

TD-LTE 基站电磁辐射测试方法

TD-LTE Base Station EMF Testing Method

北京森馥科技股份有限公司 陆德坚 张立垚 黄思源 朱琨

摘要

对比传统 FDM 系统控制信道和业务信道均全向发射的特点,分析传统基站检测方法应用于 TD-LTE 基站检测时可能遇到的问题——辐射场强受基站业务量影响,测量值无法反映最大值或对其他频段的影响情况。提出对 TD-LTE 基站工作频段控制信道的实时值积分,根据控制信道与工作频段的带宽比例推至整个工作频段,进而得到基站的潜在最大辐射值的方法。通过测试实例,证明该方法在得到基站的潜在最大辐射值的同时,还可得到 TD-LTE 基站明确的工作频段,克服了上述问题。

关键词

TD-LTE 基站;电磁辐射测试方法;控制信道;业务信道;潜在最大辐射值

Abstract

Compared to the traditional FDM system whose control channels and traffic channels were all omni-directional transmitting, the measurement methods used to a traditional base station may encounter some kind of problems: the radiation field depends on the traffic situation so that the testing value could not reflect the maximum value; the value of other bands may also impact the measurement of the TD-LTE base station. A method was proposed to get the potential maximum value of the base station, which first integrated the real-time value of control channel, then calculated the value of the entire operating band according to the bandwidth proportion. Through test cases, it was proved that this method could get the potential maximum value of the base station, meanwhile, give a clear working band, overcome upper problems.

Keywords

TD-LTE base station; EMF testing method; control channel; traffic channel; potential maximum value

引言

移动通信基站作为电磁污染的来源之一,其电磁辐射值的测量与评估也受到广泛的关注。传统的 GSM 基站电磁辐射测试一般采用综合场强仪或选频分析仪。由于 TD-LTE 业务信道波束赋形的特点,使得传统的 GSM 基站测试方法已经不适用于 TD-LTE 基站检测。本文提出了一种依据 TD-LTE 基站控制信道的测量值外推整个工作频段潜在最大辐射值的方法,并将该方法与传统 GSM 基站测试方法进行对比。

1 TD-LTE 基站测试方法

TD-LTE 是中国移动主要使用的 4G 制式。TD-LTE 基站工作频段有 D 频段 (2.575 ~2.635 GHz)、E 频段 (2.32 ~2.37 GHz)、F 频段 (1.88 ~1.92 GHz),其中室外宏蜂窝使用 D 频段、F 频段,室内微蜂窝使用 E 频段。

与 GSM 系统不同,TD-LTE 的业务信道采用波束赋形。波束赋形是发射端对数据先加权再发送,形成窄的发射波束,将能量对准目标用户,提高目标用户的信噪比及接收性能。TD-LTE 基站的发射方向性强,

取决于业务量及方向位置,与基站当前服务的终端业务情况有关,没有固定的主射方向,传统使用综合场强仪在主射方向上进行监测的方法不适用。

由于 TD-LTE 控制信道发射是全向性的,不像业务信道那样波束赋形。通过采用选频分析仪,测量控制信道的信号强度,再推算出在所有载波都朝这个方向发射时的最大辐射值。在现场测量中,控制信道的信号强度可以通过对带宽内信号的积分来获得。

图 1 给出了典型的 TD-LTE 信号的频谱图,广播及同步信道位于整个频谱的中心,频宽约为 1 MHz。

对控制信道进行功率密度实时值积分,得到控制信道的信号强度 P_{PBCH} 。再推算出所有载波都朝该方向发射时的潜在最大功率值 P_{MAX} 。

由于 TD-LTE 基站的实际工作带宽为 18 MHz,控制信道宽度为 1.08 MHz。因此有:

$$P_{\text{MAX}} = P_{\text{PBCH}} \times \frac{18}{1.08} = P_{\text{PBCH}} \times 16.67 \quad (1)$$

