

# 5G移动通信测试关键技术与仪器发展研究

张志敏

杭州赋信科技有限公司 浙江 杭州 310015

**摘要:** 5G移动通信测试对技术发展与应用推广意义重大,核心需求聚焦性能、兼容性与安全测试,需遵循“精准性、全面性、标准化”原则。关键技术涵盖射频、协议一致性、网络性能与安全测试。核心测试仪器包括射频、协议、网络性能与安全测试仪器,各有技术特征。测试工作实施与保障需构建标准化流程,做好测试设备校准维护,培养专业测试人才,为5G技术优化与应用落地提供有力支撑。

**关键词:** 5G移动通信; 测试关键技术; 测试仪器; 性能测试; 安全保障

**引言:** 5G移动通信作为新一代通信技术,其发展与推广离不开全面且精准的测试工作。测试涵盖性能、兼容性、安全等核心需求,遵循精准、全面、标准化原则。射频性能、协议一致性、网络性能与安全等关键测试技术,以及射频、协议、网络性能与安全等核心测试仪器,各有独特技术特征。为保障测试工作高质量开展,需构建标准化测试流程,做好测试设备校准与维护,并着力培养专业测试人才。本文将深入剖析5G移动通信测试相关要点,为行业发展提供参考。

## 1 5G移动通信测试的核心需求与基础原则

5G移动通信测试在整个5G技术发展与应用推广进程中占据着举足轻重的地位。其核心目标在于对网络和设备在复杂多变环境下的性能表现、兼容性以及安全性进行全面且深入的验证,进而为技术的持续优化以及实际应用的顺利落地提供坚实可靠的数据支撑。5G移动通信测试的核心需求主要聚焦于三个关键维度。(1)是性能测试需求,这要求对峰值速率、时延、连接数密度等关键指标进行精准无误的验证。由于5G涵盖了eMBB(增强移动宽带)、uRLLC(超高可靠超低时延通信)、mMTC(海量机器类通信)三大各具特色的应用场景,每个场景对性能指标的要求存在显著差异,因此性能测试必须精准匹配这些差异化要求,以确保5G网络和设备能够满足不同场景下的实际使用需求。(2)是兼容性测试需求,5G作为新一代通信技术,需要与现有的网络、终端设备以及各类应用系统实现无缝对接。倘若存在协议差异或者接口不兼容的情况,就极有可能引发通信故障,影响用户体验和通信质量。所以,兼容性测试是保障5G顺利融入现有通信生态的关键环节。(3)是安全测试需求,随着通信技术的不断发展,网络安全问题日益凸显。5G网络面临着网络攻击、数据泄露等诸多安全风险,因此必须通过安全测试来防范这些风险,切实保障

通信过程的保密性、完整性与可用性。(4)在开展5G移动通信测试工作时,需要严格遵循“精准性、全面性、标准化”的原则,以权威组织制定的技术标准作为依据,确保测试数据的客观性和可比性,同时要覆盖技术全链条与应用全场景,杜绝出现测试盲区<sup>[1]</sup>。

## 2 5G移动通信测试关键技术解析

### 2.1 射频性能测试技术

射频性能作为5G通信的基石,对信号传输质量以及网络覆盖范围有着直接且关键的影响。其测试技术主要围绕高频段信号的特性验证展开。(1)核心测试内容涵盖发射机性能与接收机性能两大板块。在发射机测试环节,要严格验证输出功率、频率精度、调制质量、杂散发射等关键指标。具体操作中,运用矢量信号发生器模拟5G标准信号,再借助频谱分析仪、矢量信号分析仪捕获信号,并对其幅度、相位、频率稳定性展开深入分析,以此确保信号严格符合传输标准。(2)接收机测试则着重验证灵敏度、邻道选择性、阻塞特性等指标。通过信号源生成不同强度、不同频率的测试信号,并配合噪声源模拟复杂的电磁环境,检测接收机在干扰条件下的信号接收能力。鉴于5G采用毫米波等高频段信号存在衰减快、易受干扰的问题,射频测试技术需具备高频信号精准捕获与分析能力,同时还要适配Massive MIMO(大规模天线)技术的多通道测试需求<sup>[2]</sup>。

### 2.2 协议一致性测试技术

协议一致性对于保障5G设备间的互联互通起着决定性作用,其测试技术重点在于验证设备对相关标准协议的遵循情况。(1)测试内容全面覆盖物理层、数据链路层、网络层等各层协议,涉及信号编码、帧结构、切换流程、资源调度等关键环节。在具体测试时,利用协议测试仪模拟网络侧或终端侧的交互行为,向被测设备发送标准协议指令,并精准捕获设备的响应信息,深入

