

2025.01

[季刊] 总第 169 期

2025 年 3 月

ISSN 1009-0940

CN 36-1115/TN

江西通信科技

JIANGXI

TONGXIN

KEJI



电信手机信号

全面提升 大幅赶超



5G基站数提升 95%
4G基站数提升 69%
较2023年1月规模

手机直连卫星

天地一体 全域覆盖

ISSN 1009-0940



03>

9 771009 094253



主管单位 江西省通信管理局

主办单位 江西通信行业职业技能鉴定中心

江西省通信学会

广告

《江西通信科技》征稿启事

《江西通信科技》是面向全国公开发行的通信科技类刊物，创刊于1980年，具有国内统一连续出版物号（CN 36-1115/TN）和国际标准连续出版物号（ISSN 1009-0940）。现因期刊发展需要，特向广大读者征稿，欢迎从事通信技术研究的专家、学者、工程技术和企业管理人员等读者踊跃投稿。

一、征稿范围

1. 通信科研成果论文。
2. 通信新技术、新设备、新业务和通信发展新动态。
3. 通信网络规划、工程设计、施工、通信管理等方面的理论研究和经验总结。
4. 通信设备日常维护、更新改造的经验介绍。

二、征稿要求

1. 稿件请不要一稿多投，来稿不退，请作者自留底稿。
2. 投稿请写明作者真实姓名，工作单位、地址和邮编、联系电话。
3. 投稿即视为授权数字传播。
4. 根据《中华人民共和国著作权法》有关规定，凡向本刊投稿者皆被认定遵守上述约定。
5. 若作者不同意其稿件被数字传播和收录，请在来稿时向本刊说明，本刊给予处理。

三、联系方式

地 址：江西省南昌市红谷滩区红角洲赣江南大道2698号《江西通信科技》编辑部

邮 编：330038

联系电话：0791-83721872

电子信箱：jtxkj@jtxxh.cn



目次 | Contents

· 1980年创刊 ·

2025年第 / 期 (总第 169 期)

江西通信科技 (季刊)

2025年3月出版

主管单位

江西省通信管理局

主办单位

江西通信行业职业技能鉴定中心

江西省通信学会

编辑出版:《江西通信科技》编辑部

主 编: 钟凉楚

编 辑: 郑洪萍

设计制作: 浔阳区瑞青工作室

印 刷: 江西新华九江印刷有限公司

地 址: 江西省南昌市红谷滩区

红角洲赣江南大道2698号

邮 编: 330038

电 话: (0791) 83721872

传 真: (0791) 86218179

电子信箱: jtxkj@jtxxh.cn

国际标准连续出版物号: ISSN 1009-0940

国内统一连续出版物号: CN 36-115/TN

定 价: 10.00元

智慧城市与智慧社会

江西省区县数字政府建设路径探索与实践 ... 黄建昌 何美斌 陶 俊 陈翔鸿 01

市场前沿

5G-A通感一体助力低空经济腾飞 郭帮帮 04

面向5G-A打造SPN智能综合业务承载 魏家道 李志伟 08

INCR覆盖延伸 助力普遍信号升格 张 帆 赵沅鹏 张霄龙 12

无线通信

高铁5G网络建设规划的系统性研究与实施路径探索 张建明 范石勇 15

龙勃透镜天线在移动通信中的应用探讨 顾 斌 19

电源与节能

运营商宽带接入网节能减排工作的研究与应用 戴 斌 揭凌雁 余 波 23

接入技术

市县城域网光缆网与OXC技术深度融合策略及应用研究 周召辉 26

大数据

基于云计算的生产指挥可视化数据中台路径探究及实现 郑 盛 30

信息技术与应用

打造基于人工智能的全方位智慧渔业决策与服务系统 朱 剑 35

5G新技术赋能全连接工厂研究 温 亮 39

5G+XR智慧训练场地建设研究 曾从良 42

基于图卷积网络的信息提取方法 钟云斌 钟 坚 罗序俊 46

业务与运营

我国老年教育“学科交叉型游学养”数字化建设研究 蔡俊杰 48

网络信息安全

智能安全围栏与管理系统的的设计 万震骏 付理祥 王佳昕 52

信息传真

优秀论文评选启事 江西省通信学会 34

广告索引 38

期刊基本参数: CN 36-1115/TN*1980*Q*16*56*zh*P*¥10.00*500*15*2025-03

江西省区县数字政府建设路径探索与实践

黄建昌

中国电信股份有限公司南昌分公司

江西省南昌市 330000

何美斌 陶 俊 陈翔鸿 江西电信信息产业有限公司

江西省南昌市 330000

摘 要：本文深入探讨了江西省区县在数字政府建设方面的主要路径，包括创新驱动、系统规划、因地制宜、民生导向和产业赋能等方面。通过具体案例分析，总结了江西省区县数字政府建设的成功经验，同时指出了存在的挑战，并提出了相应的对策建议。本文旨在为其他地区提供可借鉴的经验，推动我国县域数字政府建设进程，助力实现政府治理体系和治理能力现代化。

关键词：江西省区县 数字政府 创新驱动 系统规划 产业赋能

0 引言

在信息技术飞速发展的当下，数字政府建设成为提升政府治理效能、优化公共服务供给、推动经济社会高质量发展的关键路径。《江西省人民政府关于印发江西省数字政府建设总体方案的通知》（赣府发〔2023〕8号）明确提出，要加快推进数字政府建设，提升政府数字化、智能化水平，为全省经济社会发展提供有力支撑^[1]。江西省积极响应国家号召，各区县在数字政府建设方面进行了诸多探索与实践^[2]。本文聚焦江西省各区县，深入剖析其数字政府建设路径，总结经验与挑战，期望为其他地区提供有益参考，助力我国县域数字政府建设迈向新高度，推动政府治理体系和治理能力现代化进程。

1 江西省区县数字政府建设的主要路径

1.1 创新驱动：技术赋能与治理模式革新

创新驱动是江西省区县数字政府建设的核心动力。通过引入先进技术和创新治理模式，不断提升政府服务效率和治理能力。

(1) 兴国县的区块链应用实践

兴国县，隶属江西省赣州市，是江西唯一以“国”为名的县。兴国县在涉农领域积极探索区块链技术的应用^[3]，成效显著。通过与省人民银行金融联盟链的对接，打通了多个数据链路，实现了政务网与金融城域网

的跨网数据安全共享。金融联盟链的引入，保障了数据的可溯源性和不可篡改性，对数据使用全流程实施了安全监管。这一创新举措使得兴国县62万余农村人口受益，农户贷款授信额度提高了30%，办理时长从10个工作日大幅缩短至3个工作日，有力推动了乡村经济的发展。

(2) 华为合作下的智能化治理体系构建

在城市治理方面，兴国县与华为合作，以“数治兴国1+1+N+X”为架构^[4]，打造智能化治理体系。该体系构建了包含数字平台、城市云底座等模块的数字底座，依托华为的人工智能、大数据等技术，夯实了核心基础设施，建设了共性能力支撑平台。例如，兴国县城管局运用“数治兴国”视频联网共享平台，借助华为云AI能力和鲲鹏GPU服务器，实时监测城市管理事件并及时预警，有效解决了城管工作监管难题，提升了城市管理的精细化与智能化水平。该项目还将在多领域持续发挥作用，为县域治理现代化注入新的动力。

1.2 系统规划：顶层设计与基础设施统筹

系统规划是江西省区县数字政府建设的重要保障。通过制定科学的顶层设计和统筹基础设施的建设，确保数字政府建设的顺利进行。

(1) 铅山县的数字政府建设实施方案

上饶市铅山县人民政府办公室印发了《铅山县数字政府建设实施方案》，该方案紧密结合当地实际，明确

了指导思想和“数字底座夯实有力”“政务服务普惠便民”等总体目标。主要任务涵盖构建智能集约的平台支撑体系、构建开放共享的数据资源体系、优化政务服务“一网通办”、推动县域治理“一网统管”、强化政府运行“一网协同”以及构建全方位安全保障体系等方面。同时,方案还从组织领导、建设管理、资金保障等六个方面提供了保障措施,确保方案的有效实施^[5]。

(2) 基础设施的统筹建设

在系统规划的基础上,江西省区县还注重基础设施的统筹建设。通过升级电子政务外网、提升政务云服务能力等措施,构建了智能集约的平台支撑体系。同时,加强政务数据治理与开放共享,推动了数据资源的有效利用^[6]。这些基础设施的建设为数字政府的发展提供了坚实的基础。

1.3 因地制宜:低成本与特色化发展

因地制宜是江西省区县数字政府建设的重要原则。通过结合当地实际情况,采取低成本、高效能的发展策略,推动数字政府的特色化发展。

(1) 上栗县的“1141+N”数字政府总体架构

萍乡市上栗县搭建了“1141+N”数字政府总体架构,依托“赣湘云”计算中心建成统一数字底座。数字上栗“一网统管”平台通过统一规划、资源共享、无人机应用等措施,降低了建设和运维成本。同时,采用“总集成+开放生态”、多元参与模式,与头部企业合作建设数据中台、业务中台等,形成了基础能力中枢。基于此,上栗县建立了全县枢纽中心,聚焦城市大脑、经济运行等场景,打造了多个特色应用,为其他地区提供了低成本高效能的发展范例^[7]。

(2) 定南县的特色应用成果

赣州市定南县在数字政府建设中,注重数字基础设施建设,完成了政务外网和网络IPv6改造,迁移了多个政务系统至赣州市政务云。在数据共享方面,定南县多次梳理完善政务数据目录,作为“一表同享”改革试点县,搭建了“人、房、企”底层数据资源库^[8]。同时,定南县还取得了丰硕的特色应用成果。例如,“定南县化工园区安全风险智能化管控平台”荣获相关奖项;勤廉建设绩效考核管理平台入选赣州市特色应用;搭建的

水质监测平台,为生态环境管理提供了科学依据。

1.4 民生导向:公共服务数字化升级

民生导向是江西省区县数字政府建设的重要方向。通过数字技术的赋能,提升公共服务的质量和效率,满足人民群众日益增长的美好生活需要。

(1) 共青城市的政务服务优化

江西省共青城市致力于数字技术赋能政务服务,提升民生服务质量。通过优化江西政务服务网共青城分行与“赣服通”共青城分行,在企业开办领域实现了“一网通办”,企业登记注册时间从平均3个工作日压缩至1个工作日以内,激发了市场活力。这一举措极大地提高了政务服务的效率和便捷性,得到了企业和群众的一致好评^[9]。

(2) 公共服务领域的数字化推进

在公共服务领域,共青城市积极推进教育、医疗的数字化进程。通过构建智慧教育平台,整合线上资源,实现优质课程在线共享,提升了教育教学质量。某中学引入智慧教育平台后,学生优秀率提高了15%。同时,共青城市还推动医疗信息互联互通,建立了居民电子健康档案共享平台,推出了线上预约挂号、在线问诊等服务。如共青城市人民医院线上预约挂号比例达60%,有效改善了就医体验^[9]。

1.5 产业赋能:数字技术与实体经济融合

产业赋能是江西省区县数字政府建设的重要支撑。通过数字技术与实体经济的深度融合,推动产业转型升级和经济高质量发展。

(1) 樟树市的智慧医药监管平台

江西省樟树市作为全国知名药都,充分利用数字技术赋能传统医药产业,推动产业数字化转型。通过构建智慧医药监管平台,运用物联网、大数据、区块链等技术对药品生产、流通、销售全流程进行实时监管^[10]。在生产环节监测设备参数、原材料使用和质量数据,在流通环节利用区块链确保追溯信息不可篡改,增强了消费者信任。这一举措有效提升了医药产业的监管水平和市场竞争力。

(2) 医药产业大数据中心的建设与应用

江西省樟树市还建设了医药产业大数据中心,汇聚

了多源数据,为企业提供决策支持^[1]。同时,鼓励企业利用大数据进行研发创新。如某医药企业依托大数据中心研发的新型中成药,研发周期缩短了20%,上市后销售额一年内突破了5000万元。此外,樟树市还通过数字平台加强与国内外医药机构的合作交流,提升了医药产业的竞争力。

2 江西省区县数字政府建设的成功经验

2.1 技术整合与生态合作方面

在数字政府建设中,江西省区县积极与中国电信、华为等企业展开合作,共同构建开放的技术生态。通过技术整合和生态合作,提升了数字政府建设的技术水平与创新能力。这种合作模式不仅引入了先进的技术和管理经验,还促进了本地技术产业的发展和人才培养。

2.2 数据共享机制创新方面

在数据共享机制方面,江西省区县进行了创新探索。通过借助区块链、统一政务数据目录等技术手段,实现了跨部门数据的互通共享。这一创新举措为政务服务优化和社会治理精准化提供了有力支撑,促进了政府部门之间的协同合作。同时,数据共享机制的建立也提高了数据利用效率和价值,为政府决策提供了更加科学、准确的依据。

2.3 场景化应用驱动方面

在数字政府建设中,江西省区县注重场景化应用的开发。通过聚焦高频场景,开发针对性应用系统,满足了实际需求,提高了数字政府建设的适用性和实效性。这种场景化应用驱动的发展模式不仅提升了用户体验和满意度,还推动了数字技术在更多领域的应用和推广。

3 江西省区县数字政府建设存在的挑战

3.1 技术应用不均衡

尽管江西省区县在数字政府建设方面取得了显著成效,但技术应用不均衡的问题仍然存在。部分区县在人工智能、物联网等前沿技术应用上滞后于先进区县,导致在复杂治理场景和服务需求面前难以充分发挥数字技术优势。这种技术应用的不均衡不仅影响了整体建设水平,还可能加剧地区之间的发展差距。

3.2 数据孤岛

数据孤岛问题是江西省区县数字政府建设中亟待解决的难题。由于纵向层级和不同部门间数据联通不畅,导致数据全面整合与深度分析受到阻碍。这种数据孤岛现象降低了数据利用价值,制约了政府协同治理效能的提升。因此,加强数据共享和互通是破解数据孤岛问题的关键所在。

4.3 安全与隐私风险

随着政务数据的汇聚和开放应用,数据安全和隐私保护面临着严峻挑战。一旦发生安全事故或数据泄露事件,将严重损害政府公信力和公民权益。因此,加强数据安全和隐私保护是江西省区县数字政府建设中不可忽视的重要任务。需要建立健全的数据安全管理体系和隐私保护机制,确保政务数据的安全可控和合法使用。

4 结论与展望

4.1 结论总结

江西省区县在数字政府建设中,通过创新驱动、系统规划、因地制宜、民生导向和产业赋能等多元化路径取得了显著成效。这些成功经验为其他地区提供了可借鉴的范例和有益启示。然而,建设过程中也面临着技术应用不均衡、数据孤岛、安全与隐私风险等挑战。需要采取相应对策措施加以解决和完善。

4.2 未来展望

展望未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展深化,江西省区县数字政府建设将迎来更加广阔的发展空间和机遇。

参考文献

[1] 江西省人民政府.江西省人民政府关于印发江西省数字政府建设总体方案的通知[R/OL].(2023-07-20)[2025-01-10].https://www.jiangxi.gov.cn/art/2023/7/27/art_4975_4548160.html.

[2] 今日制造与升级.江森自控正式发布《中国智慧城市发展白皮书》[J].今日制造与升级,2023(08):3.

