

浅析 OTA 测试与平台集成系统

Analysis of OTA Test and Platform Integration System

张杨萌 马良 张文韬

Yangmeng Zhang Liang Ma Wentao Zhang

国家无线电监测中心检测中心 中国·北京 100041

The State Radio_monitoring_center Testing Center, Beijing, 100041, China

摘要: 随着移动通信技术的发展, 为确保移动设备的通信质量, 需对设备进行 OTA 测试。论文重点阐述了 OTA 测试的测试内容和测试设备, 并且对 OTA 测试流程进行了简单说明, 同时展望未来 OTA 测试的发展方向。由于人们对无线通信技术的要求越来越高, 5G 毫米波逐渐步入视野, 相应的毫米波的性能测试也将需要进一步研究, OTA 测试将成为毫米波的主要测试形态。

Abstract: With the development of mobile communication technology, in order to ensure the communication quality of mobile devices, OTA testing is required. This paper focuses on the test content and test equipment of the OTA test, and briefly explains the OTA test process. At the same time, looking forward to the development direction of OTA test in the future, due to people's higher requirements for wireless communication technology, 5G millimeter wave gradually enters the field of vision, and the corresponding millimeter wave performance test will also need further research, and OTA test will become the main test form of millimeter wave.

关键词: OTA 测试; 暗室; 毫米波

Keywords: OTA test; dark room; millimeter wave

DOI: 10.12346/csai.v1i4.8166

1 概述

OTA 测试 (Over-The-Air Testing) 是一种重要的无线通信技术测试方法, 它可以在三维空间内测试设备的天线性能。对设备的发射功率 (TRP) 和接收灵敏度 (TIS) 进行测试, 并验证无线设备和网络的连接能力以及终端用户对辐射和接收性能的影响^[1]。

OTA 测试主要应用于对智能手机、平板电脑和其他无线设备进行整机性能测试。其目的是对设备的天线性能进行评估和优化, 以确保设备在实际使用过程中能够获得最佳的无线信号质量和连接速度。这种测试方法对于保证无线设备的可靠性和性能至关重要, 可以帮助制造商识别和解决设备在使用过程中可能会出现的问题, 以确保设备的最终质量和性能符合市场需求。因此, 在现代无线通信技术的发展中, OTA 测试成了一个不可或缺的一环。

OTA 测试的标准主要有 YD/T 行标、3GPP 标准以及 CTIA 标准, 其中 YD/T 行标为国内通信行业标准, 3GPP 中 OTA 测试标准主要用于欧洲, CTIA 是北美的测试标准。

OTA 暗室是一种用于进行无线通信技术测试的设备, 其采用组合轴系统和分布轴系统, 可以形成锥形单天线暗室和方形多天线暗室, 用于进行无线设备的整机性能测试。

在论文中, 我们将详细介绍 OTA 测试的相关内容, 包括测试内容、测试设备、测试流程以及 OTA 毫米波测试。

2 OTA 测试内容

随着研究的深入, 移动通信技术从 1G 逐渐向 5G 演进, 1G 通信技术已经逐渐被淘汰。与此同时, 通信设备的体积也逐渐减小, 其射频辐射性能往往会受到影响。OTA 测试可以测试移动设备的整机性能, 包括手机、手表、平板电脑、笔记本电脑等设备。通过 OTA 测试, 可以评估设备蜂窝网络在不同的无线环境和使用场景下的通信质量和性能, 从而指导移动设备的设计和优化。此外, OTA 测试也可以测试设备无线网络的性能, 包括 Wi-Fi、蓝牙等。通过测试可以评估无线网络的通信质量, 确保设备性能符合要求。

因此, 目前 OTA 测试主要针对移动通信网络的 2G

【作者简介】张杨萌 (1999-), 女, 中国山西运城人, 本科, 工程师, 从事无线通信技术 OTA 空口测试及北美 CTIA 认证检测研究。

(GSM)、3G(WCDMA)、4G(LTE)和5G FR1进行测试,以确保设备在蜂窝网络中的性能。同时,OTA测试还将对设备的Wi-Fi等无线局域网(WLAN)性能进行测试,以确保设备在无线网络中的稳定性和可靠性。随着5G技术的不断发展,OTA测试也将不断升级和完善,逐渐向更高频段、更广泛的无线网络以及更复杂的应用场景进行测试^[2]。图1从左到右依次为手表、电脑、平板在自由空间下的测试状态。

完整的辐射功率以及接收灵敏度测试应该包括被测设备在所有可能的实际应用场景下的测试。例如,对于手机来说,会有放在耳边打电话或者拿在手上使用等情况。被测设备在暗室中应有不同的测试状态,用以模拟用户在不同情况下使用设备的情况,以此测试设备各方面性能。主要的测试状态有自由空间(FS),头手模型(BHHL, BHHR),单头模型(BHL, BHR),单手模型(HL, HR),手表会戴在手腕上进行测试(WL, WR)。同一设备在自由空间状态下的测量结果和在人头、人手模型等各种测试状态下的测试结果可能各不相同。图2从左到右依次为手机在自由空间、右头手、左手下的测试状态。

