

LTE共存挑战

Nidhish Nair
是德科技

1 引言

30多年前，数字蜂窝手机开始上市并迅速畅销。这些手机采用GSM通信技术，该技术可以通过空口（OTA）方式为手机提供语音和数据业务。

随着蜂窝和无线连通性标准（如CDMA、WCDMA、WiMAX、LTE、蓝牙和WiFi等）的不断演进、带宽效率的提高，以及不同的调制方案和接入技术带来的性能改善，手机的使用模式已经不仅仅局限于简单的打电话和发短信，新的应用层出不穷。

1) 您可以从手机直接发送文本至家里的打印机进行打印。

2) 您可以使用手机上的商用VoIP软件传输实时高清视频，例如通过广泛覆盖的高速数据网络（例如，LTE）向朋友们现场直播您的婚礼盛况。

在现代“智能手机”中，各种无线标准是一个基本要素和关键卖点。消费者希望智能电话更小巧轻盈，并能支持高速LTE业务，快速建立蓝牙和NFC(近场通信)连接，以及方便地使用商业场所部署的快速WiFi热点，因此导致所有这些手机元器件在设计时都尽量缩小尺寸，以便安装到小巧玲珑的手机中。但这样做的一个后果是，在同时支持多种无线技术的移动终端设备中，一种技术的无线信号在

使用过程中会对其他技术的无线信号产生意外的干扰，影响设备发挥预期性能。因此，设计人员不仅需要从射频（RF）信号的角度出发，测试各无线通信系统的发射机和接收机端的设备内共存（IDC）特性，还需要评估整个系统的性能下降，例如在不同无线条件下可实现的最大数据速率受到的影响。

本文将首先介绍设备内共存（IDC），然后介绍LTE和WiFi等重点技术同时共存时可能的使用案例，最后通过分析实验室仿真数据，了解在WiFi发射机的影响下LTE接收机的性能变化。

2 设备内共存：概述

目前手机支持的大部分蜂窝/无线连通性技术（LTE、WCDMA、蓝牙、WiFi）都使用各自标准技术管理

机构指定的频谱。在许多情况下，频率是依照频谱之间没有重叠的原则进行分配的，这主要是为了避免不同技术之间产生相互干扰。

不过，随着市场上部署的LTE频谱逐渐增多，频率重叠的情况正越来越不可避免。例如，LTE频段7（FDD）和WLAN的ISM工作频段使用相同的频谱，由此诞生了设备内共存（IDC）的概念。

当一个发射信号（比如WLAN）的信号强度超过其他接收信号（比如LTE）时，共存问题实际上愈加突出。这种情况会导致WLAN频谱重叠，淹没用户设备接收的LTE信号。如图1所示，显示了智能手机上的LTE和ISM（工业、科学和医学频段）无线模块的间距，以及它们之间可能发生的无线信号干扰的场景。

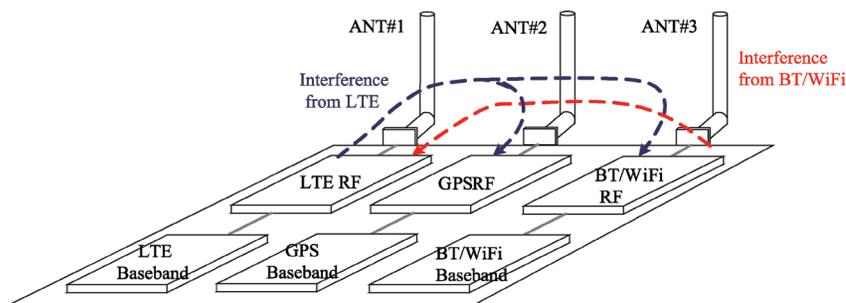


图1 同一个用户设备中的共存干扰（来源：3GPP 规范 36.816）

表 1 图 1 中英文的中英对照

图1中英文	对应中文
ANT#1	天线 1
Interference from LTE	来自 LTE 的干扰
LTE RF	LTE 射频
LTE Baseband	LTE 基带
ANT#2	天线 2
GPS RF	GPS 射频
GPS Baseband	GPS 基带
ANT#3	天线 3
Interference from BT/WiFi	来自 BT/WiFi 的干扰
BT/WiFi RF	BT/WiFi 射频
BT/WiFi Baseband	BT/WiFi 基带

