

采用确定性分析方法,研究 TD LTE 与 TD-SCDMA 及 GSM 系统之间干扰共存问题,通过分析计算出各种干扰情况下系统之间需要的隔离损耗,并就工程实施中经常使用的几种解决干扰问题的方法进行详细分析。这些将对 TD LTE 无线网络工程实施提供有价值的参考。

1 引言

目前,TD LTE 标准化进程和 FDD LTE 基本保持一致,到 2008 年底已经完成 95%。按照 3GPP 工作计划,将在 2009 年完成 TD LTE 的标准制定工作,而 TD LTE 商用部署也可能在 2012 年左右开始。在 TD LTE 网路部署初期,它将会和 TD-SCDMA,甚至 GSM 部署在同一地区(包括同一个安装地点),因此有必要深入研究 TD LTE 系统与 TD-SCDMA 以及 GSM 系统之间的干扰问题。

移动系统共存研究一般有两种方法,即 Monte Carlo(蒙特卡罗)仿真方法和基于最小耦合损耗计算的确定性分析方法。前者是涉及到移动台的研究方法,包括基站和移动台、移动台和基站以及移动台和移动台之间的干扰研究。这是因为移动台的位置不是固定的,并且由于功率控制,移动台不会满功率发射。蒙特卡罗仿真方法需要对基站和移动台的发射功率、小区负载等情况进行仿真,得出近似真实环境下的干扰情况。该方法应用广泛,被公认为是一种行之有效的方法,但它的复杂度随着系统复杂性的增加而迅速增加,对仿真的计算机有较高的要求。而确定性分析方法研究在最坏情况下的共存干扰问题,通过计算两个系统之间的最小耦合损耗来确定系统间的干扰情况,特别适合两个基站之间的干扰分析,和蒙特卡罗仿真方法相比,简单明了,对工程施工有实际的指导意义。

本文就 TD LTE 与 TD-SCDMA 及 GSM 系统共处问题展开研究,首先介绍干扰共存问题研究中使用的确定性分析方法,然后给出 TD LTE 系统与 TD-SCDMA 及 GSM 系统之间存在的干扰种类,接下来使用确定性计算方法分析 TD LTE 与 TD-SCDMA 及 GSM 系统干扰的情况,最后给出在工程实施中解决干扰共存的具体措施并进行讨论。

2 确定性分析方法

系统 A 对系统 B 产生干扰,可以用下面的干扰评估公式进行研究:

$$Pe(F_i)-MCL(F_i)\leq Imax(F_i) \quad (1)$$

其中, F_i 是研究的频率; $Pe(F_i)$ 是产生干扰的发射机在频率 F_i 上的发射功率; $MCL(F_i)$ 是在频率 F_i 上发射机和接收机之间的最小耦合损耗; $Imax(F_i)$ 是在频率 F_i 上的可接受的最大干扰电平。根据上面的评估公式,按照干扰在不同频率范围可以将干扰分成下面几种情况进行研究:

- 系统 A 发射机发射的有用信号(一般来说,功率比较大)在系统 B 接收频段外(除了邻道外)造成的干扰,称为阻塞干扰。它主要考察接收机在接收频段外抵抗强干扰信号的能力,可接受最大干扰电平 $Imax(F_i)$ 门限一般取接收机带外阻塞特性。
- 系统 A 发射机的带外杂散辐射在系统 B 接收通带内造成的干扰,称为带外干扰。它主要考察接收机接收灵敏度能够承受的最大干扰信号程度,可接受最大干扰电平 $Imax(F_i)$ 门限一般取接收机的灵敏度承受度。
- 邻道干扰从两个方面考虑:系统 A 发射机的邻道泄漏落入系统 B 接收机通带内造成的干扰,称为邻道干扰;系统 A 发射机发射的有用信号或杂散辐射在系统 B 接收机第 1 邻道造成的干扰,也称为邻道干扰(从广义上讲,可称为邻道阻塞干扰)。它们可接受的最大干扰电平 $Imax(F_i)$ 门限前者为接收机的灵敏度承受度,后者为接收机的邻道选择性。本文研究的 3 个移动系统都是非邻频共存,不存在上述第 1 种邻道干扰,但是由于干扰系统产生带外杂散将会在被干扰系统接收机的第 1 邻道内产生干扰,因此会产生邻道阻塞干扰。如上所述,如果在接收机通带内产生干扰,会抬高系统接收噪声电平,将对接收机灵敏度造成影响。一般认为灵敏度损失范围在 0.2~1dB 都是合理的。本研究中采用的准则是基站接收机灵敏度损失为 0.8dB,相对应的 TD-SCDMA 和 GSM 基站可接受最大外来干扰电平为