3 OTA 测试设备

OTA测试的设备主要包括暗室、测试仪表以及各类模

型等。在OTA测试中,微波暗室是非常关键的一个部分。微波暗室能够有效地隔离测试环境中的外界干扰信号,从而提高测试的准确性和可靠性。微波暗室的设计和建设需要考虑多方面的因素,包括电磁波屏蔽材料的选择、建筑结构的设计、内部反射的控制等。

为提高无线通信的测试性能和稳定性,需要进行链路校准时,首先计算系统的空间损耗。空间损耗是指无线信号在传播过程中由于距离、信道衰减、反射等因素而丢失的信号强度。此时需要使用网络分析仪来测量信号传播的特性和参数。使用综测仪测试接收灵敏度,综测仪可以用来测量无线设备在接收信号时的灵敏度和信号质量,以及在不同频段和不同功率下的性能表现。此外,发射功率的测试也需要使用综测仪和频谱分析仪,综测仪可以用于测试信号发射功率和频谱特性等参数,频谱分析仪则可以用于测量信号的频率、幅度、带宽等参数^[3]。

为了模拟人类使用移动设备时的情境,需要使用人工头等模型辅助测试。OTA测试所需的模型是一种仿真人头部和手部的模型,可以用于模拟人体与移动设备之间的距离、方向、角度等参数,并测试设备在不同情况下的性能表现。通过使用测试模型,可以更加准确地评估设备在真实环境下的性能表现和用户体验。图3为OTA测试系统图。

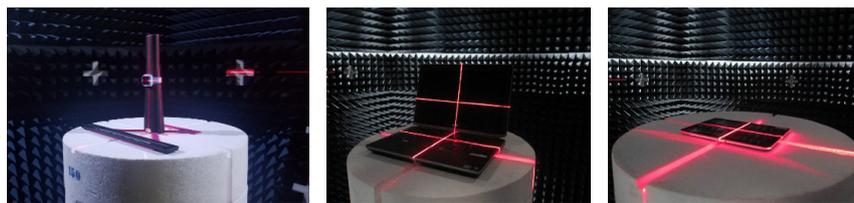


图 1 手表、电脑、平板在 FS 下测试状态



图 2 手机在 FS、BHHR、HL 下测试状态

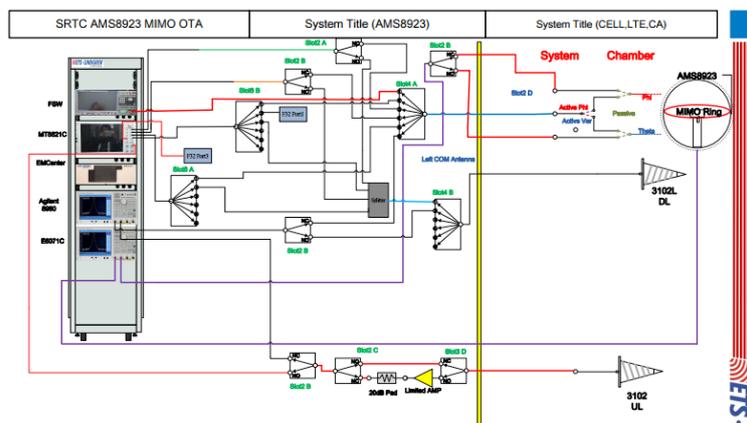


图 3 OTA 测试系统

OTA 测试场地有近场、间接远场、直接远场、混响室等，针对不同的测试设备以及测试频率、测试项等，选用不同的测试场地。传统的 OTA 暗室一般采用直接远场，其远场条件主要包括两个方面：远场距离和测试环境。测量距离，也就是 OTA 测试中天线与被测物体之间的距离，大于远场距离，在远场距离下，天线产生的电磁波呈现平面波特性，可以视为来自无限远处的平行波。在 OTA 测试中，测试环境应该是无反射的理想空间，没有任何反射物体和干扰源。因此，在 OTA 暗室内部布满吸波材料，以吸收测试信号中的所有反射信号，同时满足测量距离大于远场距离。

暗室静区是暗室内受反射等干扰最弱的区域，OTA 测试暗室的静区是暗室性能的最重要指标之一。在这一区域有着非常均匀的幅度和相位特性，所以被测设备（DUT）放置在静区进行测试才可以得到理想的测试结果。静区的尺寸决定了 OTA 暗室能测试的 DUT 的最大尺寸。静区暗室静区大小与暗室形状、大小、结构、工作频率、所用吸波材料性能等有关，暗室尺寸越大，在满足远场距离的前提下，DUT 所在的空间即静区就越大。同时暗室内的吸波材料性能越好，能够排除更多的反射干扰，暗室的静区尺寸也会有所增加。图 4 为 OTA 测试暗室图。

