

Blue Tooth BR/EDR/BLE (4.0/5.0/5.1)测试平台

储存不够时，冰箱自动订购食物；需要维护保养时，汽车自动通知修理厂；前方交通事故或者堵车时，汽车自己上报当前交通状态；心脏起搏器提前警告健康状况，并自动发送给医生。在未来，大量的电子设备会连接到互联网中，这也就是人们常说的物联网时代。物联网的热潮下，无线通信技术会得到更大规模的应用，蓝牙技术就是其中的一个重要成员。

作为当前最热门的通信技术之一，蓝牙技术已经普遍应用于智能手机，电脑，汽车，无线音响，健康手环等电子设备，受到了人们越来越多的关注。据蓝牙组织统计，目前有不少于80亿蓝牙设备，在未来，物联网高速发展中，蓝牙设备的数量会越来越庞大。

为了保证无线产品的质量，射频测试是至关重要的一个环节，本文首先对蓝牙技术进行简单的介绍，其次，针对蓝牙低功耗技术的射频测试，给出相应的射频测试方案。

1. 蓝牙低功耗技术简介

在上世纪90年代，为了减少通信间的线缆连接，蓝牙技术得以初步发展，最初的传输距离只有10米左右，传输速率也只有最基础的1Mbps。在随后的数年间，蓝牙也在不停的更新发展，具体包括：跳频技术，更快的传输速率，更低的功耗。在2010年，蓝牙技术有了两个分支，传统蓝牙和低功耗蓝牙。蓝牙3.0之前的版本，我们称为传统蓝牙，被用于一些语音业务和数传业务，比如蓝牙耳机、智能蓝牙音响和打印机等。从蓝牙4.0后，称为低功耗蓝牙，到了蓝牙5.0版本，主要应用于一些对功耗要求较高的电子设备，一个纽扣电池就能支持运行很长时间，如健康手环，智能穿戴设备等，在芯片的复杂性上也进行了简化，所以成本也得到进一步的降低。

传统蓝牙设备在频繁连接和断开时，需要进行频繁的重重复配对，所以功耗无法得到最大程度的优化。相比传统蓝牙，低功耗蓝牙成功地解决了这些问题，而这也是低功耗蓝牙技术能够得到广泛应用的原因。

低功耗蓝牙引入了3个广告信道，如图1所示，红色区域为广告信道，蓝色信道为常用的传输信道，广告信道分布在WLAN常用信道的边缘区域，避免来自WLAN信号的同频干扰。

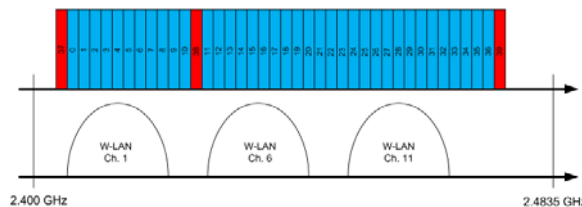


图1：蓝牙低功耗的信道分布

在低功耗蓝牙设备之间需要建立连接时，设备只需要监听3个信道，而传统蓝牙设备则需要监听32个信道，所以，理论的响应时间要快10倍以上。在进行少量信息传输时，低功耗蓝牙设备之间无需配对连接，可以直接在广告信道上完成传送。

蓝牙5.1版本，主要考虑室内定位的功能，它可以实现蓝牙设备的位置查找（Direction Finding），可以应用于资产跟踪、停车场等场景。通过测试到达角（AoA）和离开角（AoD），可以查找蓝牙设备的方向。

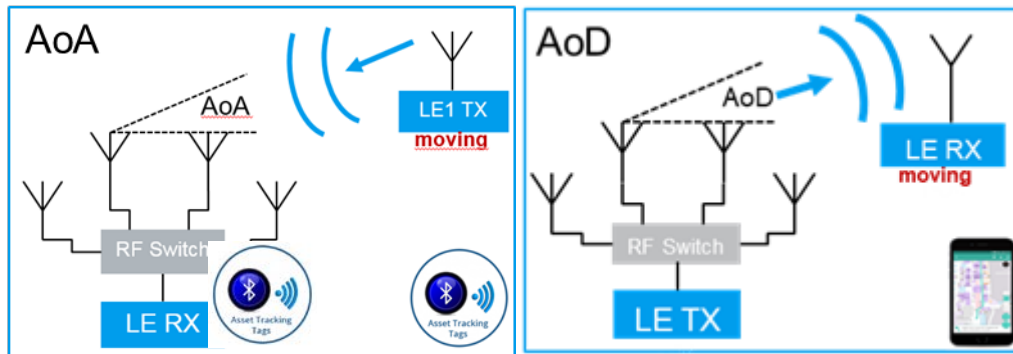


图 2: Direction Finding 示意图

蓝牙5.2版本于2019年12月发布，与测试相关的新特性有BLE power control和BLE Audio，可以实现低功耗蓝牙设备的功率控制和音频功能。

2. DTM 下的射频测试

DTM全称为direct test mode，是蓝牙规范要求的一种测试连接方式，用于控制蓝牙被测设备，形式上分两种：1、基于HCI的USB连接；2、基于双绞线的UART接口。被测设备可以采用其中任何一种连接方式。图3为DTM下的框架图。