[3] 数字经济网.区块链技术打造金融助农新范本[EB/OL].(2023-05-01)[2025-01-10].<http://www.linkinga->
(下转第22页)

5G-A 通感一体助力低空经济腾飞

郭帮帮 华为江西无线网络与云核心网解决方案销售部 江西省南昌市 330000

摘要: 深入探讨5G-A通感一体技术在低空经济领域的应用,包括低空经济的发展现状以及各类应用场景,并重点对5G-A通感一体技术进行概述,内容涵盖通感一体的技术特点、通感基站组成、通感一体技术的应用等,并分析其带来的机遇与挑战,对其未来的发展趋势进行展望,以期对相关领域的研究与实践提供参考。

关键词: 5G-A 低空经济 通感一体

0 引言

2024年被视为5G-A(5G-Advanced)的商用元年,相比传统5G,5G-A带来多维能力提升,整体能力提升约10倍,因此5G-A解决了5G做不好和做不了的事情。低空经济作为5G-A的重要应用场景之一,正逐步成为全球经济发展的新风口。低空经济不仅涵盖了广泛的产业链,还涉及多个领域的技术创新和应用拓展,随着低空经济的规模化发展,它对通信网络的需求也不断增加,5G-A通感一体技术作为低空经济的关键网络基础设施,正逐渐成为推动低空经济发展的核心技术。

1 低空经济概述

1.1 低空经济的定义

低空经济是指以低空空域(原则上真高1000米以下,广义上指3000米以下)为依托,以有人驾驶和无人驾驶航空器的各类低空飞行活动为牵引,辐射带动相

关领域融合发展的综合性经济形态,如图1所示。它不仅涵盖了传统通用航空业态,还融合了以无人机、eVTOL等为支撑的新型低空生产服务方式,通过信息化、数字化管理技术赋能,与更多经济社会活动相融合,形成了一种容纳并推动多领域协调发展的极具活力和创造力的综合经济形态,具有明显的新质生产力特征,发展空间极为广阔。如图1所示。

1.2 低空经济的发展现状

在市场规模与增长上,低空经济在近年来呈现出快速增长的态势。2023年市场规模达到5059.5亿元,增速达33.8%。2024年预计市场规模将达到5800亿元,未来五年复合增速将达到16.03%。据中国民航局预测,2025年我国低空经济市场规模将达1.5万亿元。

在政策支持上,从国家到地方都出台了一系列政策来统筹规划、加速低空经济的发展。国家层面,例如2018年民航局发布的《低空飞行服务保障体系建设总体方案》,该方案用于加强低空飞行服务保障体系建设;2023年中央经济工作会议将低空经济列入战略性新兴产业;2024年首次将低空经济写入政府工作报告中,并且在政府工作报告“2024年政府工作任务”中,第一条就是“大力推进现代化产业体系建设,加快发展新质生产力”,其中重点提到了“积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎”。地方层面,全国已有近30个省份将发展低空经济写入政府工作报告或出台相关政策。例如,广东省出台了《广东省推动低空经济高质量发展行动方案(2024—2026年)》,江西省出台了《江



图1 低空经济空域划分

西省关于促进低空经济高质量发展的意见（征求意见稿）》。这些政策均旨在加快低空经济发展和建设，打造世界领先的低空经济产业高地。

在基础设施的建设上，以中国移动、中国电信为代表的企业，正在加速推进5G基站、低空通信网、低空导航网和低空感知网的建设，为低空经济的腾飞奠定了坚实的基础。并且深圳市政府牵头提出面向2025年的《低空经济三年方案》，总体构建“四张网”，如图2所示，由国资运营主体负责运营管理，建设220条，10条跨市航线，1个测试场、3个规模试验区，打造低空经济创新载体，这四张网包括设施网、空联网、航路网和服务网，这些基础设施的完善，不仅提升了低空飞行的安全性和效率，更为低空经济的广泛应用提供了有力的保障。

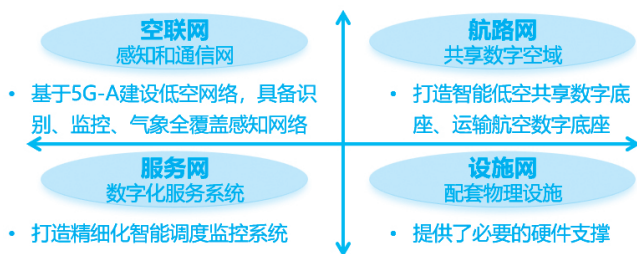


图2 《低空经济三年方案》四张网

1.3 低空经济的应用场景

低空经济的应用场景丰富多样，涵盖了多个领域和行业，具有广泛的经济和社会价值，如图3所示。以下是一些主要的应用领域。

(1) 交通运输类。城市空中交通：电动垂直起降飞行器（eVTOL）可作为新型交通工具，在城市中实现点对点的快速通勤，缓解地面交通拥堵，如上班族在高楼大厦间的快速穿梭；物流运输：针对黄金珠宝、海鲜等高附加值产品或紧急件派送等小批量、高频次重量轻的配送件，开展低空物流运输，提升送达时效性，降低综合运输成本和货物风险。还可用于偏远山区的快递配送或生鲜产品运输；跨境交通：建设口岸跨境起降点，开通直达香港、澳门等地的载人空中交通航线、低空物流运输航线。

(2) 生活服务类。文旅观光：开通直升机、eVTOL载人观光巡游航线，或借助热气球等低空飞行器搭载游

客进行空中观光，提供独特的旅游视角，让游客俯瞰壮丽的自然风光和城市全貌；文体消费：结合节假日、公共活动、商业活动等，开展飞行表演、无人机竞速、无人机足球等无人机体育活动，打造“空中罗湖”等消费品牌；即时配送：依托公园、景区、商圈，开展无人机外卖即时配送，拓展提升休闲消费体验。

(3) 公共服务类。应急救援：救援直升机可迅速响应，将偏远地区或交通拥堵区域的重伤患者快速转运至医院。无人机可搭载高清摄像头对灾区进行全面巡查并实时回传灾情状况，还可携带物资快速到达救援现场，或作为临时基站搭建应急通信网络；医疗服务：开展检测样本、医疗物资低空运输，提升医疗物资应急保障能力；城市管理：利用无人机开展警务执法、日常巡查、水务监测、国土测绘、空中清洗等任务，还可在城市重大活动、赛事期间进行巡逻安保，对重点区域实时安防巡逻及异常事件实时预警等。

(4) 农林与生态类。农业植保：农业无人机可精准投放种子、花粉等，并根据农作物的生长、病虫害情况等精准施肥施药，效率较传统方式提升显著，还可对农田中的作物生长情况、土壤情况、病虫害发生情况等信息进行实时监测。生态监测：通过航空摄影测量和无人机遥感技术，对森林资源、野生动植物等进行全面监测，在不干扰动物正常生活的前提下，为野生动物保护和科学研究提供资料，同时也可对地质灾害进行监测和预警。



图3 低空经济应用场景

2 5G-A通感一体

2.1 通感一体的技术特点

通信其实就是信号的发送，然后用户设备（UE）接收做一个信道估计和解调，它的特点是有连接的通信，

手机终端经过接入和鉴权，成功接入到通信系统里面，然后基站给他分配特定的序列和资源，也就是双方都知道彼此的存在。感知，通俗来说就是雷达，特点是基站自发自收，被感知的目标通常并不知道自身正在被感知。基站通过发射信号并接收反射信号所携带的信息，识别物体，具体原理如图4所示。

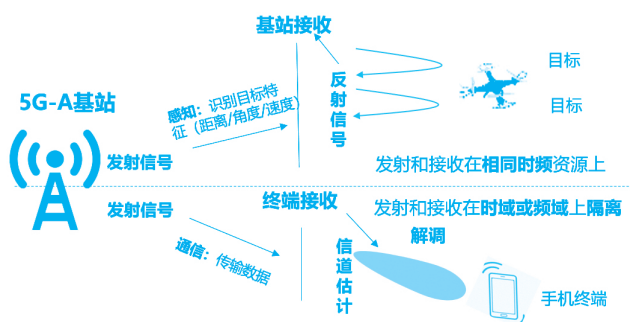


图4 通感一体原理

通信感知融合是5G-A技术的关键新增网络能力，其具备如下特点：

(1) 多功能融合：通过快速升级AAU覆盖低空，将通信系统和感知系统的功能集成在一起，使得单个基站能同时完成通信和感知的任务。通信和感知功能相互配合，可以实现更精准的环境感知，从而优化通信策略，提高通信效率和可靠性。

(2) 资源高效利用：通过共享现有硬件（如天线、射频模块等），减少设备复杂度和成本，提高资源利用率。也可复用运营商已发放的频谱，该频谱可以在城市区域使用，不存在传统雷达频谱的辐射干扰限制。

(3) 覆盖优势：当前通感一体的频段包含移动4.9GHz和电联的26GHz，这两个频段的覆盖较优，针对RCS 0.01平方米的小目标探测距离可达1km以上。

2.2 通感一体基站

通感一体基站系统由基站侧（BBU+AAU）和数据汇聚管理（SF服务器）两大部分组成。如图5所示。

通感一体基站多项硬件配置采用了业界领先的技术，包括：在射频端波形设计上，采用脉冲波+连续波双波形全距离感知组网，提升感知距离范围，并针对近距离感知采用了收发同时+半阵子低功率，有效提高感知实时性；对于远距离感知采用接收/发送时分错开+全阵子大功率的技术，确保低干扰和高覆盖性能。在硬件

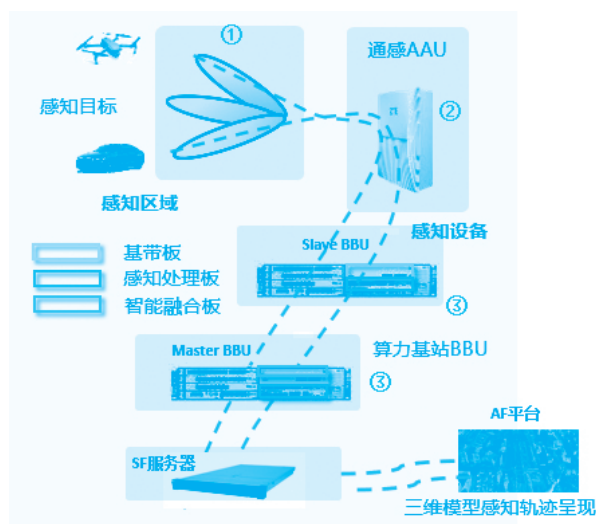


图5 通感一体网络架构

创新上，有源天线阵列数字移相器达成垂直大张角能力，天线阵列内去耦材料设计使得收发线具备高隔离度，使能连续波感知。

BBU侧设计主要包括三种单板：基带板负责基带处理和提供CPRI/eCPRI接口，该接口用于BBU与射频单元之间的信号传输；感知板负责感知信号处理和数据处理；智能板负责感知业务集中管理、多站数据融合处理，实现对于通信和感知性能的同时保障。可通过不同BBU间设置为Master BBU-Slave BBU两层感知算力架构，有效提升建网效率。

感知SF服务器是整个感知网络架构中关键一环，主要向感知小区下发感知任务，并收集感知小区上报的感知数据进行计算处理，如图6所示。单个SF感知服务器可满足100~3000个感知小区接入管理，并且可通过外部接口对接AF平台（运营商感知平台），该平台由运营商提供，像电信无人科技管理平台、联通数科平台以

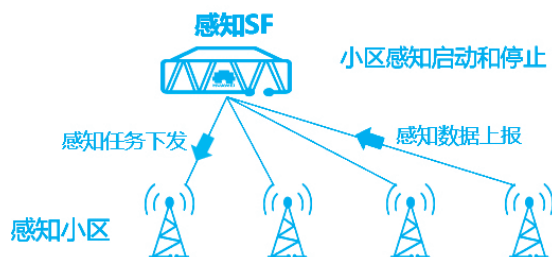


图6 感知SF服务器

及移动中移凌云平台，这些平台对接外部数据应用方（如空管部门/无人机平台等），提供感知数据信息服务，支持不同行业的应用。

2.3 通感一体技术的应用

在上面的阐述里提到了低空经济的一些应用场景，而通感一体技术在这些应用场景中扮演着重要的角色，为低空经济的发展提供了强大的技术支持和保障。

在低空安防领域，5G-A通感一体技术可以极大地提升低空飞行器的跟踪和管理能力，实现对低空无人机飞行轨迹、速度、经纬度等飞行数据的精确感知，并将这些信息传输给相关的监管部门和飞行器操作员，这样，一旦有异常情况发生，相关部门和操作人员可以迅速做出反应，从而有效提升低空飞行的安全性。还可以通过设置电子围栏，对“黑飞”无人机进行告警，实现低空安全监测以及黑飞管控。

随着市场的打开，大量飞行器的进入，传统民航“通导监”网络，由于手段单一，只能地面控制+人工干预，效率低，已经无法满足大规模低空无人机管理。这其实给运营商创造了机会，参与建设新型空域管理基础设施，运营商可以依托5G-A通感一体技术和其他基础设施快速打造低空智联网，而低空智联网是面向低空业务，国家“新基建”建设内容之一，如图7所示。借助低空智联网，无人机可以在低空环境中实现更稳定、更高效的通信和感知。

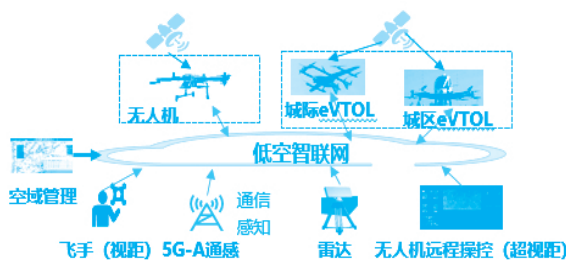


图7 低空智联网

2.4 通感一体的机遇与挑战

5G-A通感一体技术实现了通信与感知的深度融合，提高了频谱和站点资源的利用效率，为业务智能提供了基础支撑能力，同时拓展了业务边界，在物流、文旅、交通等领域都有应用，这将推动低空经济的规模化和智能化发展，使能新商业新空间新增长，但是当前也面临

着诸多挑战，以下是一些主要的问题：

在技术层面上，低空智联网面临飞控数据可靠性要求高、导航定位精度要求高的问题，而杂波干扰又使得虚警率和检测率指标达成挑战巨大，如何精准的识别不同类型的目标，解决感知站间的干扰和通信对感知的干扰，提高感知的精度是后面要重点解决的问题。不仅如此，由于通感一体是通信和感知共用一个频谱，那如何合理分配资源也是一个关键问题，通信业务通常对数据速率、延迟等有严格要求，而感知任务则更关注感知精度和范围。当资源有限时，比如频谱资源紧张或计算资源不足，很难同时满足两者的最优需求，需要动态、灵活的资源分配策略来平衡通信和感知的性能。

在市场认可度上，尽管5G-A通感一体技术可以实现无人机与地面基站之间的实时、高效通信，但由于该技术在市场上的宣传不足，许多物流配送企业对其了解有限，导致对该技术的接受度不高，且由于该技术的新颖性和硬件成本较高，部分企业一方面担忧技术的不稳定性和兼容性可能带来的安全和隐私问题，另一方面认为带来的效益难以直接量化，导致部分企业对投资该技术持谨慎态度。

在标准和规范层面，通感一体技术作为一个新兴技术仍处于初期阶段，目前还缺乏统一的行业标准和规范，导致各企业技术标准不一，互联互通问题突出，影响了产业的健康发展。特别是在通信和感知性能的权衡方面，缺乏统一的评价标准，例如，感知准确度、时延、可靠性等指标，这些指标需要进一步明确和细化。

3 总结与展望

综上所述，5G-A通感一体技术作为5G-A的重要创新技术，不仅在技术上实现了通信与感知的深度融合，还在低空经济等多个领域展现了广泛的应用前景，为低空经济的规模化、智能化发展提供了强大的技术支持。未来，希望随着研发技术的不断加强，软硬件技术不断提升，通信与感知的融合更加紧密和高效，感知精度分辨率响应速度也不断提高。同时，加快制定统一的技术标准、测试方法和评估体系，促进产业链上下游企业的协作，推动通感一体技术的健康发展。

面向5G-A打造SPN智能综合业务承载网

魏家道 李志伟 华为江西网络解决方案销售部 江西省南昌市 330000

摘要: 主要概述了5G-A产业的发展现状,并分析了面向5G-A SPN承载网发展所面临的挑战。SPN承载网需要向高可靠、无损传输、差异化精准承载、低时延确定性承载、智能化等技术方向演进。同时,介绍了面向5G-A SPN智能综合业务承载网的关键技术,具体涵盖:SPN软硬兼备的随选切片能力、SPN智能化关键技术、SPN绿色节能关键技术、SPN固移互备关键技术。

关键词: 5G-A (5G-Advanced) 随选切片 智能运维 潮汐节能

0 引言

2024年6月18日,3GPP Release 18正式冻结,标志着5G-A (5G-Advanced, 5G演进增强)全面来临,随着AI、算力等新兴业务的高速发展,行业数字化、智能化转型的逐步深入,5G-A将在网络、终端、云等端到端的关键领域进一步演进,成为构建数字、智慧、绿色低碳社会的重要基础设施。SPN承载网作为综合业务承载的基础底座,将向高可靠、无损传输、差异化精准承载、低时延确定性承载、智能化等技术方向演进。凭借其广泛的覆盖和差异化的服务能力,SPN能够为用户提供高质量、高确定性、智能化的网络体验,为各行业的数字化和智能化转型注入新质生产力。

1 简介

5G-A作为5G技术的进一步演进,旨在通过增强现有的5G功能和引入新的技术,进一步提升移动通信网络的性能和应用范围,5G-A正逐步成为推动社会智能化和绿色化发展的重要力量。当前运营商和设备厂商都在积极推动5G-A的研究和应用,以实现更加智能化、高效能的网络目标。

随着AI、算力等新兴业务的高速发展,行业数字化、智能化转型的逐步深入,行业应用将从单一场景向系统化复杂场景发展,给网络提出了高可靠、无损传

输、差异化精准承载、低时延确定性承载、智能化等承载需求,SPN承载网作为综合业务承载的基础底座,亟需功能和性能的突破。

2 5G-A产业进展概述和对传输网带来的挑战

2.1 5G-A产业发展现状

5G-A作为5G技术的进一步演进,将重点面向实时沉浸、智能上行、工业互联、通感一体、千亿物联等应用场景。在这些应用场景驱动下,5G-A将从网络、终端、云等端到端的关键方面进一步升级,助力构建数字、智慧、绿色低碳社会的基础设施。

(1) 实时沉浸

主要应用于虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等领域,为用户提供高度逼真的沉浸式体验。例如,在教育领域,实时沉浸技术可以用于虚拟实验室和远程教育,学生可以通过VR设备进行实验操作,感受到如同在真实实验室中的互动体验。在娱乐领域,实时沉浸技术可以用于多视角的体育赛事直播和演唱会直播,观众可以在家中通过AR设备享受身临其境的观赛和观看体验。5G-A通过引入更高的数据速率和更低的延迟技术,显著提升了实时沉浸应用的用户体验。例如,5G-A采用1024 QAM调制技术,使得数据传输速率大幅提升,用户可以流畅地观看高分辨率的VR视频。同时,5G-A

通过优化网络架构和传输协议，将延迟降低至1毫秒以下，确保了AR应用中的实时交互。此外，边缘计算技术的应用，使得数据处理更接近用户端，进一步减少了延迟和提高了响应速度。

(2) 智能上行

主要应用于视频上传、高清直播、远程医疗等场景，通过提升网络的上行传输能力，实现高质量的实时数据传输。例如，新闻媒体可以通过5G-A网络实现高清视频的实时回传，减少现场传输设备的复杂性和成本。在远程医疗领域，医生可以通过5G-A网络实时上传患者的高清影像资料，进行远程会诊和治疗。5G-A通过引入新的频谱资源和频谱共享技术，显著提升了网络的上行传输能力。例如，5G-A采用新的频段，如毫米波频段，增加了上行带宽。同时，通过频谱共享技术，多个用户可以在同一频段内共享资源，提高了频谱利用率。此外，5G-A还引入了更高效的编码和调制技术，如稀疏码分多址接入（SCMA），进一步提高了上行数据传输的效率和稳定性。

