，它对应1 MHz带宽中 $23 \text{ dBm} - 10\log_{10}(20/1) = 10 \text{ dBm}$ 的带内谱密度。由此产生的杂散发射相对衰减为 $10 \text{ dBm} - (-30 \text{ dBm}) = 40 \text{ dB}$ 。

请注意，ETSI EN 301 908-13（表4.2.4.1.2-1）定义20 MHz LTE信号的OoB边界在35 MHz偏移处，它等于信道带宽的175%。

图14
2个LTE 2.3 GHz UE的无用发射测量结果 (RMS功率, 分辨率带宽= 10 kHz)



SM.2421 报告-14

从图14观察可以看到：

- 两个设备之间测得的发射曲线存在明显差异。设备A呈现线性衰减，但OoB域内的尖峰除外，并且仅在刚好超出边界处满足杂散发射限值。设备B显示出明显更好的性能，在OoB域中的衰减更加明显；
- 较高频率偏移的杂散发射优于限值30 dB。然而，应该注意到，杂散域中的测量受限于测量设备的动态范围。因此，来自设备的无用发射可能甚至低于图14中所示的值。

系统	图	与以下的比较：		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
LTE2300 UE	图14	较高频率偏移的杂散发射性能超过限值30 dB。然而，应该注意到，杂散域中的测量受到测量设备动态范围的限制。因此，来自设备的无用发射可能甚至低于图14所示的值。		

7 GSM900基站

GSM900基站的相关RF参数为：

频率范围： 925 MHz - 960 MHz；

调制： GMSK；

- 占用带宽： 250 kHz；
信道间隔： 200 kHz；
OoB域结束于： 偏离中心频率500 kHz处（250%规则，使用信道间隔（注1））；
发射机功率： 高达46 dBm Tx输出（典型值）；
Tx输出滤波器： 无。

注1 – 距杂散域开始处的500 kHz偏移通常用于兼容性研究。在GSM规范ETSI EN 302 408 V8.0.1第4.3.3.1节和EN 301 502 V12.1.1第4.2.5.1.3节和表4.2.5.1中，杂散发射定义为开始于距发射频段内载波中心的1.8 MHz偏移处以及距发射频段外频段边缘的2 MHz偏移处。

尽管未应用任何外部输出滤波器，但发射机通常会有一些内部滤波，以限制相邻频段中的无用发射，并保护其自身的上行链路接收机频段（880-915 MHz）。

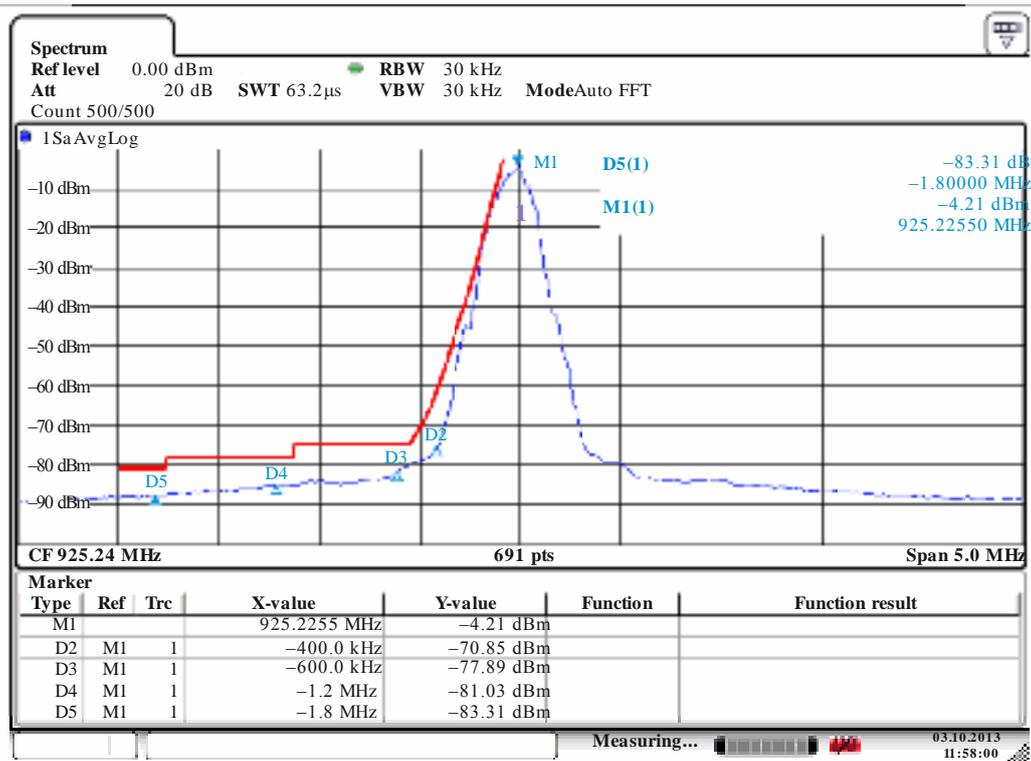
7.1 带外发射

ITU-R SM.1541建议书不包含GSM的特定OoB限值。相关标准ETSI TS 145 005没有将OoB和杂散发射的要求分开。然而，ETSI TS 145 005第4.2.1节“因调制和宽带噪音而引起的频谱”定义了第4.2.1.3节中的频谱掩膜，a2中的表可用作参考。该参考掩膜在图15中以红线表示。

所测基站被设置为可能的最低工作信道（#975），它对应925.2 MHz的下行链路中心频率。频谱分析仪设置为30 kHz分辨率带宽，使用RMS检测器并显示最大保持迹线。

图15

GSM900基站测试的测量结果



SM.2421 报告-15

从图15观察可以看到：

- 在整个范围内，无用发射的电平低于ETSI限值，特别是在400 kHz偏移处，性能优于发射掩膜约10 dB。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	ETSI TS 145 005
GSM900	图16	在本建议书中没有任何有关此类应用的OoB限值的信息。	在整个范围内，无用发射的电平低于ETSI限值，特别是在400 kHz偏移处，性能优于发射掩膜约10 dB。

7.2 杂散发射

测量在所谓的“C1”频率（930.6 MHz）（承载广播信道（BCCH））上、普通GSM基站的发射机输出处完成。尽管GSM是一种TDMA系统，并且通常以突发方式进行传输，但C1频率以全功率连续进行传输。因此，外部触发并非测量RMS电平所必需的。

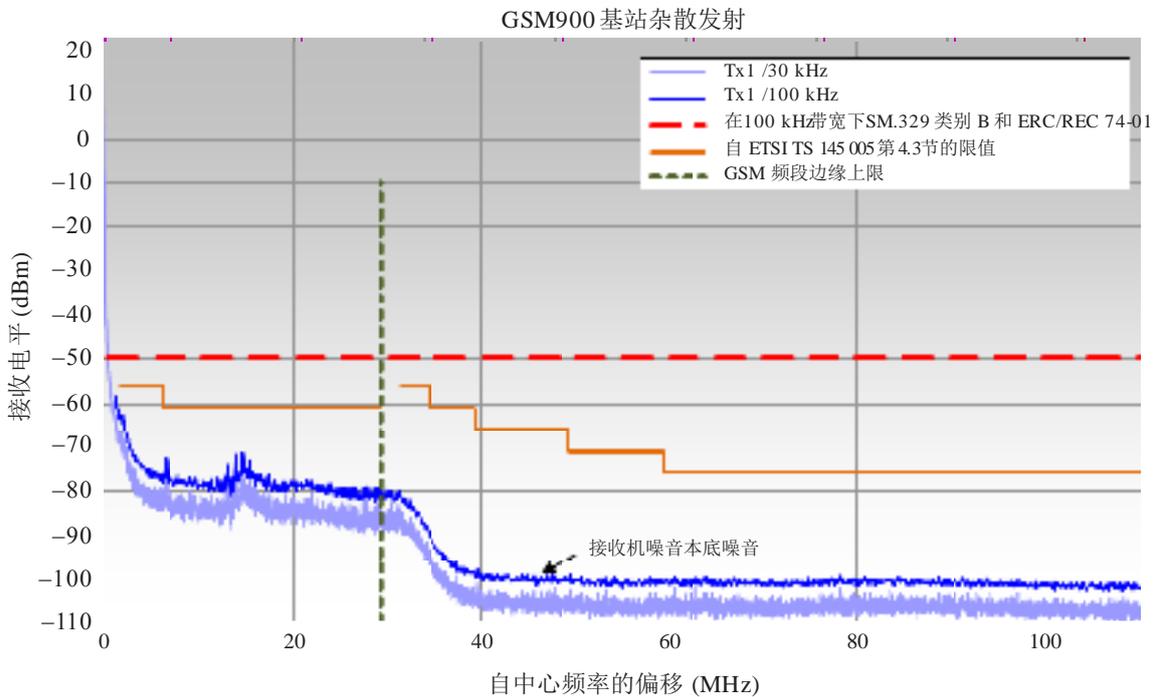
ERC/REC 74-01和ITU-R SM.329建议书规定了类别B、陆地移动系统、基站在100 kHz带宽中的杂散发射限值为-36 dBm。在这种情况下，发射机输出功率在200 kHz信道带宽中为42 dBm，因此该限值将对应 $42 \text{ dBm} - (-36 \text{ dBm} + 10 \cdot \log_{10}(200/100)) = 75 \text{ dB}$ 的杂散发射的相对衰减。在30 kHz测量带宽中，所测基站的信道内接收电平为+20 dBm，对应100 kHz参考带宽