由公式 (1) 即可推算 TD-LTE 基站的潜在最大值 P_{MAX} 。

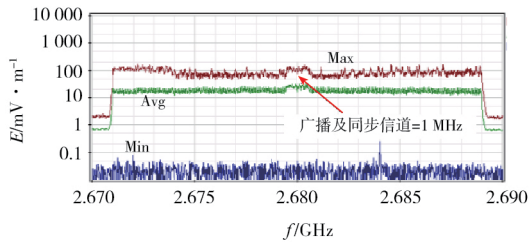


图1 典型的 TD-LTE 基站频谱

在其他文献中给出了另一种推算 LTE 基站潜在场强最大值的方法，如公式 (2) 所示：

$$E_{MAX} = \sqrt{n_{PBCH}} \cdot E_{PBCH} \quad (2)$$

其中： E_{MAX} 为基站电磁辐射场强潜在最大值， E_{PBCH} 为基站控制信道场强值。 n_{PBCH} 为基站最大发射功率与控制信道发射功率之比。

当电磁辐射体的工作频率大于 300 MHz 时，可认为测量位置属于远场区，此时，功率密度和电场强度有如下关系：

$$P = E^2 / 377 \quad (3)$$

由此将电场强度公式换算成功率密度公式，有：

$$P_{MAX} = n_{PBCH} \cdot P_{PBCH} \quad (4)$$

其中： P_{MAX} 为基站电磁辐射功率潜在最大值， P_{PBCH} 为基站控制信道功率值。

此时，假设 TD-LTE 基站天线 1 200 个载波均以相同功率发射，其中控制信道为 72 个载波，则 n_{PBCH} 为：

$$n_{PBCH} = \frac{1\ 200}{72} = 16.67 \quad (5)$$

由此得到推算潜在最大值的公式：

$$P_{MAX} = n_{PBCH} \cdot P_{PBCH} = 16.67 \times P_{PBCH} \quad (6)$$

与公式 (1) 的推算结果吻合。

2 TD-LTE 基站测试实例

2.1 TD-LTE 基站概况

选取北京市昌平区某住宅区中国移动 TD-LTE 基站进行测试验证，该基站工作于 F 频段 (1 880~1 920 MHz)，以杆塔的形式架设在路边绿地上，在塔基东北 20 m (东北向天线主射方向) 和塔基西北 30 m (西北向天线主射方向) 分别选取两个检测点 1# 和 2#，基站检测布点情况如图 2 所示。

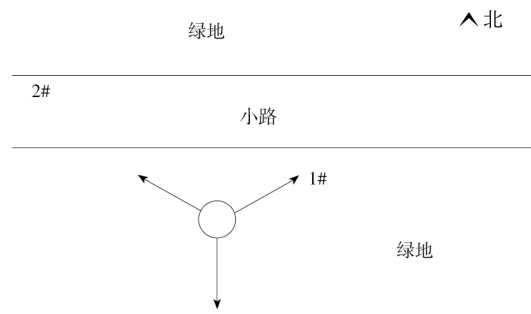
2.2 TD-LTE 基站检测过程

(1) 采用选频分析仪进行检测

在 1# 和 2# 检测点采用选频分析仪，选取 TD-LTE 的 F 频段 (1 880~1 920 MHz) 对基站天线进行频谱检测。

对控制信道 (1 894.5~1 895.5 MHz) 进行功率密度实时值积分，得到控制信道的信号强度 P_{PBCH} 。

再由式 (1) 推算出在所有载波都朝这个方向发射时的潜在最大功率 P_{MAX} 。



注：○：TD-LTE 基站 1#~2#：检测点位
→：TD-LTE 天线主射方向

图2 TD-LTE 基站检测布点图

P_{MAX} 即是 TD-LTE 基站的潜在最大功率值。

对该基站的实际工作频段进行功率密度实时值积分得到 P_F ，与之前推算出的潜在最大值 P_{MAX} 进行比对。

(2) 采用综合场强仪进行检测

在 1# 和 2# 检测点采用综合场强仪，测量时探头离地面 1.7 m，每个点位连续读取 5 次数据，每次测量时间不小于 15 s，并读取稳定状态的最大值。测量结果取 5 次测量的平均值 P_N 。