-115dBm/1.28MHz 和-121dBm/200kHz，而对不同射频带宽使用的 TD LTE 最大外来干扰电平分别是-109dBm/5MHz，-106dBm/10MHz 和-103dBm/20MHz。

3 干扰分析

3.1 采用的系统参数

根据参考文献 1，2，3，TD LTE 与 TD-SCDMA 和 GSM 的阻塞特性、杂散辐射和邻道选择性如表 1 所示。根据这些参数，可以利用公式（1）分别计算在不同共存干扰情况下所需的最小耦合损耗。

系统参数	TD-LTE 干扰 TD-SCDMA	TD-SCDMA 干扰 TD-LTE	TD-LTE 干扰 GSM/DCS	GSM/DCS 干扰 TD-LTE
阻塞特性	-15dBm	16dBm	GSM: 8dBm DCS: 0dBm	16dBm
带外杂散	-96dBm/1MHz	-30dBm/1MHz	GSM: -36dBm/100kHz DCS: -30dBm/1MHz	-30dBm/3MHz
邻道选择性	-55dBm	-52dBm	-26dBm	-52dBm

表 1 确定性分析法中使用的 TD LTE，TD-SCDMA 及 GSM 射频参数

基站间的最小耦合损耗 MCL 包含发射天线增益、接收天线增益以及天线之间的隔离损耗 3 项，可表示为：

MCL=IL-Gain_Tx-Gain_Rx (2)

其中，Gain_Tx 为发射天线增益；Gain_Rx 为接收天线增益；IL 为两天线之间的隔离损耗。在接下来的分析计算中进行如下的考虑：TD-SCDMA 智能天线是 8 天线阵的智能天线，在天线发射时考虑多天线合成功率因子为 9dB，智能天线的波束赋型因子是 7dB，而智能天线接收时，仅考虑一个波束赋型因子 7dB；另外，由于使用的确定性分析方法是研究在极端（最坏）情况下共存干扰问题的，因此不管共存干扰分析是在带内还是带外，都认为其天线增益是相同的（如在对着接收天线方向上的发射天线增益，不考虑其方向图的变化；同样，接收天线增益也是如此）；假设 TD-SCDMA 的天线增益为 11dBi，TD LTE 和 GSM 的天线增益都是 15dBi。

这样 TD-SCDMA 发射端 Gain_Tx=11+7+9=27dB，TD-SCDMA 接收端 Gain_Rx=11+7=18dB，TD LTE 和 GSM 发射端 Gain_Tx=15dB，接收端 Gain_Rx=15dB。

3.2 TD LTE 基站干扰 TD-SCDMA 基站

TD LTE 基站发射功率在 TD-SCDMA 基站接收机中产生阻塞干扰，TD-SCDMA 基站在 2300~2400MHz 频段上的阻塞特性为-15dBm，而 TD LTE 基站的发射功率为 46dBm（20MHz 带宽）。这样可以推算出，当 TD LTE 和 TD-SCDMA 共存时，为了保护 TD-SCDMA 基站需要的基站间最小耦合损耗 MCL=46dBm-(-15dBm)=61dB。