中的+25 dBm。因此，ITU-R SM.329建议书和ERC/REC 74-01的限值在图中为+25 dBm - 75 dB = -50 dBm。

ETSI TS 145 005具有相当复杂的杂散发射限值，在指配GSM频段之内和之外分别予以规定。然而，结果值比国际电联建议书中的一般值要严格得多。GSM下行链路频段的上频段边缘为960 MHz。当所测基站的发射频率为930.6 MHz时，边界位于29.4 MHz的偏移处。

图16

GSM900基站杂散发射（频率范围上限）



从图16观察可以看到：

- 由于测量接收机的灵敏度限制有限，因此高于40 MHz偏移的实际杂散发射甚至可能低于图中所示的值。
- 在指配的GSM频段之外，至少比ITU-R SM.329建议书和ERC/REC 74-01类别B、陆地移动系统、基站的杂散限值优30 dB。
- 特别是在指配的GSM频段之外，由于内部滤波保护相邻业务，因此无用发射的电平比[16]中的ETSI限值低25 dB以上。

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
GSM900基站	图16	在指配的GSM频段之外, 至少比ITU-R SM.329建议书和ERC/REC 74-01类别B、陆地移动系统、基站的杂散限值优30 dB。		特别是在指配的GSM频段之外, 由于内部滤波保护相邻业务, 因此无用发射的电平比ETSI TS 145 005限值低25 dB以上。

在测量接收机的本底噪音之上无法看到二次谐波, 这意味着它低于-100 dBm (100 kHz中的接收设备电平), 对应小于-90 dBm (100 kHz带宽中的发射电平)。对辐射做了测量, 但没有记录在二次谐波之上, 原因是在110 MHz偏移以上的本底噪音之上未发现任何辐射。

8 DECT

数字增强无绳通信 (DECT) 标准通常被众多个人通信系统使用。它是一个TDMA系统, 因此固定的和便携的部件都以突发形式进行传输。所测系统的参数是:

Tx频率:	1 897.344 MHz;
调制:	2-FSK;
辐射的功率:	250 mW = 24 dBm (平均突发);
占用的带宽:	1.15 MHz;
杂散域开始于:	2.875 MHz偏移;
突发持续时间:	90 μs或368 μs;
突发重复:	10 ms;
测量带宽:	100 kHz。

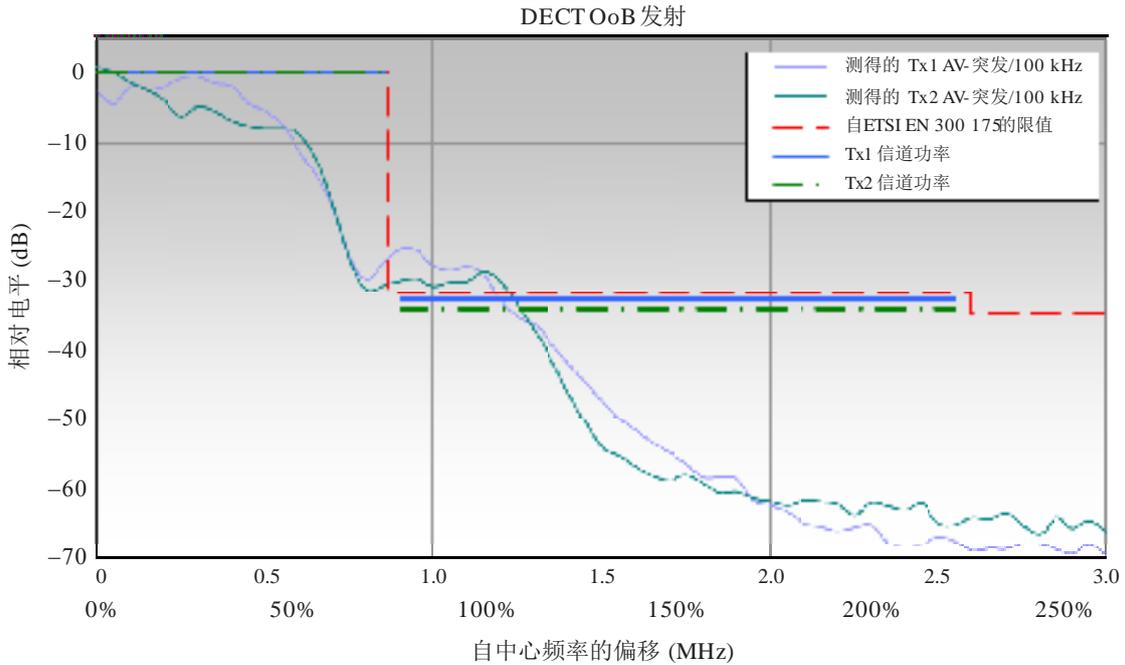
测量是在辐射 (空中) 下进行的, 原因是设备通常没有外部天线连接器。仅在突发期间 (平均突发电平) 测得的电平是RMS。使用外部触发来进行同步测量和突发传输 (有关测量设置的说明, 请参见附件1)。

8.1 带外发射

对不同制造商的两款DECT手机进行了测量, 分辨率带宽为100 kHz。得到的OoB频谱在图17中显示为“Tx1 AV突发/100 kHz”和“Tx2 AV突发/100 kHz”。

ITU-R SM.1541建议书不包含规定DECT OoB发射限值的附件, 因此将适用标准ETSI EN 300 175-2 (第5.5.1节表1) 的掩膜作为参考。对0 dB参考和OoB发射, 在整个信道带宽的功率电平中定义OoB限值, 因此不需要进行任何带宽转换。为了与限值进行直接比较, 对所用信道和相邻信道1.15 MHz的带宽上对测得的谱密度进行积分。结果在图17中显示为水平线 (“Tx1信道功率”和“Tx2信道功率”)。图的电平轴归一化为总信道内功率的0 dB参考线。

图17
DECT OoB发射（频率范围上限）



SM.2421报告-17

从图17观察可以看到：

- 可以看出，两个所测DECT设备的OoB电平在1 MHz左右的偏移范围内不满足ETSI标准的要求。
- 由于在OoB域中只能看到与调制相关的发射，因此可以假设所有DECT设备都具有几乎相同的OoB频谱，在这种情况下，OoB发射限值与实际OoB发射之间似乎存在相当大的差距，尤其是在具有2 MHz偏移的相邻信道的范围内。

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
DECT	图17			两个所测DECT设备的OoB电平在1 MHz左右的偏移范围内不满足ETSI标准0的要求。由于在OoB域中只能看到与调制相关的发射,因此可以假设所有DECT设备都具有几乎相同的OoB频谱,在这种情况下,OoB发射限值与实际OoB发射之间似乎存在相当大的差距,尤其是在具有2 MHz偏移的相邻信道的范围内。

8.2 杂散发射

对DECT业务,ITU-R SM.329建议书(类别B、陆地移动业务)和ERC/REC 74-01规定了在1 MHz参考带宽中的杂散发射限值为-30 dBm。当所发射功率为24 dBm时,该限值对应 $24 \text{ dBm} - (-30 \text{ dBm}) = 54 \text{ dB}$ 的杂散发射的相对衰减。

在1 MHz中测得的等效信道内接收电平为-12 dBm。因此,可以转换图18中的电平轴,通过增加36 dB来反映1 MHz带宽中的辐射功率,以解决设置中的损耗问题。在图18中,用于所需54 dB杂散发射抑制的线位于 $-12 \text{ dBm} - 54 \text{ dB} = -66 \text{ dBm}$ 。

ETSI EN 300 175-2第5.5.4节规定了在指定DECT频段以上的杂散发射限值为 $1 \mu\text{W} = -30 \text{ dBm}$ 。该电平的参考带宽介于30 kHz与3 MHz之间,当参考图18的1 MHz带宽时,导致限值下降。强制要求所测设备的发射频率为1897.344 MHz,这是欧洲最高的DECT信道。指定的DECT频段结束于1900 MHz,它对应2.656 MHz的偏移。