(3) 工业互联

工业互联网技术主要应用于智能制造、工业自动化和物流管理等领域，通过高可靠、低延迟的连接，实现工厂设备的实时监控和智能调度。例如，智能制造工厂中的机器人和传感器可以通过5G-A网络实时传输数据，实现设备的远程控制和预测维护。在物流管理中，5G-A网络可以连接智能仓储系统和物流车辆，实现货物的精准跟踪和高效调度。5G-A通过引入新的网络架构和协议，进一步提高了工业互联的可靠性和安全性。同时，5G-A通过网络切片技术，为不同的工业应用提供定制化的网络服务，提高了网络资源的利用效率。此外，5G-A还引入了更多的边缘计算功能，通过在工厂内部署边缘计算节点，减少了数据传输延迟，提高了数据处理的实时性。

(4) 通感一体

通感一体技术的发展背景和业务场景紧密相关，该技术通过深度融合通信与感知功能，提供了对环境和目标对象的全方位感知能力。在中国低空经济政策的推动下，通感一体技术成为市场焦点，尤其在无人机配送、

巡检、海域监控、机场安全管理等领域展现出迫切需求。政策支持、技术需求和标准化进展共同推动了通感一体技术的商用落地。具体应用场景包括低空经济的发展、低空安防、航道管理、海面监控以及地空一体管控等，这些场景对网络能力提出了新的要求，同时也为数智化转型提供了技术动力。

(5) 千亿物联

千亿物联技术主要应用于物联网（IoT）和智慧城市等领域，通过支持大量设备的连接，实现对城市各项基础设施的智能化管理。例如，城市管理中的环境监测、公共安全、智能交通等基础设施可以通过5G-A网络连接，实现数据的实时传输和智能分析。在农业领域，千亿物联技术可以连接大量的农业传感器和设备，实现对农田的精准管理。5G-A通过引入新的连接技术和网络管理技术，显著提高了网络的连接密度和管理效率。例如，5G-A采用了窄带物联网（NB-IoT）和远距离无线电（LoRa）技术，支持大量低功耗设备的连接。同时，通过引入智能休眠和唤醒技术，5G-A可以动态调整设备的工作状态，减少能耗和提高网络的稳定性。此外，5G-A还结合了AI和大数据技术，实现了对物联网数据的智能分析和管理。

2.2 面向5G-A SPN承载网的发展挑战

5G技术具有高速率、低时延、大连接等特性，不仅升级了个人消费者体验，还赋能了垂直行业，为数字化和智能化社会奠定了良好基础。中国移动处于5G-A即将规模部署、算力高速发展、政企专线高质量转型的关键时期，各类业务需求不断变化，SPN承载网面临着如下发展挑战：

(1) 个人业务需求和挑战

随着移动互联网的普及和发展，个人用户对高清视频、虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、在线游戏等高带宽应用的需求日益增加。这些应用需要高速、稳定的网络连接，以及通过感知用户行为、业务、意图的方式按需部署切片，以确保用户体验的流畅性和逼真性。例如，高清视频流需要高达1Gbit/s的数据传输速率，而VR/AR应用则要求10Gbit/s以上的传输速率和1毫秒以下的延迟。此外，个人用户还希望通过5G-A网络实现

随时随地的高速连接，无论是在室内还是室外，城市中心还是偏远地区。

(2) 政企专线需求和挑战

面向5G-A，中国移动城域网在政企专线业务方面的需求主要集中在提供高可靠、低延迟的专用网络连接，以支持企业的关键业务和数据传输。政企用户对网络的安全性、稳定性和带宽有严格要求，特别是在金融、医疗、制造和政府等关键领域。SPN承载网需要提供定制化的专线服务，确保数据传输的安全性和高效性。同时，企业还需要通过5G-A网络实现远程办公、视频会议和物联网设备的连接，提高工作效率和管理水平。中国移动SPN承载网的演进应关注并满足政企专线业务在网络覆盖深度、灵活连接、业务品质、可靠性保障等方面的核心需求，以提升中国移动政企专线业务的核心竞争力。

(3) 新兴业务需求和挑战

随着人工智能技术的广泛应用和边缘计算的普及，计算能力正逐步从集中式数据中心向网络边缘延伸。这种趋势使算力更加接近用户，能够提供低延时、高效能的服务体验，满足用户对实时性和交互性的高要求。作为算力网络的基础底座，SPN承载网的演进应重点关注就近入算、入网即入算、高吞吐、大带宽、无损传输和低时延等关键需求，以便推动算网一体化的发展，提升算力资源的利用效率和整体服务体验。

综上，SPN承载网作为一张综合业务承载网，业务呈现多样化发展趋势，行业应用将从单一场景向系统化复杂场景发展，SPN承载网需要向高可靠、无损传输、差异化精准承载、低时延确定性承载、智能化等技术方向演进。

3 面向5G-A SPN承载网关键技术

3.1 SPN软硬兼备的随选切片能力

SPN承载网需要基于TDM刚性管道的硬切片能力（如精品政企专线业务场景），也需要基于分组IPv6+的灵活连接能力（如5G 2C、算力互联等场景）。此外，在2B行业专网等场景中，既需要TDM硬切片又需要分组灵活连接能力，两种能力配合可提供高品质和灵活连接

的业务承载能力。另外，智能电网、智慧矿山、智慧交通等5G+垂直行业和金融、政务等高品质专线提出业务带宽 $\leq 1\text{Gbit/s}$ 、硬隔离、端到端时延 $\leq 10\text{ms}$ 、可靠性99.999%的承载要求，为满足上述小带宽业务的承载诉求，某运营商主导推出fgMTN技术，实现 $N \times 10\text{Mbit/s}$ 小颗粒硬管道。

SPN承载网为匹配不同行业客户业务切片隔离需求，将SPN网络架构分为切片分组层、切片通道层和切片传送层，在一张传输网中同时采用MTN技术实现硬隔离切片和SR技术实现软隔离切片，以及更细粒度的fgMTN（10M颗粒度）硬切片能力，使得SPN兼具软硬切片承载能力。如图1所示。

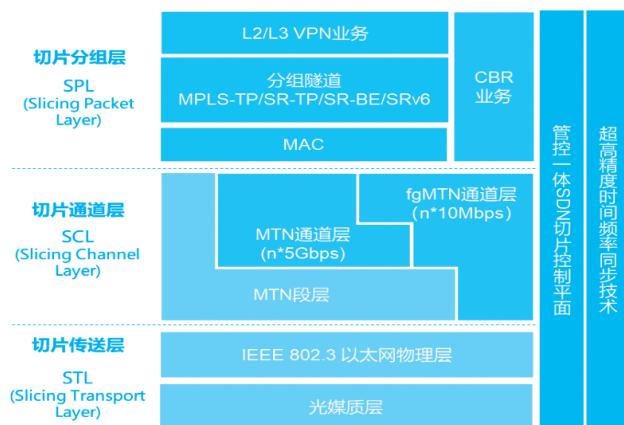


图1 SPN层网络架构

3.2 SPN智能化关键技术

将AI技术应用于SPN承载网中，可实时监控网络运行状态、实现故障快速诊断、自动优化网络资源分配，实现SPN网络智能运维，是城域网演进的重要方向。中国移动基于AI智能技术和网络“规建维优营”实践经验，开展深度创新探索，推出业界首个传送网行业AI大模型和业界首个精细化状态检测与智能管控平台。

(1) SPN智能运维大模型

将百GB级通信网络相关资料语料（通信原理、产品手册、配置指导、运维经验库等），以及数十万条人工校验精品微语料，输入AI智算中心百亿级参数模型训练，然后将训练出SPN智能运维大模型部署于网络推理中心（可与网络OMC集成），作为网络运维机器人助手提供智能性能和体验分析、智能搜索与推荐自动化知识

管理和问题诊断与解决方案的能力。

通过构建SPN故障复杂任务排障思维链，基于自然语言自编排，实现排障知识在线注入，快速固化专家经验，在没有专家思维牵引下，自主生成排障思维链，实现未知故障的自主探索。

借助SPN运维大模型，可大幅提高网络管理的智能化水平，提升用户体验，减少人为误操作，提高网络运行效率，推动网络管理向智能化、自动化方向发展。

(2) SPN智能排障模型

通过将运维经验融入自然语言大模型进行学习与调整，快速将这些经验沉淀到系统中，形成故障大模型；将毫秒级光功率和百万级KPI结构化样本数据，集中实时训练故障推理模型，再将训练得到的面向管道和设备的最优异常感知模型下发至设备实时推理，可实现快速智能识别异常，自动调优。

通过在源端模块向光纤中发送探测脉冲信号，在宿端模块中检测光纤信号相关信息，可得到被测光纤的长度和损耗，通过光路特征智能分析算法，精准定位光路中的事件及故障点，实现光路特征事件感知，实现同缆检测、故障识别、光纤测距等能力。

(3) SPN精细化大数据采集+AI智能策略

基于SPN可编程转发面，通过高性能实时监测能力，可实时高精度监测流量异常、数据包丢包、时延增加等，对于海量的高精度流量监测数据，通过压缩筛选技术利用数据的频率特性，显著提高了上报数据的信息密度，分析器有限的计算存储资源得以高效利用，从而为用户展示多维度、实用的信息。

通过高性能采集协议，实现SPN网络设备端口流量特征等大规模性能实例的高效采集上报给SPN管控系统。基于SPN管控系统的智能分析能力，结合流量智能预测算法，实现网络流量的精细化预测，为网络扩容规划提供智能规划建议，通过智能负载均衡与预测性调度，实现网络资源的高效利用与节能降耗。

3.3 SPN绿色节能关键技术

随着网络规模的扩大和业务流量的激增，网络设备的能耗大幅增加，运营商面临着巨大的电力成本压力。SPN承载网作为一张绿色智能的融合承载网络，引入绿

色节能技术平衡网络性能与能耗，实现可持续发展、降低运营成本和提升市场竞争力。

(1) 网络架构去冗

现有网络上有大量的工艺落后、器件落后、能效差的老旧设备迟迟无法退网。SPN设备的单比特能耗相比SDH/PTN老旧设备降低了一个数量级，由SPN承接老旧SDH/PTN网络上的业务，使老旧设备下电退网，对降低碳排放的意义重大。

(2) 网络潮汐流节能技术

城域网流量呈现典型的潮汐效应，在确保业务无损的前提下，基于闲置资源的精准判断和业务潮汐预测，对设备的相关部件进行智能休眠和唤醒处理，以高效能网络保障各类业务的高效可靠承载。

3.4 SPN固移互备关键技术

某运营商创新性推出融合固定网络连接和5G移动网络链接的“固移互备”承载技术，该技术解决了Overlay运营商广域网带来应用场景受限、业务开通和封装效率低、可靠性保护性能差等方面问题，首次基于运营商广域网推出5G固移互备业务产品创新，提供“1+1>2”的网络连接服务能力。

(1) 固定线路和移动线路互为备份，增强可靠性和生存能力

正常情况下，专线业务由固定线路承载，当固定线路出现一次或多次故障时，由固定线路的可靠性保护和业务恢复机制确保业务生存性，不消耗移动线路流量（节省资费）；当固定线路故障导致专线业务无法快速恢复时，将专线业务切换至移动线路承载，提升专线业务生存能力。当固定线路故障修复后，将专线业务回切至固定线路。

(2) 借助移动线路快速部署专线业务，提升业务开通效率

当行业/企业客户向运营商提出专线租用需求，而由于机房、管线、施工进度等因素，运营商无法按期提供专线服务时，可通过固移融合终端，由移动线路接入，快速提供服务，大幅提升客户满意度。

（下转第14页）

INCR 覆盖延伸 助力普遍信号升格

张帆 赵沅鹏 张霄龙 华为江西服务与软件解决方案销售部 江西省南昌市 330000

摘要: 随着5G的建设节奏,现阶段网络建设主要聚焦在价值偏低的场景,成本控制这个要素就格外重要。运营商已经在使用直放站、电梯宝等低成本方案,可以快速部署;但对宏站干扰、仅能监控设备状态,无法监控真实业务情况,网络覆盖真实水平无保证。INCR引入了智能增益控制功能、用户识别功能、极致降干扰功能,完美地解决这些问题。通过在电梯、地停、平层试点,凸显了快速部署、性能优、极致降干扰等特点。

关键词: INCR 网络控制覆盖延伸 增益控制 干扰抑制 业务可视 无线中继

0 引言

5G网络商用正在全球加速推进,国内5G网络已经建设了六期,宏网覆盖和室分高价值场景覆盖已趋近饱和,现在网络建设主要聚焦在电梯、地停、小微场景等价值偏低但有覆盖需求的场景,工业和信息化部推出信号升格行动,部分省份的运营商对电梯、地停场景进行专项行动。

当前电梯、地下停车场(地停)以及小微场景对网络体验速率的需求不高,各厂家推出了低成本的解决方案,如直放站、电梯宝等产品,主打解决网络覆盖问题。主设备厂家也顺势推出了低成本方案INCR(Intelligent Network Controlled Repeaters)智能网络控制中继器。相对于其他产品,INCR上行干扰更小、可上网管监控设备状态和业务指标,即插即用、免调试。

1 网络控制覆盖延伸设备

无线直放站是移动蜂窝网络中常见的覆盖信号二次延伸放大的设备,直放站可以快速弥补和消除移动网络中的覆盖盲点,可广泛用于停车场、电梯等基站信号覆盖较差、无容量诉求场景,传统的直放站具有以下优点,以低成本实现蜂窝网络覆盖:

◎ 免传输,直接无线耦合信号。

◎ 免BBU,无需新建基站。

支持快速部署,但依然有以下缺点:

◎ 质量不可靠,设备采用终端类器件易损坏。

◎ 仅能监控设备状态,无法监控真实业务情况,网络覆盖真实水平无保证。

◎ 对宏站干扰不可控,容易导致宏站干扰抬升。

INCR(Intelligent Network Controlled Repeaters)是一款新型智能网络可控制的放大设备,其硬件利用了电信级器件的可靠性等确保设备质量,同时借鉴了3GPP R18标准中Network Controlled Radio的理念,通过原子基站与宏基站直接协作,通过与宏基站之间进行信息交互实现更智能的增益控制、干扰抑制、业务可视等功能。因此INCR不仅是基站覆盖的延伸,同时因为INCR可以被网络侧控制,从而成为一种更智能的直放站。

INCR适用场景:封闭式电梯,地下车库等基站信号无法覆盖或者信号极弱的地方,使用该设备对相应区域的网络信号进行补盲或增强。

2 关键技术

2.1 INCR智能增益控制功能

传统直放站只基于初始测量到的宏基站信号大小确定上行放大增益,当上行增益设置过低时,会导致上下行不平衡加剧,当上行增益设置过高时,会导致宏基站上行底噪恶化。

INCR引入闭环增益控制功能,功能开启后,INCR可基于实时测量的宏基站信号大小和宏基站底噪智能调整上行增益,从而降低上行干扰,提升上行体验,图1

展示了闭环增益控制过程。

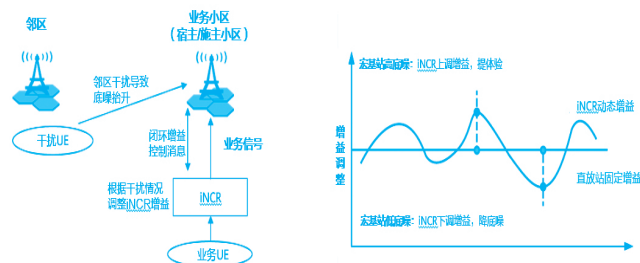


图1 INCR 闭环增益控制过程

当INCR内置模组接入基站时，基站可通过空口指令下发消息给INCR，INCR根据当前宏基站真实的上行干扰水平来重新计算自身需要的上行增益从而提升用户体验。

2.2 INCR 用户识别功能

传统直放站用户接入宏基站，宏基站无法区分直放站用户，直放站用户KPI不可监控，掉话/切换失败/速率差等不可知。

INCR设备通过自身在产生特定的射频指纹，其覆盖范围内的用户上行信号经过INCR后会具备对应的射频波动特征，基站通过监测对应的信号特征变化，即可快速识别出该用户是否来自INCR，从而可以实现精准的用户识别，区分出异常用户是否来自INCR，可实现INCR的运维增强。如图2所示。

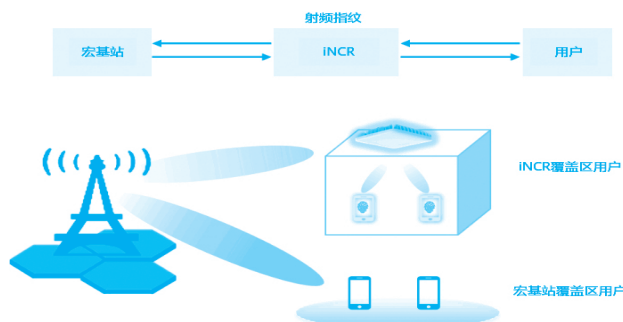


图2 INCR 用户识别原理

2.3 INCR 极致降干扰功能

直放站部署后可以放大室外宏基站信号到室内快速实现室内覆盖，但直放站在上行用户放大时会将自身的接收机噪声也同时放大送回到宏基站，可能对宏基站的上行底噪会有抬升，从而对宏基站上行性能造成影响，严重时可能影响宏基站上行覆盖。

为解决该问题，INCR引入上行静默功能，通过检测有无上行信号，对INCR进行静默态和激活态的状态切换，当上行无业务时切换为静默态，消除对宏基站的干扰；当上行有业务时，切换为激活态，保证上行业务正常运行。

当INCR下行业务量较大无法进入上行静默功能时，结合用户识别功能，将识别的INCR用户的上行业务汇聚到部分时隙调度，实时关断无调度的上行时隙来增加上行业务关断时长，从而降低INCR对宏站的上行干扰影响。