TD LTE 基站的带外杂散将对 TD-SCDMA 基站产生带外干扰。按照 3GPP 规范，TD LTE 基站在 TD-SCDMA 基站接收频段的发射带外杂散最小要求是 -96dBm/100kHz=-84.9dBm/1.28MHz。考虑到 TD-SCDMA 基站接收灵敏度可承受的最大外来干扰电平为-115dBm/1.28MHz，可以推算出，当 TD LTE 和 TD-SCDMA 共存时，为了保护 TD-SCDMA 基站需要的基站间最小耦合损耗 MCL=-84.9dBm-(-115dBm)=30.1dB。

在 TD-SCDMA 基站接收频段的邻道上，TD-SCDMA 基站邻道选择性为 ACS=-55dBm，而 TD LTE 基站在这个邻道上的带外杂散的最小要求是 -30dBm/1MHz=-28.9dBm/1.28MHz。这样可以推算出，当 TD LTE 和 TD-SCDMA 共存时，为了保护 TD-SCDMA 基站需要的基站间最小耦合损耗是 MCL=-28.9dBm-(-55dBm)=26.1dB。

3.3 TD-SCDMA 基站干扰 TD LTE 基站

TD-SCDMA 基站在 2010~2025MHz 或 1880~1900MHz 发射功率,使得 TD LTE 基站接收机中产生阻塞干扰。3GPP 规定 TD LTE 在 TD-SCDMA 发射频段上的两个基站共存时的阻塞特性为+16dBm,而 TD-SCDMA 基站的发射功率为 21dBm(基站最大发射 30dBm,每用户占有两个码道),可以推算出当 TD-SCDMA 和 TD LTE 共存时,为了保护 TD LTE 基站需要的基站间最小耦合损耗是 $MCL=21dBm-16dBm=5dB$ 。

工作在 2010~2025MHz 或 1880~1900MHz 的 TD-SCDMA 基站将对 TD LTE 基站产生带外干扰。3GPP 规范中,TD-SCDMA 在 2010~2025MHz 或 1880~1900MHz 发射功率带外杂散辐射的必要求是-30dBm/1MHz=-23dBm/20MHz,同时考虑到 TD LTE 基站接收灵敏度可承受度为-103dBm/20MHz,可以推算出当 TD-SCDMA 和 TD LTE 共存时,为了保护 TD LTE 基站需要的基站间最小耦合损耗 $MCL=-23dBm-(-103dBm)=86dB$ 。

在 TD LTE 基站接收频段的邻道上,TD LTE 基站的邻道选择性 $ACS=-52dBm$,而 TD-SCDMA 基站在这个邻道上的带外杂散的最小要求是-30dBm/1MHz=-17dBm/20MHz。这样可以推算出,当 TD LTE 和 TD-SCDMA 共存时,为了保护 TD LTE 基站需要的基站间的最小耦合损耗是 $MCL=-17dBm-(-52dBm)=35dB$ 。

3.4 TD LTE 基站和 GSM 基站之间干扰

根据表 1 中的系统参数,使用同样的分析方法,计算 TD LTE 基站和 GSM 基站之间干扰需要的最小耦合损耗。将上面计算的最小耦合损耗和按照公式(2)计算的两系统间需要的隔离损耗汇总在表 2 中。

干扰种类	TD LTE 干扰 TD-SCDMA		TD-SCDMA 干扰 TD LTE		TD LTE 干扰 GSM		GSM 干扰 TD LTE	
	MCL(dB)	IL(dB)	MCL(dB)	IL(dB)	MCL(dB)	IL(dB)	MCL(dB)	IL(dB)
阻塞干扰	61	94	5	47	46	76	27	57
带外干扰	30.1	63.1	86	128	88	118	82	112
邻道阻塞干扰	26.1	59.1	35	77	-2	19	44.2	74.2

