

LTE UE 设备 FCC 认证 SAR 测试解读

Analysis of FCC SAR Test for LTE UE

北京邮电大学电子工程学院 吴帆 刘元安
华为技术有限公司 刘鑫

摘要

介绍了 FCC 对 LTE UE 设备认证方面的要求、测试方法、测试步骤，并从 LTE UE 本身的特征出发，分析了 SAR 认证测试的特殊性。

关键词

长期演进；用户设备；比吸收率

Abstract

The basic requirements, test approaches and procedures of the FCC SAR test for LTE UE are analyzed. The specialty of the SAR licensing test is also demonstrated based on the unique features of the LTE UE.

Keywords

LTE; UE; SAR

引言

近几年来，长期演进（LTE）系统商业化进程不断加速。美国、欧洲、韩国等发达国家已经铺设了 LTE 通信网络，具备更高的峰值速率和更低的系统延迟。同时，LTE 技术也在不断发展，除当前版本应用的多入多出（MIMO）、正交频分复用（OFDM）等技术外，最新的 R11、R12 版本融入了协同多点发射接收（CoMP）、载波聚合（CA）等新特性。新技术的应用增加了包括用户设备（UE）发射机在内的系统复杂度。与 3G 系统相比，LTE 系统增加了可用频段，且频段分配更加离散。为了满足语音和 LTE 网同时支持的需要，UE 内可能配备多套发射机。另外，UE 的信号也出现高峰均比、高动态、模式多样、配置丰富等特性。

FCC 历来重视无线通信终端设备的电磁辐射安全，制定了较完备的电磁照射评估体系，其要求相对于 CE 认证、3C 认证也更加严格。随着 LTE 的发展和商用，原先设定的规则 and 标准已经不能很好适应 LTE UE 的新特性。为此，FCC 陆续发布了一系列新的规范性文件，力求适应 LTE 系统的复杂性，有效涵盖 LTE UE 的多种配置和应用场景，在保证测试一致性、稳健性的同时，规定了常规的减项和免测项，以降低测试复杂度，避免冗余测试。

1 LTE SAR 测试的特定要求

在需要遵循原有的 KDB 865664（D02）的基础上^[1]，针对 LTE 的新特性，SAR 测试还需要注意以下内容。

1.1 频段和带宽

OFDM 技术的应用使得 LTE 网络可以灵活的支持多种带宽应用。在 LTE 标准中，根据资源块（RB）应用的数量不同，LTE 信号带宽存在多种配置，如表 1 所示。在测试和报告中，需要分别选取高、中、低（H、M、L）频段对上述带宽配置的进行测试，如表 2 所示。需要注意的是，随着 LTE 的技术发展，LTE 的可用频段仍在不断的拓展，除了原有的高、中、低频段之外，未来还将应用 3.4~3.6 GHz 的频段。另外，由于 CA 技术的应用，LTE 可进行多频段同时收发以支持更大的带宽，如 40 MHz 甚至更高。

表 1 LTE 所支持的带宽和对应的 RB 配置

带宽 /MHz	1.4	3	5	10	15	20
RB 数	6	15	25	50	75	100

表 2 LTE 的频段分布

	频率	对应频道号
低频段	698~960 MHz	5、6、8、12、13、14、15
中频段	1.4~1.5 GHz， 1.71~2.17 GHz	1、2、3、4、9、10、11、 33、34、35、36、37、39
高频段	2.3~2.4 GHz， 2.5~2.69 GHz	7、38、40

在某种信号带宽配置下，如果 UE 支持多个相互重叠的频段，FCC 规定选择中间的频段进行测试。由于 LTE 可用频段较多且仍在变动，在没有指定频段数量的情况下，需要测试的频段数量依据以下公式计算^[2]。

$$N_c = \text{Round} \left\{ \left[\frac{100(f_{\text{high}} - f_{\text{low}})}{f_c} \right]^{0.5} \times \left(\frac{f_c}{100} \right)^{0.2} \right\} \quad (1)$$

其中 N_c 为测试频段的数量, f_{high} 和 f_{low} 分别代表带内的最高、最低频率, f_c 为中心频率。式(1)中所有频率的单位按兆赫兹计算。