3 开通效果

建设过程中，主要聚焦在电梯、地停、小微场景；INCR开通后，覆盖效果良好，体验速率良好。

3.1 开通效果

◎ 电梯场景1

方案介绍：楼宇在小区边缘，无地下楼层，电梯无覆盖；使用INCR连接双路天馈覆盖电梯，免光纤（光缆施工需要地面开挖回填等），快捷部署。

◎ 电梯场景2

方案介绍：农贸市场无覆盖，涉及平层+地下车库，使用INCR连接单路天馈覆盖平层+车库，免光纤，快捷部署。

NR 遍历测试，覆盖良好，上传、下载速率良好。如图3所示。

2.6G NR TDD 100M（电梯）-遍历打点图

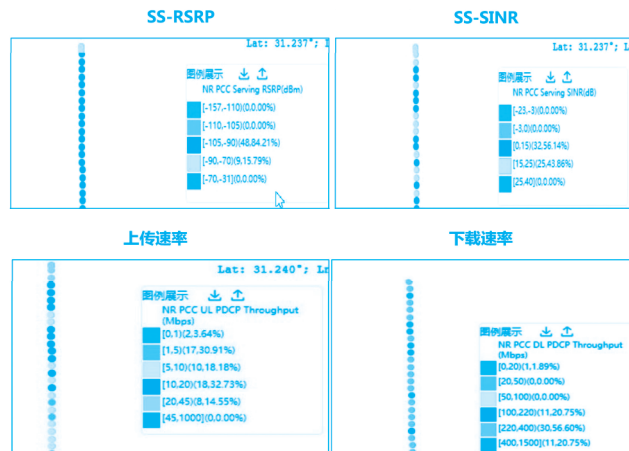


图3 INCR 电梯覆盖、业务测试（-NR）

LTE遍历测试，覆盖良好，上传、下载速率良好。如图4所示。

1.8G LTE FDD 20M (电梯) - 遍历打点图



图4 INCR 电梯覆盖、业务测试 (LTE)

对比INCR开通前后宏站的底噪，NR、LTE底噪无抬升。如图5所示。

1.8G&2.6G (电梯) - 宏站小区底噪对比

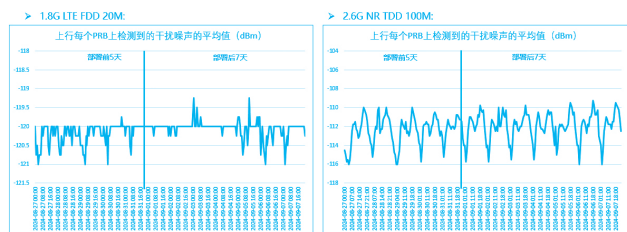


图5 INCR 对宏站未引入干扰

3.2 测试结论

(1) 场景特征

◎ INCR支持部署在电梯、封闭小微 (平层、地停) 等特殊室分场景;

◎ 通过无线耦合室外宏站信号对室内进行深度覆盖。

(2) 测试结论

◎ 易部署: 支持无线回传, 免光纤传输, 上电即可用;

◎ 性能优: 基于耦合宏站小区信号质量, LTE/NR 上下行均可提供良好的用户速率体验; VoLTE/VoNR 通话感知良好;

◎ 覆盖强: LTE RSRP/NR SS-RSRP 信号均满足站点验收的覆盖电平要求;

◎ 无干扰: INCR 设备部署前后, LTE/NR 宏站小区的上行底噪无抬升。

4 总结与展望

国内5G网络已经建设了多期, 宏网覆盖和室分高价值场景覆盖已趋近饱和, 现在网络建设主要聚焦在电梯、地停、小微场景等价值偏低但有覆盖需求的场景。

电梯、地停、小微场景当前需求的网络体验速率不高, 各厂家推出了低成本的解决方案。其中, INCR (Intelligent Network Controlled Repeaters) 在众多低成本解决方案中有着独特的优势, 随着智能驾驶、智慧停车等行业的发展, 地停对网络体验有着更高的需求, INCR 网络性能更具优势, 能够更好地满足这些不断增长的需求。

(上接第11页)

4 总结与展望

随着人工智能和算力等新兴业务的快速发展, SPN 承载网将通过其广泛的覆盖范围和差异化的服务能力, 为用户提供高质量、高确定性的网络体验。SPN 承载网能够根据用户的具体需求, 按需动态分配网络资源, 确保各类应用的高效运行。

面向未来, 通过引入 AI 和大数据技术, SPN 承载网

将实现网络资源的智能管理和优化, 提升网络的运行效率和用户体验。同时, 绿色低碳技术的应用将显著降低网络能耗, 减少碳排放, 为可持续发展作出贡献。SPN 承载网将致力于构建一个高度融合、智能化和绿色低碳的网络体系。这一网络体系不仅能够无缝衔接个人、家庭、政企等传统业务, 还能支持新兴的算力业务, 为各行业的数字化和智能化转型提供新质生产力。

高铁5G网络建设规划的系统性研究与实施路径探索

张建明 范石勇 江西省邮电规划设计院有限公司 江西省南昌市 330009

摘要: 随着高铁的快速发展和5G技术的日益成熟,高铁沿线5G网络建设成为提升旅客出行体验、保障列车安全运行以及推动智慧交通发展的关键。本文对高铁沿线5G网络建设规划进行系统性研究,分析建设过程中的关键要素,包括需求分析、技术选型、覆盖方案设计等,并探索其实施路径,为高铁沿线5G网络的高质量建设提供理论依据和实践指导。

关键词: 高铁 5G网络 建设规划 实施路径

0 引言

高铁作为现代交通运输的重要组成部分,具有运行速度快、客流量大的特点。而5G网络以其高带宽、低延时、大容量的优势,为高铁的通信需求提供了全新的解决方案。对高铁5G网络建设规划进行系统性研究,对于合理利用资源、优化网络性能具有至关重要的意义。实施路径的探索则确保建设过程的顺利开展,让5G网络在高铁场景中发挥最大效能。

1 高铁5G网络建设背景与意义

作为一种绿色快捷的交通方式,近10年来,高速铁路在我国发展迅速。截至2023年底,全国高铁营业里程4.5万公里,且呈快速增长态势,高铁里程占全球总

量的60%以上。截至目前,高铁累计发送旅客人次已超70亿,年增长率超35%。自2015年起,高铁旅客运量超过普通铁路,成为中国人出行第一选择。

伴随着高端人群大规模、长时间乘坐高铁频繁流动,以及铁路本身信息化建设的需求,高铁车地无线通信需求日益强烈。随着移动互联网的普及,人们对移动办公和在线娱乐的需求日益增加,而高铁列车舒适的乘坐体验,进一步释放了乘客们的移动通信需求。因此,高铁覆盖是5G部署的重要基础场景,为高速铁路部署高质量的5G网络,为高铁乘客提供理想的通信感知对运营商提升品牌竞争力和增强高端用户黏合度至关重要。

2 高铁5G网络建设需求分析

2.1 旅客通信需求

大量旅客在高铁车厢内有进行高速稳定移动数据通信的需求,例如浏览网页、观看抖音视频、使用微信等社交媒体。随着对高清视频流等大带宽业务的需求持续增长,这就要求5G网络能够满足高数据速率的要求。与此同时,语音通话质量也需得到保障,在高铁高速行驶过程中,避免出现信号中断或通话质量欠佳等状况,以确保旅客的基本通信需求得以满足。

2.2 列车运行安全与监控需求



图1 高铁实景图

5G网络能够为列车的运行控制系统提供可靠的通信支持,如传输列车位置、速度等关键信息。低延时的5G网络对于保障列车的安全间隔和精准控制至关重要。支持对列车设备的实时监控,包括机械部件状态、电气系统参数等,及时将数据传输至地面控制中心,以便在出现异常情况时能够迅速采取措施。

2.3 智能交通服务需求

实现车站与列车之间的智能调度,提高运营效率。例如,实时调整列车停靠站台、优化运行时刻表等操作需要快速稳定的网络通信。为未来的自动驾驶技术、智能车厢环境控制等智能高铁应用提供网络基础,这些都依赖于5G网络的高可靠性和低延时特性。

3 高铁5G网络建设的技术选型

3.1 5G频段选择

对于高铁场景,需综合考虑频段的传播特性和覆盖范围。低频段(如700MHz/800MHz等)具有较好的覆盖能力,但带宽相对较窄;高频段(如2.6GHz/3.5GHz等)可提供更高的带宽,但传播损耗大,覆盖范围有限。因此可采用高中低频段结合的方式,客流量大的重点线路采用高频段保障用户容量和速率需求,在车次较少的线路采用低频段覆盖,保障高铁沿线5G信号连续覆盖。

3.2 网络架构选择

考虑采用分布式无线接入网络(D-RAN)和集中式无线接入网络(C-RAN)相结合的架构。在高铁沿线的基站布局中,C-RAN架构可以通过集中处理资源,提高网络资源的利用效率和管理灵活性,而D-RAN则在一些需要本地快速处理的场景中发挥作用。引入软件定义网络(SDN)和网络功能虚拟化(NFV)技术,实现网络的灵活配置和功能动态调整,以适应高铁运行过程中不同路段、不同时段的通信需求变化。

3.3 关键技术应用

大规模MIMO技术在高铁基站中的应用可以显著提高网络的容量和覆盖性能。通过在基站端配置多个天线,实现对多个用户的同时波束赋形,增强信号强度和方向性。高铁沿线地形复杂多变,应结合大桥、地堑等

场景特殊需求,使用高铁专用高特性天线,提升覆盖能力,降低天线波束和高铁沿线夹角,实现信号在铁路沿线精准覆盖。

4 高铁5G网络覆盖的规划方案

4.1 基站布局

对于直线轨道,相邻站点宜交错分布于铁路的两侧,尽量形成“之”字型布局,有助于改善切换区域,有利于车厢内两侧信号质量的均衡。如图2所示。



图2 “之”字形基站分布图

对于铁路弯道,站址宜设置在弯道的内侧,可提高入射角,保证覆盖的均衡性。如图3所示。



图3 “U”形基站分布图

对于分岔铁路,在分岔口处的多个基站做2个或2个以上基站的超级小区合并,避免分岔口多个小区信号之间的干扰。如图4所示。

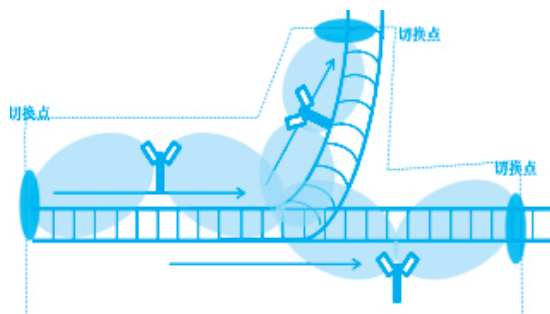


图4 分岔路口基站分布示意图

为保证站点覆盖最优,需要合理规划站点的射频参数,涉及站点位置、站轨距、挂高、入射角、天线方位角/下倾角、站间距等参数的规划。如图5所示。

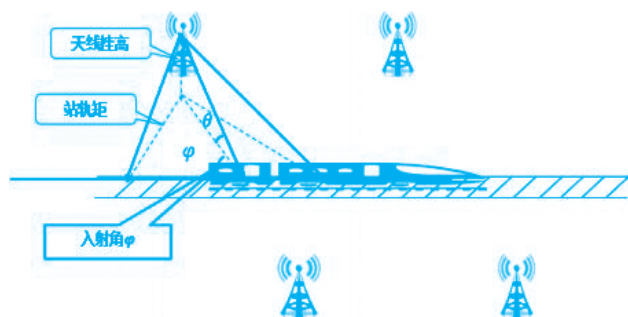


图5 高铁站址整体规划图

4.2 站轨距设置

(1) 站轨距设置建议

站轨距是指站址到铁轨的垂直距离，合理站轨距范围需要综合考虑入射角要求和最佳的覆盖性能要求。

基站到铁轨的距离：建议控制在50~200m（推荐100~150m），保证入射角 θ 不小于 15° （推荐不小于 20° ），个别特殊场景（如桥梁）可以考虑拓展到300m。如图6所示。

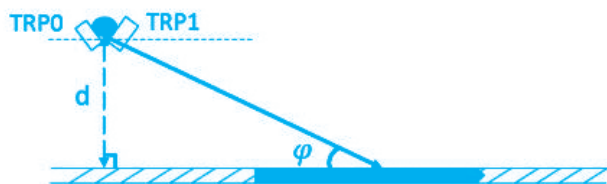


图6 高铁站轨距规划示意图

(2) 多普勒频移对距离的影响

站轨距越小，多普勒频移越显著。站轨距小于100m时，对频移影响明显。郊区铁路沿线地貌空旷时，站轨距可大些；城区建筑物较多、车速较低，站轨距可以小些。

(3) 入射角和车体穿透损耗之间的关系

根据相关测试统计数据，高铁列车车厢穿透损耗随着入射角的减小而增加。当入射角在 10° 内时，列车穿透损耗快速增加。所以在网络规划时，入射角应不小于 10° ，建议在 20° 以上。

(4) 站轨距与入射角之间的关系

站轨距与入射角的关系： $D = \sqrt{R^2 - h^2} \times \sin(\theta)$ ；

假定覆盖半径R等于300m，站高h为40m，入射角 θ 为 20° ，此时站轨距D等于102m；若站轨距缩小为20m，则此时入射角 θ 为 10° 。

4.3 站轨高设置

建议天线挂高相对铁轨的高度为10~25m。当站点和列车之间存在树林遮挡的场景，保证天线挂高高出防护林10m以上。在高架桥区路面场景下，天线挂高应高出高架桥等10~20m。为确保用户感知，综合入射角及站轨距等一般情况下天线净高（天线挂高出轨道高） $\geq 20\text{m}$ 以上，最低不小于10m，且至少保证该扇区覆盖范围内的轨道和天线之间无明显阻挡。如图7所示。

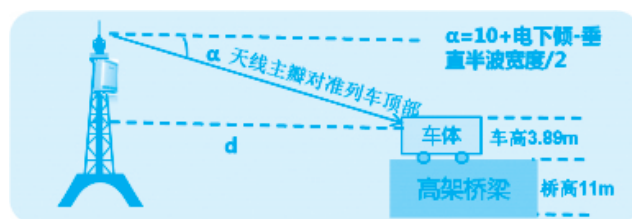


图7 高铁站轨高规划示意图

基站相对地面高度 = 桥梁高度 + 车体高度 + $d \times \tan(\alpha)$

在站高规划中，需要综合考虑天线入射效果以及天线倾角可调范围，考虑点如下：

◎ 天线物理下倾一般建议不超过 10° ，站高过高则下倾需求过大，容易导致波束变形；

◎ 站高设计需要保证信号的直射径能从列车玻璃穿透，减少信号主瓣从车顶穿透概率；

◎ 基于天线物理下倾调整范围，建议站点相对铁轨高度控制在15~35m左右；

◎ 一般场景，天线相对铁轨挂高保持在15~35m，信号覆盖较优；

◎ 大桥两端站点，相对挂高30m以上；

◎ 隧道口的场坪站点，相对挂高9m。

5 高铁5G网络建设的实施路径

5.1 前期准备阶段

进行详细的线路勘测，包括地形地貌、电磁环境等因素的调查。了解高铁沿线的地理特征，识别可能存在的信号遮挡和干扰源，为基站选址和网络规划提供依据。与高铁运营部门、通信管理部门等相关机构进行沟通协调，获取建设所需的许可和支持，明确各方在建设过程中的责任和义务。制定项目预算和时间表，合理安

排资金和建设周期,确保项目的有序推进。根据建设规模和技术方案,估算设备采购、安装调试、运维等各环节的费用,并确定项目的关键里程碑节点。

5.2 建设实施阶段

按照规划进行基站的建设和设备安装。严格遵循工程建设标准,确保基站的结构安全和设备安装质量。在基站建设过程中,注意环保要求,减少对周边环境的影响。进行网络的调试和优化,在设备安装完成后,对5G网络进行参数配置和性能测试,根据测试结果对网络进行优化调整,包括信号强度、覆盖范围、切换性能等方面的优化。建立网络监控系统,实时监测网络的运行状态。通过在基站和网络核心节点部署监控设备,收集网络性能数据,如信号质量、流量负载、故障告警等信息,及时发现并解决网络运行过程中出现的问题。

5.3 后期运维阶段

组建专业的运维团队,负责高铁5G网络的日常维护和故障处理。运维人员应具备丰富的通信技术知识和实践经验,能够快速响应和解决网络故障,保障网络的高可用性。制定定期巡检计划,对基站设备、传输线路等进行检查和维护。检查内容包括设备运行状态、电源供应、天线状况等,及时发现并更换老化或损坏的设备

部件。根据网络运行数据和用户反馈,持续优化网络性能。随着高铁客流量的变化和新技术的应用,对网络进行升级和改进,如增加基站容量、优化覆盖方案等,以满足不断增长的通信需求。

6 结束语

高铁5G网络建设是一项复杂的系统性工程,需要全面考虑旅客通信、列车安全运行和智能交通服务等多方面的需求。通过合理的技术选型、科学的覆盖方案设计以及完善的实施路径,可以实现高铁5G网络的高质量建设。这不仅能够提升旅客的出行体验,还将为高铁的智能化发展提供强有力的通信保障,推动交通运输行业向更高水平迈进。在未来的发展中,还需持续关注5G技术的新进展和高铁运营的新需求,持续优化高铁5G网络,以适应不断变化的环境。

参考文献

- [1] 王映民,孙韶辉.5G移动通信系统设计与标准详解[M].北京:人民邮电出版社,2020.
- [2] 王家旭,杨峰,王文成.5G的发展及关键技术与应用[J].中国新通信,2019,21(15):120-121.

(上接第47页)

结构化文本关键信息识别,还能够加速模型收敛速度,使模型的泛化能力更强。

4 结束语

本文通过对关键信息抽取加入字符的位置信息,字符的语义信息,字符的图像信息等多种信息更好地丰富了特征提取网络的输入,使得关键信息抽取更为快速准确。

参考文献

- [1] Kaiquan CAI, Yue LI, Yongwen ZHU, et al. A geographical and operational deep graphconvolutional approach for flight delay prediction[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2023(3):357-367.
- [2] Diyin TANG, Jinrong CAO, Jinsong YU. Remain-

ing useful life prediction for engineering systems under dynamic operational conditions: A semi-Markov decision process-based approach[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2019(3):627-638.

