



信息科学与工程研究

Information Science and Engineering Research

Volume 3 Issue 3 September 2022 ISSN 2737-4815(Print) 2737-4823(Online)



Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.: +65 65881289

E-mail: contact@nassg.org
Add.: 12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819



《信息科学与工程研究》为全球电子信息与工程同行发表有创见性的学术论文，介绍有特色的科研成果，探讨有新意的学术观点提供理想园地，扩大国际交流。以从事电子信息技术开发的科研人员、工程技术人员、各大专院校师生、计算机爱好者为主要作者和读者群体。本刊是一本拥有高水准的国际性同行评审团队的学术期刊出版物，编委鼓励符合本刊收稿范围的，有理论和实践贡献的优质稿件投稿。

为满足广大科研人员的需要，《信息科学与工程研究》期刊文章收录范围包括但不限于：

- 通信与安全
 - 指导与传感技术
- 计算机网络
 - 计算机应用技术
- 信息科学
 - 电子通信工程

版权声明/Copyright

南洋科学院出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名－非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819
Email: info@nassg.org
Tel: +65-65881289
Website: <http://www.nassg.org>



About the Publisher

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd. (NASS) is an international publisher of online, open access and scholarly peer-reviewed journals covering a wide range of academic disciplines including science, technology, medicine, engineering, education and social science. Reflecting the latest research from a broad sweep of subjects, our content is accessible worldwide – both in print and online.

NASS aims to provide an analytics as well as platform for information exchange and discussion that help organizations and professionals in advancing society for the betterment of mankind. NASS hopes to be indexed by well-known databases in order to expand its reach to the science community, and eventually grow to be a reputable publisher recognized by scholars and researchers around the world.

Database Inclusion



Asia & Pacific Science Citation Index



Creative Commons



MyScienceWork



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge Infrastructure

信息科学与工程研究

Information Science and Engineering Research

主 编

陈惠芳

浙江大学，中国

编 委

曾念寅 Nianyin Zeng

刘新华 Xinhua Liu

涂 锐 Rui Tu

李绍滋 Shaozi Li

刘士虎 Shihu Liu

马建伟 Jianwei Ma

朱昌明 Changming Zhu

刘超勇 Chaoyong Liu

姚劲松 Jinsong Yao

- | | | | |
|----|--|----|--|
| 1 | 实验室数字化平台在电力检测行业中的应用
/ 陈金涛 朱军 江剑峰 沈诚杰 | 1 | Application of Laboratory Digital Platform in Electric Power Testing Industry
/ Jintao Chen Jun Zhu Jianfeng Jiang Chengjie Shen |
| 4 | 蓝牙5.3技术研究
/ 江硕 任馨宇 | 4 | Research on Bluetooth 5.3 Technology
/ Shuo Jiang Xinyu Ren |
| 7 | 5G SA射频测试方法
/ 刘坤 张杰 | 7 | 5G SA RF Test Method
/ Kun Liu Jie Zhang |
| 10 | 无人机超清超低延迟无线图像传输系统设计
/ 钟毅 | 10 | Design of UAV Ultra-Clear and Ultra-Low-Latency Wireless Image Transmission System
/ Yi Zhong |
| 13 | 论可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统
/ 陈强 叶运强 徐功权 陈长升 | 13 | On Micro Magnetic Coupling Harmonized Wireless Charging System for Wearables
/ Qiang Chen Yunqiang Ye Gongquan Xu Changsheng Chen |
| 16 | 5G终端最大发射功率解读
/ 尚磊 郑晨 | 16 | Interpretation of the Maximum Transmit Power of 5G Terminals
/ Lei Shang Chen Zheng |

Application of Laboratory Digital Platform in Electric Power Testing Industry

Jintao Chen¹ Jun Zhu² Jianfeng Jiang¹ Chengjie Shen³

1.State Grid Shanghai Electric Power Research Institute Metrology Center, Shanghai, 200000, China

2.Shanghai Customs Electromechanical Product Testing Technology Center, Shanghai, 200000, China

3.Shanghai Towing Network Technology Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

【Abstract】The National Fourteenth Five-Year Plan clearly puts forward the strategic outline of building a "Digital China", especially in the field of intelligent manufacturing, whose digitalization level has been much higher than that of the power testing laboratory in the same period. In order to facilitate business docking and data asset interaction with customers in the future, it is particularly important to build an advanced digital platform for power industry laboratories.

【Keywords】 power testing; laboratory digital transformation; laboratory digital construction

实验室数字化平台在电力检测行业中的应用

陈金涛¹ 朱军² 江剑峰¹ 沈诚杰³

1.国网上海电科院计量中心, 中国·上海 200000

2.上海海关机电产品检测技术中心, 中国·上海 200000

3.上海牵翼网络科技有限公司, 中国·上海 200000

【摘要】中国十四五规划明确提出建设“数字中国”的战略纲要, 尤其是智能制造领域, 其数字化水平已远远高于同期的电力检测实验室。为便于今后与客户进行业务对接和数据资产交互, 建设具有先进性的电力行业实验室数字化平台尤为重要。

【关键词】电力检测; 实验室数字化转型; 实验室数字化建设

DOI: 10.12349/iser.v3i3.752

1 引言

实验室数字化平台(英文为 Laboratory digital platform, 缩写为 LDP), 是完善实验室内部管理体系、实现业财一体化、完成人、机、料、法、环、测全生命周期管理的一系列软、硬件的合集。LDP 的运用会大大提升实验室整体数字化运行的能力, 尤其在电力检测行业中, 效果尤为显著^[1]。

2 设计原则

LDP 的运用是电力实验室数字化转型中非常重要的一步, 同时也牵扯到实验室整体业务模式变革、管理体系升级及工作习惯的改变, 所以在设计上需秉持如下原则。

2.1 先进性原则

中国十四五规划明确提出建设“数字中国”的战略纲要, 尤其是智能制造领域, 其数字化水平已远远高于同期的电力检测实验室。为便于今后与客户进行业务对接和数据资产交互, 建设具有先进性的电力行

业 LDP 尤为重要, 需要确保其架构能满足实验室未来 5-10 年的发展需求, 同时还需具备良好的可拓展性、灵活配置能力及确保数据安全的能力。

2.2 “技术负债”与“习惯负债”

电力行业实验室数字化转型升级离不开人员与硬件设备的支持, 在做整体设计的时候, 需结合自身情况考虑好自身的“技术负债”与“习惯负债”。

以“技术负债”为例: 像电力检测实验室, 检测设备种类繁多, 接口种类众多, 在做整体规划设计时可对设备厂家、设备种类、设备接口等做好分类, 以便通过对接厂家等高效的模式实现数据对接。对于一些老旧或没有数据接口的设备, 予以淘汰、升级或结合工况条件采用图形识别等其他技术手段实现数据采集^[2]。

以“习惯负债”为例: 笔者实验室为中国电力检测重点实验室, 成立 50 余年来一直采用纸质管理的模式, 且员工多半为从业 10 余年老职工, 对信息化意识较为薄弱。在做 LDP 整体规划时, 在满足体系要求的同时考虑到员工日常的工作习惯, 确保平台上线后员工不会有太大的抵触情绪^[3]。同时在平台实时

【作者简介】陈金涛(1990-), 男, 中国河南周口人, 本科, 工程师, 从事电能计量与检测工作。

前,就平台的效果、对员工的价值做好充分的宣传,从而充分调动员工的积极性。

2.3 切勿“好大求全”

LDP 虽然是针对实验室整体数字化转型,但在设计时也需要根据不同行业做针对性的个性化取舍。根据《2021 年度上海市检验检测行业数字化调研报告》中指出,目前实验室数字化系统,只有 20% 的功能是经常被用到,但同时有 30% 的功能是几乎不被使用的,如:电力行业报告相对复杂,对于一些适用于批量下单、购物车等功能使用率就会非常低,那在需求设计时,该类功能就可以被舍弃,从而减少不必要的开发量和开发成本。

2.4 切莫“墨守成规”

实验室数字化转型不单单只是实现无纸化办公,在上 LDP 的同时,可以就目前的管理体系、表单体系等进行优化和整理,在提升自身管理水平时结合 LDP 把各实施环节做得更为高效便利^[4]。如统一委托单模板、完善任务分配机制、完善样品管理机制、完善质量管理体系等。

2.5 “方便”是基层员工对数字化的最大需求

在做 LDP 整体规划时,在考虑管理层、决策层对系统需求的同时,还需重点关注基层员工和客户对数字化软件的需求^[5-7]。作为系统的使用方,他们的关注点跟管理层是不一样的,过分注重管层需求会导致基层使用的不便利,从而造成抵触情绪。

为了促使平台的成功实施,需充分了解基层对系统的期望和需求,满足基层对系统便利性的要求,实实在在提升基层的工作效率,才能把系统的价值最大化。

2.6 持续推进的原则

LDP 的实施是一个长期建设、迭代优化的过程。需要做总体规划、局部先行、管理预期、持续推进。以笔者实验室为例,在 LDP 实施的过程中,遵循顶层设计、需求导向,从业务数字化转型到质量数字化转型再到数据数字化转型。从局部数字化转型成果的基础上,向其他环节做逐步推广,从而链接成整体并集成优化,大大降低了实验室数字化转型的风险,同时将各个流程打磨得更加符合实验室自身发展需要。

3 功能模块

LDP 作为实验室整理数字化转型的解决方案,在功能设计上需满足如下几大基础模块,以确保实验室体系的正常运转和满足未来发展的需求。

3.1 业务流

业务流是指实验室内/外部业务管理体系的合集,包含从下单到获取报告的全生命周期管理,可针对业务流程管理层和业务流程工作层做相应的定制开发。

其中,业务流程管理层包含但不限于:任务排

程、 workflow 管理、批量处理管理;业务流工作层包含但不限于:任务排程、合同评审、样品管理、检测生命周期管理、业财一体化等。按笔者单位数字化建设业务流架构如下:

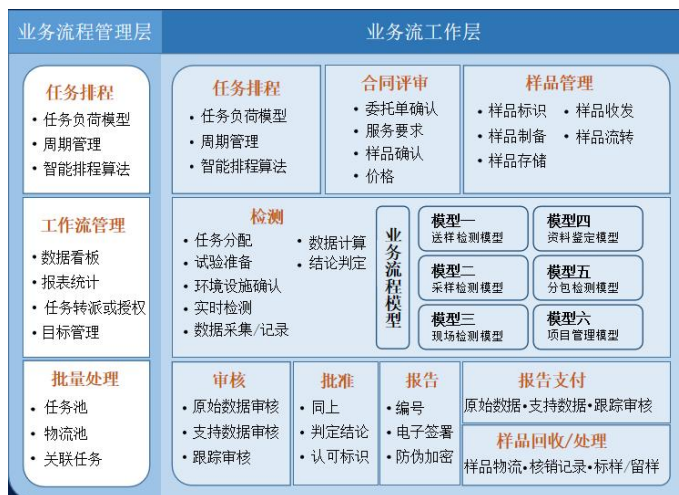


图1 数字化建设业务流架构

3.2 质量流

质量流是确保实验室业务体系执行、管理体系导入、认证体系要求的支撑模块合集。质量流以资源要素支撑业务流转总体效能,以过程要素支撑检测数据质量,以安全为底线,以管理体系要素作为风险控制手段,兼顾管理体系的符合性、持续改进和总体效率的提升,避免“为了电子化而电子化”。

质量流功能模块组成大概如下:

(1) 资源管理: 人员管理、标准方法管理、设备管理、耗材管理、环境管理、分包方/供应商管理、检测项目管理。

(2) 质量管理: 文件管理、不符合工作/内审/管评、监督、新项目评审/方案验证、投诉管理、能力验证、客户满意度、质量控制。

(3) 拓展功能: 数据分析与挖掘、移动端、智能监测助手。

3.3 数据流

数据流是针对实验室数据资产管理、治理、运用的技术支撑合集。数据资产作为新一代的生产要素,对实验室未来发展具有非常大的经济价值和社会价值。

笔者所在实验室 LDP 设计时,就对实验室数据要素做了充分的整理和分类,在业务流建设的同时,注重对数据的治理和清洗,为后续数据流做好数据支撑。同时在数据流建设同时,充分调研运用了当代先进的大数据分析技术,建立电力行业实验室检测数据知识图谱、血缘关系,并通过算法将数据抽取成知识并反哺到业务流和质量流的优化迭代中去,从而进一步带动实验室的自动化和智能化机能^[8]。