1.2 发射机和天线

当前的 UE 一般以多模多频段为主, 且支持语音和数据业务并发。许多 UE 中还会集成 WiFi、蓝牙等应用, 因此 UE 可能存在多个发射机同时发射信号的状况。对此 FCC 要求提供详细的发射机和天线的设计, 并说明各发射机可能发生的同时工作的情况。针对于每一种操作配置和暴露状况, SAR 测试均需要单独进行。

1.3 功率回退

多发射机同时发射的场景下, SAR 的测试值很有可能超标。为了确保 UE 能够顺利通过各类认证的 SAR 限值标准, 一些最大功率回退 (MPR) 手段可能会被直接应用到多发射机同时发射的 UE 设计之中^[3], 限制 UE 的最大输出功率。这些手段可能是固化的, 也可能是临时的。设计者可能会依据应用场景、以及 UE 发射机中的功率检测装置 (可能是检波器或反馈环路), 通过发射机的功率控制手段, 设定一定的策略触发功率回退。

FCC 只考虑那些仅在最大功率条件下应用的固化的 MPR 手段, 并遵循 3GPP 标准进行^[3]。不管网络的配置情况如何, 3GPP 对于带宽和调制方式的组合所允许的 RB 配置才可以在应用 MPR 策略的情况下测试。少于 RB 限额的配置不可以带着 MPR 测试。UE 设计过程中, 会根据 3GPP 要求在标准规定的场景降低 UE 的最大发射功率。

2 测试规程

FCC 引用了 IEEE Std 1528-2003 的方法进行 SAR 测试。此外 FCC 还编写了 OET Bulletin 65 及 KDB 文件规范操作流程。FCC 为 SAR 定义了更多的应用场景, 并针对 LTE UE 多发射机独立和同时发射情境下的 SAR 测试进行了规范。

另外, 由于 LTE 有多种带宽配置。对每个频段、每个场景、每种频偏以及每种带宽进行遍历式的测试工作量将极为庞大, FCC 出台了多种规定以缩减测试项总量。

2.1 测试场景

LTE UE SAR 测试的复杂性在于, FCC 不仅要求针对不同带宽、不同频段、频段内的偏移、调制方式进行测试, 还需要根据 KDB 447498 的要求, 针对不同的暴露条件, 如头部暴露、身体暴露、佩戴附件暴露以及其他场景进行测试。对于头部测试, 需要在头部模型 (SAM)

的左侧和右侧, 贴脸和倾斜两种位置进行测试。身体暴露场景采用平坦模型进行测试。

2.2 最大带宽独立测试

最大带宽发射机独立 SAR 测试包括针对 QPSK 调制方式分配 1RB、50% RB、100% RB 以及其他高阶调制测试。

在 QPSK 调制分配 1RB 和 50% RB 的测试中, 需要将被测设备设置为最大带宽、最大发射功率, 并针对每个待测频段, 测试上边缘、中部和下边缘三种频率偏移。

为了避免重复测试, FCC 规定, 如果测得的 $\text{SAR} \leq 0.8 \text{ W/kg}$, 则不再需要测试其余的频段和偏移方式; 否则需要针对当前的频率偏移在每一个待测频段进行测试; 如果测得 $\text{SAR} \geq 1.45 \text{ W/kg}$, 则需要针对每一个频段的每一种调制方式进行测试。

在 QPSK 调制分配 100% RB 的情况下, 如果最大输出功率的最高值比 1RB 配置和 50% RB 配置的最大输出功率值低, 且 1RB 和 50% RB 的记录值满足上述的 $\text{SAR} \leq 0.8 \text{ W/kg}$, 则该项可以免于测试。否则, 需要对具有最高输出功率的频带进行测试。如果这项测试的 SAR 值超过 1.45 W/kg , 则需要对该频段的每一种偏移都进行测试。

对于更高阶的调制方式, 如 16-QAM, 64-QAM 等, 仍按照上述的 QPSK 的方式识别需要测试的待测项。在这些识别出的待测项中, 仅需要选取那些最大输出功率大于 QPSK 调制方式 0.5 dB, 且 QPSK 的该项测试结果大于 1.45 W/kg 的待测项进行测试。

2.3 其他带宽独立测试

对于待测频段的其他带宽配置, 仍按照上述 2.2 节的方法识别待测项。在待测项中, 只需测试以下场景: 1) 最小带宽的最大输出功率最高值大于 2.2 节中所对应的最高值 0.5 dB; 2) 所对应的最大带宽测试项的测试结果高于 1.45 W/kg 。