[3] 李俊,吕学强.融合BERT语义加权与网络图的关键词抽取方法[J].计算机工程,2020,46(9):89-94.

[4] 王梓权.基于局部扩张的复杂网络社区发现算法研究[M].重庆:重庆邮电大学,2019.

[5] 戴兴,刘永坚,解庆,等.基于特征权重与情感偏好的可解释推荐[J].计算机工程与设计,2022,43(8):2130-2136.

[6] 闫昭,项欣光,李泽超.基于交互序列商品相关性建模的图卷积会话推荐[J].中国科学:信息科学,2022,52(6):1069-1082.

龙勃透镜天线在移动通信中的应用探讨

顿 斌 北京中网华通设计咨询有限公司 北京市 100070

摘 要: 2024年工业和信息化部联合十一部门开展“信号升格”专项行动,住宅小区、公路铁路水路、重点商超、乡镇农村等都列入重点场景,增加覆盖的广度、深度,提升网络质量、优化用户感知是本次专项行动的目的。不同的场景对天线的性能需求各不相同,甚至有较大差异。相比传统板状天线,龙勃透镜天线具有高增益、垂直波束宽、水平波束窄、波束间干扰小的特点,可与多种场景灵活适配。通过对龙勃透镜天线的技术原理、性能指标等进行研究,与传统天线进行优劣势对比,确定其适用场景并通过应用案例佐证,为龙勃透镜天线规模化应用提供参考。

关键词: 透镜 龙勃透镜 高增益 窄波束

0 引言

龙勃透镜是透镜的一种特殊类型,通过多层介质球体的折射特性来实现电磁波的汇聚。采用该技术的天线叫龙勃透镜天线,最早由美国数学家鲁道夫·卡尔·卢纳伯格在1944年提出。

相对于靠相位叠加的板状天线,透镜天线是利用透镜的特性来转换电磁波的波形,可将点源或线源产生的球面波或柱面波通过透镜转换成平面波,进而形成具有特定形状(如笔形、扇形等)的波束。透镜天线对电磁波的转换特性主要由表面形状及材料的折射率决定。与普通天线相比,透镜天线旁瓣、后瓣小,波束窄、方向性好,相比光学仪器对透镜的精度要求低。

龙勃透镜天线属于透镜天线,是由介质材料制成的圆球体,可将不同角度传播的电磁波会聚到透镜表面的一个点上。通过在球体内部选择适当的介电常数渐变材料,利用多层介质球体的折射特性,将单个天线单元的低增益、宽波束的电磁波信号汇聚成高增益、窄波束的电磁波信号。如图1所示。

常见的天线类型为单波束透镜天线、多频多波束透镜天线、透镜赋形天线等。

龙勃透镜由于其球形设计,从任何方向射入的电磁波都会汇聚在一个点上,这种特性使得龙勃透镜的雷达反射截面积远远超过其真实的物理截面积。因此龙勃透

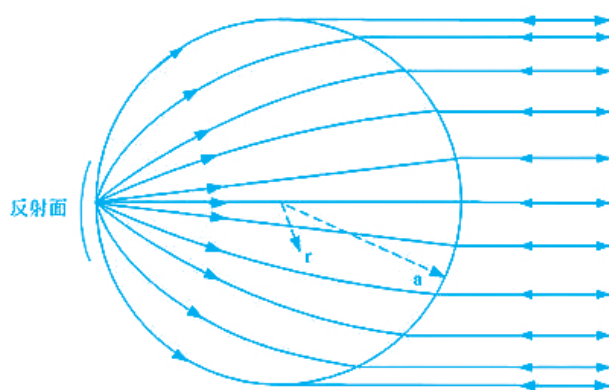


图1 龙勃透镜天线原理图

镜广泛应用于隐身战斗机的雷达信号隐藏和雷达侦测。此外,龙勃透镜还在卫星通信、电子对抗和跟踪系统中有所应用。

由于生产龙勃透镜的材料、工艺都还没有达到大规模低成本生产制造的程度,而且龙勃透镜天线属于专利技术,只有少部分厂商掌握,所以目前在民用移动通信方面并没有大规模应用。

1 应用场景及部署建议

移动通信覆盖场景多种多样,对天线的性能要求也不一样。在使用龙勃透镜时,可根据场景需求与其性能

特性进行匹配，选择合适的场景进行天线的部署。其特点主要如下：

- (1) 高增益。焦点、圆心、平面波方向在一条直线上，靠介质透镜的聚焦特性可将发射信号和接收信号放大数十倍。
- (2) 多波束。不同位置波束形状相同。垂直、水平方向多波束，可实现波束赋形。用两层或者三层波束，覆盖垂直方向，用八个水平波束，覆盖水平面。
- (3) 波束一致性好，旁瓣低，边缘滚降更陡峭，波束隔离度高。
- (4) 无极化特性，满足单极化、双极化 ± 45/HV、圆极化。
- (5) 水平面/垂直面均可以实现电调。
- (6) 超宽频。支持频谱范围宽，适用于多制式（2G/3G/4G/5G及毫米波）。
- (7) 易部署。介质材料密度为0.08~0.09g/cm³，重量轻、体积小、风阻小、安装方便。
- (8) 超低损耗。传输损耗与空气相比不到0.5dB（10GHz测量），传输损耗低，天线效率高。

以上分析可看出龙勃透镜具有高增益、广覆盖、大容量、易赋形等技术特点，适用于大部分覆盖场景，基于造价等方面的考虑，建议重点应用场景为：高铁/高速等线性场景、小区楼宇深度覆盖、低空一体化覆盖、海域的广度覆盖等。

下面针对每一类场景进行具体分析并与目前常规方式进行对比。

1.1 高铁、高速等线性场景

该场景主要是利用龙勃透镜天线高增益、垂直波束宽、可以波束赋形的特性。通过波束赋形，形成特殊的波瓣形状，形成水平远近波束，匹配高铁覆盖需求。

传统的板状天线在覆盖铁路时，受限于水平波宽与垂直波宽，波束的覆盖投影与高铁线路存在一定的夹角，水平波瓣间区域就会出现水平覆盖空洞，旁瓣之间的零点在高铁线路上也会产生垂直覆盖空洞，影响了线路的连续覆盖。龙勃透镜天线垂直波瓣角能够达到15-20度，在站轨距较近时覆盖高铁效果更优。如图2所示。

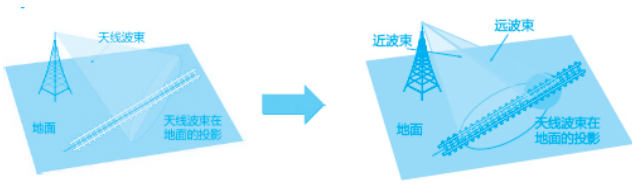


图2 板状天线、龙勃透镜天线覆盖铁路对比图

1.2 小区楼宇等密集高层场景

该场景主要是利用龙勃透镜多波束带来的宽波瓣角以及高增益特性，提高对楼宇的横向、纵向覆盖面以及覆盖强度。表1为龙勃透镜天线与常用射灯天线性能对比，体现出在小区楼宇等密集高层区域覆盖的优越性。

表1 龙勃透镜天线与常用射灯天线性能对比表

性能参数	常规射灯天线	龙勃透镜天线
增益 (dBi)	12~13	17
水平波束宽度 (°)	30	30
垂直波束宽度 (°)	60	60~80

说明：表中数据为某厂商数据，不同厂商之间可能存在差别。

1.3 低空一体化覆盖

低空一体化覆盖是指地面+低空空域的联合覆盖，这也是发展低空经济对通信领域提出的需求。低空空域，通常是指距正下方地平面垂直距离在1000米以内的空域，根据不同地区特点和实际需要可延伸至3000米。

该场景下，常规阵列天线由于设计上的局限性，上倾角覆盖波束指向增益低，覆盖距离短，如要满足覆盖要求，需要新增天线。利用龙勃透镜天线的多波束赋形特性，可同时对该场景进行良好的覆盖。

表2 龙勃透镜天线低空场景覆盖性能表

波束指向	增益 (dBi)	水平半功率角 (°)	垂直半功率角 (°)
对地	16.3	33	19.9
对空	17.7	35	16.4

说明：表中数据为某厂商数据，不同厂商之间可能存在差别。

1.4 海域广度覆盖场景

该场景主要是利用龙勃透镜高增益特性，根据工程测试，2.1GHz龙勃透镜天线相对板状高增益天线的覆盖距离提升25%以上。

以上是根据龙勃透镜天线特性确定的四个主要应用场景，下面通过应用案例佐证该天线的实际应用效果。

2 应用案例

2.1 案例1：高层楼宇覆盖增强

某小区为多栋23层的高层建筑，该小区东西两侧各有1个宏基站，但由于东侧基站位置较低，与小区之间有树木阻挡，该小区主服务基站为西侧基站。目前该小区用户主要的投诉集中在手机无法接打电话，经分析主要原因是住宅低、高层信号弱，而且由于周边没阻挡可接收到的信号也比较杂，导致干扰严重、SINA指标低。

西侧基站位于土坡上，土坡高36米，塔高20米，小区高层约80米。基站天线与小区之间无遮挡，直线距离约200米。目前采用的天线为常规的板状天线，垂直波瓣角为9度，经计算，主波瓣有效覆盖小区楼宇的高度为20米，考虑到旁瓣的覆盖以及下倾角的因素，经过计算，高层建筑上部5层以及下部3层基本覆盖不到。

考虑到站址位置较佳，为了避免新增站址带来的建设成本，首先考虑采用替换天线的方式解决覆盖不足、没有主导信号的问题。将L900基站，更换板状天线为垂直双波束龙勃天线，双波束的透镜天线在垂直方向有2个高增益的波瓣，垂直瓣宽达到25度，增益增加7dB，替换后经测试，覆盖效果如下：

(1) 室外覆盖

替换前室外信号RSRP均值为-86.93dBm，SINR均值为5.36dB；替换后RSRP均值达到-78.57dBm，整体提升8.36dB，SINR均值为10.62dB，整体提升5.26dB。

(2) 室内覆盖

替换前楼宇内信号RSRP均值为-96.69dBm，SINR均值为2.64dB；替换后楼宇内信号RSRP均值达到-88.40dBm，整体提升8.29dBm，SINR均值为6.43dB，整体提升3.80dB。

由于是天线原址替换，测试结果没有其他因素影响，该案例直接证明了龙勃透镜天线在增益、垂直波瓣方面相较常规天线的优越性，也证明了在小区楼宇等密集高层场景的适用性。

2.2 案例2：超远、大范围覆盖

某滑雪场，3A级景区，地形复杂、高低落差大，本期需建设5G基站覆盖整个景区。

如图3所示，东侧是雪道，海拔490米；景区海拔260米，两者之间有230米高程差。基站位于景区与雪道南部，海拔380米，与景区、雪道高差基本为±100米。该地形对基站天线提出了极其苛刻的要求：既要上仰覆盖雪道，又要大幅下倾覆盖景区。覆盖雪道要求波瓣窄、增益高；覆盖景区要求覆盖面广。考虑到景区人流量及业务量需求，计划使用3.5G进行覆盖，这也对天线增益提出了较高要求。

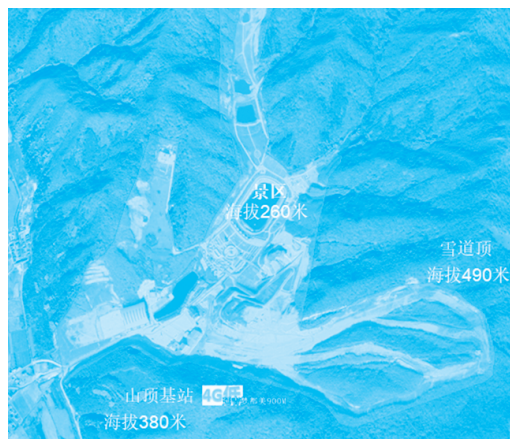


图3 某滑雪场覆盖区域地形图

综上所述，使用常规的多通道天线，增益及方向性都不能满足要求。根据对场景分析，计划采用龙勃透镜天线覆盖。

(1) 利用一副单波束透镜天线，方向角设置为65°、上仰角设置为20°，该天线增益17.5dBi，水平半功率角20°、垂直半功率角20°、垂直10dB角45°。通过上仰以及大的垂直波瓣完成远距离、高落差的雪道覆盖。

(2) 景区及周边覆盖采用一副双波束透镜天线，方向角设置为340°、下倾角设置为12°，该天线增益为17.5dBi，水平半功率角20°、双波水平角度50°、垂直半功率角20°、垂直10dB角45°，相比雪道覆盖，通过双波束增大了水平覆盖面，更适合对景区及周边的覆盖，下倾及垂直大波瓣解决了大落差问题。

经测试，SS-RSRP≥-105dBm & SS-SINR≥-3dB的数据点百分比93%，下行速率峰值690Mbit/s。雪道区

域及景区室外区域均达到覆盖目标。

从该案例可看出,龙勃透镜天线性能组合的灵活性,能根据场景需求通过波束组合进行适配。

3 结束语

从上述案例可以看出,龙勃透镜天线利用其优良的性能特征在移动通信中能适配多样场景,无论是覆盖增强、容量提升都能发挥更大的作用。但近年在5G大规模建设中,并没有成规模采用龙勃透镜天线,更多还是处于试验阶段。这个由两方面因素造成:首先是材料的价格问题、其次是加工精度的问题,即便是非常微小的加工误差,也会使得天线的辐射特性发生剧烈变化,这些问题使得龙勃透镜天线目前在民用通信领域没有实现大规模生产和应用。

目前,已经进入5.5G时代,包括将来的6G时代,对带宽的需求越来越大,毫米波也将进行部署。目前国外已经有毫米波商用案例,国内工业和信息化部已开放毫米波试点申请,2024年下半年发放毫米波试验许可。毫米波通信对天线增益要求更高、波束能力要求更强,而这也正是龙勃透镜天线最擅长的方面,二者配合使

用,必将发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 曾进,李皓杰.龙勃透镜天线的研究与应用[J].长江信息通信,2023,36(7):86-90.
- [2] 陈辉,黄莹.5G高铁覆盖透镜天线试点应用研究[J].电信工程技术与标准化,2023,36(10):73-75.
- [3] 李清永.基于龙勃透镜天线的海面5G超远覆盖研究[J].长江信息通信,2023(11):215-218.
- [4] 查昊,朱巧玉.4G/5G特型美化天线在居民小区的应用[J].电信快报,2023(4):9-12.
- [5] 李在勇,雷振.龙勃透镜天线在高容量场景的应用研究[J].中国新通信,2021,23(17):101-102.
- [6] 刁枫,刘航,符凯,等.龙勃透镜天线在高铁场景下的应用研究[J].移动通信,2021,45(6):77-80.
- [7] 李东耀.浅谈透镜天线在5G网络覆盖中的应用[J].智能城市应用,2021(1):42-44.
- [8] 刘进军.透镜式卫星天线[J].卫星电视与宽带多媒体,2006(20):46-49.

(上接第03页)

pi.com/archives/15024.

[4] 东方网.数智蝶变:华为云助力建设县域治理[EB/OL].(2024-07-24)[2025-01-10]<https://ex.chinadaily.com.cn/exchange/partners/82/rss/channel/cn/columns/sz8srm/stories/WS66a0c78ca3107cd55d26c717.html>.

[5] 铅山县人民政府办公室.铅山县人民政府办公室关于印发铅山县数字政府建设实施方案的通知:铅府办字〔2024〕22号[EB/OL].(2024-06-28)[2025-01-10].<http://www.jxyanshan.gov.cn/jxyanshan/gfxwj/202408/c799dbeb98344b4d84a5ac20eb7a0810.shtml>.

[6] 刘浪,周剑涛,戴欢.江西省政务云实践与发展对策研究[J].科技广场,2022(4):48-55.

[7] 李志猛,应俊,易永任,等.数字中国在县域落地实践和发展研究[J].江西通信科技,2024(02):26-30.DOI:10.16714/j.cnki.36-1115/tn.2024.02.010.

[8] 乘“数”而行,定南数字政府建设步履铿锵[EB/OL].(2023-09-12)[2025-01-10]<http://www.ganzhou.gov.cn/ganzhou/ywyd/qxdtyw/202309/10c99c4e180d49049d4c9c8c9c5c9c8d.shtml>.

[9] 共青城市人民政府.共青城市关于深化“放管服”改革提升政务服务质效的若干措施[EB/OL].(2023-05-29)[2025-01-10].https://www.gongqing.gov.cn/xzspj/02/01/01/202312/t20231221_6341360.html.

[10] 樟树市人民政府.党的二十大精神在基层:药都樟树的数字之变[EB/OL].(2022-12-1)[2025-01-10]<http://www.zhangshu.gov.cn/zssrmzf/zsxw/202212/5cc79ae745de4c54aa3875fe717f1db8.shtml>.

[11] 樟树市工信局.江西樟树中医药全链条数字化提升发展新动能[EB/OL].(2024-10-17)[2025-01-10]<http://www.zhangshu.gov.cn/zssrmzf/gzdtc2mpg/202410/744499ce655448f09e3edc13d278b746.shtml>.