4 OTA 测试流程

为了确保测试的准确性，OTA 测试前的准备工作非常重要。首先，在建立 OTA 测试暗室初期，需要进行纹波测试和链路校准，并且进行金机验证，保证测试结果的可靠性和准确性。纹波测试是指对暗室内的电磁波反射和干扰进行测试，以确定测试环境的质量。链路校准是指在测试前对测试链路的参数进行校准，以确保测试的精度和稳定性。其次，在进行日常测试时，需要记录相同机型的测试内容，并定期进行检查和核对。这样可以避免测试误差和数据的不一致性，保证测试结果的可靠性。最后，为了保证系统处于正常状态，需要进行定期的系统维护和检查，对测试仪表和测量暗室进行校准，确保测试设备状态良好。

在进行 OTA 测试之前，需要按照相关标准确认 DUT 的测试项目和测试状态。这通常需要对标准文件进行仔细研

读，并根据实际情况进行适当的调整。在确认测试内容之后，需要打开相应的仪器和设备，如综测仪等，并对仪器进行自校准。然后，将 DUT 安装在相应的测试装置上，并放置在静区内准备测试。

根据测试内容，对 DUT 进行测试，并记录测试数据。测试数据包括但不限于接收灵敏度、发射功率等参数。在测试完成后，需要对测试结果进行分析和比较，并根据需要进行调整和重新测试。

在完成测试之后，需要编写 OTA 测试报告，报告中应包括测试目的、测试环境、测试参数、测试数据和测试结论等信息。测试报告需要根据 OTA 测试标准进行编写，并在需要时提供额外的信息和解释。测试报告是评估 DUT 性能的重要依据，需要确保报告内容准确、清晰、详细，并符合 OTA 测试标准的要求。

OTA 测试是一种重要的软件测试方法，随着移动通信技术的不断发展，OTA 测试逐渐走向自动化测试，这不仅可以大幅提高测试效率和质量，还可以降低人力和时间成本。OTA 测试具有广泛的适用性和高效率，适用于多个测试平台及设备，但同时也存在繁琐的测试流程、网络问题、兼容性问题和测试环境受影响等缺点。未来的 OTA 测试将会应用智能化测试、跨平台测试、测试数据挖掘和测试自动化等技术，推动 OTA 测试进入更高效、更智能化的发展方向，为移动通信技术的发展提供有力的支持。

5 OTA 毫米波测试

随着 5G 创新应用的发展，大容量、高速率和低时延的业务对通信网络的要求越来越高。特别是以视频为基础的机器视觉、VR/AR、游戏等业务，对高网络带宽的需求更加迫切。而毫米波技术则具有大带宽、低空口时延和灵活弹性空口配置等独特优势，可以满足未来无线通信对系统容量、传输速率以及差异化应用等方面的需求。同时现有的 6GHz 以下（Sub-6 GHz）可用频段带宽有限，而毫米波的频谱资源丰富，因此通信频段必定向毫米波等更高频段的方向延伸。

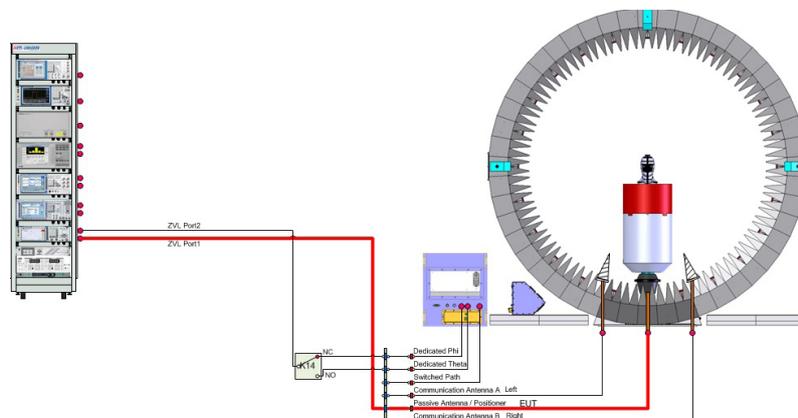


图 4 OTA 测试暗室

通常对于 2G、3G、4G 系统性能的测试，射频采用传导测试方法，将射频端口和仪表通过线缆连接进行测试；天线测试为了屏蔽其他干扰信号，也是将相应的端口与仪表相连；设备的射频和天线分开测试，独立评估。但在毫米波频段，由于天线单元与射频单元之间的毫米波信号传输受传输线长度、转接匹配等因素的影响较大，因此毫米波设备的射频与天线通常采用一体化设计制造，这就导致了天线和射频之间没有可以剥离的测试端口，甚至连基本的线缆连接也无法实现。这种情况下，对于毫米波设备的射频和天线测试，OTA 测试将成为主要测试形态。