2.3 结果分析

(1) 1# 测点检测情况

选取 TD-LTE 的 F 频段 (1 880~1 920 MHz) 对基站天线进行频谱检测。

对控制信道 (1 894.5~1 895.5 MHz) 进行功率密度实时值积分，得到控制信道的信号强度 P_{PBCH} ，如图 3 所示。

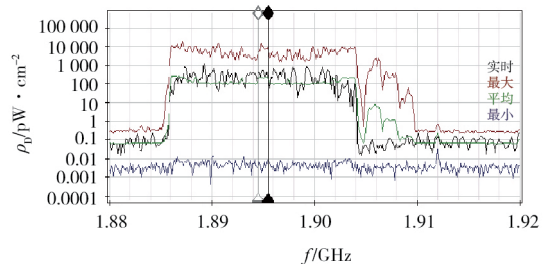


图3 1# 测点控制信道频谱

得到 $P_{PBCH} = 1.651 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$ ，依据公式 (1) 推算得出潜在最大功率 $P_{MAX} = 1.651 \times 16.67 = 27.522 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

对该基站的实际工作频段 (1 885~1 905 MHz) 进行功率密度实时值积分，如图 4 所示。

得到该基站实际工作频段功率密度实时值积分 P_F 为 $23.30 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$ ，明显小于潜在最大功率 P_{MAX} 。

应用综合场强仪检测功率密度得到 $P_N = 70 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$ ，测量值明显大于该方向上推算出的潜在最大值。

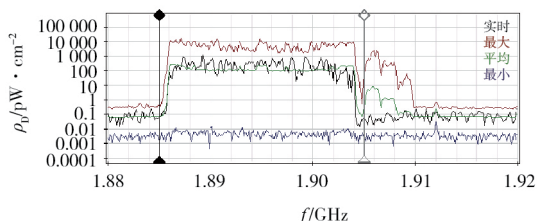


图4 1#测点工作频段频谱

采用选频分析仪,选取全频段(0~3 GHz)对基站天线进行频谱检测,如图5所示,得到该基站全频段功率密度实时值积分为 $106.8 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$,可以看出此时其他频段的测值影响了综合场强仪对TD-LTE基站的检测,说明综合场强仪的测值无法反映该基站的电磁辐射值。

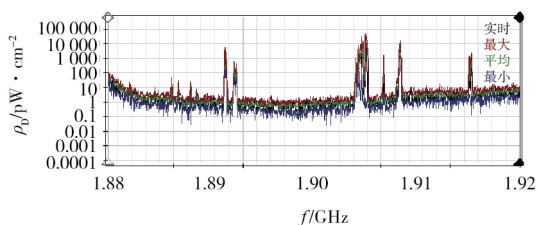


图5 1#测点全频段频谱

(2) 2#测点检测情况

选取TD-LTE的F频段(1 880~1 920 MHz)对基站天线进行频谱检测。

对控制信道(1 894.5~1 895.5 MHz)进行功率密度实时值积分,得到控制信道的信号强度 P_{PBCH} ,如图6所示。

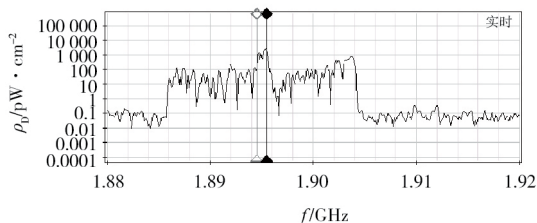


图6 2#测点控制信道频谱

得到 $P_{\text{PBCH}}=6.31 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$,依据公式: $P_{\text{MAX}}=P_{\text{PBCH}} \times 16.67$ 推算得出潜在最大功率 $P_{\text{MAX}}=6.31 \times 16.67=105.19 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

对该基站的实际工作频段(1 885~1 905 MHz)进行功率密度实时值积分,如图7所示。

得到该基站实际工作频段功率密度实时值积分 P_{F} 为 $14.21 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$,明显小于潜在最大功率 P_{MAX} 。