运营商宽带接入网节能减排工作的研究与应用

戴 斌 揭凌雁 余 波 中国电信股份有限公司江西分公司云网运营支撑中心 江西省南昌市 330046

摘 要：国家明确提出二氧化碳排放“力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”的目标，面对这一国家战略，中国电信集团公司提出全新的“双碳”发展工作模式。江西电信将低碳管理理念贯穿于各专业网络建设运营工作当中，文章从“硬”“软”“AI”节能三个方面，详细阐述了宽带接入网节能减排工作的研究与应用。

关键词：接入网节能 设备缩容 流量预测

0 技术背景

随着千兆光网城市的建设，千家万户都享受着快速稳定的互联网服务。光线路终端（以下简称OLT）作为各家运营商提供网络服务、连接光纤干线和用户端的光网络单元，实现对用户数据的汇聚、转发和管理等功能，是无源光网络（PON）系统中的核心设备之一，也是运营商接入网设备作为互联网承载的“底座”，该设备具有数量大，地域分布广，耗电量大的特点。运营商面对如此庞大的设备群，江西电信节能团队从每一块板卡耗电量测试入手制定节能方案，从设备硬件、软件、AI流量预测三个方面开展扎实有效的节能工作。

1 “硬”调优节能方案

“硬”调优节能方案主要从高密度板卡替换低密度板卡、空闲PON口归并、设备空闲槽位的调整以及OLT机框并框四个方面入手，实现OLT设备密度更高、设备数量更少的硬件调优目标，从设备硬件数量层面达到节能效果。随着光网业务的不断演进，OLT设备板卡从最早的低密度的EPON、GPON板卡演进至高密度XGPON、10G EPON板卡。如何将OLT设备新老密度板卡高效率的复用呢？团队精心设计的“硬”调优方案包括机房OLT并框、单台OLT缩容两个场景，团队根据OLT所在机房信息为“入参”，以机房为“维度”，设计算法并开

发程序，针对不同OLT设备厂商重新规划PON口位置，使用高密度板卡替换低密度板卡，科学地对机框缩容，达到省电的目的。如图1所示。

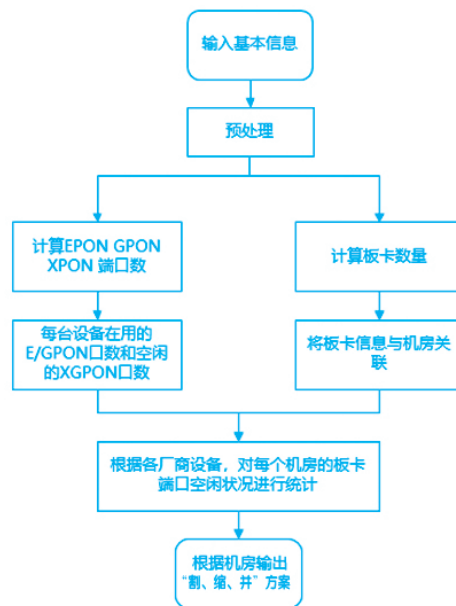


图1 接入网机房归并和板卡缩容算法流程图

“硬”调优方案中，除机框归并之外，团队还针对OLT设备双上行链路以及电源主备用板卡在节能方面是否可以考虑阶段性关闭的课题进行探讨与评估，出于对设备冗余、客户上网感知保障的考量，该节能方案最终

未被团队采纳。

表1 接入网机房归并和板卡缩容截图表（示例）

地 市	退网 EPON 4端口板 卡数	退网 EPON 8端口板 卡数	退网 GPON 16端口板 卡数	退网 GPON 8端口 板卡数	退网 机框数	需割接 EPON 端口数	需割接 GPON 端口数
地市1	0	66	66	66	66	0	66
地市2	66	66	66	66	66	66	66
地市3	0	66	66	0	0	66	66
地市4	66	66	66	66	66	66	66
地市5	0	66	66	0	66	0	66
地市6	0	66	0	66	0	66	66
地市7	66	66	66	66	66	0	66
地市8	66	66	66	66	66	66	66
地市9	0	66	66	66	66	0	66
地市10	66	66	66	66	0	66	66
地市11	66	0	66	66	66	66	66

2 “软”调优节能方案

2.1 动态功率分配

OLT设备“软”调优节能方案，主要是指在节能深度模式下OLT设备可以根据流量负载动态调整部分组件的工作状态。例如在业务低谷期，设备能够自动降低光模块的发射功率，或者将一些未使用的端口设置为关闭状态。对一些冗余的电源模块进行智能管理，根据实际功率需求，适当关闭部分电源模块或者使其进入低功率运行模式，减少不必要的能源消耗。设备开启深度节能模式后能有效减少电力开支，对于大规模部署OLT设备的运营商或企业来说，节能效果显著。如表2所示。

表2 OLT设备开启节能模式功耗优化汇总表

设备名称	配置节能前电流 (A)		配置节能后电流 (A)		功率降低 (W)
OLT设备1	6.46	6.72	6.17	6.34	35.51
OLT设备2	4.64	3.93	4	4.1	24.91
OLT设备3	2.44	2.58	2.39	2.54	4.77
OLT设备4	7.21	6.75	6.6	6.6	40.28
OLT设备5	10.03	9.8	5.85	6.12	416.58
OLT设备6	4.72	4.6	3.57	3.48	120.31
OLT设备7	1.08	1.19	0.99	1.02	13.78
OLT设备8	14.24	20.71	13.42	19.71	96.46
OLT设备9	13.32	13.34	13.01	12.8	45.05
OLT设备10	1.53	2.42	1.39	2.38	9.54
OLT设备11	9.32	4.76	6.08	2.69	281.43
OLT设备12	11.53	11.24	9.6	10.8	125.61
OLT设备13	12.3	11.86	10.93	11.3	102.29

设备名称	配置节能前电流 (A)		配置节能后电流 (A)		功率降低 (W)
OLT设备14	11.92	11.45	10.25	10.26	151.58

以江西电信主流的OLT设备为例，在开启了深度节能模式后，节能成效显著。以某台OLT设备来说，OLT开启节能模式前，设备功耗2155W。如图2所示。

```
Command:
display power 0
-----
FrameID  Power(unit:watt)
-----
0        2155
-----
```

图2 OLT设备开启深度节能前耗电量

OLT开启节能模式后，系统自动关闭了14块无业务的XGPON板卡，设备功耗降至699W，该台OLT设备节能成效明显，节能比达到67.6%。如图3所示。

```
Command:
display power 0
-----
FrameID  Power(unit:watt)
-----
0        699
-----
```

图3 OLT设备开启深度节能后耗电量对比

2.2 风扇分区调速

在OLT设备的节能优化方面，团队随后提出了“软”调优节能方案二，该方案聚焦于风扇温度调区调速方式，当前市场上主流的两家OLT设备，其风扇调速策略有所不同。厂商一OLT默认依据环境温度调速，通过对设备所处环境的温度感知，自动调节风扇转速，以此来保障设备在适宜的温度环境下运行。如图4所示。

```
#fan speed mode auto ?
emu    Select FAN timing type:emu, mainboard
mainboard Select FAN timing type:emu, mainboard
```

图4 OLT风扇调速模式指令（厂商一）

厂商二OLT则默认根据单板温度调速，直接针对单板发热情况进行风扇转速调控，精准地为发热部件散热。如图5所示。

```
#fan speed strategy shelf 1 ?
env-stepless Stepless speed strategy based on environment temperature
pid          PID strategy based on board temperature
```

图5 OLT风扇调速模式指令（厂商二）

通过与各厂商的深入沟通和技术交流，综合考虑设备节能后的运行效果推荐采用根据板卡温度调区调速模

式。这种模式能够更加精准地根据板卡的实际温度情况，划分不同的温度区间，在每个区间内匹配相应的风扇转速。相比其他调速方式，它能在确保板卡稳定运行的同时，最大程度地优化风扇能耗。如图6所示。

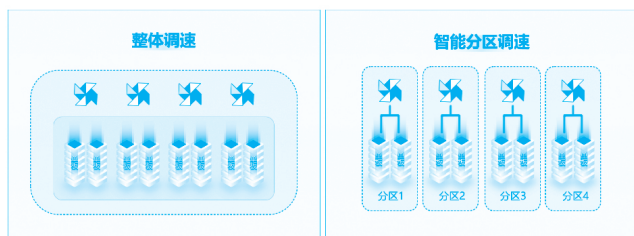


图6 风扇分区调速的节能示意图

结合江西电信的实际部署情况来看，将节能目标与实际生产紧密结合后发现，根据板卡温度分区调速模式具有显著优势。在实际运行过程中，该模式既满足了江西电信业务稳定开展的需求，保障了OLT设备的可靠运行，又在节能方面取得了良好的效果，有效降低了设备的能耗成本，提升了整体运营效益。

3 AI调优节能方案

当前AI节能技术成为各大运营商探索降本增效的关键突破口，团队在AI节能方面选定了PON口闲时关闭的课题方向。该课题的核心在于算法的摸索与设计，其中涉及两个至关重要的阈值设定。第一，对未来某个特定时刻的PON通道流量进行精准预测。借助AI算法，整合历史流量数据、实时业务动态以及各类影响因素，构建出高度精确的流量预测模型，从而提前洞悉PON通道的流量变化趋势。第二，聚类ONU无业务流量的阈值。通过对大量ONU设备的业务流量进行深度分析与聚类，确定出在无业务活动时的流量阈值标准，将其作为判断PON口是否进入节能模式的关键依据。

当预测得出的PON口流量小于预先设定的无业务流量阈值时，系统便会自动触发控制机制，使PON口迅速进入节能模式。值得一提的是，PON口进入节能状态后，采用的是周期性睡眠方式来实现节能，这种方式与IEEE定义的以太网节能理念相契合。在这一过程中，OLT光模块的工作状态进行了巧妙优化：在上行接收方向，始终保持打开状态，确保能够及时接收来自ONU的

上行数据，维持通信链路的畅通；而在下行发送方向，则依据节能策略进行动态调整，在Quiet阶段关闭光模块，停止数据发送，从而有效降低能耗；在Refresh阶段打开光模块，恢复数据正常发送，保障用户能够及时获取下行数据。

团队按照1:4的开/关比实测，每关闭一个XGS通道的发送，可以降低0.7W功耗。这一数据不仅直观地展现了PON口闲时关闭策略在节能方面的巨大潜力，更为后续大规模推广应用提供了坚实的数据支撑和实践经验。以江西电信的样本数据为例，77个PON口在24小时内共有222个5分钟的样本进行了节能测试。经计算，单PON口年节电量为： $0.7/1000 \times 222/77 \times 4/5 \times 60 \times 24 \times 365/3600 \approx 0.2357$ （度）。全省共有100万个XGPON口，若全部部署AI节能功能，每年可节省电量约为23.57万度。

4 节能工作后续思考

在数字通信的广袤版图中，接入网只是各运营商庞大网络架构里的一个关键单元。在推进节能工作的过程中，江西电信始终遵循着科学严谨的准则，一方面全力降低能耗，另一方面也注重保障网络的冗余保护，确保通信服务的稳定性与可靠性不受影响。如今，绿色低碳、智能节能已不再仅仅是一句口号，在全行业的共同努力下，节能工作必将得到持之以恒的推进，从细微之处着手，逐步汇聚成推动行业可持续发展的磅礴力量，为构建绿色、智能、高效的通信未来奠定坚实基础。

参考文献

[1] 新华社.二十届三中全会《决定》中与碳业务相关要点:两个碳体系,三个碳制度[EB/OL](2024-7-25)[2025-2-10]http://www.eco.gov.cn/news_info/71152.html.



市县城域网光缆网与OXC技术深度融合策略及应用研究

周召辉 江西路通科技有限公司 江西省南昌市 330000

摘要: 随着5G、云计算、大数据、CDN、边缘云及网络直播等新兴业务的迅猛发展,通信网络面临带宽需求和稳定性双重挑战。本研究聚焦于市到县级别的非架空光缆资源匮乏问题,以及传统环网OTN网络在带宽容量和路由灵活性上的局限性。通过引入OXC技术,提出了对光缆网络进行改造和优化的具体方案。该方案旨在提升网络的抗灾能力、增加路由多样性、优化频谱资源分配,并满足未来业务发展的多方向、高带宽需求。研究内容涵盖市县汇聚层光缆网络规划、光缆选型与造价测算,以及基于OXC技术的OTN网络架构重构,为构建高效、可靠、适应未来需求的市县城域传送网络体系提供了理论支持与实践指导。

关键词: 规划设计 OXC 光传送网 一改Y 高速高铁光缆

0 引言

随着信息技术的飞速发展,特别是5G、云计算、大数据等新型业务需求的不断增长,通信网络的稳定性和高效性成为运营商关注的焦点。近年来,各大运营商在城域网光缆网络的建设上取得了显著成效,网络覆盖范围和传输能力均得到了大幅提升。然而,在光缆网络日益完善的背后,也暴露出了一系列挑战与问题,尤其是在市到县这一级别的非架空资源匮乏问题上显得尤为突出。

(1) 通信网络稳定性与可靠性对建设非架空路由带来的需求

鉴于郊县地理位置偏远,距离市中心较远,这一客观条件极大地推高了管道基础设施建设的经济成本与时间周期,直接造成市县区域管道管孔资源极度稀缺。当前,市县汇聚层光缆构成中,架空光缆占据了显著比例,尽管这一布局在一定程度上满足了初期的通信需求,然而,在面对诸如强风、暴雨、冰雹等极端自然灾害时,其脆弱性显露无遗,光缆极易受损,不仅严重削弱了光缆网络的稳定传输能力和服务质量,更对整个通信网络的安全性与可靠性构成了潜在威胁。相比之下,采用非架空路由的光缆因其受外界环境影响较小,展现

出更高的安全保障性能。鉴于此,建设非架空路由的紧迫性日益凸显,成为缓解当前通信安全隐患、提升通信网络韧性、确保信息传输无虞的关键举措,而高速、高铁敷设光缆相比其他类型光缆,具有天然优势的安全可靠性。

(2) 新兴业务需求,重塑大带宽、高安全带来的网络升级需求

随着信息技术的飞速发展和数字化转型的深入,CDN、边缘云、网络直播等新兴业务在区县层面的广泛应用,极大地推动了数据流量的爆发式增长,从而对通信网络提出了前所未有的带宽需求。这些新兴业务要求网络具备高速、低延迟的数据传输能力,以确保用户能够享受到高质量的服务体验。然而,面对如此庞大的带宽需求,原有的OTN环网架构逐渐显露出其局限性。

首先,环网结构上的节点众多,导致频谱资源分配紧张,特别是在部分市县区域,OTN环网大多基于10/100波道的配置,其传输容量已难以满足日益增长的设备需求。

其次,传统OTN环网通常只提供两个路由,这在保障网络可靠性和灵活性方面存在明显不足,一旦某一路由发生故障,将严重影响业务的连续性和稳定性。基于

此背景下，OXC技术的引入和改造显得尤为重要，对现有的OTN网络进行改造升级，构建更加大带宽、灵活、高效、可靠的光网络架构。

因此，本研究深入研究并分析了从优化市县汇聚层光缆布局与重构OXC网络架构两个维度出发的策略，旨在精心打造一个高效、可靠且适应未来需求的市县城域传送网络体系，增强网络的灵活性、可扩展性和抗灾韧性，提升网络带宽与传输效率。

1 市县光缆网分析与研究

1.1 市县汇聚层高速高铁光缆规划

(1) 建立评估模型

由于高速公路、高速高铁、普通铁路建设光缆协调难度大，投产周期长，为充分评估建设的必要性和紧迫性，提前做好规划，基于建设条件、地理信息、业务需求、历史故障等维度，构建一个多维度综合评估模型，以科学决策推动非架空路由的建设。评分 ≥ 70 分，列入紧急需求； $70\text{分} > \text{评分} \geq 60$ 分，列入重点需求；评分 < 60 分，列入常规需求。其中，建设条件指标是否决项，如果该区县无高速、高铁经过，则无法建设。如表1所示。

表1 需求评估模型

一级指标	二级指标	满分值(分)	评估标准(区县为维度)
建设条件	路由可行性	45	否决项，具备高速公路、高速高铁、普通铁路等多种建设条件，得满分；不具备得0分
地理信息	人口	10	常住人口超30万得10分；20万~30万(含)得9分；10万~20万(含)得8分；10万及以下得5分
	经济	10	GDP超80亿元得10分；20亿~80亿元(含)得9分；10亿~20亿元(含)得8分；10亿元及以下得5分
业务需求	组网架构需求	20	3年内有业务需求，得20分；3年~5年内有业务需求得10分；5年~10年内有业务需求得5分；10年后有业务需求得2分
历史故障	路由中断故障次数	10	近十年出现1次及以上重大故障事故，得10分；近十年出现1次及以上较大故障事故，得9分；近十年出现1次及以上一般故障事故，得8分；未出现事故得5分
	故障原因	5	自然灾害因素得5分，人为因素得4分

(1) 规划原则

鉴于区县核心机房与高速、高铁线路之间的具体地理位置布局，高速或高铁段光缆无法直通至区县核心机房，因此，需在适宜地点进行光缆的引接规划，在规划

引接路由时，优先考虑利用现有的管道资源，确保端到端全程光缆线路都是非架空路由。如图1所示。



图1 高速光缆引接示意图

同时，由于高速高铁光缆建设项目的特殊性，其建设必须由高速高铁运营方的统一规划与协调，电信运营商无法根据自己节奏安排项目建设。因此，在光缆网络的细致规划中，需深思熟虑，精心规划光缆的芯数、型号等关键参数，力求通过一次性的高效铺设，构建出既能满足当前业务需求，又能前瞻性地适应未来长期发展的光缆网络体系，旨在确保光缆资源的最大化利用，减少未来因业务增长而可能导致的重复建设。经研究分析，光缆型号、芯数、造价总体情况如下：

表2 光缆选型及造价测算

序号	敷设场景	光缆选型	光缆芯数(芯)	单位造价(万元/度长公里)
1	高速光缆	GYTA\GYTS, GYTA53	144	2.9
2	高铁光缆	GYTAH58	144	4.5
3	铁路光缆	GYTA\GYTS	144	3.3

1.2 市县核心机房入局光缆“一改Y”

由于原有市县汇聚层光缆规划建设是基于设备环网结构，如图2所示，如A县老楼①回市区业务，必须经过A县新楼②节点跳纤，且同时存在设备环网一平面、二平面同时在2个机楼同路由跳纤，存在安全风险。鉴于此，经分析研究，创新性提出“一改Y”，解决设备链路在区县2个机楼同路由风险以及减少跳纤次数，同时降低时延，减少光衰。规划原则如下：