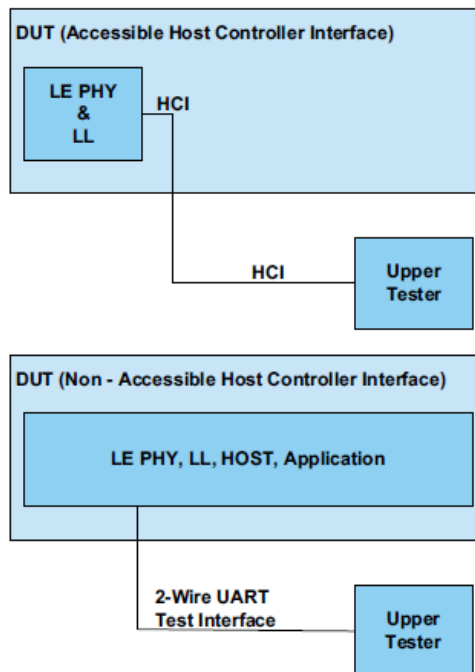


图 3: direct test mode 架构图

图4中测试仪表为罗德与施瓦茨公司的综合测试仪CMW500/270，通过仪表上的USB插口，与被测蓝牙设备连接通信，进行DTM下的射频测试。



图 4：无线综测仪 CMW500/270

图5中，低功耗蓝牙设备可以通过USB或者串口线与仪表进行连接，仪表会给低功耗蓝牙设备发送规范要求的指令，进行射频性能测试。

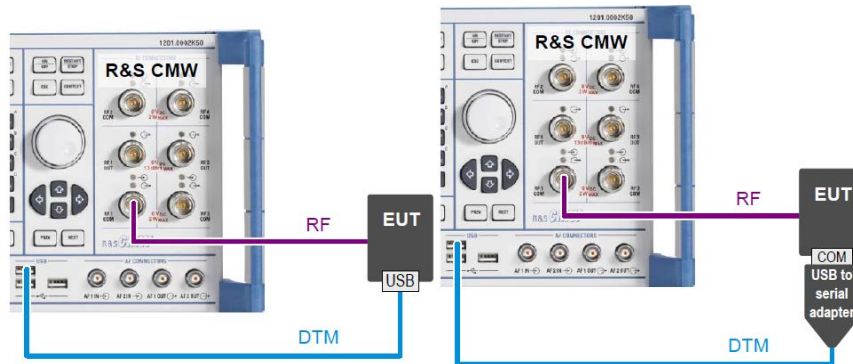


图 5：低功耗蓝牙设备与测试仪表的连接图

由于是蓝牙规范要求的测试连接方式，使用该方法可以测试蓝牙规范要求的所有测试项目，包括蓝牙 5.1 版本的测试项目。

3. 广告模式下的射频测试

市场上的一些低功耗蓝牙设备，在产品制作完成后，并不支持DTM连接，比如有些智能手环。所以，测试仪表CMW也提供另一种测试方法，广告模式下的射频测试。在正常工作模式下，低功耗蓝牙设备在3个广告信道上发射和侦听信号，这3个频率分布在高、中、低频率，使用仪表进行侦听和响应，可以分别在这3个频率上进行。

使用该方法，所有低功耗蓝牙产品都可以直接进行测试，无需额外的产品配置和线缆连接。由于该方法不是蓝牙规范要求的方法，相对于DTM下的测试，测试的项目较少，所以，该模式不能作为认证的测试，可用于产品的生产测试、质量检测以及整机性能的测试。

4. BLE Connected Mode下的射频测试

除了广告模式以外，CMW500/270还支持BLE Connected Mode，这种模式下低功耗蓝牙产品可以和综测仪建立连接，从而实现数据信道的射频测试。该模式下，也并不需要DTM连接。同广告模式，该测试方法测试的项目较少，也不能作为认证的测试，可用于产品的生产测试、质量检测以及整机性能的测试。

5. BLE Test Mode下的射频测试

这种模式为BLE定义了专门的Test mode，在此模式下，综测仪会与低功耗蓝牙产品建立连接并进入Test mode，不需要DTM连接，测试结果完全符合规范要求。但是，该模式需要蓝牙设备支持新的HCI指令，需要重新对蓝牙设备的固件进行烧写，目前支持该特性的蓝牙产品不多，需要芯片、仪器和产品各方共同推动。

另外，CMW500/270已经将蓝牙5.2版本中的BLE Audio/BLE power control等功能纳入了roadmap，将于2020年发布。

4. 结束语

无线通信技术的高速发展，使得无线产品竞争越来越激烈，低功耗蓝牙的诸多优势，为小型的无线产品设计者创造了更优的环境，凭着相对较低的设计成本，更多创新的蓝牙产品即将进入物联网这个大市场。为了生产性能更好的产品，围绕产品的射频测试将越来越重要，也是适应未来竞争的制胜法宝。