由于DECT设备以突发形式进行传输,因此仅在突发期间使用触发的频谱分析仪来测量无用发射。有关测量设置的详细信息,请参见附件1第3节设置类型3。

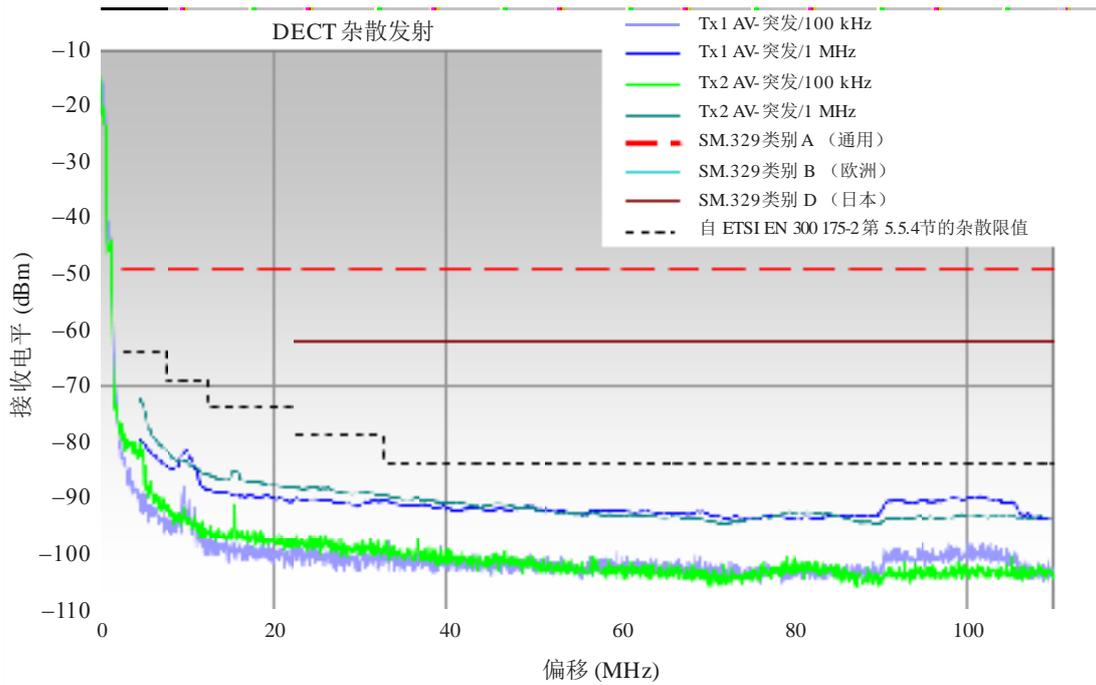
在100 kHz中测得的电平上应用一个浮动窗口,以将电平积分到1 MHz的参考带宽。必须将以深蓝色和深绿色显示的结果频谱线与图18中的限值进行比较。

为了将测得的电频与ETSI标准EN 300 175-2 v2.6.1中定义为峰值功率电平的限值进行比较,在计算图18中的限值时采用 13 dB^3 的减少量来处理类噪音信号的平均值与峰值电平之间的差异。

³ 这是一个凭经验得出的数字。当以峰值和RMS检测仪测量时,它适用于类噪音信号。

图18

DECT杂散发射（频率范围上限）



SM.2421 报告-18

分别测量谐波；结果如表4所示：

表4

所测DECT基站的谐波电平

	TX1			TX2		
	频率	电平/1 MHz	衰减	频率	电平/1 MHz	衰减
基本的	1881.6 MHz	-6.0 dBm	0.0 dBc	1890.4 MHz	-8.0 dBm	0.0 dBc
二次谐波	3763.2 MHz	-80.0 dBm	74.0 dBc	3780.8 MHz	-77.0 dBm	69.0 dBc
三次谐波	5644.8 MHz	-79.0 dBm	73.0 dBc	5671.2 MHz	-85.0 dBm	77.0 dBc
四次谐波	7526.4 MHz	<-88 dBm	> 82 dBc	7561.6 MHz	<-88 dBm	> 80 dBc

从图17和图18观察可以看到：

- 结果表明，ITU-R SM.329建议书和ERC/REC 74-01的杂散发射限值得到满足，余量很大。对于更高的偏移，杂散发射通常比该限值要低30 dB；
- 与其他数字系统一样，最临界的偏移是在OoB与杂散域之间的边界处，其中Tx1满足类别B的要求，余量为5 dB；
- ETSI EN 300 175-2的杂散发射限值得到满足，通常余量为10 dB；
- 所测设备的所有谐波发射远低于杂散发射限值。

9 UMTS 2100基站

该3G蜂窝移动系统使用W-CDMA扩频技术来管理多址。在欧洲和世界范围内它被广泛用作GSM的后继者。UMTS系统的参数是：

频率范围：	2 110-2 170 MHz（FDD下行链路频段I）；
调制：	QPSK；
带宽：	5 MHz（信道）；
Tx外部滤波器：	无；
杂散域开始于：	12.5 MHz偏移（250%规则）。

尽管在发射机输出处没有应用额外的滤波，但必须假设一些内部滤波，以保护基站自身的接收频段，并可能保护相邻的业务。

9.1 带外发射

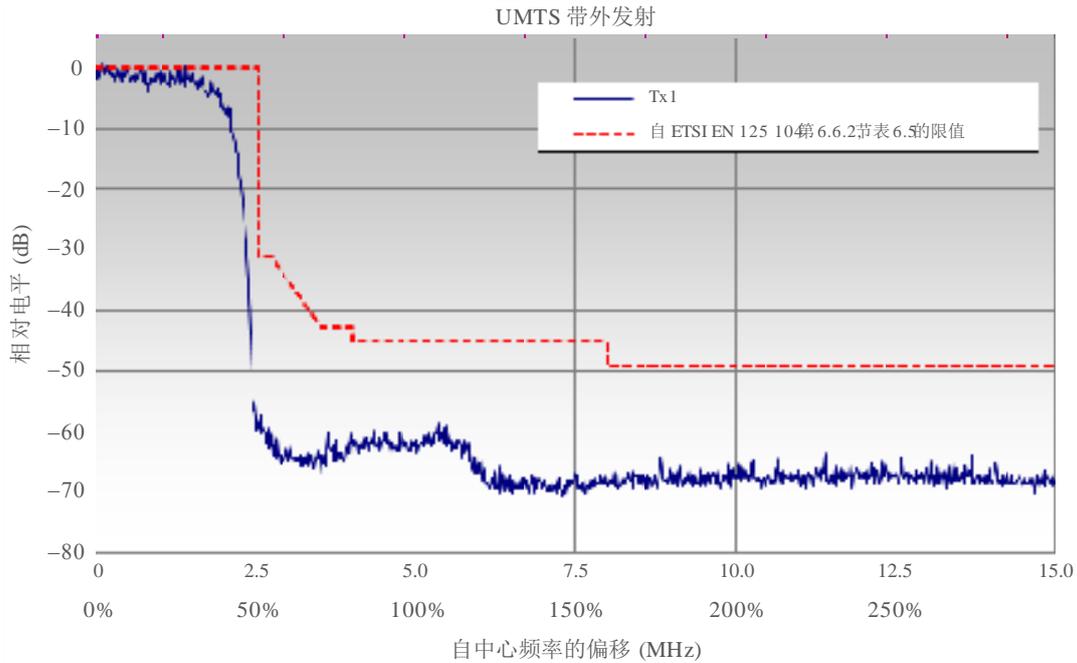
在发射机输出处传导以下OoB发射测量。所测电台的相关RF参数是：

Tx频率：	2 152 MHz（中心）；
Tx功率：	3 W/35 dBm（发射机输出处的RMS）；
测量带宽：	4 kHz。

下面图19中测得的频谱显示了以dB为单位的相对电平，归一化为4 kHz测量带宽中的最大功率谱密度。

ITU-R SM.1541建议书没有对W-CDMA系统规定限值。因此，显示了ETSI TS 125 104第6.6.2.1节表6.5中定义的限值。由于它们在介于30 kHz与1 MHz之间的参考带宽中给出，因此下图中的限值是在带宽校正后得出的，并归一化为测得的信道内功率谱密度。

图19
来自1个UMTS基站的OoB发射



SM.2421报告-19

从图19观察可以看到：

- 结果表明，很容易满足来自相关ETSI标准TS 125 104的限值。OoB发射比掩膜至少低15 dB。
- 因调制而引起的无用发射已在信道宽度的约125%偏移处从放大器的宽带噪音中消失。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	ETSI TS 125 104, 第6.6.2.1节, 表6.5
UMTS基站	图19	在本建议书中没有任何有关此类应用的OoB限值的信息。	OoB发射比掩膜至少低15 dB。因调制而引起的无用发射已在信道宽度的约125%偏移处从放大器的宽带噪音中消失。

9.2 杂散发射

ITU-R SM.329建议书用于陆地移动业务（基站）的类别B（欧洲）、ETSI TS 125 104的表6.9和ERC/REC 74-01的表2.1规定了-30 dBm/MHz的最大杂散发射电平。ETSI标准第6.6.3节[18]定义了对UMTS频段中所用第一个载波频率以下12.5 MHz以上偏移或者所用最后一个载波频率以上12.5 MHz以上偏移的杂散发射限值的适用性。