(1) 区县2个节点大楼必须按照①、②序号，原则上与现网一平面、二平面一致，即一平面的县节点大楼为①，二平面的县节点大楼为②。

(2) “县改市不改”，即原来光缆只进1个县节点改

为光缆分叉进2个县节点，市节点进局不改。

(3) 进局光缆纤芯对半分，A县2个楼与B县2个楼之间“一改Y”纤芯对应关系是“①对①、②对②”即A县节点①对应B县节点①。

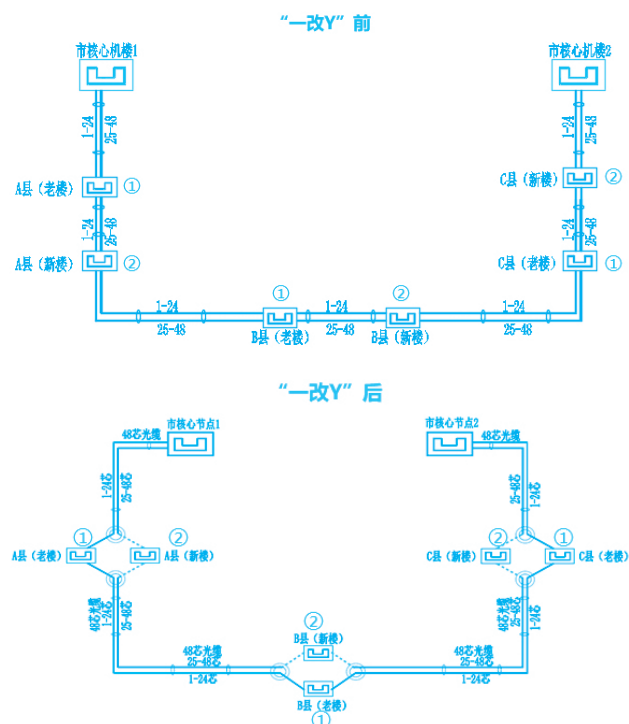


图2 “一改Y”光缆优化示意图

2 OTN网络分析与研究

为提升市县区域数字化基础设施，基于前期建成的高速公路、高速铁路及普通铁路的第三路由光缆资源，为提升OTN网络的网络能力和提高安全性，引入OXC技术，对现有市县OTN环网进行全面改造与升级，构建一个更加大带宽、灵活、高效、可靠的光网络架构。下面主要从网络架构、造价、时延、节能等方面进行研究分析。

2.1 网络架构

区县现有环网基本以FOADM设备的单节双平面OTN环形网络。为考虑充分利用现有环网10/100G环网系统光层和电层资源，以及业务平滑割接，降低业务影响。主要部署原则如下：

(1) 新建OXC网络持续保持单节点双平面方式，市

区核心节点或局部区县节点部署32维OXC设备，区县核心节点部署20维OXC设备。

(2) 市—县传送网由FOADM环网架构改造为OXC MESH网架构，区县每个节点具备3条直达市区核心机楼，且第一路径优先采用非架空路由（最安全路由）、时延最短路径，确保路径时延控制在2ms以内。

(3) OTN 200G采用16QAM编解码方式，与原OTN 100G同波道频率间隔（50GHz间隔），以便实现光层融合，频谱利用率最大化。

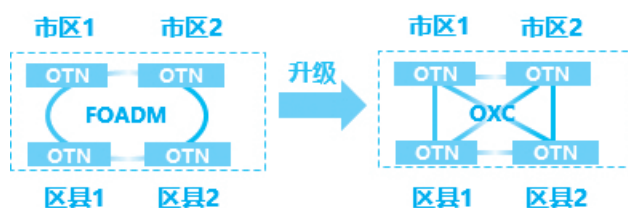


图3 OTN环网改OXC示意图

(4) 市县新增OXC+OTN 200G系统，原FOADM光层拆除，原OTN 100G电层与OTN 200G共用OXC光层，同时拆除OTN 100G电中继用于扩容波道使用。

(5) 市县OXC+OTN 200G系统采用e16QAM编码格式部署，中心频率间隔50GHz，每个光方向满足C波段120波。200G波道从λ1开始往后使用，100G波道从λ120开始往前使用，避免两种波道混插，便于后期网络维护。

(6) 新增OTN 200G子框，最终形成OXC+OTN 200G（独立子框）+OTN 100G（独立子框）网络架构。同时开通光层ASON重路由功能。如图4所示。

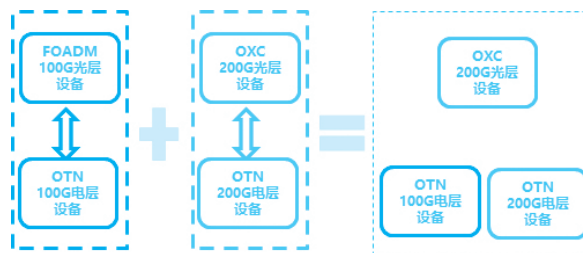


图4 光层融合示意图

2.2 建设成效分析

(1) 时延降低，安全提高效果好

通过高速、高铁直达光缆、“一改Y”等光缆优化举措，极大地减少跳纤点，同时，充分利用OXC技术，构

建市县直达路径,基本实现无须电中继,极大地降低了时延。据分析研究,光路400km范围内,基本可实现时延小于2ms,打造“城域2ms、省内5ms”低时延圈,且实现3路径保护,较环网架构增加1条路径,安全大大地提高。如表3所示。

表3 时延测算表

序号	光缆距离范围 (L/km)	时延小于 (ms)
1	$L \leq 100$	0.5
2	$100 < L \leq 200$	1
3	$200 < L \leq 300$	1.5
4	$300 < L \leq 400$	2

(2) 单位造价降低明显

在OTN 200G系统上扩容200G速率单波约60万元/波,等效扩容100G波道约为30万元/波。在原FOADM+OTN 100G系统上扩容100G波道约为50万元/波,扩容单波100G波道节省投资约20万元/波,优化升级后OXC系统节省投资约40%。如图5所示。

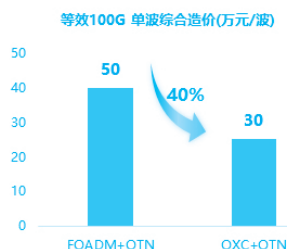


图5 成本降低分析

(3) 机房利用率提高明显

由于OXC设备集成度较FOADM高,新老系统光层融合后现网设备可退网,每个机房可节约1个机柜位,以每个标准机柜4m²的使用面积来算,可节约4m²机房空间,改造节点数越多,可节约面积越大,极大地提升机房空间利用率,提高机房投资效益。

(4) 节能减排效果明显

OXC设备集成度高,新老系统光层融合后,原系统FOADM机架可拆除,每个区县节点机房至少降低1个机柜用电需求,每个机柜用电量约2.5kW,节省电量约21900度/年,节省约成本支出15330元/年(0.7元/度)。

3 结束语

本研究在深入分析当前通信网络面临的挑战与问题

的基础上,提出了从优化市县汇聚层光缆布局与重构OXC网络架构两个维度出发的策略,旨在构建一个高效、可靠且适应未来需求的市县城域传送网络体系。通过引入高速、高铁沿线等非架空路由光缆资源,结合光缆选型、芯数规划及造价测算,详细阐述了市县汇聚层光缆网络的优化方案,并创新性地提出了“一改Y”光缆优化策略,有效解决了设备链路在区县两个机楼同路由的风险,降低了时延,提升了网络的安全性和可靠性。

在OTN网络架构的改造与升级方面,提出了基于OXC技术的网络架构优化方案,通过构建OXC MESH网架构,实现了市县节点与市区核心机楼之间的直达路径,并优先采用非架空路由,确保了网络的高安全性和低时延。同时,通过光层融合和频谱资源的高效利用,成功实现了OTN 100G与OTN 200G系统的共存与扩展,显著提升了网络带宽和传输效率。

从建设成效分析来看,本研究提出的优化策略不仅提高了网络的安全性和可靠性,降低了时延,显著降低了建设成本,提高了机房利用率和节能减排效果。通过光缆优化和OXC技术的引入,打造“城域2ms、省内5ms”的低时延圈,为CDN、边缘云、网络直播等新兴业务的高质量服务体验提供了有力保障。

综上所述,本研究的研究成果对于提升市县城域传送网络的稳定性和高效性具有重要意义,为运营商在5G、云计算、大数据等新型业务需求不断增长的背景下,提供了切实可行的网络优化与升级方案。未来,随着信息技术的不断发展和应用需求的持续增长,本研究提出的优化策略将进一步得到验证和完善,为构建更加高效、可靠、智能的通信网络体系贡献力量。

参考文献

- [1] 潘毅,王应波,王会议,等.基于OXC技术的传送网研究与应用[J].电信技术,2022(7):84-90.
- [2] 王莉.OXC技术在某省内干线传送系统中的应用[J].电信技术,2024(2):64-67.
- [3] 吕宣铭.高速公路及高速铁路沿线敷设光缆方式的问题探究[J].通信世界,2020(2):36-38.
- [4] 李侠,张曜晖.高铁光缆在中国联通干线光缆网中的应用研究[J].电信技术,2019(10):46-48.

基于云计算的生产指挥可视化数据中台 路径探究及实现

郑 盛 中国联合网络通信有限公司江西省分公司 江西省南昌市 330029

摘 要：加强企业数据中台建设是适应新一轮科技革命和产业变革趋势、引领驱动数字经济发展和数字社会建设、营造良好数字生态、加快数字化发展的必然要求，传统中大型企业需要对企业现有多平台数据、平台底层数据进行统一处理和分析，为企业在决策、产业协同、营销等多个领域提供数字化依据，数据中台的出现为企业集中管理全域数据资产，构建数据目录和运营管理体系是企业数据实现资产可控、可量化、易理解的基础性、先导性工程，有助于企业对核心领域数据进行汇聚，打造数智驾驶舱进行数据中台一站式数据呈现，助力企业数字化转型的有效途径。

关键词：云计算 生产指挥 数据中台 探究实现

0 引言

当前，国家层面积极推动数据要素市场建设，要求充分发挥数据资产价值，先后发布了《中共中央 国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》（“数据二十条”）、《关于推进实施国家文化数字化战略的意见》等政策性指导意见。传统中大型企业随

着企业的快速发展，企业内部往往存在多个业务系统，各自拥有独立的数据源，形成多个数据孤岛。数据中台可通过整合这些分散的数据，打破数据壁垒，实现数据的共享和统一管理，提高数据的可用性和价值，推动企业数字化转型、实现数据驱动决策、优化业务流程，提高企业创新服务能力和竞争力，是企业面向未来发展的



图1 数据中台流程图

战略投资。如图1所示。

1 数据中台需求分析

中大型企业需要对企业集团内部大量的信息数据等战略性资源进行汇聚和整合，夯实企业集团作为资源配置中心的战略性地位，包括整合企业集团的内容资源、用户资源、管理数据、生产经营数据、政策数据、互联网数据、行业标准数据等，运用ChatGPT、文心一言、通义千问等人工智能大语言模型打造大数据中台，进行关联式挖掘和深层次整合，将企业数据要素转化为企业数字化发展的核心生产要素，为企业各个业务板块提供数据支撑和决策参考，进一步提高经营效益和创新能力，实现企业数据资产化、数字产业化，为企业的可持续发展打下坚实的基础。如图2所示。

1.1 提升数据管理和治理能力，打破数据孤岛

通过数据中台建设，贯通各业务子系统，打破业务间的数据壁垒，建立企业集团级数据治理规范和体系，在确保数据质量和安全的前提下，构建统一的数据标准、数据模型、数据流程等，形成企业集团数据资产，促进数据共享和统一管理，实现生产过程数据一致性。

1.2 提高决策效率和管控能力，为企业发展提供科学依据

建立数据分析和决策支持平台，对数据中台中的数

据进行深入分析和挖掘。通过数据分析，发现隐藏在数据背后的规律和趋势，实现数据驱动的决策和创新。

1.3 驱动产业协同和业务创新，赋能企业高质量发展

打通各板块信息流、数据流、资金流，形成敏捷产业链网络，实现数据全链路高效协同。通过开展数字化业务创新，将数据转变为面向业务场景的数据服务或产品，实现数据驱动业务运营；通过对数据加工和AI能力建设，为业务运营平台提供数据和AI能力输出，实现全业务的智能化运营。

2 数据中台解决方案

数据中台主要以OneModel、OneID、OneService方法论为核心，该体系是经过数据中台建设实践提炼形成的方法论，已在多个中大型行业成功落地，成为数据中台建设的标准化方法论。数据中台支持基于大数据存储、大数据计算分析引擎、分布式数据仓等数据底座，支持数据集成、数据研发、数据标准、数据质量、数据安全、数据服务等功能，帮助企业快速构建数据运营能力。

数据中台项目建设规划按照“技术为基、数据为本、应用为先”的总体思路，围绕“数据、算法、场景、平台”，解决数据标准化、资产化、价值化、服务

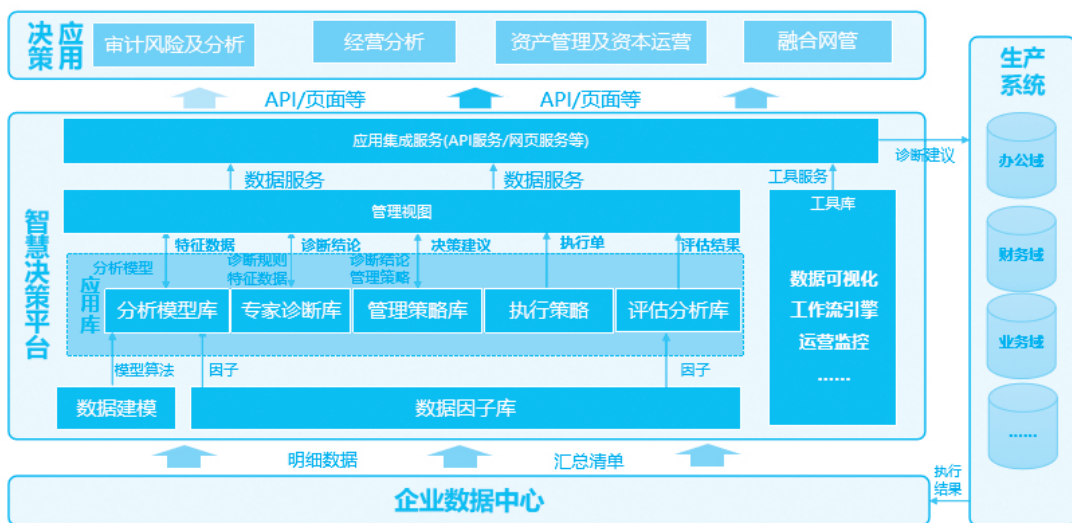


图2 数据中台决策树

化的问题；在标准方面，建立符合新形势新数据的标准体系；在技术上，搭建云计算、大数据-AI架构的数据集成、整合、关联、萃取、服务与智能平台；在业务上，融合业务场景需求，通过关联、预测和挖掘算法模型体现业务价值，最终推动实现数据驱动运营、数据辅助决策，推动实现业务数据化、数据业务化。

2.1 数据建模设计与开发

数据建模体系借鉴SOA与DOA设计方法及考虑企业业务应用和数据变化趋势，构建以数据为引擎、管理为手段、服务为载体的生态化的数据模型体系。

数据模型设计总体原则是基于企业核心业务活动和业务需求前提下，分解业务行为概念模型到逻辑模型再到物理模型，构建企业内部数据中心架构。数据模型建设采用“自顶向下、逐层分解”的方法，整合数据、减少数据冗余，消除多个业务系统在业务定义上的歧义，增强数据模型的扩展性，灵活适应未来业务模式的变化，能够具有“快速、准确、便捷、规范”四大特点。同时在数据实施中采用“自底向上，规约验证”的措施，以满足业务需求，建设目标检验数据整合程度、数据规范标准、支撑业务效率以及系统能力扩展四个方向的能力。如图3所示。

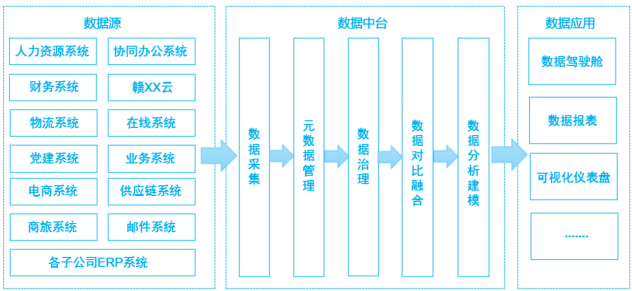


图3 数据建模

2.2 数据应用蓝图及场景

基于企业调研情况，输出企业集团各业务板块的数据应用蓝图及场景详细设计，产出物至少包括《应用场景规划蓝图及阶段性实施计划》《应用场景可视化设计文档》。从企业集团原有业务系统中，通过数据中台进行数据采集，将其中的结构化、非结构化、半结构化、非结构化数据进行统一采集，将元数据进行统一管理；再通过数据中台的数据治理工具进行数据的标准化清

洗，实现数据的资产化。然后将标准化数据进行比对融合，组成数据主题库，再根据业务需求进行计算分析建模，构建各种业务场景所需的数据驾驶舱、数据报表、可视化仪表盘等。如图4所示。