4 应用成效

随着 LDP 的推广应用,在业务、管理、服务上都取得了比较大的成效,具体表现如下。

4.1 业务模式变革

较线下委托、送样模式相比,LDP 的实施运用颠覆了原有的业务模式,客户可以通过平台直接进行在线委托、在线送样,同时平台还提供在线客服、在线付款、在线查询、在线打印报告、在线开票等电子化手段,使客户足不出户便可以完成整个业务流程。同时 LDP 还会记录实验室与客户之间的每个沟通细节,方便客户分析和业务追溯,并满足实验室规范体系要求。

4.2 服务模式变革

LDP 的运用不仅让实验室实现了无纸化办公,同时也大大减少了客户对纸质文档的依赖性。LDP 提供了便捷丰富的表单模板,从委托单到原始记录再到检测报告都可以定制化配置,满足实验室和客服之间在线业务的需求。内置客户管理模块,能针对客户画像提供必要的业务决策数据支持,通过客户访问和业务情况了解客户动态,从被动服务向主动服务进行开拓与转型。

4.3 自动化变革

LDP 的实施使实验室内部流程自动化程度大大提高,主要表现在:任务自动归类、任务自动分派、设备数据自动采集、耗材信息自动管理、报告自动编审签、各环节自动提示等。该些成果的实现,得益于 LDP 强大的配置中心,以检测项目为基点,围绕配置了基础属性、标准关联、设备关联、原始记录关联、参数配置、试验结果、检测结论等属性,从而实现了实验室内部全流程的自动化变革。

4.4 仓储管理变革

LDP 结合了智能化仓储管理、RFID 标签管理、智能耗材柜/档案柜管理等功能,打破了原先样品管理难、寻找难、堆放难等难题。

在 LDP 设计时,结合实验室实际场地情况和物流情况,可设计定制化样品存储仓,同时配备完善的机器人送样作业方案,可实现自动分拣、精准定位、自动送样等物联网仓储管理理念,大大提升实验室的样品、易耗品的管理效率。

4.5 运维理念变革

LDP 是基于新一代中台技术研发的新一代实验室管理平台,拥有高拓展、低耦合、可视化开发等特

性。实验室人员可以通过简单的培训,在受控要求的前提下,自行配置实验室表单、流程,大大减少了对软件开发企业的依赖性。如实验室配有专业的 IT 人员,则可进一步由自身对系统进行长期的有效维护和管理。解决了以往技术架构容易出现的,维护难、排期久、响应时间长等问题。

5 结语

作为 LDP 平台在电力行业的受益者,项目整体的开发和实施细节都经过了双方反复研讨与论证。软件供应商是否真正了解实验室体系和真实需求是非常必要的,软件供应商在 LDP 设计和开发中起着非常重要的支持作用,他们会通过自身经验给予许多意想不到的见解与建议。

LDP 作为新一代的实验室管理平台,在 LIMS 的概念基础上大大拓展了对实验室整体进行数字化转型的应用,告别了实验室各个软件信息孤岛的时代,使整个实验室的数据得到充分的共享和利用,实现了十四五规划对实验室数字化转型的要求。

参考文献

- [1] 国务院.国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要 [EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm
- [2] 上海市认证协会.数字化实验室数据控制和信息管理要求:T/CSCA130002-2020[S].上海:上海市认证协会,2020:2
- [3] 全国信息技术标准化技术委员会.数据管理能力成熟度评估模型:GB/T 36073-2018[S].北京:中国国家标准化管理委员会,2018:3
- [4] 上海艾瑞市场咨询有限公司.中国企业数字化转型路径实践研究报告[R].上海:上海艾瑞市场咨询有限公司 2021.
- [5] 姜瀛洲,朱军,吴燎兰.实验室信息管理系统(LIMS)的策划[J].家用电器,2010,12:42-45
- [6] 孙玉.我国物联网产业发展趋势[J].物联网学报,2017(3):1-5.
- [7] 王洋洋,张黎伟,黄凯,等.加强信息化建设建立仪器设备信息可追溯性管理[J].2016(4): 239-242.
- [8] 刘慧伟.大数据在实验室平台中的应用[C]/第十一届中国生命科学公共平台管理与发展研讨会.2018.

Research on Bluetooth 5.3 Technology

Shuo Jiang Xinyu Ren

The State Radio-monitoring-center Testing Center, Beijing, 100041, China

【Abstract】 The paper discusses several key technologies of Bluetooth 5.3, and points out the technical advantages of Bluetooth 5.3 and the problems that can be solved in practical application scenarios. In the future, the development of Bluetooth technology will surely make breakthroughs and create more possibilities.

【Keywords】 Bluetooth; 5.3; technical research

蓝牙 5.3 技术研究

江硕 任馨宇

国家无线电监测中心检测中心, 中国·北京 100041

【摘要】 论文讨论了蓝牙 5.3 的几个关键技术, 指出了蓝牙 5.3 技术优势和实际应用场景中能够解决的问题。在未来蓝牙技术的发展必将取得突破性进展创造更多的可能。

【关键词】 蓝牙; 5.3; 技术研究

DOI: 10.12349/iser.v3i3.753

1 引言

蓝牙技术联盟(Bluetooth SIG)于 2021 年 7 月 13 日正式发布了最新蓝牙核心规范-5.3 版本。

低功耗蓝牙广泛应用于所有行业 and 应用的物联网设备。蓝牙技术组织(SIG) 发布的 2021 年市场更新估计, 到 2022 年将有 130 亿台蓝牙物联网设备在使用中。是什么让蓝牙成为物联网设备制造商和应用程序开发人员的首选无线技术, 它是对各种类型数字设备的无处不在的支持和全球互操作性, 随着蓝牙物联网增长, 蓝牙技术组织 SIG 估计到 2025 年, 未来几年内, 低功耗蓝牙单模设备的出货量预计将增长三倍以上。蓝牙等技术平台需要不断发展以保持相关性并推动其生态系统的成长^[1]。

2 蓝牙 5.3 版本的更新变化

蓝牙 5.3 版本增加了几项功能增强, 为物联网设备制造商和应用程序开发人员提供了显著的可靠性、能源效率和用户体验改进。以下部分概述了蓝牙 5.3 中的五个主要增强功能: 这些增强功能和新功能为许多支持低功耗蓝牙的产品改善用户体验、卓越可靠性和提高能源效率打开了大门^[2]。

2.1 连接分级功能

在蓝牙 5.3 之前, 实现连接更新过程的方式需要很长时间才能完成。从高占空比连接切换到低占空比连接可能需要相当长的时间。在实际应用中, 这可能

会对用户体验产生负面影响。蓝牙 5.3 上的连接分级功能使缓慢的连接更新成为过去。它实现了更有效的转换过程以减少转换延迟。以一种新的、更快的方式在低占空比模式和高占空比模式之间切换, 并更有效地处理可变数据包速率和突发流量。

蓝牙设备现在可以在高数据传输后更早地返回节能模式, 从而进一步延长电池寿命。

低功耗蓝牙连接提供了一种高度灵活的方式来适应数据吞吐量和功率方面要求的动态变化。高占空比连接以增加功耗为代价实现更高的数据吞吐量, 而低占空比连接以数据吞吐量为代价节省电力。在智能医疗设备等应用中, 更快的转换时间可以显著改善设备功能、用户体验和安全性。预计将从次级连接中受益的用例包括蓝牙 LE 音频产品, 例如助听器、蓝牙传感器产品等。

2.2 加密密钥大小控制增强

加密密钥大小由蓝牙 BR/EDR 中连接设备的控制器确定。此更改使主机能够通过主机控制器接口(HCI)通知其蓝牙 BR/EDR 控制器有关可接受的最小密钥大小。

在访问控制物联网应用中, 强大的安全性正在成为越来越重要的最终用户要求。蓝牙 5.3 响应了市场需求, 增强了主机和控制器之间的加密密钥控制, 以保护物联网设备和应用程序及其用户免受黑客攻击和安全攻击。

新的主机到控制器加密密钥控制增强功能允许主机设置控制器可以接受的最小加密密钥长度。主机更能感知应用程序, 因此最适合根据应用程序的安全

【作者简介】 江硕 (1986-), 男, 中国北京人, 本科, 通信工程师, 从事 Wi-Fi、蓝牙等短距离无线通信技术的测试及各类法规认证工作。

要求来决定密钥长度。它允许通过堆栈控制加密密钥的大小,为开发人员提供更高的灵活性,以使用主机到控制器的连接来满足各种应用程序的需求。避免了多个主机堆栈-链路层交互,而更快地重新连接可以支持对延迟敏感。此增强功能让蓝牙 BR/EDR 控制器更有效地通知主机密钥长度协商的结果^[3]。蓝牙 5.3 的这一新特性将更有利于物联网应用,如门禁、便携式医疗设备、门锁和商业照明。

2.3 周期性广播功能增强

目前所有数据通告都必须报告给主机。然而,在某些情况下,当广播数据没有变化时,这可能导致节点上不必要的处理。它可以降低整体吞吐量。借助这一新的蓝牙 5.3 功能,在定期广播中引入了 Adv Data Info (ADI) 字段。从而更有效地处理冗余数据。包头中的 ADI 字段指示在任何周期性广播包中的有效载荷数据是否已更改。在没有变化的情况下,节点可以丢弃链中的后续数据包,并使用时间来处理其他接收事务。周期性广播中的 ADI 提高了蓝牙网络的整体效率,节省了节点的处理能力,降低了节点功耗,并为在主信道中扫描提供了更多时间。

低功耗蓝牙(Bluetooth LE)堆栈由蓝牙 LE 控制器和蓝牙 LE 主机组成。如果没有 Adv Data Info 字段,控制器会向扫描仪端的主机报告所有周期性的广播数据包,包括已接收数据包的重复副本。这会导致在扫描仪端浪费处理能量。通过允许广播器在周期性的广告数据包中包含 Adv Data Info 字段,扫描器现在可以立即检测到它们何时接收到先前接收到的数据包的副本并将其丢弃在控制器中,而不是将其传递给主机。扫描器越早识别和丢弃冗余数据包,它花费在处理这些冗余数据包上的能量就越少,它可以花费更多时间扫描其他通道。换句话说,不处理冗余数据包不仅可以节省能源,而且还可以增加其他通道之一的 RX 占空比。借助蓝牙 5.3 定期广播增强功能,任何使用定期广告的低功耗蓝牙产品现在都可以在接收设备上享受节能优势。

2.4 频道分类增强

蓝牙 LE 外围设备现在可以提供具有无线电信道分类数据的连接中央设备。在执行自适应跳频中的信道选择时,中央设备可能会使用此数据。有时参与蓝牙连接的中央和外围设备可能会受到来自不同来源的不同程度的干扰。

低功耗蓝牙用于克服无线电干扰的众多技术之一是自适应跳频(AFH)。蓝牙 LE 将 2.4 GHz ISM 频段划分为 40 个通道,并在传输数据包时在大部分通道之间快速切换。为了进一步降低干扰的可能性,低功耗蓝牙采用了跳频序列(信道映射)。信道被分类,繁忙或高噪声信道被标记为“坏”并在发送数据包时

避免,而不太拥挤的信道被标记为“好”。

在没有蓝牙 5.3 频道分类增强功能之前,当中央设备和外围设备之间建立蓝牙 LE 连接时,只有中央设备参与通道分类的过程。如果中央设备和外围设备在物理上非常接近,这可能不是问题,因为它们很可能会遇到相同的射频条件。但是,如果中央设备和外围设备彼此不靠近,它们可能会遇到不同的射频条件。因此,当频道分类仅由中央设备执行时,频道映射可能包含分类为“好”的频道,这对于远程外围设备的 RF 条件不是合适的选择。在这种情况下,可能会发生数据包冲突、连接丢失,并且总体上会对吞吐量产生负面影响。