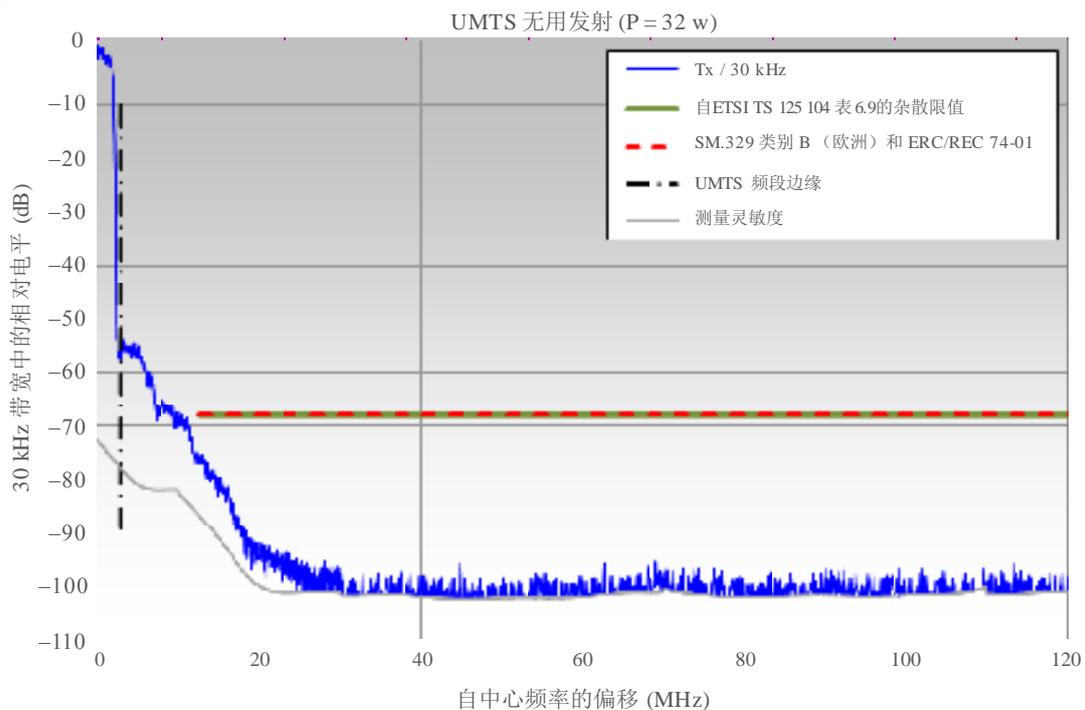
图20显示了工作于UMTS频段I中最高信道上的UMTS基站的辐射测量。相关的RF参数是：

Tx频率： 2 167.2 MHz（中心频率）；
Tx功率： 32 W/45.1 dBm（发射机输出处的RMS）；
带宽： 5 MHz（信道）；
测量带宽： 30 kHz。

在图20中，电平被归一化为30 kHz带宽中的信道内功率谱密度。 -30 dBm的限值在1 MHz带宽中予以定义。转换到5 MHz的UMTS带宽是 $10 \cdot \log_{10}(5) = 7$ dB。通过对信道内功率谱密度进行校正和归一化，图中的限值显示为 -30 dBm - (45.1 dBm-7 dB) = -68 dB。

图20

来自1个UMTS基站的杂散发射



SM.2421报告-20

从图20观察可以看到：

- 尽管在最高信道上进行传输并因此而呈现出符合杂散发射限值的最临界情况，但即使在杂散域的开始处，所测电台的性能也优于这些限值约10 dB。
- 对于高于20 MHz的偏移，至少优于限值30 dB。这些偏移的实际杂散发射甚至低于所示的值。限制条件是测量的灵敏度。

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
UMTS基站	图20	<p>尽管在最高信道上进行传输并因此而呈现出符合杂散发射限值的最临界情况，但即使在杂散域的开始处，所测电台的性能也优于这些限值约10 dB。</p> <p>对于高于20 MHz的偏移，至少优于限值30 dB。这些偏移的实际杂散发射甚至低于所示的值。限制条件是测量的灵敏度。</p>		

10 2.4 GHz频段中的RLAN设备

RLAN或WLAN设备在世界各地大量使用。业务符合IEEE 802.11标准要求[28]。根据该标准的变体，使用约2.4 GHz或5.6 GHz范围内的频率。参数是：

调制：	QPSK或OFDM；
最大辐射功率：	100 mW = 20 dBm（平均突发）；
带宽：	约16 MHz；
OoB域结束于：	40 MHz偏移（250%规则）；
突发持续时间：	可变，取决于流量，例如：100 μs；
突发重复：	可变，取决于流量，例如100 ms。

10.1 带外发射

测量是在三种不同的WLAN设备上进行的：

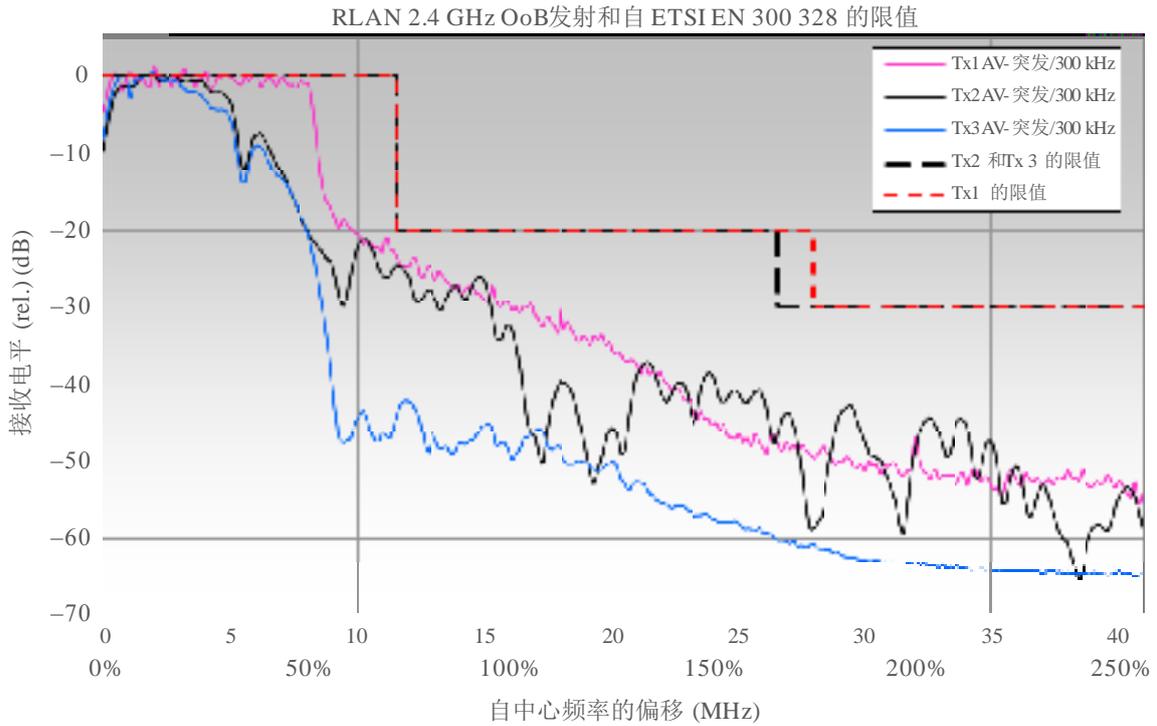
- Tx1: RLAN接入点，工作于802.11g模式（OFDM），辐射形式下测量；
- Tx2: RLAN路由器，工作于802.11b模式（DSSS），在Tx输出处测得；
- Tx3: 具有RLAN功能的智能手机，工作于802.11b模式（DSSS），辐射形式下测量。

由于ITU-R SM.1541建议书不包含规定SRD OoB发射限值的附件，因此掩膜取自适用的标准ETSI EN 300 328 V1.9.1第4.3.2.8.3节[19]。在所分配频段之外的OoB发射限值的定义取决于所占用的带宽，对Tx1，它为16.5 MHz，对Tx2和Tx3，它为15 MHz。在测量期间，所有三个发射机都工作于频段中的最高信道上，中心频率为2 472 MHz。频段边缘（2 480 MHz）和2480 + OBW的限值为-10 dBm/MHz，2 480 + OBW与2 480 + 2*OBW之间的限值为-20 dBm/MHz（参见图21中有关该现象的说明）。

图21中的电平显示了以dB为单位的相对值，并被归一化，从而使0 dB对应于300 kHz测量带宽中的最大信道内功率谱密度。限值也被归一化为300 kHz带宽，以便进行直接比较。

图21

RLAN OoB发射



SM.2421 报告-21

从图21观察可以看到:

- 所有三个所测设备均满足来自ETSI EN 300 328的OoB限值要求。在250%偏移处，OoB发射通常比限值低20 dB以上。

系统	图	与以下的比较:	
		ITU-R SM.1541建议书	ETSI EN 300 328
RLAN	图21	在本建议书中没有任何有关此类应用的OoB限值的信息。	在250%偏移处，OoB发射通常比限值低20 dB以上。