应用综合场强仪检测得到 $P_{\text{N}}=40 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$,测量值明显小于该方向推算的潜在最大值。

采用选频分析仪,选取全频段(0~3 GHz)对基站

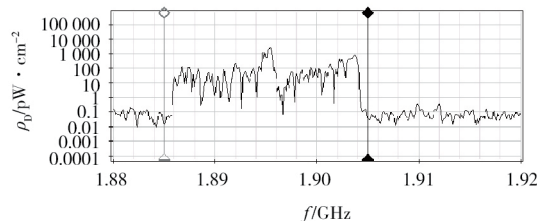


图7 2#测点工作频段频谱

天线进行频谱检测,如图8所示,得到该基站全频段功率密度实时值积分为 $24.68 \text{ nW} \cdot \text{cm}^{-2}$,说明综合场强仪对TD-LTE基站检测时,TD-LTE基站业务量较少,测量值无法反映该基站的电磁辐射最大值。

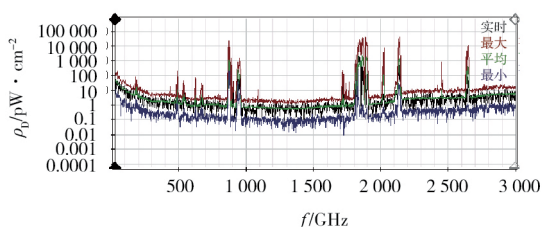


图8 2#测点全频段频谱

(3) 测试结果分析

将上述测试实例的测量结果进行对比,如表1所示。通过对比测试值可以得出,基站实际工作频段功率密度实时值积分 P_{F} 均小于由控制信道的信号强度 P_{PBCH} 推算出的潜在最大值 P_{MAX} 。

表1 1#、2#测点测试值对比

	P_{PBCH}	P_{MAX}	P_{F}	P_{N}
1# 测点	1.651	27.522	23.30	70
2# 测点	6.31	105.19	14.21	40

测量时TD-LTE基站的业务量以及其他频段的测量值,都会影响综合场强仪对TD-LTE基站的检测,使得综合场强仪的测值 P_{N} 无法反映该基站的电磁辐射状况。

3 结语

与对TD-LTE整个工作频段进行积分的方法相比,此方法更适用于TD-LTE系统业务信道波束赋形的特点,克服了由于波束赋形所导致的辐射场取决于业务量的问题、避免了其他频段的测值影响。

参考文献

- [1] GB 8702-2014 电磁环境控制限值[S].北京:中国标准化出版社,2014.
- [2] 环发[2007]114号,移动通信基站电磁(下转第67页)