借助蓝牙 5.3 通道分类增强功能,外围设备和中央设备都参与了通道分类过程。外围设备现在可以向中央设备报告其射频状况并向中央设备建议频道分类,以便在更新中央设备的频道映射时也可以考虑它们。通道分类增强功能使两个设备都可以确定哪些通道性能良好。

蓝牙 5.3 的新频道分类功能使外围设备能够根据经历的射频条件通知中央设备所需的频道映射。然后中央可以做出适当的决定以达到最佳频道图。信道分类增强可以提高整体无线性能。所有面向低功耗蓝牙连接的通信都可以从信道分类增强中受益,以提高吞吐量和可靠性方面的无线性能,并降低数据包冲突的可能性。

2.5 删除备用 MAC 和 PHY (AMP) 扩展

备用媒体访问控制和物理层扩展(AMP)使蓝牙系统能够合并单个或多个辅助控制器和主蓝牙 BR/EDR 控制器。但在高品质的蓝牙产品中,这种扩展很少见。因此,蓝牙 SIG 已从蓝牙 5.3 规范中放弃了此功能。但是这个新版本可以使用 AMP 的产品与之前的蓝牙核心规范版本相匹配。

3 蓝牙 5.2 与蓝牙 5.3 的对比

蓝牙 5.2 和蓝牙 5.3 都有自己的技术特点,其中蓝牙 5.2 具备以下技术功能。

增强属性协议(EATT): EATT 简化了解析来自各种应用程序的 L2CAP 数据包并将它们合并成更易于管理得更小的块。因此,来自两个或多个应用程序的事务可以同时完成。当多个应用程序在同一蓝牙 LE 堆栈上运行时, EATT 功能可改善用户体验。此外,它还降低了整体延迟。

LE 功率控制功能 (LEPC): LE 电源控制允许管理两个支持蓝牙 5.2 版的连接设备之间的电力传输。通常,无线接收器具有最佳接收信号强度范围,可提供卓越的信号质量。信号强度低于或高于此最佳范围的接收器在解码信号时可能会出现问题。通过 LEPC,接收设备可以监督其伙伴设备的接收信号强度指示

器 (RSSI) 信号,并要求更改任一方向的发射功率电平。相反,发射器可以调整传输功率并将该信息传输到接收器。因此,它承诺两种设备都保持在其最佳信号范围内。此外,它通过动态电源管理减少了接收端的错误并降低了功耗。通过 LEPC 进行的电源管理还增强了与 2.4 GHz 频段内其他信号的共存,包括来自 Zigbee 和 WiFi 的信号。

同步通道(ISOC): 该功能一项重要的升级是对同步通道的支持。这些通道可用于 LE 的任何物理层变体。蓝牙 5.2 同步通道支持广播同步组 (BIG) 和同步组 (CIG) 的数据重传,但方式不同。对于 CIG 主设备向从设备发送一个数据包,然后从设备为每个子事件返回一个数据包。对于 BIG 只有主机在每个子事件中发送一个数据包。同步通道支持面向连接和无连接的通信。启用面向连接的通信模式后,每个数据流都称为连接同步流(CIS)。当 CIS 必须同步时,它们被链接在一个连接的同步组(CIG)中。相同 CIG 的那些 CIS 部分共享参考数据以在多个接收器上同步流式传输。支持蓝牙 5.2 的设备也可以设置多个 CIG。此外, CIG 促进了双向数据传输,使设备更直接地将控制数据传输到源设备。启用无连接通信模式后,单个源(例如智能电视)可以将其数据流式传输到多个同步流。每个流称为广播同步流(BIS),而每组 BIS 称为广播同步组(BIG)。与 CIG 类似,具有蓝牙 5.2 的设备可以设置多个 BIG。

LE Audio 技术: LE Audio 对蓝牙 LE 和蓝牙经典进行了显著改进。它利用减少的功率和减少的带宽来提供优质的音频传输。因此,它可以提高质量并延长设备的电池寿命。低复杂度通讯编解码器(LC3) 通过压缩音频传输并将其缩小到非常极端的比特率来优化蓝牙 LE 的现有编解码器,而不会对音频质量产生负面影响。LC3 和蓝牙 5.2 版将改变消费者使用蓝牙音频配件的方式。由于 LC3 实现了多流功能并支持多个同步连接(默认情况下), True Wireless 用户可以受益于更长的电池寿命和更快地配对。改进的电

池寿命提供了更好的效率和更广泛的范围。BT LE Audio 与标准蓝牙音频相比,低功耗蓝牙音频可降低电池消耗,建立标准化的音频传输系统。此外蓝牙 LE 音频还支持一对多和多对一广播。因此,它允许来自单个源的多个接收器或用于各种源的单个接收器。BLE Audio 还将增加对助听器的支持。

通过上面对蓝牙 5.2 部分地描述和前面介绍的蓝牙 5.3 功能相比较可以看出,蓝牙核心规范版本 5.3 版本具有更低的延迟、更低的干扰、更长的电池寿命和更高的安全性。如果您想加快高占空比应用的连接参数,同时确保节能,通过减少外围设备发生的干扰来提供更高的可靠性和吞吐量,避免了冗余处理。对于物联网应用,蓝牙 5.3 是更好的选择。如果您想在两个或多个应用程序之间同时进行高效事务并减少延迟,那么蓝牙 5.2 是一个更好的选择。它是优化信号传输并降低功耗的更好选择。对于多个同步流上的完美流媒体。LE Audio 降低了功耗和带宽的消耗,这使得蓝牙 5.2 成为高质量音频传输的更好选择。

4 结语

蓝牙技术成为支持物联网的全球无线标准的关键原因之一是其发展速度。蓝牙核心规范的更新涵盖了广泛的范围,从对现有功能的增强到主要新功能的引入,这些功能代表了技术的重大进步并为无线创新开辟了新的可能性。蓝牙 5.3 版本是对协议的小幅增强。然而,它在无线可靠性、能源效率和用户体验方面提供了重大改进,能够创造更多创新的方式来改变人们的生活。

参考文献

- [1] Bluetooth Core Specification 5.3 蓝牙核心规范 5.3[Z].
- [2] 张琪琪.探究蓝牙技术的原理及应用[J].中国新通信, 2018(23):2.
- [3] 3GPP TS38.521-1 NR; User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception; Part 1: Range 1 standalone.

5G SA RF Test Method

Kun Liu Jie Zhang

Testing Center of the National Radio Monitoring Center, Beijing 100041, China

【Abstract】 Before 5G, the base station RF index test mostly adopts the method of transmission test, but in the 5G era, due to the application of MassiveMIMO technology, the complexity of the transmission test is greatly increased, and the transmission test completely characterizes the RF performance of the base station.

【Key words】 5G; Standalone; RF; test method

5G SA 射频测试方法

刘坤 张杰

国家无线电监测中心检测中心, 中国·北京 100041

【摘要】 在 5G 之前的基站射频指标测试大多采用传导测试的方法, 但在 5G 时代由于 Massive MIMO 技术的应用, 使得传导测试的复杂程度大幅度上升, 而且传导测试完全表征基站射频性能。

【关键词】 5G; Standalone; 射频; 测试方法

DOI: 10.12349/iser.v3i3.754

1 引言

5G 是第五代移动通讯系统的简称, 是 4G 的升级, 它是 2020 年以后的新一代移动通信系统, 它不是一个单一的无线接入技术, 也不都是全新的无线接入技术, 是新的无线接入技术和现有无线接入技术的高度融合, 是具有高速率、低时延和大连接特点的一代宽带移动通信技术^[1], 是实现人机物互联的网络基础设施, 5GSA 中的 SA 是 Standalone 的缩写, 独立组网的意思, 在 3GPP 技术标准中 38 系列标准为 5G 技术标准, 其中 TS38.521-1 为 5G 射频技术标准, TS38.521-1 中有四个测试标准, 分别是 TS38.521-1: 用户设备(UE)一致性规范无线电传输和接收(SA); TS38.521-3: 用户设备(UE)一致性规范无线电传输和接收(NSA); TS38.521-4: 一致性规范无线电传输和接收(Performance); TS38.533: 一致性规范无线电传输和接收(RRM)。

2 测试系统介绍

SP9500 射频测试系统是星河亮点公司最新研发得 5G 终端一致性测试解决方案(图 1), 满足 3GPPTS38.521-1、38.521-2、38.521-3、38.533 和 38.523-1 规范要求的 5G 测试需求, 包括射频一致性测试、RRM 一致性测试以及协议一致性测试。SP9500 射频测试系统由信号发生器, 频谱分析仪, SP9500-CTS 综测仪和射频切换箱组成, 主要用于 GCF/PTCRB/CE 等认证测试^[2]。

(1) 信号发生器: 信号发生器又称信号源, 信

号发生器可以用来产生各种波形的电路, 可以用来测量 UE 频率响应、噪声系数、电压表校准等重要参数。要求提供满足技术前提的电信号, 模拟实际工作中使用的待测设备的励磁信号。在测量系统稳态特性时, 应采用已知幅度和频率的正弦信号源。在测试系统的瞬态特性时, 必须使用已知前沿时间、脉冲宽度和重复周期的矩形脉冲源。信号源输出信号的频率、波形、输出电压或功率等参数要求在一定范围内进行精确调整。

(2) 频谱分析仪: 用于信号失真度、调制度、谱纯度、频率稳定性和交调失真等信号参数的测量, 可用以测量放大器和滤波器等电路系统的某些参数, 是一种多用途的电子测量仪器。它又可称为频域示波器、跟踪示波器、分析示波器、谐波分析器、频率特性分析仪或傅里叶分析仪等。现代频谱分析仪能以模拟方式或数字方式显示分析结果, 能分析 1 赫以下的甚低频到亚毫米波段的全部无线电频段的电信号。仪器内部若采用数字电路和微处理器, 具有存储和运算功能; 配置标准接口, 就容易构成自动测试系统。

(3) SP9500-CTS 综测仪: 测试 5G 通信终端、芯片组和设备的新平台。通过支持信令和射频测试, 一体化平台可轻松地对包括射频、协议及与模块构造匹配的用例测试等各种测试进行配置。

(4) 射频切换箱: 用于射频和 RRM 一致性测试, 在测试系统中各台仪表和 UE 之间建立符合 TS38.508-1^[1]标准要求的射频链路, 针对天线终端提供灵活的空口合路和切换矩阵, 提供涵盖 GCF/PTCRB 中定义的 5GR15FR1 相关频段的滤波器支路。

【作者简介】刘坤 (2015-), 男, 中国北京人, 通信工程师, 本科, 从事全球 GCF、北美 PTCRB 认证及电信运营商射频测试工作。



图 1

表 1 标准中对 UE 最大输出功率测试的要求（移动终端的功率等级为 PC3）

NR band	Class1 (dBm)	Tolerance (dB)	Class2 (dBm)	Tolerance (dB)	Class3(dBm)	Tolerance(dB)
n1					23	$\pm 2 \pm TT$
n2					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n3					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n5					23	$\pm 2 \pm TT$
n7					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n8					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n12					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n14					23	$\pm 2 \pm TT$
n20					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n24					23	$+2 + TT / -3.0^3 - TT$
n25					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n26					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n28					23	$+2 + TT / -2.5 - TT$
n30					23	$\pm 2 \pm TT$
n34					23	$\pm 2 \pm TT$
n38					23	$\pm 2 \pm TT$
n39					23	$\pm 2 \pm TT$
n40					23	$\pm 2 \pm TT$
n41					23	$\pm 2^3 \pm TT$
n48					23	$+2 + TT / -3 - TT$
n50					23	$\pm 2 \pm TT$
n51					23	$\pm 2 \pm TT$
n53					23	$\pm 2 \pm TT$
n65					23	$\pm 2 \pm TT$
n66					23	$\pm 2 \pm TT$
n70					23	$\pm 2 \pm TT$
n71					23	$+2 + TT / -2.5 - TT$
n74					23	$\pm 2 \pm TT$
n77					23	$+2 + TT / -3 - TT$
n78					23	$+2 + TT / -3 - TT$
n79					23	$+2 + TT / -3 - TT$