10.2 杂散发射

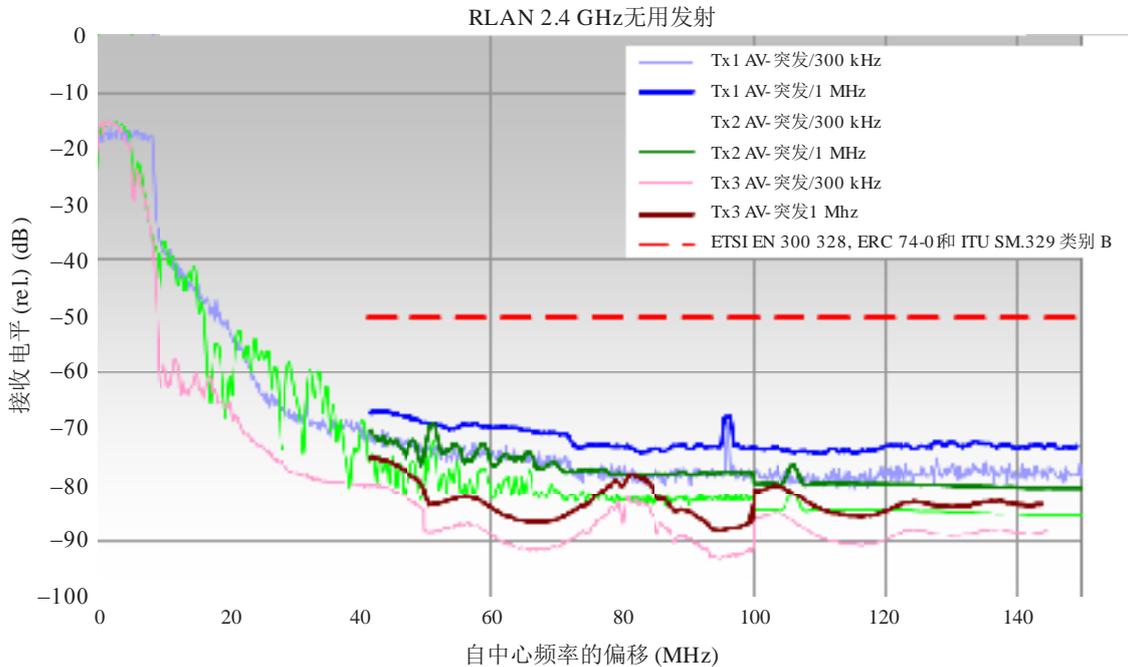
对RLAN系统，ERC/REC 74-01的表2.1参考编号2.1.2和ITU-R SM.329建议书规定了欧洲（类别B）1 MHz带宽中的杂散发射限值为-30 dBm。

ETSI EN 300 328第4.3.1.10.3节表1规定了1 GHz至12.75 GHz频率范围内1 MHz中宽带发射为-30 dBm的发射机的杂散发射电平。

测量在与图21中的OoB发射测量相同的三个RLAN设备上，测量带宽为300 kHz。为与限值直接进行比较，应用一个浮动的1 MHz积分窗口来将测得的值转换为1 MHz的参考带宽。由于图22归一化为20 dBm的总信道内功率，因此ITU-R SM.329建议书和ETSI EN 300 328的-30 dBm限值对应-50 dB的相对电平。

通过增加20 dB，图中显示的电平可以直接转换为1 MHz带宽中的辐射电平。

图22
RLAN杂散发射



SM.2421 报告-22

从图22观察可以看到：

- 即使ITU-R SM.329建议书规定的更严格的限值也满足典型的20~30 dB的余量。

系统	图	与以下的比较：		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
RLAN	图22	限值满足典型的20~30 dB的余量。		

11 WIMAX 3.6 GHz UE

WiMAX是一种用于宽带无线接入的系统。相应的WiMAX频段具有以下RF特性：

频率范围： 3 600-3 800 MHz；

调制： OFDM；

带宽： 10 MHz（信道）。

11.1 杂散发射

根据ERC/REC 74-01表2.1，陆地移动业务中UE/BS的杂散发射限值为-30 dBm/MHz。对于1 GHz以上的频率，在ITU-R SM.329建议书中定义了相同的限值。EN 301 908-21第4.2.4节定义了OFDMA TDD WMAN（移动WiMAX）FDD用户设备的发射机杂散发射限值。

图23显示了相邻雷达频段中WiMAX终端产品线的杂散发射测量结果，直接在发射机输出处进行传导。以下RF参数与此测量相关：

Tx频率： 3 620 MHz（最低可用上行链路信道）；
 Tx功率： 27 dBm/500 mW（发射机输出）；
 Tx外部滤波器： 无；
 杂散域开始于： 25 MHz偏移（250%规则）；
 测量带宽： 1 MHz。

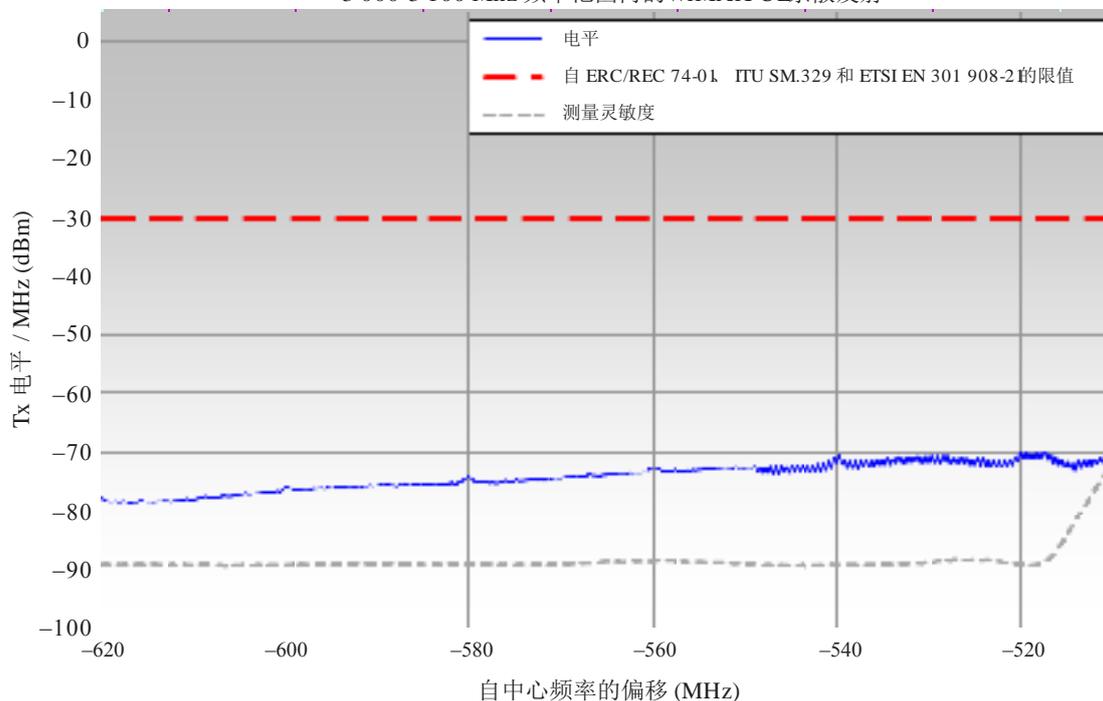
尽管在发射机输出处没有应用额外的滤波，但必须假设一些内部滤波，以保护自身的下行链路接收频段和相邻业务。

由于测量和参考带宽相等，因此无需进行任何带宽转换。

图23

UE 3.6 GHz WiMAX - 雷达频段中的发射

3 000-3 100 Mhz 频率范围内的WiMAX UE杂散发射



SM.2421报告-23

从图23观察可以看到：

- 尽管测量仅覆盖非常高偏移的小频率范围，但可以看出，至少优于限值40 dB的余量。
- 即使在非常高的频率偏移处，杂散发射的电平也与频率有关，并随着偏移的增加而趋于下降。

系统	图	与以下的比较:		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
WiMax 3.6 GHz UE	图23	虽然测量仅覆盖非常高偏移的小频率范围，但可以看出，至少优于限值40 dB的余量。		

12 25 GHz点对点链路

这些点对点系统通常用于连接公共移动业务的基站（例如GSM、UMTS、LTE）。根据所需的数据率，分配不同的带宽，最高可达50 MHz。这种设备的共性是：

- 频率范围： 25.1-26.5 GHz；
- 调制： QPSK或QAM；
- 带宽： 3.5 MHz - 50 MHz（信道）；
- Tx功率： -10 dBm – 24 dBm（发射机输出）。