3 可能的场景和实例

如图2所示为来自3GPP的规范，它将帮助您直观地查看目前手机所应用的各种无线技术的工作频段及其间距。

ISM频段位于2个常用的LTE工作频段之间LTE频段40（TDD）和LTE

频段7（仅限于FDD上行链路）。

LTE TDD频段40由同一频谱中的上行链路和下行链路组成。这意味着可能出现以下IDC场景：

- 1) LTE发射机干扰WiFi接收机
- 2) WiFi发射机干扰LTE接收机

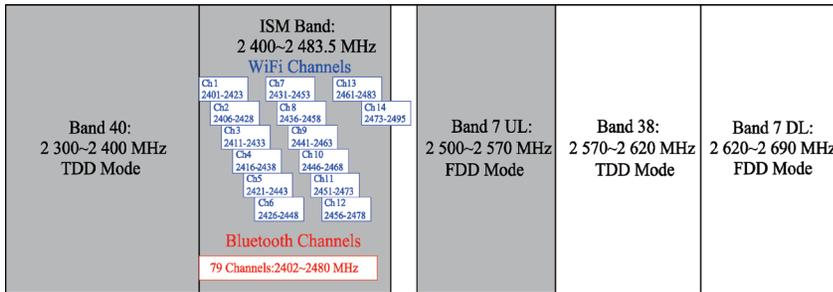


图2 3GPP 频段包含 ISM 频段（来源—— 3GPP 规范 36.816）

表 2 图 2 中英文中英对照

图2中英文	对应的中文
Band 40: 2 300~2 400 MHz TDD Mode	频段 40:2 300~2 400 MHz TDD 模式
ISM Band: 2 400~2 483.5 MHz WiFi Channels	ISM 频段:2 400~2 483.5 MHz WiFi 信道
Bluetooth Channels	蓝牙信道
79 Channels: 2 402~2 480 MHz	79 个信道:2 402~2 480 MHz
Band 7 UL: 2 500~2 570 MHz FDD Mode	频段 7 上行:2 500~2 570 MHz FDD 模式
Band 38: 2 570~2 620 MHz TDD Mode	频段 38:2 570~2 620 MHTDD 模式
Band 7 UL: 2 620~2 690 MHz FDD Mode	频段 7 上行:2 620~2 690 MHz FDD 模式

LTE FDD频段7 DL工作频段与ISM频段距离很远。可是UL工作频段却与ISM频段接近，从而更有可能出现以下IDC场景——LTE发射机干扰WiFi接收机。

现实中的一种应用场景是：在VoLTE逐渐部署的过程中，还有其他比如通过WiFi等实现更宽带宽和传输速率的VoIP也在应用。在这一案例中，LTE发射机和接收机以及WiFi接收机和发射机都是可工作的，如果都在上面提到的频段中工作，相互之间可能会产生干扰。

4 可能的解决方案

除了更好的射频滤波和设计之外，已经有多种解决方案提议使用协议机制解决IDC问题。部分提议的解决方案如下文所述。

4.1 重新定位LTE/ISM工作频率

假设用户设备正使用LTE连接，现在进入了WiFi接入点（AP）的信号范围，将连入WiFi并同样激活流量（数据）业务。在这种情况下，利用用户设备与基站之间的某种协调机制，LTE工作可以切换到其他信道，远离正在使用的WiFi信道。

4.2 LTE/WiFi工作的时分复用

在此方面的建议是避免WiFi无线发射机和LTE接收机同时工作，以及WiFi无线接收机和LTE发射机同时工作。

4.3 功率控制

产生IDC问题最重要的原因是某一个信号的功率超过另一个信号的功率。在LTE发射机发射信号而WiFi无线接收机接收信号的情况下，LTE是WiFi接收机的干扰源，即用户设备的UL功率是主要干扰信号。要解决这个问题，可以使用类似LTE的TPC（发射功率控制）中的功率控制机制来降低LTE UL信号功率，以及当在同一用户设备中的邻近信道检测到WiFi工作时，将用户设备的功率调节到更低值。当LTE作为接收机时，可以利用同样的方法降低WiFi发射机功率。

5 系统级测试的需要

鉴于在物理层和协议层上有如此多的解决方案选择和问题，有必要了解IDC的系统级影响。在第6章中，将介绍一些实验，以展示IDC对LTE/WLAN吞吐量性能的影响。

此测试环境搭建使用Keysight UXM LTE测试解决方案 (E7515A) 作为LTE TDD频段40基站仿真器，以及实验室中正被使用的商用WiFi连接。使用的设备为具有LTE TDD频段40功能且激活WiFi功能的智能手机，它支持最新的蜂窝标准和无线连通性标准。所有实验在每个测试点重复5次，以确保消除结果中的所有异常。