3 测试例介绍

TS38.521-1（SA）测试标准^[2]中 6.2.1UE maximum out put power（UE 最大发射功率）是验证 UE 最大输出功率的误差不超过规定的标准最大输出功率和容差规定的范围。此测试用例适用于所有类型的 NR 功率等级 1、1.5、2 和 3UE 版本 15 及更高版本。下列表 1 是标准中对 UE 最大输出功率测试的要求（移动终端的功率等级为 PC3），表 2 是 6.2.1 测试配置表。

表 2 测试配置表

Initial Conditions			
TestEnvironmentasspecifiedinTS38.508-1[1]subclause4.1		Normal,	
TestFrequenciesasspecifiedinTS38.508-1[1]subclause4.3.1		Lowrange, Midrange, Highrange	
TestChannelBandwidthsasspecifiedinTS38.508-1[1]subclause4.3.1		Lowest,Mid,Highest(NOTE3)	
TestSCSasspecifiedinTable5.3.5-1		Lowest,Highest	
TestParameters			
TestID	DownlinkConfiguration	UplinkConfiguration	
	N/Aformaximumoutput	Modulation(NOTE2)	RBallocation(NOTE1)
1	powertestcase	DFT-s-OFDMPI/2BPSK	InnerFull
2		DFT-s-OFDMPI/2BPSK	Inner1RBLeft
3		DFT-s-OFDMPI/2BPSK	Inner1RBRight
4		DFT-s-OFDMQPSK	InnerFull
5		DFT-s-OFDMQPSK	Inner1RBLeft
6		DFT-s-OFDMQPSK	Inner1RBRight

4 测试步骤

(1) 按照 UE 天线图将 UE5G NR 主天线与测试系统上的 ANT1 (TX) 口用射频线相连接 (图 2)

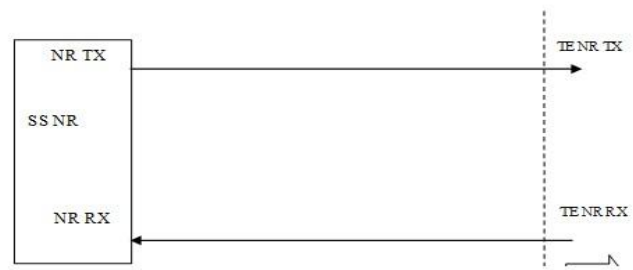


图 2

(2) 确保 UE 处于 RRC_CONNECTED 状态, SS 通过 PDCCHDCI 格式 0_1 为 C_RNTI 发送每个 ULHARQ 进程的上行调度信息, 根据表 2 调度 ULRMC。由于 UE 没有有效载荷和环回数据要发送, 因此 UE 在 ULRMC 上发送上行链路 MAC 填充位。

(3) 在每个上行调度信息中不断向 UE 发送上

行功率控制 “up” 命令; 允许从本步骤中的第一个 TPC 命令开始至少 200 毫秒让 UE 达到 PUMAX 级别 [3]。

(4) 测量 UE 在无线接入模式信道带宽内的平均功率, 详见表 1。

5 测试结果判定

系统在测试 UE 平均功率时依照表 1 中 PC3 限定的功率值 23±2dB(21dB-25dB)为判定依据, UE 在测量过程中功率正常会在 21dB-25dB 之间, 如果有功率低于或高于 23±2dB(21dB-25dB)系统判定该测试为 fail。

参考文献

[1] 3GPPTS38.508-15GS;User Equipment(UE)conformance specification;Part1:Common test environment

[2] GPPTS38.521-1NR ;User Equipment (UE) conformance specification; Radiotrans mission and reception; Part1: Range1standalone.

[3] 张琪琪.探究蓝牙技术的原理及应用[J].中国新通信,2018(23):2.

Design of UAV Ultra-Clear and Ultra-Low-Latency Wireless Image Transmission System

Yi Zhong

Shenzhen Le Orange Internet Co., LTD., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

【Abstract】 In the uav application, wireless digital image transmission is a hot spot and difficult point in the field of uav communication and image processing, the performance of the image transmission system is a key factor affecting the UAV performance and usage scenarios, while the digital image transmission is also faced with high technical complexity, low frequency band utilization rate, and synchronization problems. This paper studies the module design of high bandwidth efficiency, high definition, low power consumption and long-distance transmission.

【Keywords】 UAV; ultra clear; codec; low latency; wireless image transmission

无人机超清超低延迟无线图像传输系统设计

钟毅

深圳市乐橙互联有限公司, 中国·广东 深圳 518000

【摘要】 在无人机应用中, 无线数字图像传输是无人机通信和图像处理领域的一个热点和难点, 图像传输系统的性能是影响无人机性能和使用场景的一个关键因素, 同时数字图传还面临着技术复杂程度较高, 频带利用率低, 和同步性问题。论文为实现高带宽效率、高清晰度、功耗低、低延时的图像压缩以及远距离传输的高清图传系统而对系统各模块设计进行研究。

【关键词】 无人机; 超清; 编解码; 低延迟; 无线图传

DOI: 10.12349/iser.v3i3.755

1 引言

本研究在汲取市场上现有图像传输的技术特点的基础上, 进行了一系列的创新, 本研究研发的无人机高清低延时芯片级图传系统拟解决基于传统 H.264、Motion JPEG、MPEG4 等编解码技术的无线图传系统存在的高延时和稳定性问题, 实现超低延时和高稳定性的无线高清图传系统。本研究部分技术创新点详细描述如下: (1) DSP TRX700 视频编解码芯片的方案研究设计; (2) 基于 DSP TRX700 芯片低延时视频算法的研究; (3) 私有网络通信协议的研究; (4) 可以适配 WIFI 和 OFDM、4G、5G 等多种传输方式, 满足无人机对各种应用场景的图传需求。

2 超低延迟无线图像传输系统总体设计方案

2.1 系统指标

根据无人机的应用环境, 系统要满足高压缩比、轻量化、低延时、传输距离远、画质清晰特点。并且有较强的抗干扰能力, 在无线信号干扰较强的复杂环境中工作, 通过无线方式将拍摄到的视频信息实时传回地面, 一般来说控制在 50ms 内就基本上达到低延迟的设计标准。

2.2 超低延迟无线图像传输系统的设计方法

首先, 对无线通信系统中各种类型信号特性做了分析, 并根据这些特点设计出一种适合于传输数据、时间以及空间等多种性能指标要求的数字图像传递方案; 然后通过实验验证了该传送方案在不同距离下能够实现较高效率并且快速准确地完成任务目标。最后将设计方案运用到实际应用场景当中去并总结其结论与经验以得到最终效果。该实验系统的设计思路为: 硬件模块设计和系统设计。

3 超低延迟无线图像传输系统的硬件设计

3.1 硬件系统结构

无人机图传部分主要包括发射端, 接收端。发射端是系统的空中部分, 放置在无人机机体下, 负责图像采集, 压缩并转成适合无线传输的码流, 再通过无线发送到地面, 无线图传的发射端, 是图传的主要设计重点, 又可以分为多个模块: 视频接收模块、视频编码模块、无线发送模块、系统的接收端是地面部分, 包括无线接收模块、视频解码模块、无线模块和显示设备。

考虑到无人机数字图传的稳定性 and 延时性根源在于视频的编解码技术, 也就是说大多数现有的视频编解码芯片专为 IP 摄像机或摄像机而设计, 这些应用对带宽控制, 图像质量和无线高清视频传输的压缩延迟有不同的要求。此外, 这些是硬编码的芯片, 它们不能实现专有的视频编解码器。另一方面, 虽然有

【作者简介】 钟毅 (1982-) 男, 中国广东深圳人, 硕士, 从事图像编解码及无线研究。

许多现成的可编程 DSP 芯片,但它们通常设计用于通用应用。它们不是专门用于视频处理,不能满足实时视频算法处理要求。

基于此,我们开发了专门设计了视频编解码 DSP TRX700。由于其专有架构,它解决了实时视频编码和解码中存储带宽管理的瓶颈。凭借可编程数字信号处理架构,TRX700 处理器提供了一个非常强大而灵活的平台来实现复杂的视频算法,同时满足实时性要求。当网络不稳定或丢包时,TRX700 系统能够以数毫秒的严格要求完成视频处理算法,确保无滞后的用户体验,结合了硬编码/解码器高速 DSP 和 DSP 可编程性的优点^[1]。

TRX700 技术采用完全分布式架构来支持可扩展性和灵活性。它可以集成更多的 DSP 内核和硬件加速器,以扩展其处理能力,它也可以编程为实现其他功能,如手势、语音识别、视频分析和图像信号处理等。

本系统发射端安装于无人机内,采用独立电源供电,整个无人机图传系统和无人机其他系统相对独立,方便调试安装及市场推广。

3.2 无线图传图像传输的工作过程

地面准备阶段,无人机系统上电后,图传系统自动扫描所有无线信道并选择一个干扰较小的无线信道,然后自动配对,配对指示灯由红色变成绿色,表示通信正常,无人机进入起飞状态。同时,相机获取的音视频信息通过 HDMI 口进入到无线发射端,进行重新编码后传到接收端无线模块,在转入解码端解码并在显示设备,设备会显示目前图像状态,图像指示灯变成蓝色,便是图像传输正常运作。

飞机起飞后,飞机根据飞行距离,把飞行数据通过 uart 接口给到无线图传模块,无线图传模块收到飞行距离信息,改变压缩码率,当飞机离无线接收模块较近时,保持高清传输,当距离较远时,降低压缩码率和画质,以保证图像一直流畅播放。

4 超低延迟无线图像传输系统设计

4.1 基于 DSP TRX700 芯片编解码算法的研究

设计的高性能 DSP 旨在满足低延迟下无线高清编码的高处理要求。它不仅要满足平均处理要求,而且也要满足传输错误发生时最差时的处理要求,理论上,1080P@60f 的视频需要 4Gbps 的原始带宽,所以设计的 TRX700 DSP 必须维持至少 4Gbps 的输入数据速率,同时实现 16ms 的延迟。其中内存是高吞吐量数据处理的瓶颈,向量处理需要使用多端口的内存来支持大的执行吞吐量。由于 DSP 不在每个周期中发出向量加载/存储指令,导致无法充分利用存储器带宽。我们设计的 DSP 架构使不同的执行单元可以在不同的周期内访问同一个存储器端口并行执

行。因此,在同等硬件复杂程度下,我们设计的 DSP 存储器性能会大大提升^[2]。

无人机与地面段的无线通信通道资源有限,如果获取的高清图像未经压缩就直接传回地面需要很多带宽,距离也会受到很大限制,所以要采用视频压缩技术,把视频信息中的不必要的冗余去掉。视频图像数据有大量的冗余信息。其中冗余信息可分为空域冗余信息和时域冗余信息。压缩技术就是将数据中的冗余信息去掉(去除数据之间的相关性),压缩技术包含帧内图像数据压缩技术、帧间图像数据压缩技术和熵编码压缩技术。传统的压缩编码是建立在香农(Shannon)信息论基础上的,它以经典的集合论为基础,用统计概率模型来描述信源,但它未考虑信息接受者的主观特性及事件本身的具体含义、重要程度和引起的后果。因此,压缩编码的发展历程实际上是以香农信息论为出发点,一个不断完善的过程。

现有的基于 H.264、jpeg motion 等视频压缩方法经过 30 多年的发展,压缩效率大大提高,标准的 H.264, H.264 压缩算法将原始像素信息转换为一系列可变长度符号。位流的不同部分需要引用一些先前传输的位。

例如, H.264 帧的块内部必须参考相邻块地重建像素来预测当前块的像素。最佳视频质量要求按顺序接收所有数据包。如果任何视频数据包丢失,不仅相应地像素块受到影响,还会传播来自整个帧的错误以及引用错误帧的所有后续帧。虽然一些错误隐藏技术可以用插值技术填充缺失的像素,但是仍然不足以减少视觉伪影。简而言之,在实时视频流中使用标准 H.264 的主要问题之一是可靠性。另外并没有考虑基于网络的实时视频流传播,网络流媒体的实时性要求很少,平均带宽也是事先已知的,对瞬时带宽变化没有严格的约束。虽然可以实时提供反馈以调整视频比特率以减少流量负载,但是对无线高清图传,视频会议等对低延迟和高稳定性有很高要求的应用场景,仍然不令人满意。