尽管没有应用外部滤波器，但可以假设内部滤波，以便为来自相对链路电台的信号保护自身的接收机。

12.1 带外发射

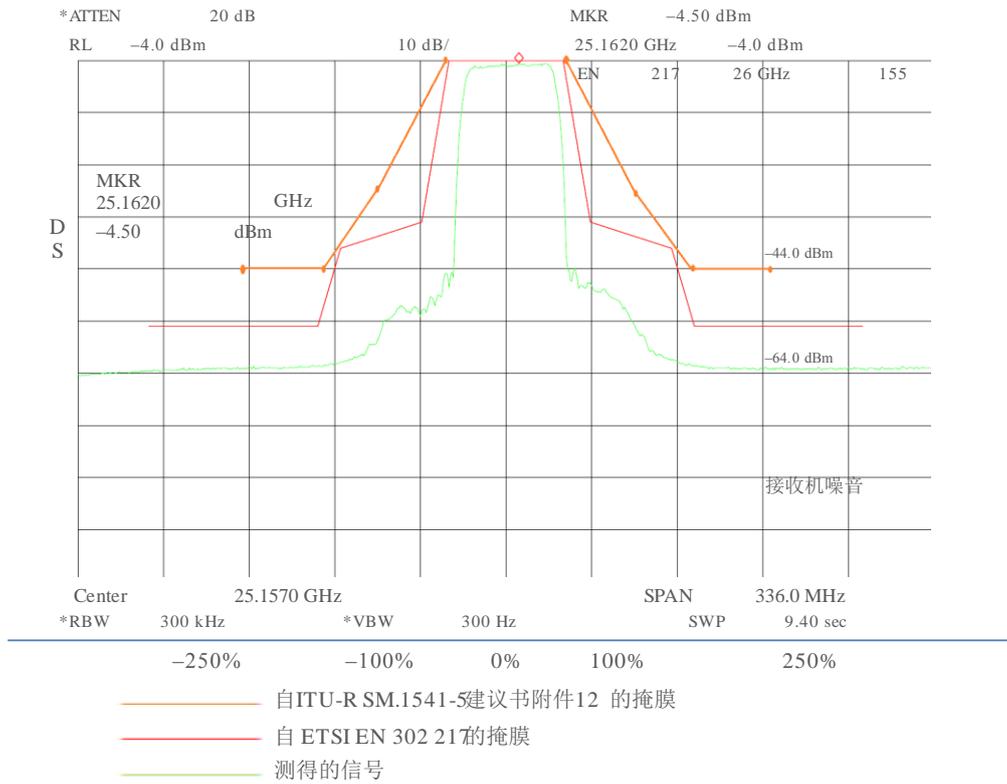
图24显示了来自一个25 GHz点对点链路设备的无用发射的传导测量情况。相关的RF参数是：

- 中心频率： 25.157 GHz；
- 调制： 64 QAM；
- 带宽： 40 MHz（信道）；
- Tx功率： 17 dBm（发射机输出）；
- Tx外部滤波器： 无；
- 测量带宽： 300 kHz。

图24中的电平被归一化为300 kHz带宽中的最大信道内功率谱密度。通用FS OoB发射限值取自ITU-R SM.1541-5附件12和ETSI EN 302 217-2-2第4.2.4.2.1节中有关该系统的特定限值，并被转换为300 kHz的相对电平。

图24

25 GHz点对点链路无用发射



SM.2421报告-24

对偏移超过±75 MHz的测量结果受接收机灵敏度的限制。事实上，这些偏移范围内的无用发射甚至高于所示的值。

从图24观察可以看到：

- 自ITU-R SM.1541建议书附件12的OoB通用FS安全净发射限值满足约20 dB的余量。
- 来自ETSI EN 302 217-2-2第4.2.4.2.1节的特定限值满足至少10 dB的余量。

关于OoB发射特性和电平，这些额外测量显示出了与图24中所示结果相同的趋势。

系统	图	与以下的比较：	
		ITU-R SM.1541建议书	ETSI EN 302 217-2-2, 第4.2.4.2.1节
25 GHz点对点链路	图24	自ITU-R SM.1541建议书附件12的OoB通用FS安全净发射限值满足约20 dB的余量。	特定限值满足至少10 dB的余量。

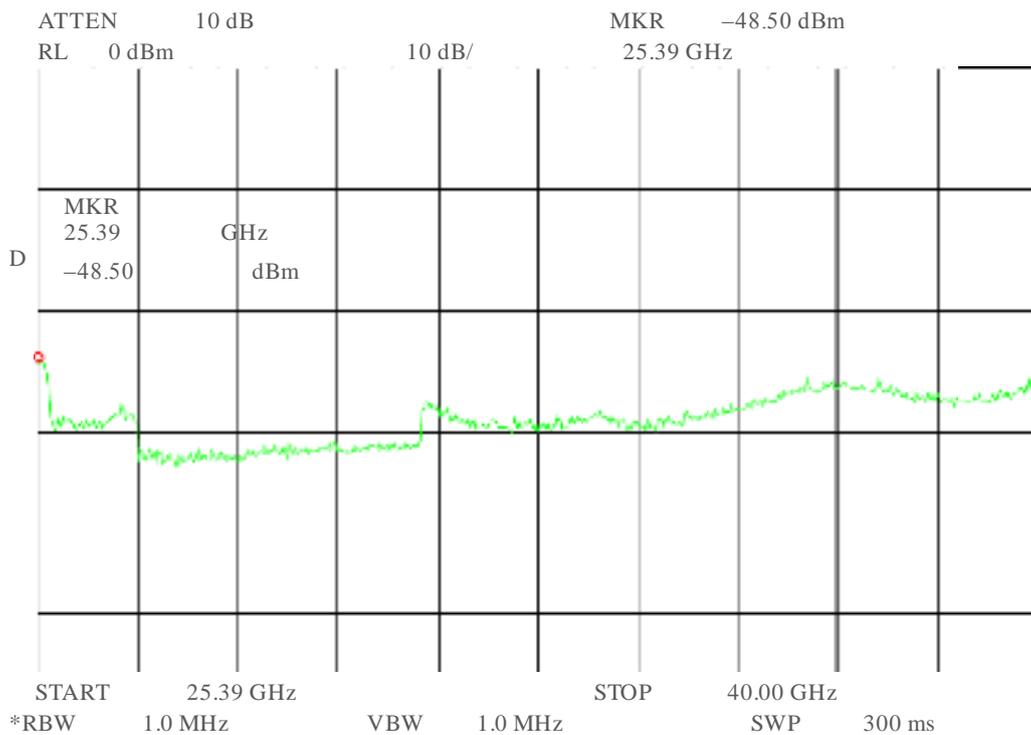
12.2 杂散发射

ERC/REC 74-01 以及 ITU-R SM.329 建议书（类别 B/欧洲）中的杂散发射限值为 -30 dBm/MHz。

对于杂散发射限值，相关标准 ETSI EN 301 390 在其第 4.1.1 节中也提到了 ERC/REC 74-01 中给出的限值。

已经在具有不同信道带宽的 25 GHz 范围内的诸多点对点设备上进行了杂散发射测量。下图显示了杂散范围开始处杂散发射的典型示例，通常最临界状态可至 40 GHz。提供了与上述 OoB 域相同的设备。测量带宽为 1 MHz。0 dB 电平参考是 1 MHz 中的信道内功率谱密度。

图25
25 GHz 点对点链路杂散发射



SM.2421 报告-25

从图25观察可以看到：

- 杂散发射限值满足20 dB以上的余量。

系统	图	与以下的比较：		
		ITU-R SM.329建议书	ERC/Rec 74-01	ETSI
25 GHz 点对点链路	图25	杂散发射限值满足20 dB以上的余量。		

有关其他频率范围（例如，在从25.157 GHz到40 GHz测量范围内的28 GHz、32 GHz、38 GHz）的相同设备的杂散测量另外表明，对于更宽的频率偏移，电平甚至低于物理预期。