表 2 计算需要的最小耦合损耗 MCL 和隔离损耗 IL

从表 2 可以看到,3 个系统共存时,带外干扰要比阻塞干扰大,而邻道阻塞干扰相对来说最小。由于目前在制定 TD LTE 规范时,已经考虑到和 TD-SCDMA, GSM 基站共存(甚至共站)时对基站系统阻塞、带外杂散等参数的最小(基本)需求条件,因此 TD LTE 基站对 TD-SCDMA 以及 GSM 基站干扰时所需的 MCL 以及隔离损耗 IL 就比较小;反之,TD-SCDMA 及 GSM 基站对 TD LTE 基站干扰时需要的 MCL 和 IL 就比较大。综上所述,为了将来这 3 个移动系统能够在同一个地区共存,需要对现有的 TD-SCDMA 和 GSM 的规范进行再研究,作适当的修改。

另外,从表 2 中可以看到一个有趣的结果:TD LTE 基站干扰 GSM 基站时,需要的 MCL 是-2dB。在 GSM 基站接收频段的邻道上,GSM 基站的邻道阻塞特性为-35dBm,而 TD LTE 基站在这个邻道上的带外杂散最小要求是-30dBm/1MHz=-37dBm/200kHz,可以推算出当 TD LTE 和 GSM 共存时,为了保护 GSM 基站,需要的基站间最小耦合损耗是 $MCL=-37dBm-(-35dBm)=-2dB$ 。这也就是说,从目前的 GSM 规范要求来看,其邻道阻塞特性参数对 TD LTE 带外杂散产生的邻道阻塞干扰而言已经完全满足要求。

4 工程实施中的解决办法及讨论

当 TD LTE 与 TD-SCDMA 及 GSM 系统共存时,为了使移动基站之间不产生干扰,需要的隔离损耗如表 2 所示。下面将讨论如何在实际工程实施中通过多种方法来达到表 2 的要求,使系统能够正常工作。

4.1 空间隔离

利用信号传播的自由空间模型(视距传播条件)来计算信号在空间衰减:

$$L_f=20\log R+38.12 \tag{3}$$

式（3）中， L_f 是自由空间损耗（dB）； R 是两个基站之间的距离（m）。

通过表 3 可以看出，假如仅使用空间隔离来达到需要的隔离损耗，那么在极端情况下两个基站之间的距离最大需要达到 31km，这是不现实的。

TD LTE 干扰 TD-SCDMA		TD-SCDMA 干扰 TD LTE		TD LTE 干扰 GSM		GSM 干扰 TD LTE	
需要的隔离损耗(dB)	需要的空间距离(m)	需要的隔离损耗(dB)	需要的空间距离(m)	需要的隔离损耗(dB)	需要的空间距离(m)	需要的隔离损耗(dB)	需要的空间距离(m)
94	622.3	47	2.8	76	78.3	57	8.8
63.1	17.7	128	31188.9	118	9862.8	112	4943.1
59.1	11.2	77	87.9	28	0.3	74.2	63.7

表 3 采取空间隔离方法所需的空间距离

4.2 增加滤波器

从上面的分析可以看出，完全通过天线隔离的空间耦合来达到所需的最小隔离耦合是不现实的，而在 TD LTE，TD-SCDMA 及 GSM 的收发信机顶端直接增加滤波器是一个办法。根据前面分析计算可以得出所需的隔离度，表 4 给出了满足这些隔离度的滤波器一些主要技术指标。

	TD-SCDMA 滤波器	GSM 滤波器	TD LTE 滤波器	
通带频段(MHz)	2010~2025 1889~1900	带内	2300~2400(或指定带宽, 比如 20MHz)	
特别抑制频段(MHz)	2300~2400	2300~2400	2010~2025 188~1900	GSM 基站发射频段
抑制度(dB)	128	112	63.1	118