分析其是否严格符合协议规范。尤其要重点检测协议交互的完整性、时序准确性以及错误处理能力。(2) 鉴于 5G 协议具有复杂性与灵活性的特点, 协议一致性测试技术需具备可扩展的测试脚本开发能力, 能够支持对不同厂商设备、不同应用场景开展协议适配性测试。同时, 还应具备自动化测试功能, 通过预设测试流程与判断标准, 有效提高测试效率与准确性, 最大程度避免人工干预可能带来的误差。

### 2.3 网络性能与安全测试技术

网络性能测试技术旨在验证 5G 网络于实际运行场景中的整体效能。其核心指标涵盖端到端时延、吞吐量、丢包率、移动性等。测试时, 借助网络性能测试仪搭建模拟网络环境, 模拟海量终端接入、高带宽数据传输、高速移动切换等复杂场景, 实时监测网络数据传输状态, 剖析网络在不同负载条件下的性能变化规律。针对 uRLLC 场景对低时延的严苛要求, 测试技术需具备微秒级时延精准测量能力; 针对 mMTC 场景海量连接的需求, 要支持万级以上终端的并发模拟测试。网络安全测试技术着重识别 5G 网络的安全漏洞与潜在风险点, 涉及接入安全、传输安全、核心网安全等多个维度。通过漏洞扫描、渗透测试、恶意代码注入等手段, 检测网络抵御非法接入、数据篡改、DDoS 攻击等威胁的能力, 同时验证加密算法、身份认证、访问控制等安全机制的有效性。

## 3 5G 移动通信核心测试仪器的技术特征

### 3.1 射频测试仪器

射频测试仪器在 5G 射频性能测试中占据核心地位, 主要包含频谱分析仪、矢量信号发生器、矢量网络分析仪等。(1) 频谱分析仪要具备高频段信号分析的能力, 可支持毫米波频段(24GHz 以上)信号的精准捕获与频谱分析。同时, 其需拥有高分辨率与低噪声特性, 以便能精确识别微弱信号以及杂散干扰, 为测试提供准确的数据基础。(2) 矢量信号发生器需支持 5G 标准调制格式, 像 QPSK、16QAM、64QAM、256QAM 等, 能生成符合 3GPP 标准的 5G NR(新空口)信号。并且, 它要具备灵活的信号参数配置功能, 从而满足不同测试场景的多样化需求。(3) 矢量网络分析仪需支持多端口测试, 以适配 Massive MIMO 技术多天线通道的特性, 精准测量天线增益、驻波比、隔离度等关键参数, 为天线系统的优化提供可靠的数据支撑。此外, 射频测试仪器还应具备良好的兼容性, 能与其他测试设备协同工作, 实现测试流程自动化与一体化<sup>[3]</sup>。

### 3.2 协议测试仪器

协议测试仪器对于保障 5G 设备协议一致性至关重

要, 核心设备有协议一致性测试仪、信令分析仪等。

(1) 协议一致性测试仪要内置 3GPP 全系列协议栈, 支持对 5G NR 及 E-UTRA(演进型通用陆地无线接入)开展协议测试。它需具备丰富的测试用例库, 覆盖物理层到应用层全协议环节, 还支持测试用例自定义开发, 以适配不同厂商设备特性。(2) 信令分析仪需拥有高速信令捕获与解析能力, 能实时捕获 5G 网络中的信令消息, 解析信令交互流程, 精准识别协议异常与故障点。其关键在于信令解码算法的准确性与实时性, 要支持对复杂信令结构快速解析并可可视化呈现。(3) 协议测试仪器需具备高稳定性与可靠性, 保证长时间测试无数据丢失或解析错误, 同时要有便捷的操作界面, 降低测试人员操作难度。

### 3.3 网络性能与安全测试仪器

网络性能测试仪器涵盖网络性能分析仪、流量发生器等。(1) 其核心技术特征体现在高带宽、高并发、低时延的测试能力上。网络性能分析仪要支持 10Gbps 以上的端口速率, 可模拟海量终端并发数据传输, 且具备微秒级时延测量精度, 契合 uRLLC 场景的严苛测试要求。流量发生器需支持多种 5G 应用场景的流量模型模拟, 像高清视频流、工业控制数据、物联网传感数据等, 能依据测试需求灵活配置流量大小、传输速率、数据包格式等参数。(2) 网络安全测试仪器包含漏洞扫描仪、渗透测试平台、网络入侵检测系统等。漏洞扫描仪要具备针对 5G 网络架构与协议的专用扫描模块, 精准识别接入网、核心网的安全漏洞。渗透测试平台需支持对 5G 终端、基站、核心网设备的模拟攻击测试, 验证设备安全防护能力。网络入侵检测系统则要具备识别 5G 高频段信号与复杂协议的能力, 实时监测并告警恶意攻击行为。