关于OoB发射特性和电平，附加测量显示了与图25中所示结果相同的趋势。

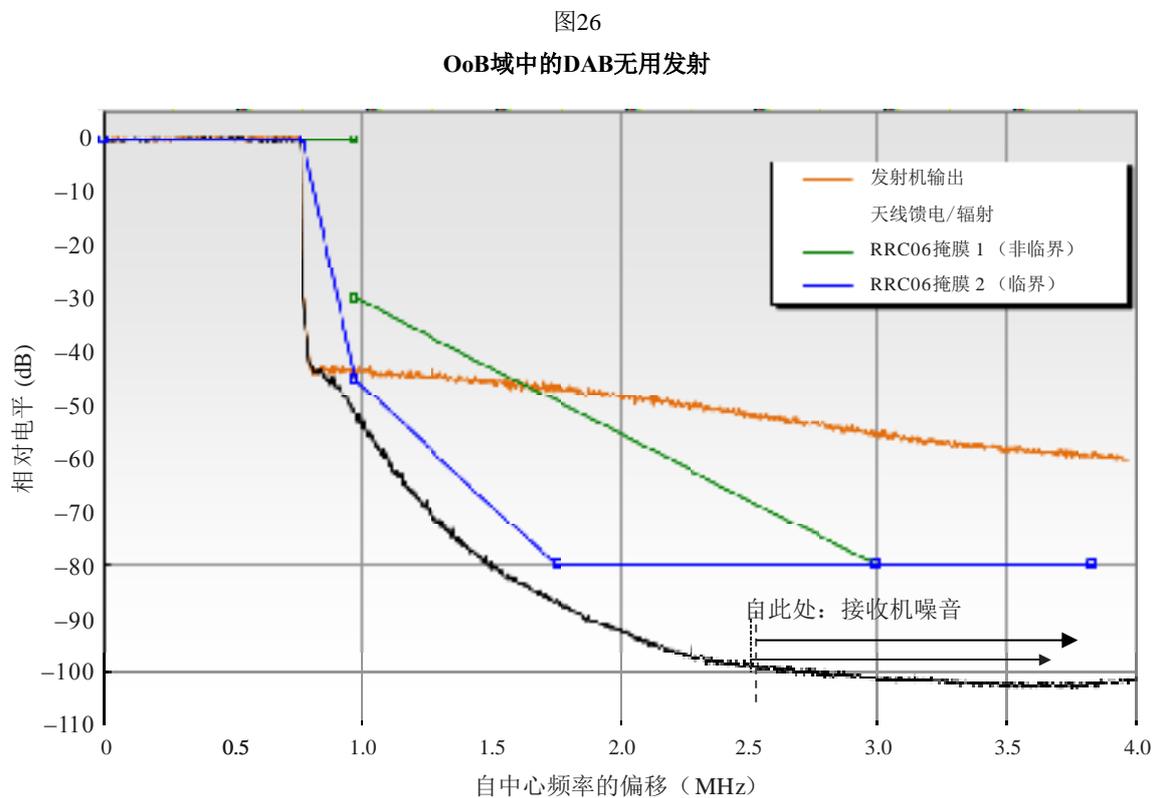
13 经过滤的和未过滤的系统

在为特定业务分配频段时，国家和国际频率管理部门通常要求高的无用发射抑制，以防止对相邻无线电业务造成有害干扰。在大多数情况下，只有在发射机的最后阶段中或最后阶段后采用某种额外的物理滤波时，才能满足这些要求。在部署应用此类滤波器的情况下，杂散域中无用发射的电平高度依赖于频率。此外，其绝对电平通常会很低，以至于无法测量。在这种情况下，杂散发射不会对其他无线电通信业务造成有害干扰，因此在兼容性/共用研究中可以被忽略。

总是在发射机输出处应用滤波器的一些系统示例是DAB、LTE基站和DVB-T。

13.1 DAB

图26显示了DAB发射机直接在发射机输出处以及天线馈电处附加滤波器后测得的无用发射。



从图26观察可以看到：

- 未经滤波的频谱不能满足GE-06掩膜1（非临界）和GE-06掩膜2（临界）的要求，它们是欧洲所需的OoB发射掩膜。

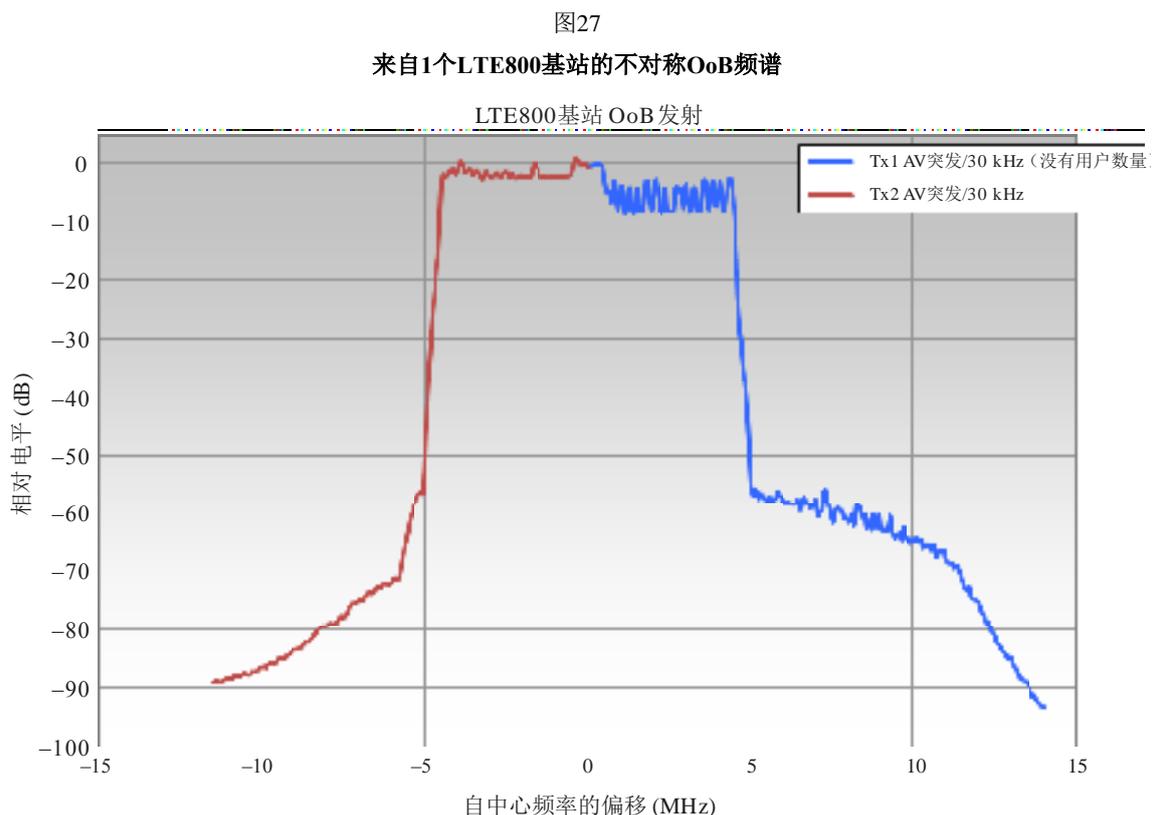
- 即使在OoB域中，经滤波的频谱也能显著抑制无用发射。
- 杂散域中的无用发射是不可测量的，实际上甚至低于图26中所示的噪音电平。

13.2 LTE800基站

抑制相邻频段中发射的要求可能导致“不对称的”OoB发射，原因是必须应用滤波器来抑制仅在较低或较高相邻频段中的发射。

图27显示了两个不同LTE800基站的OoB发射，二者均工作于最低的LTE信道（796 MHz）上。上半部分来自空闲模式下的发射机（Tx1），因此子载波的带内功率低于来自Tx2的功率。

可以看出，在下边带中靠近有用信道的OoB发射要低得多，原因是必须应用陡峭的滤波器以保护紧邻的DVB-T频段。



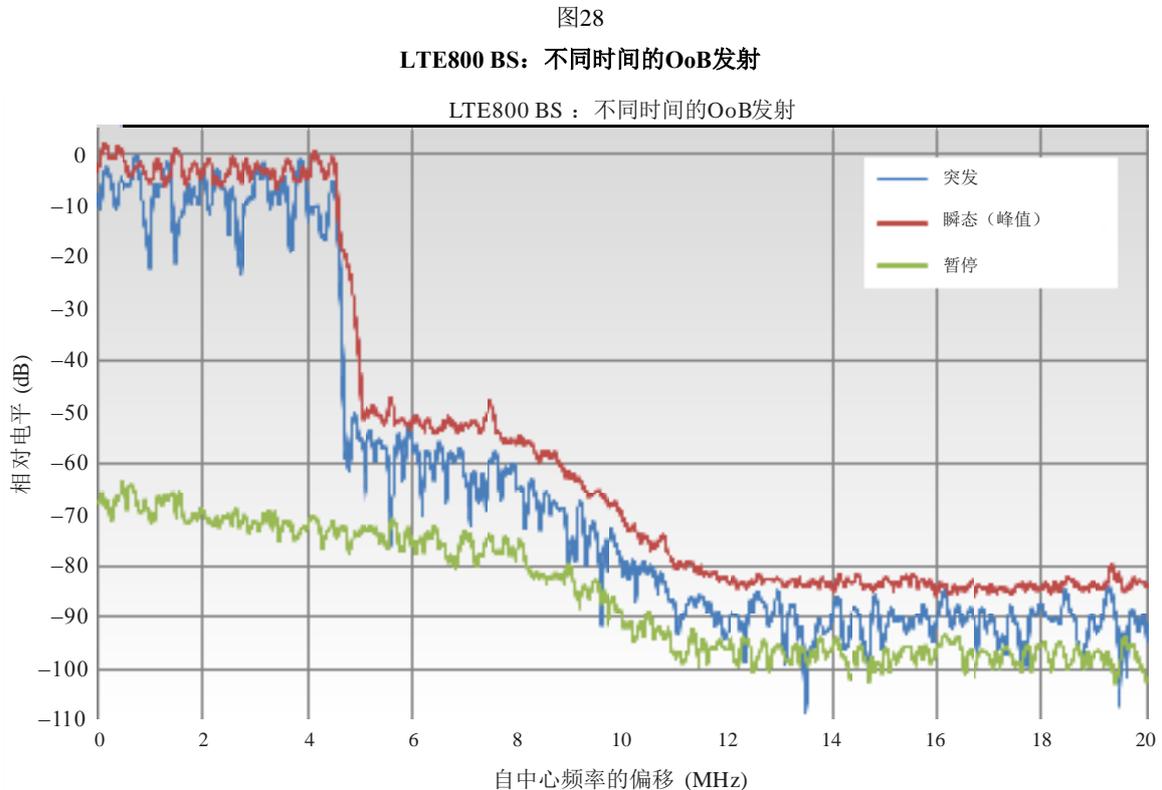
14 脉冲数字系统中的瞬态发射

许多TDMA系统产生所谓的“瞬态”无用发射。这些是在每次突发开始之时和结束之时在发射机接通和断开期间仅出现非常短时间的发射。在所传输符号发生改变期间，在一些OFDM系统中会出现相同的效果。一些TDMA系统的内部设计也会导致发射机（功率放大器）的最后阶段持续保持开启，而突发（包括接通和断开时序）则由基带中的DSP产生。