2.4 多发射机同时发射测试

第 2.2 节和 2.3 节中所获得的单个发射机或天线的独立测试结果决定了多发射机同时发射的测试项。FCC 同时针对各个应用场景规定了减项和豁免标准。对于测试距离小于等于 50 mm 的典型豁免限值如表 3 所示。

在多发射机同时发射的场景下, 需要依据文献 KDB 865664(D02) 要求进行扩展后的局部扫描和后处理的体积扫描。

3 数值仿真方法

数值仿真方法的发展为 SAR 的研究提供了有效的仿真工具。通过对人体建模, 可得到暴露在远场和近场源下的 SAR 和电流分布等。FCC 推荐采用时域有限差

表 3 100 MHz~6 GHz, 50 mm SAR 测试免测限值 /mW

带宽 /MHz 频率 /MHz	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
150	39	77	116	155	194	232	271	310	349	387
300	27	55	82	110	137	164	192	219	246	274
450	22	45	67	89	112	134	157	179	201	224
835	16	33	49	66	82	98	114	131	148	164
900	16	32	47	63	79	95	111	126	142	158
1 500	12	24	37	49	61	73	86	98	110	122
1 900	11	22	33	44	54	65	76	87	98	109
2 450	10	19	29	38	48	57	67	77	86	96
3 600	8	16	24	32	40	47	55	63	71	79
5 200	7	13	20	26	33	39	46	53	59	66
5 400	6	13	19	26	32	39	45	52	58	65
5 800	6	12	19	25	31	37	44	50	56	62

分 (FDTD) 方法进行仿真。FDTD 方法适合于对不均匀的或各向异性的, 尺寸与波长可比拟的物体进行三维的建模。FDTD 方法通过划分网格来模拟头部和身体的各器官和组织, 并通过扫描人体的解剖图片, 标注眼睛、骨骼、皮肤、肌肉等组织, 再利用计算机对像素点进行处理, 提取出可以区分出组织的模型。IEEE 同时也制定了基于有限元法 (FEM) 进行 SAR 仿真的标准。

4 结语

相比于其他类型的终端, LTE UE 的 SAR 认证具有其特殊性和复杂性, 主要表现在复杂的带宽和频谱应用、多发射机同时发射等场景。实际测试需要针对上述复杂场景, 按照 FCC 的操作规程进行简化。

参考文献

- [1] KDB 447498 D01 General RF Exposure Policies for Equipment Authorization v05[S].2012.
- [2] 3GPP TS 36.101 V11.5.0 Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 11)[S].2013.
- [3] IEEE Std 1528-2003 IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate(SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices:Measurement Techniques[S].2003.

编辑: 毛羽 E-mail:maoyu@cesi.cn

(上接第 30 页)

4 结语

整改后虽未在整个测试频段满足标准限值要求, 但电磁辐射性能得到了大幅改善, 为电动车辆电磁兼容性能优化提供了重要经验。在该车辆内部和总体设计已经成熟的情况下, 综合各方面性能 (比如散热), 其低频段磁场超标的问题需要通过型号改进甚至重新设计来解决。所以, 在产品之初没有综合考虑包括电磁兼容在内的各方面因素, 会给厂家增加更多的生产成本。

参考文献

- [1] Rendsara D A, Enjeti P N. An Improved Inverter Output Filter Configuration Reduces Common and Differential Modes dv/dt at the Motor Terminals in PWM Drive System [J]. IEEE Trans

on Power Electron,1998,13(6):1135-1143.

- [2] Mutoh N, Nakashima J, Kanesaki M. Multilayer Power Printed Structures Suitable for Controlling EMI Noise Generated in Power Converters[J]. IEEE Trans on Ind Electron, 2003,50(6):1085-1094.
- [3] Mutoh N, Nakanishi M, Kanesaki M, etc. Control Methods for EMI Noises Appearing in Electric Vehicle Drive Systems [C]// Proc. IEEE Applied Power Electronics Conf. Austin: APEC,2005:1022-1028.
- [4] 王伟,周雅夫,王健. 电动汽车电磁兼容性研究 [J]. 汽车工程, 2008,30(5):399-402.
- [5] 中国汽车技术研究中心 .GB/T 18387-2008 电动车辆电磁场发射强度的限值和测量方法, 宽带,9 kHz~30 MHz[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

编辑: 王淑华 E-mail:wangsh@cesi.cn