我们专有的编解码算法在 H.264 上做了改进,支持基于网络的实时视频流,低延迟,高视频质量,高效地比特率控制和通信信道可波动情况下的高可靠性。当网络带宽突然下降或出现重大传输错误时,我们的编解码算法会针对丢包自动调整,视频画质不会出现快速下降的情况,带宽环境好的情况下自动传输高码率的视频信息,当带宽出现突然下降时,自动切换成低码率视频信息,以保证视频传输的稳定性和低延时性。

4.2 网络通信协议的研究

高压缩率导致每个包不同比特率之间有高数据依赖性,如果一个分包丢失,则误差从一个块扩散到

整个画面,然后从一个图像至多个画面,直到接收到下一内预测块。因此,在视频延迟,图像质量和稳定性方面,通信协议对整体视频流传输体验也有很大的影响。一般来说,可以通过使用可靠的面向连接的协议(如 TCP)来检测和纠正数据包错误。如果检测到任何数据包错误,它可以重新发送相应的数据包,超时重传是 TCP 协议保证数据可靠性的一个重要机制,其原理是在发送一个数据以后就开启一个计时器,在一定时间内如果没有得到发送数据报的 ACK 报文,那么就重新发送数据,直到发送成功为止。这是数据包丢失的情况下给出的一种修补机制。一般来说,重传发生在超时之后,但是如果发送端接收到 3 个以上的重复 ACK,就应该意识到,数据丢了,需要重新传递。

TCP (Transmission Control Protocol)和 UDP(User Data gram Protocol)协议属于传输层协议。其中 TCP 提供 IP 环境下的数据可靠传输,它提供的服务包括数据流传送、可靠性、有效流控、全双工操作和多路复用。通过面向连接、端到端和可靠的数据包发送。通俗说,它是事先为所发送的数据开辟出连接好的通道,然后再进行数据发送;而 UDP 则不为 IP 提供可靠性、流控或差错恢复功能。一般来说, TCP 对应的是可靠性要求高的应用,而 UDP 对应的则是可靠性要求低、传输经济的应用,所以效率比较高,延时间短^[3]。

在评估 UDP 和 TCP 之后,我们开发了一种新的应用层协议,通过 UDP 运行,以优化视频流性能,它支持 TCP 的拥塞避免和可靠性,同时实现类似于 UDP 的低延迟。使得无线传输的视频可以适应带宽的急剧变化。当网络可以提供足够的带宽时,它可以最大限度地提高视觉质量。当网络带宽突然下降时,可以以非常短的延迟快速适应其编码比特率,以保持平滑的视频播放。此外,即使存在大量的丢包,我们的错误恢复算法仍然可以在不显示压缩图像的情况下实现图像质量的流畅的降级处理。

5 系统测试

5.1 系统硬件组成与功能

系统硬件组成与功能主要有:编解码模块、视频采集模块无线模块组成。

5.2 超低延迟无线图像传输单元

超低延迟无线图像传输单元是一种新型的无线接收方式,它利用超声波的高穿透率和快速传输等特点来实现信号在多普勒效应上进行有效传递。同时,它可以在不改变信息增益的前提下,保证信号传输系统高效率和低耗电。超声信道中包含了一个时变参数(延迟阵列)。这个参数是一种非线性函数来描述由发射天线引起的时间窗口反射镜位置变化与距离接收机之间距离相关关系曲线表示出来的是时域上连续分布着不同频率且具有一定幅度范围值这样特性现象所组成随机序列的理想状态,因此可以用线性表达式描绘出多普勒效应信号在传输过程中各信道间瞬态平稳性差别和延迟程度^[4]。

5.3 可靠性问题

在现代的超清传感器系统中,可靠性是一个比较重要的指标,而且其也一直是世界研究热点。而目前中国这方面所存在问题主要有两个方面。首先就是可靠性差和延迟误差等原因造成的影响;其次就是对于数据传输过程可能会出现误码率高、信噪比低以及抗干扰能力弱等等因素都需要我们去解决这两方面导致了超清算法在实时性上不强、鲁棒性能较差,而且其对原始图像质量有着很不好的效果。

6 结语

本研究是完全自主研发,在吸取和总结现有图传传输的技术特点的基础上,对产品进行了更深入的研究,进行了一系列的创新,其中包括 DSP TRX700 视频编解码芯片的方案研究设计和基于 DSP TRX700 芯片低延时视频算法的研究;以及私有网络通信协议的研究。本研究研发的无人机高清低延时芯片级图传系统所具备的性价比、高延时和高稳定性将能迅速应用到无人机市场,发展前景和潜力巨大。

参考文献

- [1] 张熙.无人机超清无线图像传输设计[J].科技研究,2020.
- [2] 许多.针对无人机超低延迟图像传输的设计[J].科技研究,2021.
- [3] 张志和.无人机的超清技术研究与应用[J].科技研究,2019.
- [4] 郑希阳.浅谈无人机低延迟传输技术的影响[J].科技研究,2020.

On Micro Magnetic Coupling Harmonized Wireless Charging System for Wearables

Qiang Chen Yunqiang Ye Gongquan Xu Changsheng Chen

Shenzhen Xibaihui Electronic Technology Co., LTD., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

【Abstract】 With the rapid development of modern emerging technology, big data, cloud computing, Internet of things, artificial intelligence technology constantly appeared and applied in a variety of fields, wearable devices as a new technology equipment has been applied in electric power enterprises, especially the transmission operation is more complex, staff often direct contact with power network, wearable devices will effectively guarantee personal safety. This paper mainly studies the design of micro-magnetic coupled resonant wireless charging system for wearable devices. In the process of completing the charging system design, a series of energy saving and environmental protection problems are solved, which is of great significance in the future wireless charging utilization process, and also has good practicability.

【Keywords】 wearable devices; micro-magnetic coupling resonance; wireless charging system

论可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统

陈强 叶运强 徐功权 陈长升

深圳市喜百汇电子科技有限公司, 中国·广东 深圳 518000

【摘要】随着现代化新兴技术快速发展,大数据、云计算、物联网、人工智能等技术不断出现并应用多个领域中,可穿戴设备作为一种新兴的技术装备也已经应用在电力企业中,特别是输电作业较为复杂,工作人员通常会直接接触电力网络,可穿戴设备将有效保障人身安全。论文主要就可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统的设计进行研究,在完成充电系统设计的过程当中,解决一系列的节能环保问题,这在未来的无线充电利用过程当中有着十分重要的意义,也具有较好的实用性。

【关键词】可穿戴设备;微型磁耦合谐振;无线充电系统

DOI: 10.12349/iser.v3i3.756

1 引言

现阶段,中国科技水平得到了一定的发展。由此,这类科技对于人们的生活水平也有着一定影响。随之而来的是中国人民的生活水平在不断地提高,其中一些电子设备得到了更新。在此背景下,大众对于各种人员的要求在提升。无线充电技术可分为四种类型:磁谐振式,电磁感应式,微型磁耦合谐振和电场耦合式。其中磁谐振式无线电能传输技术是将发射线圈的工作频率与接收线圈的工作频率调节一致,形成共振,在接收线圈中产生电流,实现电能的无线传输。论文主要开展适用的微型磁耦合谐振无线充电技术的研究工作,解决同时实现大功率、远距离和高效率的技术瓶颈,提供高可靠性、高适用性的充电解决方案。

2 可穿戴设备在输电作业中的应用

在输电作业中,可穿戴设备能够对工作人员的身体健康进行实时监测,同时还可以对其是否存在带电作业现象、误入带电间隔等现象及时反馈相应的信息,从而确保工作人员能够在第一时间有效掌握其工作

的环境状况,并遏制输电作业潜在的灾害性问题,还可以有效对输电作业工作人员进行全面的预防监管。此外,还可根据输电作业现场的实际状况以视频、音频等方式有效控制,对存在缺陷的部位、设备进行拍照或摄影处理。当出现较为复杂的状况时,还可以通过远程求助专家勘测的方法对现场的及时状况提供指导与解决。输电作业的工作人员由于长期处在高电压的工作环境中,配备专业的可穿戴设备将可以有效应对潜在的危险性风险。例如当出现触电、坠落意外事故时,智能穿戴设备可以将相应的信息及时发送至作业现场随行的工作人员设备中,从而能够快速接到报警信号,并借助设备所提供的地理位置信息及时赶赴事故现场处理相应内容^[1]。

3 可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统设计

无线充电系统通过发射和接收模块实现能量的无线非接触的传递,同时通过串行通讯和开关量信号实现该系统上位机和后级管理系统进行管理及各部件协调控制,具有能量无线传递,模块信息传输,故障诊断,状态监控及上报等处理功能。

【作者简介】陈强(1994-)男,中国安徽宿松人,本科,从事无线充电系统研究。

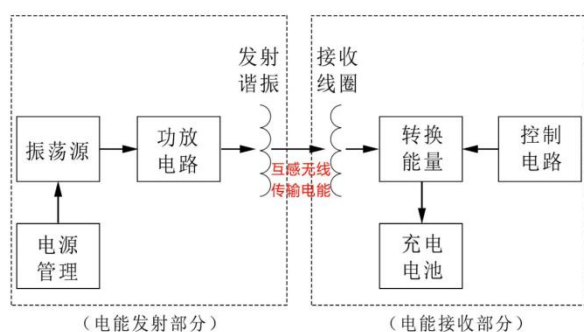


图1 系统框架图

3.1 发射模块

发射模块的主要功能单元电路包括辅助电源，缓启动和输入防反接保护单元，全桥逆变电路，由 C1 和 L1 组成的串联谐振电路和以 DSP（TMS320F28375D）为核心的信号处理单元组成。

电阻 R_{sin} 为电源输入电流采样电阻，通过它采样输入电流的平均值，经运算放大器放大后送入 DSP 的 AD 转换器，和检测到的输入电压一起计算发射模块的输入功率。

电阻 R_{sfb} 为全桥输入采样电阻，检测该电流信号送入 DSP 内部比较器，进行快速的瞬态过流保护。

有 Q1, Q2, Q3 和 Q4 组成的全桥进行高频逆变功率电路，进行移相全桥 PWM 控制，Q1 和 Q3 为超前导通臂，Q2 和 Q4 为滞后导通臂，DSP 内部产生基准方波，通过对基准方波的超前和滞后输出来调整全桥输出的占空比，从而调整后级 LC 串联谐振电路的输入电压，控制发射模块的输出功率。

通过检测谐振回路中点电压，该电压信号将进行谐振相位检测和谐振峰值保护。谐振相位检测是通过 DSP 内部比较器将该电压信号转换为方波，该方波的边沿是谐振电流的峰值，比较该方波信号的边沿和 PWM 基准信号的延时，进行锁相控制。由于需要控制发射模块在 LC 谐振点附近的感性状态，因此控制开关频率以确保该电压信号稍微滞后于 PWM 的基准信号。

谐振峰值保护是将检测到的谐振电压滤波后送入 DSP 内部比较器，当该电压大于设定的最大允许值后进行保护，保护方式是缩小 PWM 的占空比，如果过压信号依然存在，就升高开关频率，降低输出增益^[2]。

蓝牙模块主要接收后级接收模块发送的功率需求信息，通过控制 PWM 占空比和开关频率调整发射模块的输出功率。同时根据反馈的输出功率，计算整个无线充电系统的效率，通过该效率进行原边和副边耦合程度和金属异物的识别，当低于设定值之后，关闭整个系统。

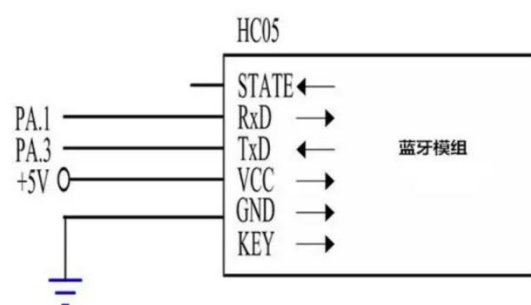


图2 发射模块系统框架图

3.2 接收模块设计方案

接收模块的主要功能单元电路包括辅助电源，缓启动和输入防反接保护单元，由 C2 和 L2 组成的串联谐振电路，全桥同步整流电路和以 DSP（TMS320F28375D）为核心的信号处理单元等组成。通过输出电流采样电阻 R_{sout} 检测输出电流，与采样到的直流母线电压计算输出功率。同时当输出电流幅值达到设定值后启动同步整流模式。整流桥电流和电压信号可为全桥同步整流提供驱动时序，当该电流幅值达到设定值后导通 MOSFET，当电流幅值小于设定值关闭 MOSFET。由整流桥电压信号变化的决定驱动相应的两个同步整流 MOSFET。