由第三章暗室的远场条件可知，在 OTA 测试中，测试距离通常在波长的几倍到十几倍之间，而通常情况下测试场地有限。同时测试距离越大，OTA 路径损耗就越大，所以毫米波 OTA 测试采用紧缩场来进行测试。

利用 CATR（紧凑的天线测量装置——紧缩场）的间接远场方法，通过抛物面反射板来创建远场环境，反射板将球面波转换为平面波。对于 5G 毫米波采用的紧缩场来说，远场距离是焦距，也就是天线与抛物面反射板之间的距离，紧缩场的测量距离应大于静区的尺寸。图 5 为毫米波测量暗室——紧缩场。

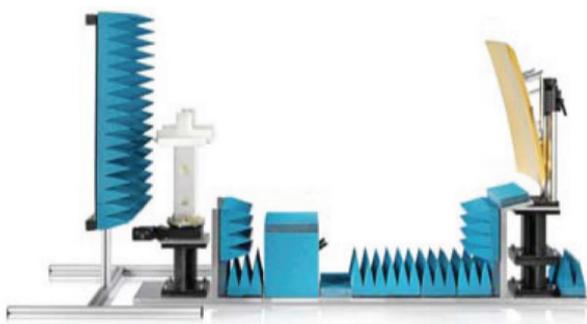


图 5 紧缩场

对于紧缩场而言，静区通常是指紧缩场内放置被测件的区域，在此区域内，电磁波的杂波反射被控制到设计水平。紧缩场使用反射板反射使得球面波转换为平面波，可以实现具有非常小的幅度和相位纹波的大静区，这样会有更短的距离长度和更大的静区，更短的测量距离也意味着路径损耗会更小。

使用紧缩场进行 RX（接收）测试时，放置在反射板焦点附近的探测 / 馈电天线向反射板辐射球面波，反射板将其准直进入被测设备接收的平面波前。焦距大约是馈源和反射板之间的距离。图 6 为紧缩场 RX 测试的工作原理。

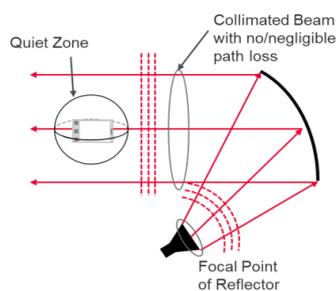


图 6 紧缩场 RX 测试工作原理

另外，对于 TX（发射）测试，被测设备的辐射方向图可以描述为一系列沿不同方向传播的平面波，并且馈电天线只接收直接指向反射板的平面波的聚焦光束。图 7 为紧缩场 TX 测试的工作原理。

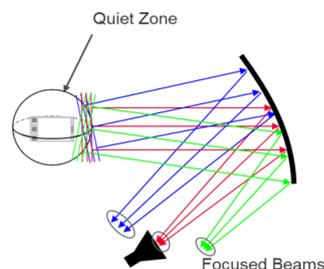


图 7 紧缩场 TX 测试工作原理

CTIA 标准中规定 DUT 的测试环境条件为正常条件，即正常温度和正常电压。毫米波 OTA 测试主要分为两个方面，分别是发射性能和接收性能。发射性能主要是对 EIRP（等效全向辐射功率）和 TRP（总辐射功率）进行测试；接收性能主要对 EIS（等效全向接收灵敏度）进行测试。

6 结论

论文对 OTA 测试做了基本介绍，OTA 测试是在三维空间测试设备的发射功率和接收灵敏度等性能。OTA 测试是对移动设备的蜂窝网络等性能进行测试，由于移动技术的逐步发展，5G 毫米波也逐渐走向 OTA 测试。论文中描述了两种 OTA 暗室，分别是远场以及紧缩场，描述了测试的基本流程。论文介绍了毫米波 OTA 测试的必要性及其工作原理，展望了毫米波 OTA 测试的前景。OTA 测试是无线通信领域不可或缺的测试手段，随着无线通信技术的不断发展和应用的不断扩大，OTA 测试的重要性也越来越凸显，研究人员正在不断探索新的 OTA 测试方法和技术，以适应不断变化的无线通信环境和技术需求。

参考文献

- [1] 夏诚. 浅谈物联网形势下的 5G 通信技术及应用[J]. 科学与信息化, 2020(36):43+45.
- [2] 丁晨. 5G 网络中的物联网视频监控系统应用探索[J]. 信息技术时代, 2022(12):55-58.
- [3] 李奕凝. 解析物联网形势下的 5G 技术[J]. 数字技术与应用, 2019, 37(11):27-28.