因此，有三种不同形状的无用发射：

- 持续存在的宽带放大器噪音。
- 依赖于调制的边带发射，仅在突发期间出现。
- 瞬态发射，仅在功率斜升或符号发生变化期间出现。

图28显示了所有上述阶段中在LTE800基站10 ms帧期间记录的OoB发射。



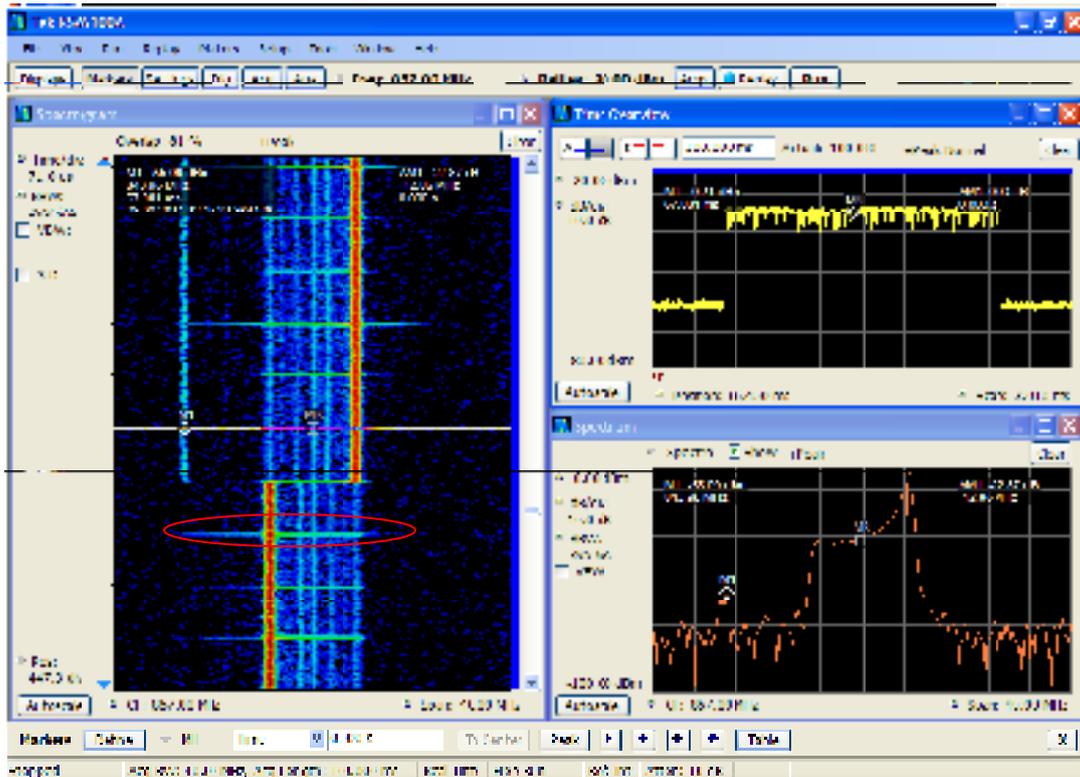
SM.2421报告-28

该例讨论一个限值是否足以逼真地表示脉冲数字系统的干扰电位，尤其是在OoB域中。

图29显示了一个具有高时间分辨率的LTE800 UE设备的工作情况。仅分配了一个资源块，因此所用带宽仅为180 kHz。然而，每隔71 μ s，传输的符号和所有所用子载波的调制都将发生一次变化。

图29

频谱、功率与时间以及在随机选择的LTE800 UE的频谱图中用线（具有点M1和MR）标记的瞬时频谱、高时间分辨率



SM.2421 报告-29

从图29观察可以看到：

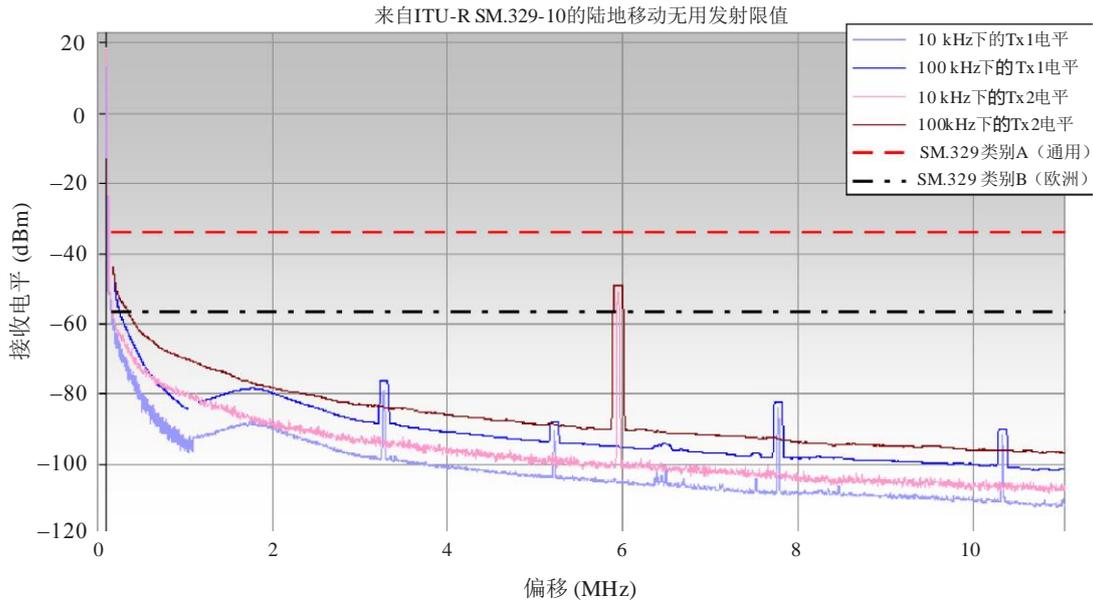
- 符号变化期间，OoB发射电平显著上升（红色圆圈标记一个符号变化）。
- 当OoB发射被测量为峰值电平时，产生的边带频谱将看起来像符号变化期间的结果。然而，如频谱图中所见，这些最坏情况下的发射仅在非常短的时间内发生（“瞬态”）并且可能具有与其连续存在时不同的干扰电位。

15 窄带和宽带无用发射

发射机放大器的所有输出级均产生一定量的噪音，可以将其视为OoB和杂散域中的宽带无用发射。除此之外，模拟发射机通常会在杂散域中的单个不同频率上产生窄带发射，它源自具有各种混频级和中频的发射机内的RF生成。这些“峰值”通常具有比宽带噪音高得多的电平。图30显示了使用两个不同PMR发射机的此性能的典型示例：

图30

来自2个不同PMR发射机的陆地移动杂散发射（频率范围上限）



这些峰值可能只是单个未调制的载波。当使用不同的带宽进行测量时，它们的电平不会发生变化。因此，在窄带宽中测得的无用电平不能简单地转换成100 kHz的参考带宽。在图30中，必须通过应用滑动积分窗口（深蓝色和棕色），将用10 kHz（浅蓝色和浅品红色）测得的无用频谱转换成100 kHz的参考带宽。

可以看出，这种转换将宽带噪音电平提高了大约10 dB，而峰值电平几乎保持不变。

现代数字系统发射机总是在所谓的“基带”中以数字形式产生RF频谱。在数模转换（D/A）之后，通过应用同相/正交（I/Q）调制，两个基带分量将直接转换到RF频率范围中。结果是，在杂散域中不会出现任何明显的峰值。在本文件中提供的所有测量结果均表明，杂散发射本质上只是宽带发射。这就是为什么所测数字系统的杂散发射电平通常远低于ITU-R SM.329建议书和ERC/REC 74-01（考虑模拟系统的峰值）的限值的主要原因。这种行为的一个优点是数字系统的杂散发射通常可以通过 $10 \cdot \log_{10}(BW1/BW2)$ 的恒定校正来转换到不同的带宽中。