## 4 5G 移动通信测试工作的实施与保障

### 4.1 标准化测试流程构建

构建标准化测试流程是确保 5G 移动通信测试质量的关键所在, 需紧密围绕 5G 技术标准与应用需求, 搭建一套全流程、规范化的测试体系。(1) 在测试规划阶段, 要精准设定测试目标, 清晰界定测试范围, 合理确定测试指标, 精心设计测试场景。比如针对 5G 不同应用场景, 如增强移动宽带、超高可靠超低时延通信等, 设计与之适配的测试场景, 保证测试工作有的放矢且全面覆盖。(2) 测试实施阶段, 需严格规范操作流程。搭建符合要求的测试环境, 对测试设备进行精准校准, 确保数据采集的准确性。详细记录测试过程, 明确各环节操作标准与质量要求, 防止因操作不规范使测试结果出现偏差。(3) 测试完成后, 建立结果分析与反馈机制。系统

梳理并深度分析测试数据,找出技术短板与设备问题,形成详细测试报告反馈给研发或运维团队,为技术优化提供有力支撑。此外,还要建立动态优化机制,依据 5G 技术迭代和应用场景扩展,及时更新测试流程与操作标准<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 测试设备校准与维护

测试设备的精度与稳定性是保障 5G 移动通信测试结果可靠性的重要基础,因此必须构建一套完善的设备校准与维护机制。(1)要定期对测试仪器开展专业校准工作。依据国家计量标准或行业规范,对仪器的测量精度、信号输出稳定性、频率范围等关键性能指标进行细致检测与精准调整,让仪器始终处于最佳工作状态。校准周期需综合考量仪器使用频率和环境条件,合理设定,避免因校准不及时影响测试准确性。(2)建立严格的仪器日常维护制度,明确维护责任主体与具体内容,涵盖仪器清洁、存放环境管理、软件版本更新以及硬件故障排查等方面,防止因环境因素或使用不当致使仪器性能降低。(3)还应建立仪器故障应急处理机制,储备关键备件,与设备厂商联合搭建快速维修通道,确保仪器故障能及时修复,将对测试工作的影响降至最低。并且,加强对测试设备的统一管理,建立设备台账,详细记录仪器全生命周期信息,实现精细化管理。

#### 4.3 专业测试人才培养

专业人才是推动 5G 移动通信测试工作高效开展的核心要素,需着力培养兼具 5G 技术知识、测试技能与实践经验的复合型人才。(1)在技术知识培训方面,要全面覆盖 5G 网络架构、协议标准等基础内容,深入讲解 Massive MIMO、网络切片、边缘计算等核心技术,以及测试原理等关键知识,让测试人员透彻理解 5G 技术特性与测试需求,为后续工作筑牢理论根基。(2)实操技能培训也不容忽视,需涵盖测试仪器的规范操作使用、测

试流程的严格执行、测试数据的精准分析以及测试报告的专业撰写等。通过设置模拟测试场景与安排实际项目实操,切实提升测试人员的动手能力与解决实际问题的能力。(3)建立科学的人才考核与激励机制,将测试工作质量、技术创新成果等纳入考核范畴,充分调动测试人员的学习热情与工作主动性。同时,加强行业交流合作,组织测试人员参与行业技术研讨会、技能竞赛等活动,汲取先进测试经验与技术,拓宽专业视野,提升整体专业水平。

#### 结束语

5G 移动通信测试工作意义重大且复杂多元,从明确核心需求与基础原则,到解析关键测试技术、剖析核心测试仪器特征,再到构建标准化测试流程、做好设备校准维护以及培养专业人才,各环节紧密相连、缺一不可。只有严格遵循标准化流程,确保测试设备精准稳定,拥有专业过硬的测试人才队伍,才能全面且精准地验证 5G 网络与设备的性能、兼容性和安全性。未来,随着 5G 技术持续演进与应用场景不断拓展,测试工作需与时俱进、持续优化,为 5G 技术的高质量发展以及在各行业的深度应用提供坚实保障,推动通信行业迈向新的发展高度。

#### 参考文献

- [1]林婷,梁学俊.5G移动通信测试关键技术与仪器发展研究[J].中国新通信,2024,26(9):8-10.
- [2]刘沙沙.5G移动通信发展趋势与若干关键技术研究[J].移动信息,2024,46(8):106-108.
- [3]徐兵奇.5G移动通信网络架构与关键技术要点分析[J].通信电源技术,2024,41(9):178-180.
- [4]郑芬.5G移动通信技术在电力物联网中的应用研究[J].信息记录材料,2024,25(11):237-239.