接收模块 DSP 采样整流桥输出的直流母线电压和充电电流信息，计算输出功率，并接收上位机提供的电池规格信息，通过蓝牙模块将需要的充电功率需求值送回发射模块，由发射模块调整发射功率。采样谐振电压信号，进行谐振峰值保护和谐振频率检测。谐振峰值保护是当该电压超过设定值后，通知发射机降低输出功率。谐振频率检测是采样谐振频率，为发射模块和接收模块进行电力通信提供一种识别方式。当接收模块通知发射模块降低输出功率，但发射模块由于通讯中断或其他异常原因导致接收模块收到超出需求的功率，这时进入故障保护模式，同时关闭整流桥上管 Q5 和 Q6，并同时导通整流桥的下管 Q7 和 Q8，短路接收侧谐振回路，停止功率接收，并上报告警^[3]。

3.3 频率跟踪控制

保证逆变器始终工作在谐振频率，需要对发射线圈电流进行跟踪，这里采用基于全数字锁相环（ADPLL）的频率跟踪控制系统，频率跟踪控制系统由电流采样、过零比较、全数字锁相环（ADPLL）、驱动电路四部分组成。整个频率跟踪控制过程为：电流采样电路采集逆变器谐振电流 i_1 ，过零比较电路产生与 i_1 同频相同的方波信号 u_i ，ADPLL 将 u_i 与反馈信号 u_o 进行比较产生与 u_i 同频率的四路驱动逻辑信号，最后四路驱动逻辑信号进入驱动电路进行驱动放大，输入至逆变器控制开关管的开通与关断，最终

保证逆变器始终工作在谐振频率。当阻抗角为0时,系统工作在谐振频率 ω_0 ,谐振频率 ω_0 与互感系数、负载、发射侧电感和电容、接受侧电感和电容均有关。系统在实际运行过程中,这些参数的变化都会导致系统的谐振频率发生改变,即系统失谐。为了保证逆变器始终工作在谐振频率下,可以直接对发射线圈的电流*i*₁进行实时跟踪^[4]。

4 可穿戴设备发展趋势

4.1 产业链可以进一步加强合作

可穿戴设备的产业链环节较为复杂,其不仅包括硬件、软件厂商,还有相应的运营服务商,云计算、大数据等技术型厂商等,多个要素相互之间融会贯通实现良好的平台生态。但是,目前的可穿戴设备产业链要素并不完整,产业模式也不够成熟,不同的厂家之间存在彼此的独立性,合作协同机制不强,数据相互间缺乏共享支撑。不同厂商、不同类型的可穿戴设备均开发了自身的应用体系、数据业务平台等,此种端到端的研发模式、数据烟囱式的使用模式使得设备应用存在一定风险,资源相对较为分散,难以有效发挥数据应用优势,对提供全方位、全流程的服务产生一定阻碍。未来输电线路可穿戴设备产业链上的各个环节要素将会进一步加强合作,从而实现协作共赢推动产业发展。

4.2 相关技术标准化程度提高

技术的标准化能够促进产业之间的合理化分工,并加强不同领域之间企业的高质量合作,实现对资源的优化配置,加快研发的效率、质量等,实现产业链各个环节要素的创新变革,从而能够进一步创造出更有价值、更具竞争力的智能可穿戴产品。在输电作业中,可穿戴设备实现数据管理、应用体系等标准化的统一,将能够更加便于设备之间的数据传递、信息互联,加强对多种设备的有机整合,并降低外部第三方应用开发难度,基于多数据融合、共享各项数据标准的穿戴设备将能帮助输电作业管理实现统一的管理模式,持续拓展生态链^[5]。

微型磁耦合谐振无线充电系统在其他条件保持一致的前提下,在一定范围内不断增加电压其输出功

率会随之增加,在实际充电当中如果单纯依靠增加电源提升输出功率则会扩大可穿戴设备的充电成本,所以未来需要重点计算电容与线圈的相同谐振频率,而且需要保证频率之间不会相互影响,有效解决磁耦合谐振式无线充电技术的兼容性唯一。在可穿戴设备当中应用微型磁耦合谐振无线充电技术的主要理由为该技术的充电速度非常快,而且传输距离相对较远,但是因为对谐振腔功能的过度依赖导致成本不断增加,所以未来需要重点解决该方法的成本问题。

5 结语

综上所述,输电作业中可穿戴设备的应用将能够对现场的作业人员起到良好的监督与管理作用,并能够帮助工作人员解决部分安全问题,在提升信息丰富、定位精准的基础之上,有效调动作业人员的工作积极性、主动性,并改善工作效率。可穿戴设备的应用范围、市场前景随着信息技术的快速发展将有着更进一步的迭代升级,明确设备的技术体系,识别发展趋势将能够帮助可穿戴设备更为科学的融入输电作业中,实现数字化作业、智能化管控等。客观来看虽然该领域目前仍有较多需要解决与改进的部分,但随着社会科学技术的精进,可穿戴设备的发展将会更加迅猛。本文研究了一种磁耦合谐振式无线充电电源的基本原理,完成了一款无线充电电源的方案设计。该方案可用于构建大功率远距离高效率的无线传输系统。

参考文献

- [1] 程丽敏,崔玉龙.磁耦合共振式无线电能传输特性研究(英文)[J].电工技术学报,2013(S2):5.
- [2] 张占松.开关电源原理的原理与设计[M].电子出版社,2004.
- [3] 于春来.磁耦合谐振式无线电能传输系统的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.
- [4] 姜世宇.可穿戴设备微型磁耦合谐振无线电能传输系统的研究[P].南京理工大学,2021.
- [5] 李聪华.可穿戴设备微型磁耦合谐振无线充电系统技术开发应用探讨[J].电力设备管理,2021(03):167-168.

Interpretation of the Maximum Transmit Power of 5G Terminals

Shang Lei Chen Zheng

The State Radio-monitoring-center Testing Center, Beijing, 100041, China

【Abstract】 5g technology has developed rapidly in recent years, and began to be used in public mobile communication system. The transmission power of the equipment is one of the important indicators of detection. Excessive transmission power will cause interference to other channels or systems; Too small transmission power will reduce the coverage of the system. This paper is mainly based on the R17 version specification 3GPP 38.521-1 V17 According to the requirements of 3.0, analyze the test of the maximum output power of 5g terminal.

【Keywords】 5G; NR; Maximum Power; 3GPP

5G 终端最大发射功率解读

尚磊 郑晨

国家无线电监测中心检测中心, 中国·北京 100041

【摘要】 5G 技术近些年得到了飞速的发展, 并开始在公众移动通信系统中得到运用。设备的发射功率作为检测的重要指标之一。发射功率过大会对其他信道或系统产生干扰; 过小的发射功率会导致系统覆盖范围的减小。论文主要是根据 R17 版本规范 3GPP 38.521-1 V17.3.0 的要求, 对 5G 终端最大输出功率的测试进行分析。

【关键词】 5G; NR; 最大功率; 3GPP

DOI: 10.12349/iser.v3i3.757

1 引言

近些年 5G 逐渐进入公众的视野, 它具备着高速率、低时延、海量设备接入的优点, 在各行各业的方方面面有所体现。体现了 5G 技术应用场景的复杂化和多样化。也因上述介绍的可使海量设备接入与高速率的优点而对其频谱资源有了更深的要求。根据 3GPP 协议, 5G 相比于 LTE 引入多种带宽和 SCS(载波间隔)的概念, 使得测试协议很繁杂, 难以快速理解。针对这样一个复杂的射频信号进行测试更要依据标准, 按照规范进行测试。

功率大必将影响手机的续航及温度, 以及对其他信道或系统产生干扰; 过小的发射功率会导致系统覆盖范围的减小, 信号变差, 下载速率降低^[1]。

论文从 3GPP 规范切入, 结合 TS38.101、TS38.508-1 与 TS38.521-1 终端一致性系列规范, 并主要针对 FR1 频段, 最大发射功率这条测试例, TC 6.2.1 进行分析。

2 测试初始条件设置

3GPP 对于终端测试有非常详细的要求。初始测试配置包括环境条件、测试频率、测试信道带宽和规定的 NR 工作频段的子载波间隔。所有这些配置应以适用于测试信道带宽和子载波间隔的每种组合的测试参数进行测试。上行链路参考测量信道(RMCs)

【作者简介】 尚磊 (1998-), 男, 中国北京人, 本科, 通信工程师, 从事研究 LTE、5G 等无线通信技术及电信运营商射频测试工作。

的细节在附件 Annexes A.2 中规定。测量前 PDSCH 和 PDCCH 的配置在附件 C.2 Annexes 中规定。

所以在第一部分先介绍在射频测试过程中, 初始条件设置的概念: UE Power Class (功率等级)、初始连接、建链过程等几方面。

2.1 UE Power Class (UE 功率等级)

UE 功率等级定义为 NR 载波的信道带宽内的任何传输带宽的最大输出功率, 除非另有说明。测量周期应至少为一个子帧 (1ms)。在 TS38.101-1 中, 对 FR1, 定义了 4 个功率等级, 以便有不同的最大输出功率满足不同的应用需求。

下图 1 为标准定义的 UE Power Class, Class1、1.5、2、3 都有相对应的 band。标准规定, 除非另有说明。要不默认等级就是 Power Class 3。传输带宽限制在 FUL - low 和 FUL - low + 4 MHz 或 FU - Lhigh - 4 MHz 和 FUL - high 范围内, 通过降低 1.5dB 的公差下限来放宽最大输出功率要求。

由图 1 可知, 5G 终端的最大发射功率, 功率等级 2 可以到达 26dBm, 功率等级 3 为 23dBm。

如果 UE 支持与该频段的默认 UE 功率等级不同的功率等级, 并且支持的功率等级启用了比默认功率等级更高的最大输出功率, 则按照如下规则执行:

如果 UE 能力 max Uplink Duty Cycle^[2]字段不存在, 并且在某个评估周期内发送的上行链路符号的百分比大于 50%(准确地评估周期不小于一个无线帧);

如果 UE 能力 max Uplink Duty Cycle 的字段不存

在,并且在特定评估周期中传输的上行链路符号的百分比大于 max Uplink Duty Cycle (准确地评估周期不小于一个无线电帧);

如果提供的是参数 P-Max,并将其设置为默认功率等级或更低的最大输出功率;应将默认功率等级的所有要求应用于支持的功率等级; max Uplink Duty Cycle 参数定义在 TS 38.331 中定义。

测试时,要将 UE 功率等级的所有要求都适用,按照规定设置配置发射功率。

对于最大发射功率定为 23dBm,是从 LTE 阶段就开始实行的。它是从多方面进行考虑,既要满足小区间的窄带干扰影响小,又要保证在人体可接受的辐

射程度。从 SAR 方面来说,SAR 考虑的是近场辐射,不过可以通俗理解和产品的 EIRP (有效辐射功率)正相关,也就是产品功率越大,SAR 值也就越大,对人体的辐射越大。SAR 值在不同认证中要求测试值不同,如:CE 2W/KG FCC:1.6W/KG。

在 19 年 5G 商用前夕,HPUE (高功率用户设备)技术被许多手机厂商在他们的旗舰机型尝试使用,该技术可将手机最大发射功率提高到 27dBm,理论上可将上行覆盖距离提高 30%,有效改善 2.5G 小区覆盖范围,扩展 5G 信号及用户下载速度。该技术切实应用到移动终端则需要提高网络覆盖率的同时控制温升以及耗电等。

Table 6.2.1.3-1: UE Power Class

NR band	Class 1 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 1.5 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 2 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 3 (dBm)	Tolerance (dB)
n1							23	± 2
n2							23	$\pm 2^3$
n3							23	$\pm 2^3$
n5							23	± 2
n7							23	$\pm 2^3$
n8							23	$\pm 2^3$
n12							23	$\pm 2^3$
n14	31 ^e	+2/-3					23	± 2
n20							23	$\pm 2^3$
n24							23	+2/-3 ³
n25							23	$\pm 2^3$
n26							23	$\pm 2^3$
n28							23	+2/-2.5
n30							23	± 2
n34					26	+2/-3	23	± 2
n38							23	± 2
n39					26	+2/-3	23	± 2
n40							23	± 2
n41			29 ^f	2/-3 ³	26	+2/-3 ³	23	$\pm 2^3$
n48							23	+2/-3
n50							23	± 2
n51							23	± 2
n53							23	± 2
n65							23	± 2
n66							23	± 2
n70							23	± 2
n71							23	+2/-2.5
n74							23	± 2
n77			29 ^f	2/-3	26	+2/-3	23	+2/-3
n78			29 ^f	2/-3	26	+2/-3	23	+2/-3
n79			29 ^f	+2/-3	26	+2/-3	23	+2/-3

图 1 UE Power Class

RF-Parameters

The IE *RF-Parameters* is used to convey RF-related capabilities for NR operation.