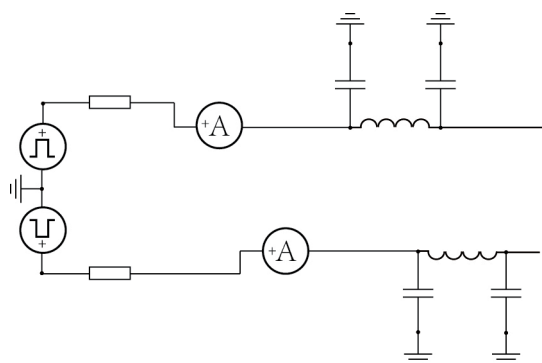


图5 滤波电路图

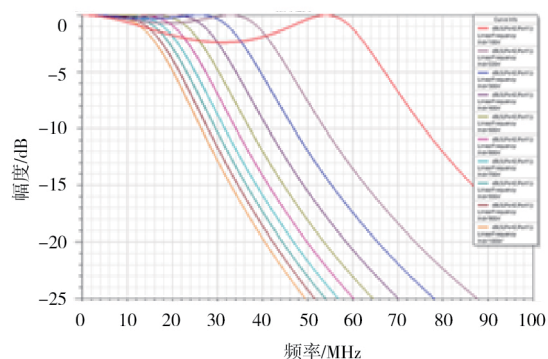
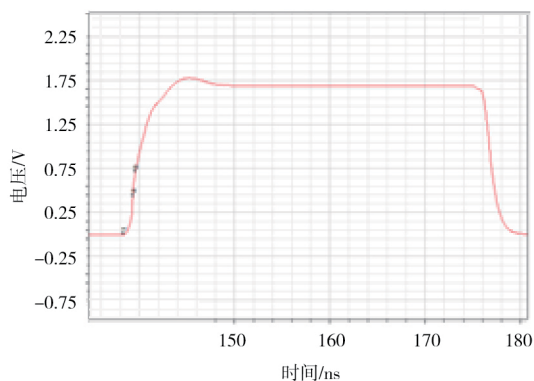
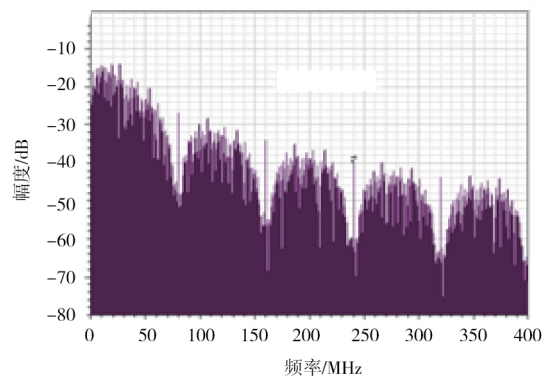


图6 滤波电路性能曲线

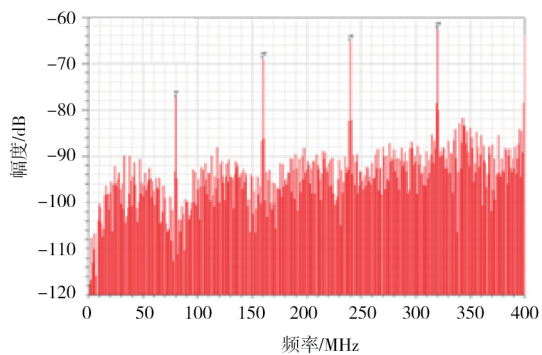


(a) 时域波形

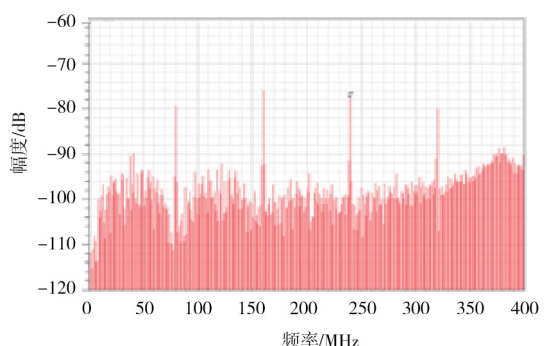


(b) 频域波形

图7 滤波优化后 CLK 波形图



(a) 原始设计



(b) 优化设计

图8 优化前后 PCB 辐射发射结果对比

通过仿真优化了信号质量，使得信号传输质量更高，且降低了 EMC 辐射源的强度，通过减少高次谐波改善了 EMC 问题，可大大增加产品设计的成功率。优化过孔和其他突变结构对信号完整性的改善虽然在本案中呈现，但在实际的工程设计中，这些 SI 的优化都会对 EMC 性能提升起到良好效果，包括差分线设计中，保持差模到共模转化最小化，这些都会有助于减小 EMI 问题。

编辑：王淑华
E-mail:wangsh@cesi.cn

(上接第 29 页)

辐射环境监测方法(试行)[S]. 2007.

- [3] 王映民, 孙韶辉. TD-LTE 技术原理与系统设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010: 388.
- [4] 沈嘉, 索世强, 全海洋. 3GPP 长期演进(LTE)技术原理与系统设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008: 20.
- [5] 啜钢, 王文博, 常永宇. 移动通信原理与系统[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009: 243.

编辑：毛羽
E-mail:maoyu@cesi.cn