表 4 采用增加滤波器方法所需滤波器的主要技术指标

4.3 天线的安装

假如两个系统的天线安装位置相距很近（如 20m 内），可以将它们看作是共站安装的情况。在共站的情况下，天线安装隔离度可以用如下的经验公式来计算：

$$I_h=22+20\log(D_h/\lambda)-(G_t(q)+G_r(q)) \tag{4}$$

$$I_v=28+40\log(D_v/\lambda) \tag{5}$$

式（4）中， I_h 是水平隔离度； D_h 是水平隔离距离； $G_t(q)$ 是发射天线相对接收天线在 q 方向上的天线增益； $G_r(q)$ 是接收天线相对发射天线在 q 方向上的天线增益； λ 是波长。式

（5）中， I_v 是垂直隔离度（非视距）； D_v 是垂直隔离距离； λ 是波长。

根据式（4）、（5）可以计算出天线的总隔离损耗（不同天线安装方法的隔离损耗见图 1）。

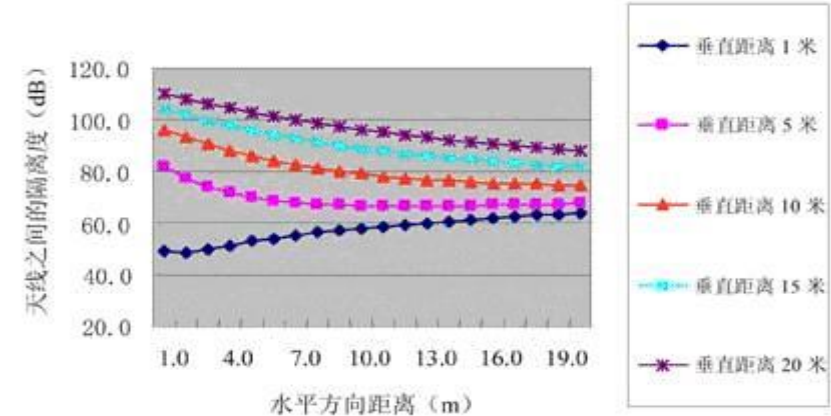


图 1 不同天线安装方法的隔离损耗

从上面计算可以看出，两个天线的垂直方向隔离度比水平方向隔离度大，因此应尽量

使两个天线垂直安装。如在水平方向上相差 1m，而在垂直方向上相差 20m 时，两个天线的隔离度是 109.6dB；而在水平方向上相差 20m，垂直方向上相差 1m 时，天线之间的隔离度是 63.8dB。

此外，在工程实施中解决移动系统之间的干扰问题，还有一个办法就是增加系统间的保护带宽。但是，本文研究的 3 个系统并不在邻频工作，因此也就不存在增加保护带宽的措施。

4.4 结果讨论

从上面的分析可以看出，在 TD LTE，TD-SCDMA 和 GSM 收发信机顶端增加滤波器是一个解决干扰问题最直接的方法，滤波器的指标要求如表 4 所示。但是，考虑到这种方法所需的滤波器在指标方面要求很严，因此实现比较困难，成本也会很大，尤其对已经安装使用的 TD-SCDMA，GSM 基站安装附加滤波器比较困难。在这种情况下，可以综合考虑其它办法，如使两个系统垂直放置，并尽量加大两个系统的距离，利用信号的空间隔离衰减来满足所需的隔离损耗的要求等。

5 结束语

通过上面的分析我们可以看到，TD LTE 与 TD-SCDMA 及 GSM 移动系统之间是存在干扰的，干扰的主要原因是由于 TD-SCDMA 和 GSM 基站带外杂散比较大，会对 TD LTE 产生带外干扰。由于目前制定的 TD LTE 规范已经考虑到和其它系统共存的要求，因此 TD LTE 对 TD-SCDMA 和 GSM 基站的干扰比较小，在工程设施中是比较容易解决的。TD-SCDMA 和 GSM 的射频规范，尤其是它们与 TD LTE 共存时的一些指标要求，虽然已经在 3GPP 中进行了研究，但是随着这些研究的进行，还是有必要对 TD LTE 与 TD-SCDMA 及 GSM 基站系统干扰共存问题进行进一步的探索。

本文来源于网络，版权属原发行方及作者所有