RF-Parameters information element

```

-- ASN1START
-- TAG-RF-PARAMETERS-START

RF-Parameters ::=
    SEQUENCE {
        supportedBandListNR
            SEQUENCE (SIZE (1..maxBands)) OF BandNR,
        supportedBandCombinationList
            SEQUENCE (SIZE (1..maxBands)) OF BandCombinationList,
        appliedFreqBandListFilter
            SEQUENCE (SIZE (1..maxBands)) OF FreqBandList,
        ...
        supportedBandCombinationList-v1540
            SEQUENCE (SIZE (1..maxBands)) OF BandCombinationList-v1540,
        srs-SwitchingTimeRequested
            ENUMERATED {true},
        supportedBandCombinationList-v1550
            SEQUENCE (SIZE (1..maxBands)) OF BandCombinationList-v1550,
        ...
        maxUplinkDutyCycle-PC2-FR1
            ENUMERATED {n60, n70, n80, n90, n100},
        pucch-SpatialRelInfoMAC-CE
            ENUMERATED {supported},
        powerBoosting-pi2BPSK
            ENUMERATED {supported}
    }
-- ASN1END

```

图 2 maxUplinkDutyCycle 取值定义

2.2 初始连接

测试最大功率,需要选择 DFT-s-OFDM PI/2 BPSK 和 DFT-s-OFDM QPSK 两种调制方式,并且分别在三种 RB 的配置下进行测试。并给了附加定义,

如:①将测试系统与测试设备的天线连接,见图 3、图 4 所示。②小区的参数设置^[3]是根据 TS 38.508-1 (5) 第 4.4.3 条建立的。

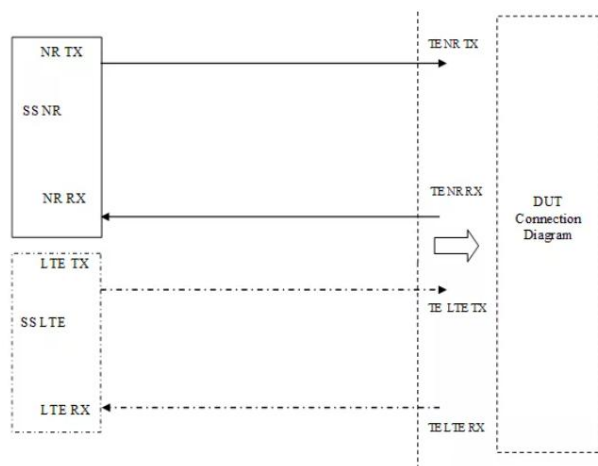


图3 用于基本RX和TX测试的测试设备连接

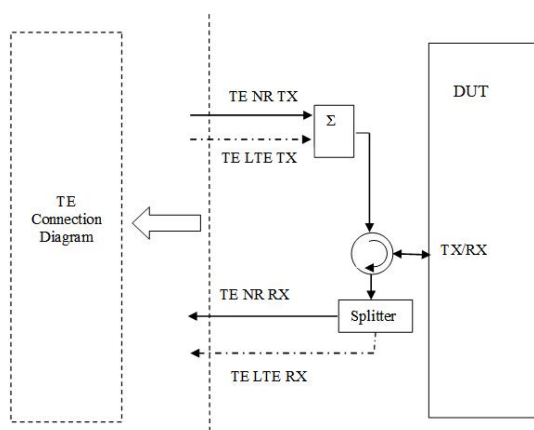


图4 单个小区的用户设备连接

下行信号功率配置参考附录 C.0 C.1 C.2。RS EPRE是-85dBm，每个RE的功率，RE在OFDM调制中是资源划分的最小单元，每个RE是对应一个子载波（频域）和一个OFDM symbol（时域）。

然后是下行物理信道的配置：作为常见的PDSCH和PDCCH配置参数，FR1 NR小区的连接设

置可以参照 TS38.508 附录中表 A.3.1-1, A.3.2.1-1, C.2-2, C.2-3 和 C.2-4。需设置各种信道的类型，时频域资源占用情况和占用位置，上下行时隙配置等信息。

上行链路信号功率由测试系统通过 RRC 消息（IE-s）进行配置如下：上行链路功率设置是在测试案例中指定的。否则，上行链路功率设置来自 TS 38.508 中描述的默认 RRC 消息，以及适当的 TPC-s，它们被发送到 UE，以便在测试期间维持呼叫所需的 UL 功率水平。

通用上行配置中的 RB 的配置在 OFDM 系统中始终非常基本和重要，下图 6 所标 2ULCA 上行配置的表格 common uplink 共 600 多种情况分类，所以截取部分表格进行解释。RB 具体分配的参数定义为：

2@0：@前面数字表示 RB 的长度 LCRB，@后面的数字表示 RB 的起始位置 RBstart；

DFT-s vs. CP：LTE 的上行链路使用了 DFT-S OFDM 调制，而在 5G NR 中除了下行链路支持 CP-OFDM，上行链路可以同时支持 DFT-s-OFDM 和 CP-OFDM 调制，这样做的目的是，可根据场景自适应切换以获得 DFT-s-OFDM 的链路预算优势和 CP-OFDM 的 MIMO 空间复用优势。也就是说 DFT-s 功率受限，但可以满足更大范围的要求，而 CP 更适合高吞吐量需求。

RB Allocation：在 common 参数中 8 种情况分别命名为 Edge_Full_Left，Edge_Full_Right，Edge_1RB_Left，Edge_1RB_Right，Outer_Full，Inner_Full，Inner_1RB_Left，Inner_1RB_Right。如下图 5 所示，其他情况均好理解，对于 Inner_Full 的情况，还需要知道不同带宽下，不同 SCS 对应的最大可用 RB 数量，使用的 RB 数量约为总 RB 数量的一半。

Table 6.1A-1a: Common uplink configuration for intra-band contiguous 2UL CA (contiguous RB allocation)^{a,4}

BW _{channel CA} (MHz) ^{1,2}	SCS for all CC (kHz) ³	Channel bandwidth combination (MHz) ³	OFDM ³	RB allocation (Inner Full) ^{4,5}			RB allocation (Outer Full) ^{4,5}		
				N _{RB,all} loc ⁶	CC1 LCRB1@RBs start ⁷	CC2 LCRB2@RBs start ⁷	N _{RB,all} loc ⁶	CC1 LCRB1@RBs start ⁷	CC2 LCRB2@RBs start ⁷
20	15	5+15	CP	52	0@0	52@1	104	25@0	79@0
			DFT-s	50	0@0	50@0	100	25@0	75@0
		10+10	CP	52	26@26	26@0	104	52@0	52@0
			DFT-s	50	25@27	25@0	100	50@2	50@0
		15+5	CP	52	52@26	0@0	104	79@0	25@0
			DFT-s	50	50@29	0@0	100	75@4	25@0
25	15	5+20	CP	65	0@0	65@7	131	25@0	106@0
			DFT-s	64	0@0	64@7	125	25@0	100@0
		10+15	CP	65	20@32	45@0	131	52@0	79@0
			DFT-s	65	20@32	45@0	125	50@2	75@0
		15+10	CP	65	47@32	18@0	131	79@0	52@0
			DFT-s	65	45@34	20@0	125	75@4	50@0
		20+5	CP	65	65@32	0@0	131	106@0	25@0
			DFT-s	64	64@35	0@0	125	100@6	25@0
	30	10+15	CP	60	9@15	21@0	124	24@0	38@0
			DFT-s	58	9@15	20@0	120	24@0	36@0

图5 2UL CA 通用上行配置

关于带宽与频点的设置，在 38.508 中给出了定义，如图 6 所示。每个 NR band 针对不同的 SCS 都分别有独立的表格相对应。下图以 n1 频段，载波间隔为 60kHz 举例。CBW 为带宽，Range 为低中高信道，ARFCN 为对应频点。

2.3 建链过程

建链过程，对于终端是指终端产生的一切行为完全要在基站的控制和调配之下，比如对终端来说，基站发送的具体信令消息是十分重要的，它需要根据不同的信令类型，做出正确的反应建立正常的连接，再进行测试。对于 SS 系统模拟器来说，如上述，除了要能够正确分析 UE 的信令响应，还要为被测 UE 创造所需的测试环境，并有具备相应测试的能力。

然后再提系统消息中两个重要概念：主消息块 MIB (Master Information Block) 和系统消息块 SIB (System Information Block)，下方图 8 为标准中对

于小区参数设置的规定。

主消息块 (MIB: Master Information Block): 是 SI 的静态部分，包含天线数量、系统带宽、PHICH 配置、发射功率和 SIB 调度信息，以及 DL-SCH 上的其他数据。MIB 在 BBCH->PBCH 上传输。我们在上一篇中谈到，在 SA 模式中，UE 需要通过搜索 GSCN 来获取 SSB 的位置，完成下行同步，获得 PCI，就可以解调 MIB 进一步完成帧同步。

系统消息块 (SIB: System Information Block): 是 SI 的一个动态部分。它为 UE 携带相关信息，帮助 UE 访问小区，执行小区重选，与 INTRA-frequency、INTER-frequency 和 INTER-RAT 小区选择相关的信息。它被映射在 DL-SCH->PDSCH 上。用图 9 举例，该图为 NR-1~14 表示不同的测试用例场景，例如 NR-1 组合是默认组合，适用于 NR FDD/TDD 单小区方案，RRM 测试案例场景除外。

Table 4.3.1.1.1-3: Test frequencies for NR operating band n1 and SCS 60 kHz without CORESET#0

CBW [MHz]	carrierBand width [PRBs]	Range		Carrier centre [MHz]	Carrier centre [ARFCN]	point A [MHz]	absolute FrequencyPoint A [ARFCN]	offsetTo Carrier [PRBs]	SS block SCS [kHz]	GSCN	absolute FrequencySSB [ARFCN]
10	11	Downlink	Low	2115	423000	2111.04	422208	0	15	-	422568
			Mid	2140	428000	2062.6	412520	102	-	-	427568
			High	2165	433000	1798.16	359632	504	-	-	432568
		Uplink	Low	1925	385000	1921.04	384208	0	-	-	-
			Mid	1950	390000	1583.16	316632	504	-	-	-
			High	1975	395000	1966.72	393344	6	-	-	-
15	18	Downlink	Low	2117.5	423500	2111.02	422204	0	15	-	422564
			Mid	2140	428000	2060.08	412016	102	-	-	427064
			High	2162.5	432500	1793.14	358628	504	-	-	431564
		Uplink	Low	1927.5	385500	1921.02	384204	0	-	-	-
			Mid	1950	390000	1580.64	316128	504	-	-	-
			High	1972.5	394500	1961.7	392340	6	-	-	-
20	24	Downlink	Low	2120	424000	2111.36	422272	0	15	-	422632
			Mid	2140	428000	2057.92	411584	102	-	-	426632
			High	2160	432000	1788.48	357696	504	-	-	430632
		Uplink	Low	1930	386000	1921.36	384272	0	-	-	-
			Mid	1950	390000	1578.48	315696	504	-	-	-
			High	1970	394000	1957.04	391408	6	-	-	-
25	31	Downlink	Low	2122.5	424500	2111.34	422268	0	15	-	422628
			Mid	2140	428000	2055.4	411080	102	-	-	426128
			High	2157.5	431500	1783.46	356692	504	-	-	429628
		Uplink	Low	1932.5	386500	1921.34	384268	0	-	-	-
			Mid	1950	390000	1575.96	315192	504	-	-	-
			High	1967.5	393500	1952.02	390404	6	-	-	-