6 实验

6.1 设置

所有实验均使用以下设置执行：

- LTE频段40
- LTE传输模式1
- 20 MHz的LTE信道带宽
- LTE下行链路MCS 23
- LTE TDD上行链路-下行链路配置设置为2(允许为此实验启用更高的下行链路吞吐量功能)
- 使用是德科技基站仿真器的按需物理层数据生成功能测试LTE吞吐量
- 禁用WLAN设置UE WLAN模式为OFF
- 启用WLAN设置UE WLAN模式为ON, YouTube提供高清视频数据流

6.2 实验

对于本文考虑使用两组影响LTE下行链路吞吐量和BLER性能的实验，即：

- 1) 用户设备中的WLAN扫描操作（以搜索可用网络）的影响；
- 2) YouTube下载活动对WLAN的影响。

第二种情况还显示当LTE工作信道远离ISM频段时，LTE下行链路的性能变化。

7 结果和发现

7.1 实例 1

值得注意的是，简单的仅与激活的WiFi接入点建立WLAN连接，不会对LTE的吞吐量性能产生什么影响。在良好的LTE信号条件下（-65 dBm），只要使用用户设备上的图形用户界面开始扫描WiFi网络，就可以看到捕获的BLER突然出现一个峰值。图3和4分别显示了捕获到的BLER和基站仿真器上记录的HARQ重发。



图3 定期扫描从用户设备图形用户界面触发的 WiFi 网络行动，会导致 BLER 出现明显变化



图4 LTE 仿真器记录的HARQ捕获结果显示了在扫描过程中第3次重发

7.2 实例2

在中间信道 (EARFCN 39150) 工作中, 用户设备在WLAN禁用以及WLAN启用且在良好的LTE信道条件下处于活动状态两种情况下表现出相同的性能。但是在LTE信道条件不是很好时, 性能就相差非常大。在WLAN启用且正在下载YouTube视频时, 用户设备出现大约20%的BLER, 吞吐量下降将近10 Mbps。