图 6 n1 频段，载波间隔为 60kHz 部分频点图

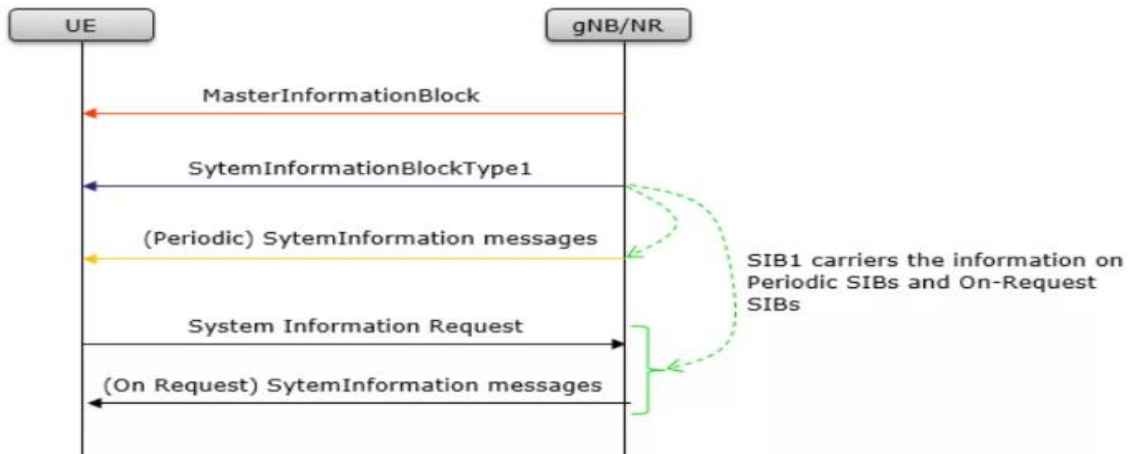


图 7 建链过程

Table 4.4.3.1.3-1: Scheduling for combination NR-2

Scheduling Information No.	Periodicity [radio frames]	Mapping of system information blocks
1	32	SIB2

Table 4.4.3.1.3-2: Scheduling for combination NR-3

Scheduling Information No.	Periodicity [radio frames]	Mapping of system information blocks
1	32	SIB2
2	64	SIB3

Table 4.4.3.1.3-3: Scheduling for combination NR-4

Scheduling Information No.	Periodicity [radio frames]	Mapping of system information blocks
1	32	SIB2
2	64	SIB4

Table 4.4.3.1.3-4: Scheduling for combination NR-5

Scheduling Information No.	Periodicity [radio frames]	Mapping of system information blocks
1	32	SIB2
2	64	SIB3
3	64	SIB4

图 8 小区参数设置

Table 4.4.3.1.2-1: Combinations of system information blocks

Combination No.	System information block type													
	SIB1	SIB2	SIB3	SIB4	SIB5	SIB6	SIB7	SIB8	SIB9	SIB10	SIB11	SIB12	SIB13	SIB14
NR-1	X													
NR-2	X	X												
NR-3	X	X	X											
NR-4	X	X		X										
NR-5	X	X	X	X										
NR-6	X	X			X									
NR-7	X	X		X	X									
NR-8	X					X	X							
NR-9	X							X						
NR-10	X					X								
NR-11	X						X							
NR-12	X									X				
NR-13	X	X								X				
NR-14	X	X		X								X		

图 9 各小区测试用例场景

3 测试过程说明

整个 case 测试的具体流程步骤如下：

- (1) SS 通过 PDCCH DCI 格式 0_1 为 C_RNTI 发送每个 UL HARQ 进程的上行调度信息；根据图 10-表 6.2.1.4.1-1 调度 UL RMC；
- (2) 由于 UE 没有有效载荷，没有回环数据要发送，UE 在 UL RMC 上发送上行 MAC 填充位；在每个上行链路调度信息中连续向 UE 发送上行链路功率控制“up”命令；从该步骤中的第一个 TPC 命令开始，允许 UE 至少有 200ms 的时间达到 PUMAX；
- (3) 测量 UE 在无线接入模式的信道带宽中的平均功率；测量周期应至少是一个有效子帧（1ms）的连续时间；并且是在上行链路符号中，对于有瞬态周期的 TDD 符号不在测试之列；
- (4) 对于支持功率等级 2 或功率等级 1 或功率等级 1.5 的 UE，在适用的频段上重复以上步骤。但图 11-表 6.2.1.4.3-2 中定义的 P-Max 除外。

- (5) 对于支持功率等级 1.5 的 UE，在适用的频段上重复以上步骤。但图 11-表 6.2.1.4.3-3 中定义的 P-Max 除外。

4 测试要求

在 TS 38.101-1 clause 6.2.1 中有介绍最大输出功率的最低测试要求，其与 TS38.521-1 6.2.1.5 要求的测试要求定义有所区别，以 UE Power Class 3 的表格举例，将图 1 与下图 12，进行对比发现，区别只在于 Tolerance（公差）一列。

TS 38.521-1 中增加了试验公差 Test Tolerance 的概念。取值如图 13。

TS 38.101-1[2]中给出的最低要求不考虑测量不确定度（MU）。TS38.521-1[2]定义了试验公差（TT）和测量不确定度。这些试验公差是为每次试验单独定义的。试验公差用于放宽最低要求，以创建试验要求。

对于 UE 的最大输出功率，不确定度的取值如下：

$f \leq 3.0\text{GHz}$: $\pm 0.7\text{ dB}$, $\text{BW} \leq 40\text{MHz}$; $\pm 1.4\text{ dB}$, $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$;
$3.0\text{GHz} < f \leq 4.2\text{GHz}$: $\pm 1.0\text{ dB}$, $\text{BW} \leq 40\text{MHz}$, $\pm 1.6\text{ dB}$, $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$;
$4.2\text{GHz} < f \leq 6.0\text{GHz}$: $\pm 1.3\text{ dB}$, $\text{BW} \leq 20\text{MHz}$, $\pm 1.5\text{ dB}$, $20\text{MHz} < \text{BW} \leq 40\text{MHz}$, 1.6 dB , $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$

由此与上方所示的 TT 进行对比，可以得出 FR1 的不确定度是大于或等于试验公差结论。

5 测试实现

5G NR 终端最大输出功率测试的实现，可以选择 5G 综合测试仪或者频谱分析仪来进行。目前，国际主流的 5G 综合测试仪厂商有 Keysight（是德）、安立、星河亮点和大唐等。

在选用综测仪进行 5G NR 终端最大输出功率测试时，需要对上行参考测量信道、RB、功率、频点、带宽、TPC、载波间隔等进行设置。

考虑 5G NR 终端信号带宽最大可达到 100MHz，频谱分析仪的分析带宽应大于等于 100MHz；在测试时，需将 UE State 中的 TPC 设置为 Max，在每个上行链路调度信息中连续向 UE 发送上行链路功率控制“up”命令，从该步骤中的第一个 TPC 命令开始，允许 UE 至少有 200ms 的时间达到 PUMAX。

如果仅选择用综测仪单表来进行测试，可按照图 14 进行测试链路的连接。

按照上述过程进行测试,通过使用 SP9500，在常温，n41 频段，中信道，60MHz 带宽，30kHz 载波间隔的条件下，将搭载手机芯片厂商 A、B 的样机，

芯片品牌	A	B
功率（dBm）	24.871, 21.868	25.863, 22.764

对比测试，得出以下结果：

在上述条件下，A 厂商的功率优于 B 厂商。

Table 6.2.1.4.1-1: Test Configuration Table

		Initial Conditions	
Test Environment as specified in TS 38.508-1 [5] subclause 4.1		Normal, TL/VL, TL/VH, TH/VL, TH/VH	
Test Frequencies as specified in TS 38.508-1 [5] subclause 4.3.1		Low range, Mid range, High range	
Test Channel Bandwidths as specified in TS 38.508-1 [5] subclause 4.3.1		Lowest, Mid, Highest (NOTE 3)	
Test SCS as specified in Table 5.3.5-1		Lowest, Highest	
Test Parameters			
Test ID	Downlink Configuration	Uplink Configuration	
	N/A for maximum output power test case	Modulation (NOTE 2)	RB allocation (NOTE 1)
1		DFT-s-OFDM PI/2 BPSK	Inner Full
2		DFT-s-OFDM PI/2 BPSK	Inner 1RB Left
3		DFT-s-OFDM PI/2 BPSK	Inner 1RB Right
4		DFT-s-OFDM QPSK	Inner Full
5		DFT-s-OFDM QPSK	Inner 1RB Left
6		DFT-s-OFDM QPSK	Inner 1RB Right
NOTE 1: The specific configuration of each RB allocation is defined in Table 6.1-1.			
NOTE 2: DFT-s-OFDM PI/2 BPSK test applies only for UEs which supports half Pi BPSK in FR1.			
NOTE 3: For band n28, the highest test channel bandwidth is replaced by 20MHz due to MPR is always larger than 0dB for 30MHz bandwidth.			

图 10 测试配置

Table 6.2.1.4.3-2: P-Max (Step 4)

Derivation Path: TS 38.508-1 [5], Table 4.6.3-89			
Information Element	Value/remark	Comment	Condition
P-Max	23		PC2 UE or PC1.5 UE or PC1 UE

Table 6.2.1.4.3-3: P-Max (Step 5)

Derivation Path: TS 38.508-1 [5], Table 4.6.3-89			
Information Element	Value/remark	Comment	Condition
P-Max	26		PC1.5 UE

图 11 P-Max

Table 6.2.1.5-1: Maximum Output Power test requirement for Power Class 3

NR band	Class 1 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 2 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 3 (dBm)	Tolerance (dB)
n1					23	$\pm 2 \pm TT$
n2					23	$\pm 2 \pm TT$
n3					23	$\pm 2 \pm TT$
n5					23	$\pm 2 \pm TT$
n7					23	$\pm 2 \pm TT$
n8					23	$\pm 2 \pm TT$
n12					23	$\pm 2 \pm TT$
n14					23	$\pm 2 \pm TT$
n20					23	$\pm 2 \pm TT$
n24					23	$\pm 2 \pm TT$
n25					23	$\pm 2 \pm TT$
n26					23	$\pm 2 \pm TT$
n28					23	$\pm 2 \pm TT$
n30					23	$\pm 2 \pm TT$
n34					23	$\pm 2 \pm TT$
n38					23	$\pm 2 \pm TT$
n39					23	$\pm 2 \pm TT$
n40					23	$\pm 2 \pm TT$
n41					23	$\pm 2 \pm TT$

图 12 最低测试要求

Table 6.2.1.5-3: Test Tolerance (UE maximum output power)

	$f \leq 3.0\text{GHz}$	$3.0\text{GHz} < f \leq 4.2\text{GHz}$	$4.2\text{GHz} < f \leq 6.0\text{GHz}$
$BW \leq 40\text{MHz}$	0.7 dB	1.0 dB	1.0 dB
$40\text{MHz} < BW \leq 100\text{MHz}$	1.0 dB	1.0 dB	1.0 dB

图 13 试验公差



图 14 单表连接方式

6 结语

论文首先通过介绍测试时涉及的,需要设置的初始条件的 UE Power Class 及通用上行配置及 RB 资源块具体含义。再对 TC 6.2.1 最大发射功率的测试实现方法、测试要求、测试流程进行详细说明。功率测试是射频测试中的基础项,但也是关键项。我们作为测试人员,要从基础把握测试方法,严格遵守测试规范,学好标准及技术,对自己、对知识、对工作负责。

参考文献

[1] 3GPP TS 38.101-1 V17.4.0 3rd Generation Partnership Project;NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone; 2022-01[S]

[2] 3GPP TS 38.331 V16.7.0 3rd Generation Partnership Project;NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification 2021-12[S]

[3] 许巧春.LTE 终端最大输出功率测试要求[J].数字通信世界,2013(02):77-78.