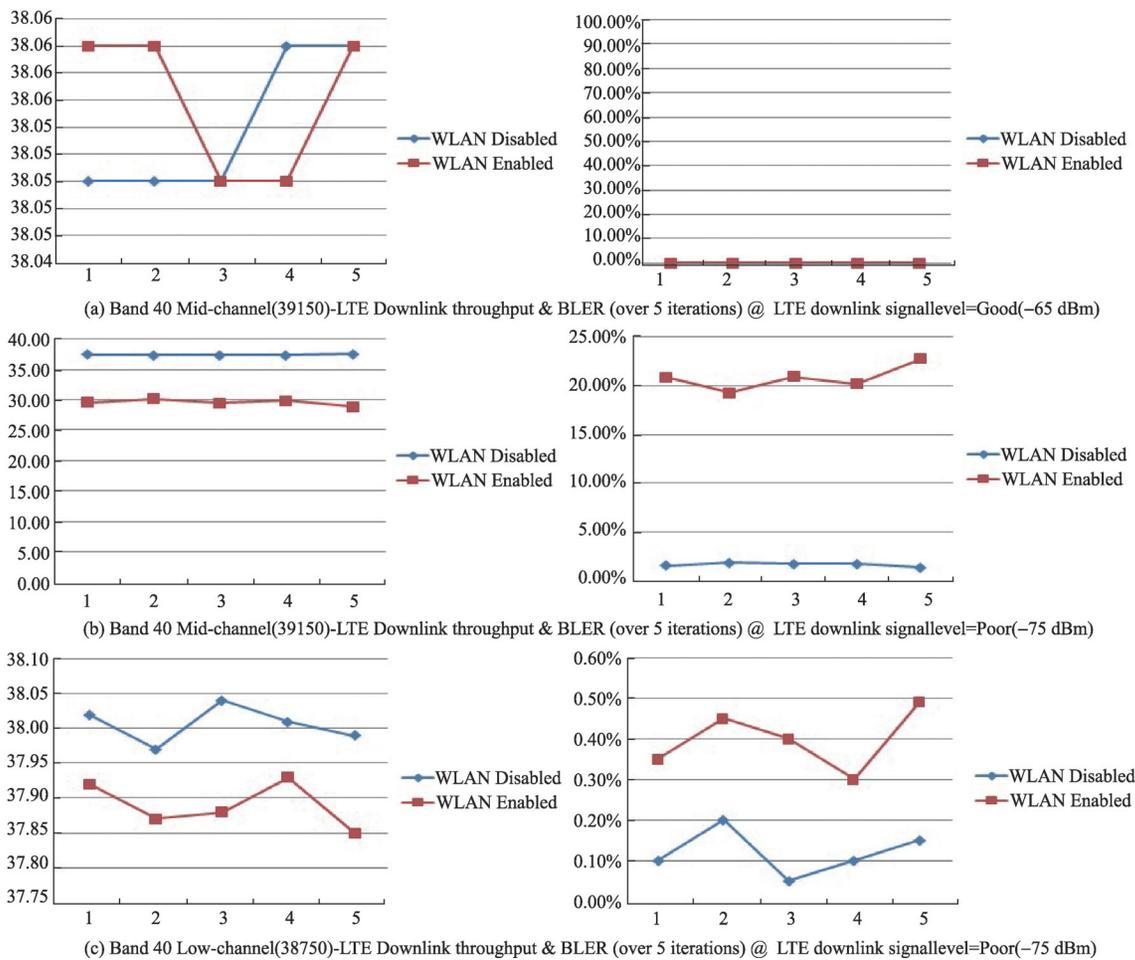


图5 在不同信道条件下使用中间或低LTE信道时的吞吐量和BLER

如果保持较差的LTE信道条件不变，同时使LTE工作信道远离ISM频段，即使用LTE频段40的低信道时(EARFCN 38750)，可以看到性能有明显改善，如图5所示。

表3 图5中文字中英对照

图5中英文	对应的中文
WLAN Disabled	WLAN 禁用
WLAN Enabled	WLAN 启用
(a) Band 40 Mid-channel (39150) – LTE Downlink throughput & BLER (over 5 iterations) @ LTE downlink signal level = Good (-65 dBm)	(a) 当 LTE 下行链路信号电平处于良好状态 (-65 dBm) 时的频段 40 中间信道 (39150) ——LTE 下行链路吞吐量和 BLER (5 次迭代)
(b) Band 40 Mid-channel (39150) – LTE Downlink throughput & BLER (over 5 iterations) @ LTE downlink signal level = Poor (-75 dBm)	(b) 当 LTE 下行链路信号电平处于不良状态 (-75 dBm) 时的频段 40 中间信道 (39150) ——LTE 下行链路吞吐量和 BLER (5 次迭代)
(c) Band 40 Low-channel (38750) – LTE Downlink throughput & BLER (over 5 iterations) @ LTE downlink signal level = Poor (-75 dBm)	(c) 当 LTE 下行链路信号电平处于不良状态 (-75 dBm) 时的频段 40 低信道 (38750) ——LTE 下行链路吞吐量和 BLER (5 次迭代)

8 结 论

某些LTE频段靠近WLAN和蓝牙等标准使用的ISM工作频段，这显然会导致一种技术激活时，另一种技术的性能下降。

本文中展示的实验清楚地显示了扫描WiFi网络的简单活动所引入的BLER。从第二个实验开始，它还显示了若信号的灵敏度不变，一个信号的活动会导致另一个信号的性能下降。在此情况下，传输YouTube视频流的活动会导致LTE接收机的性能下降。我们还看到，在信道条件相同的情况下，只需让LTE的工作信道转移

到远离ISM频段的位置，就可以改善LTE接收机的性能。

随着LTE工作频段的增加，某些用于WLAN的频段非常靠近ISM工作频段，我们可以清楚地看到执行系统级测试（即LTE/WLAN吞吐量/BLER测试）的重要意义，它将有助于我们了解WLAN发射机对LTE接收机或LTE发射机对WLAN接收机的影响。

参考资料

- [1] 1.3GPP TR 21.905: “3GPP 规范中的词汇”
- [2] 3GPP TS 36.101: “演进的通用

陆地无线接入 (E-UTRA) ; 用户设备 (UE) 无线传输与接收”。

- [3] 3GPP TS 36.816: “演进的通用陆地无线接入 (E-UTRA) ; 对设备内共存的免扰信令和程序的研究:

作者简介

Nidhish Nair,目前效力于德科技,担任无线应用部门的应用工程师。在美国科罗拉多大学(位于美国博尔德)获得电气工程学士学位,主要研究领域为嵌入式系统和无线网络。