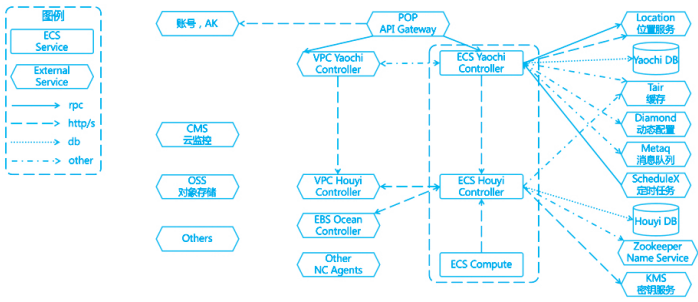


图4 数据中台蓝图

2.3 数据治理实施方案

大数据治理平台建设以数据中台理念来进行规划设计，构建标准统一、融合贯通、资产化、服务化、闭环自优化的数据资产体系。平台支持基于大数据存储、大数据计算分析引擎、分布式数据仓等数据底座，支持数据集成、数据研发、数据标准、数据质量、数据安全、数据服务等功能，帮助企业快速构建数据运营能力。数据治理基于DataWorks大数据智能技术，面向中大型企业提供端到端的一站式大数据开发、管理、离线调度、治理和应用解决方案。DataWorks提供DT时代的大数据基础服务，帮助中大型企业构建PB、EB级别的数据仓库，实现超大规模数据集成，对数据进行资产化管理，通过对数据价值的深度挖掘实现业务的数据化运营。平台由数据开发IDE、离线调度系统、数据集成工具和数据管理四大部分组成。

- (1) 数据开发IDE。满足在线SQL、MR、Shell的编码工作，提供多人协同开发和代码版本管理功能。通过可视化的流程设计工具可以满足快速构建数据仓调度的依赖关系。
- (2) 离线调度系统。提供百万级的离线任务调度能力，以及在线运维、在线日志查询、调度状态监控报警等一系列功能。
- (3) 数据集成工具。提供海量异构数据源的数据集成能力，打通数据库与存储设备的数据链路，以及常用关系型数据库、FTP、HDFS等多种数据链路，并且提供

周期性定时集成的能力。

(4) 数据管理系统。提供对 MaxCompute、EMR (E-MapReduce) 等引擎中以企业为单位的全量数据的管理能力, 提供权限管理、数据血缘和元数据查看等功能。

2.4 云管控平台

数据中台部署在云平台上, 云管控管理平台通过构建支持多种不同业务类型的专有云平台, 简化物理和虚拟资源的管理部署, 帮助企业建立以层次化、模块化、精简化为核心、覆盖 IaaS、PaaS、SaaS 平台功能、将业务逻辑、数据、界面显示分离, 为数据中心提供专业智能的运营运维集中管理能力, 充分提升企业数据资源利用率, 降低运维成本, 构建出以云计算为基础的全新数据中台生态链。平台包括云服务 ECS、容器服务、云服务定义存储 CDS 以及专有网络 VPC 等专有云组件。

其中云服务器 ECS (Elastic Compute Service) 提供一种处理能力可弹性伸缩的计算服务, 它的管理方式比物理服务器更简单高效。根据业务需要, 可以随时创建实例、扩容磁盘或批量删除多台云服务器实例。云服务器 ECS 相比 KVM 和 QEMU, 具有开源增强、完全自研、多规格支持、安全稳定等优势。如图 5 所示。

(1) 开源增强

云服务器 ECS 针对热升级、热迁移过程优化, 支持迁移限速、内存压缩, 可以在无感知的情况下完成版本热升级, 同时保证业务的稳定运行。兼容开源生态, 支持热变配、跨代迁移, 可以快速完成服务器跨代迁移, 业务零中断。

(2) 多规格支持

支持多种实例规格, 如独享型、共享型、突发型、弹性裸金属等, 满足各种业务需求。

(3) 安全稳定

云服务器 ECS 经过了长时间、大规模部署验证, 在稳定性、可靠性方面有较高的保障。如图 5 所示。

3 数据中台技术优势

在专有云环境下基于 DataWorks 来构建的数据中台能够为中大型企业提供卓越的海量数据集成能力、数据

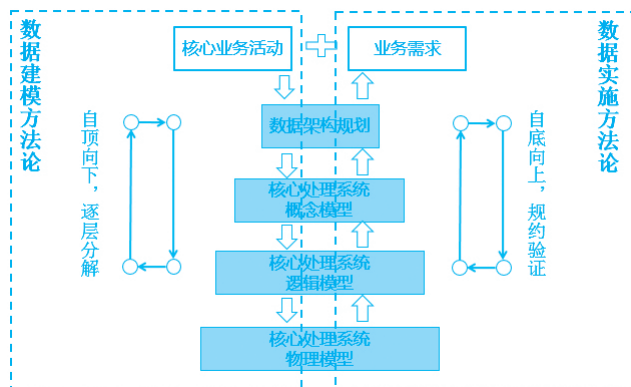


图 5 ECS 架构图

开发能力、数据管理和离线调度等能力。

3.1 超大规模数据处理能力

与大数据计算服务 MaxCompute 天然集成, 单个集群的规模可达 5000 台, 并且具备跨机房的线性扩展能力, 轻松处理海量数据。离线调度支持百万级任务量, 实时监控告警。核心指标如下:

◎ 万亿级数据 JOIN, 百万级并发 Job, 作业 I/O 可达 PB 级/天。

◎ 具备跨集群 (机房) 数据共享能力, 支持万级别的集群数, 扩容不受限制。

◎ 提供功能强大易用的 SQL、MR 引擎, 兼容大部分标准 SQL 语法。

◎ MaxCompute (原 ODPS) 采用三重备份、读写请求鉴权、应用沙箱、系统沙箱等多层次数据存储和访问安全机制来保护用户的数据, 使其不丢失、不泄露、不被窃取。

3.2 海量异构数据源快速集成能力

平台提供 11 种异构数据源的数据读取能力, 12 种异构数据源的数据写入能力。并提供脏数据过滤、流量控制等功能。核心指标如下:

(1) 提供 MySQL、Oracle、SQL Server、PostgreSQL、RDS、DRDS、MaxCompute、FTP、OSS、HDFS、DM、Sybase 的数据读取能力。

(2) 提供 MySQL、Oracle、SQL Server、PostgreSQL、RDS、DRDS、MaxCompute、ADS、OCS、OSS、HDFS、DM、Sybase 的数据写入能力。

- (3) 提供脏数据过滤、流量控制功能。
- (4) 可以周期性调度，周期性数据集成能力。

3.3 平台的强兼容性

数据中台所有模块已实现组件化、服务化，企业可以基于数据中台的Open API来定制开发扩展功能。系统具有开放性架构、安全架构和多租户模型。如图6所示。

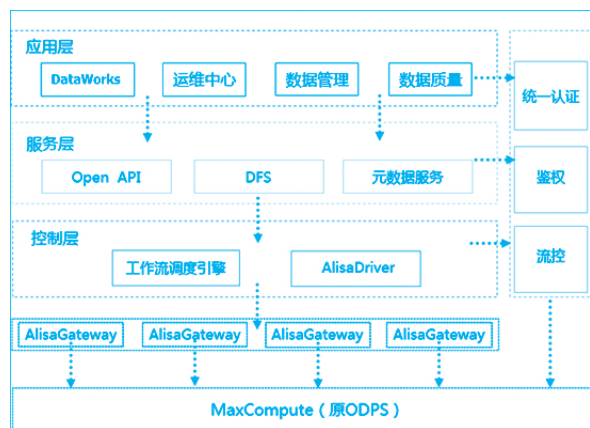


图6 系统开放性架构

3.4 数据管理和离线调度等能力

数据中台基于统一的元数据服务来提供数据资源管理视图，能提供多时间维度的周期性调度能力，支持每天百万级的调度并发，支持多任务调度、实时监控、告警等功能。

4 结束语

整体来看，数据中台的建设可为中大型企业集团公司树立宏观管控中心、资源配置中心的战略性地位，强化企业集团总部对信息数据等战略性资源的汇聚和整

合，数据中台的建设作为企业推进数字化转型的核心支撑，为企业从数据到价值的转化提供了有力支持。通过整合企业全集团各板块管理、业务数据、生产经营数据，采集政策数据、互联网数据、行业标准等数据，进行关联式挖掘和深层次整合，将数据要素转化为集团数字化发展的核心资源，为集团管理决策提供了强有力的数据支持，提高了企业经营效益和创新能力，实现了企业数据资产化、数字产业化。

该数据中台技术已在江西一大型文旅企业落地，项目金额近2000万，是中国联通集团在文旅领域数据中台建设的开篇之作，项目不仅构建了一个高效、智能的数据中枢，有力推动了文旅产业链的数据共享、业务协同与决策优化，更以其示范效应激发了该行业的数据驱动变革浪潮，树立了该行业数据中台应用的典范标杆。

参考文献

- [1] 基于“中台+应用”的5G网络故障处理中台化演进实践[J]. 邮电设计技术, 2023(12):78-83.
- [2] 基于数据中台与大模型推动营销服务智能化[J]. 通信企业管理, 2023(12):60-63.
- [3] 重塑中台云架构持续深化自主创新技术体系建设[J]. 中国金融电脑, 2023(12):30-33.



优
秀
论
文
评
选

启
事

为了提升《江西通信科技》办刊质量，助力广大科技工作者技术创新、产品创新、市场创新，挖掘信息通信领域广大科技工作者的最新研究成果以及信息通信企业实用性稿件，提升后期投稿质量，江西省通信学会启动2025年信息通信技术论文评选活动。论文评选范围：①2025年新撰写的，涉及通信技术、核心网与网络技术、信息技术与应用、业务与运营、网络信息安全方面且未曾录用的学术论文。②2024年《江西通信科技》所有录用稿件以及截至2025年8月31日已录用的2025年稿件（2024年论文评选获奖刊登的稿件除外）。论文系作者原创，且未在国内外公开发表过或在会议上选用过，论文不涉密、无抄袭，文责自负，查重率不超过30%。投稿截止日期2025年8月31日，请大家积极投稿。投稿邮箱jxtxkj@jxtxxh.cn，投稿联系电话0791-83721872。

打造基于人工智能的全方位智慧渔业决策与服务系统

朱 剑 联通（江西）产业互联网有限公司 江西省南昌市 330096

摘 要：在农业智能化转型的关键阶段，鱼类养殖作为水产领域的核心板块，面临着在提升生产效率与实现可持续发展方面的严峻挑战。传统上依赖个人经验的养殖模式，常受限于低效运作、应对迟缓及疫病防控滞后等问题。现今，人工智能技术的迅猛发展，特别是大模型技术的兴起，为渔业开启了智能化的新纪元，为解决上述挑战提供了前所未有的机遇。文章综合分析了感知识别、知识耦合、推理决策等渔业知识智能服务技术，构建由云计算支撑环境、大数据处理框架、知识组织管理工具、知识服务应用场景组成的面向渔业领域的智能决策系统，针对江西省常见淡水养殖品种，提供快速、准确的水质调控、病害防控和精准饲喂建议，提升养殖效率和疾病防治能力。

关键词：渔业智能化 多模态知识图谱 大模型技术 深度语言模型

0 引言

在广袤的江西省，淡水养殖业以其庞大的产量和丰富的种类，长期以来一直是农业经济的重要支柱。尤其是南昌市，凭借得天独厚的水资源优势，淡水养殖不仅支撑着地方经济的持续繁荣，也是推进乡村振兴战略不可或缺的一环。然而，面对日益激烈的市场竞争和不断攀升的环保标准，南昌市的渔业正站在转型升级的十字路口。当前，该行业普遍存在的问题是智能化水平不高，高度依赖传统经验和人工操作，加之从业人员普遍缺乏足够的养殖经验，使得养殖效率和疾病防控能力受限，难以满足现代高效、环保的养殖要求。

在此背景下，针对鲈鱼等重要淡水鱼种的精细化养殖需求，构建智能决策系统显得尤为迫切。这类鱼种对养殖环境的敏感性及病害管理的复杂性，要求必须超越传统的养殖模式，引入先进的智能化技术。近年来，人工智能技术的飞速跃进，特别是大模型技术的横空出世，为解决农业领域的复杂问题提供了新思路。它们在自然语言处理、图像识别及音频分析等方面的卓越表现，为渔业管理的精准化与自动化铺设了技术基石。

1 关键技术发展趋势

1.1 多模态数据获取与处理

多模态数据获取与处理领域的发展呈现出从数据的广泛搜集到深度整合的数据获取、数据清洗、数据融合三个紧密相连的阶段，每一个阶段都体现了技术的不断进步与创新应用。通过集成自动化数据采集、精密的数据清洗技术以及创新的数据融合策略，为构建高效、准确的多模态知识图谱和智能问答系统提供了强有力的技术支撑。

在数据获取阶段，国内外研究者广泛采用了自动化与手动相结合的方法，以确保数据的多样性和全面性。自动化数据采集技术，如利用 Python 编程语言中的 Scrapy、BeautifulSoup 和 Selenium 等爬虫工具，已经成为从网络上高效抓取文本、图像数据的标准做法，这些工具的灵活应用大大扩展了数据收集的范围和效率^[1]。对于视频内容，除了直接从网络下载，还采用视频处理技术进行关键帧提取和音频转文本处理，进一步丰富了数据的模态类型。同时，学术数据库、专业文献、政府工作报告等也成为重要数据来源，通过 API 接口或直接下载的方式获取高质量的专业信息。

在数据清洗阶段，技术研究聚焦于提升数据质量，

确保后续分析的准确性。自然语言处理(NLP)技术被广泛应用以净化和结构化文本数据,包括去除噪声、停用词过滤、词性标注等,以及利用语义分析技术提取文本中的关键信息。图像数据处理方面,预处理技术如去噪、缩放、增强等被用于改善图像质量,而深度学习模型(如卷积神经网络CNN)则用于特征提取,提高图像分析的精确度。音频数据则通过语音识别技术转换为文本,以便进行统一的文本分析处理。这些技术的综合运用显著提高了数据的可用性和分析的准确性。

在数据融合阶段,国际研究前沿集中在如何实现跨模态数据的一致性与互补性。这一阶段的关键技术包括但不限于多模态数据对齐、特征提取与融合^[2]。研究人员采用先进的算法和模型,如多模态图结构对齐、基于注意力机制的特征提取方法(如变换器模型Transformer),以及利用余弦相似度等度量方法进行模态间相似度计算,确保不同模态数据的语义匹配。通过深度学习模型(如预训练语言模型BERT、深度残差网络ResNet)提取的模态特征被融合到一起,形成了一个综合、统一的多模态知识表示,为后续的分析预测提供了更为丰富和立体的视角。

1.2 多模态知识图谱

在当今信息爆炸的时代,数据的形态愈发多样,涵盖了文本、图像、音频等多种模态,形成了信息的多源异构特性。多源数据复杂性要求我们不仅仅要收集数据,更要有效地理解和利用数据中的知识。信息的特征提取和转化成为关键步骤,因为只有通过抽取和解析,原始数据才能转化为有价值、可操作的知识。正是基于这样的背景,多模态知识图谱的研究显得尤为重要。

多模态知识图谱是在传统知识图谱的基础上加入多种模态数据,数据来源不仅仅是文本和结构化数据,也可以是图像、视频和音频等多模态数据。参照多模态知识图谱Richpedia中的形式化定义,多模态知识图谱可以视为三元组的集合,拓展图像模态作为实体在知识图谱中存在^[3]。具体地,在多模态三元组TM中,实体集合E包括文本知识图谱实体EKG和图像实体EIM,R表示一系列关系的集合,L是描述文本的集合,B表示为一系列的空白节点,TM表示格式为〈主语,谓语,宾语〉=

(EUB) × R × (EULUB),其中主语和宾语都是实体,谓语表示实体之间的关系。实体集合E和关系集合R都使用统一资源标识符URI表示。

多模态数据融合是知识图谱构建过程中的重要环节,旨在通过数据清洗、集成、对齐和融合等技术,将不同模态的数据进行融合,挖掘数据之间的关联性和潜在的知识,为知识图谱的构建提供更全面、准确的信息基础。目前已经有一些较有代表性的多模态知识图谱,如多模态知识图谱IMGpedia将语义知识图谱与多模态融合,包含了4.5亿个视觉相似关系。图像图模型ImageGraph将大量图像组织成图像图谱并建立图像实体间的关联,包含了大量的实体、三元组和关系类型。多模态知识图谱Richpedia是一个大规模、全面的多模态知识图谱,包含了图谱实体、文本实体、图像实体及其之间的关系。

1.3 多模态融合智能问答系统

在数字化转型日益加速的当下,信息交流与知识获取的方式正经历深刻变革。传统的单一文本或语音问答系统已难以满足人们对信息丰富性、精确性以及互动体验的更高追求。尤其是在特定领域,行业面临的问题往往涉及复杂的监测数据、图像识别、指标理解等多个维度,单一模态的问答系统难以全面、高效地解决实际问题。因此,探索并构建多模态融合智能问答系统,成为了提升行业智能化水平、优化决策支持的关键路径。

近年来,随着深度学习和大模型(如GPT-3、BERT^[3]等)技术的飞速发展,多模态融合智能问答系统成为研究热点。通过深度融合文本、图像、音频等多种类型的数据资源,辅以知识图谱的强大推理能力和实时数据反馈机制,目标是构建一个能够针对行业关键环节,提供深度个性化服务、科学指导以及即时解决方案的智能系统。

2 智慧渔业整体架构技术路线

基于大模型的领域智能决策等技术与开发应用,平台聚焦于鲈鱼等重要淡水养殖品种,旨在构建一个集知识图谱、多模态数据分析、智能问答系统于一体的智能问答决策系统^[4]。该系统集成了一个多元化数据

资源与语料库,提高领域常用专有知识覆盖率,确保了知识库的全面性和深度,为后续智能应用奠定了坚实基础。构建了一套领域知识图谱,建立了一套高性能深度语言模型,为智能问答与决策支持提供了强大的后台支撑。基于构建的知识图谱与深度模型,设计并实现一个针对鲈鱼养殖的智能问答系统,该系统能够实时响应水质调控、病害防控、精准饲喂等关键问题,提供科学指导方案,以显著提升水产养殖的精细化管理水平,增强对养殖全过程的质量监控,促进养殖产品的标准化、品牌化发展,推动渔业产业向数字化、智能化转型。如图1所示。

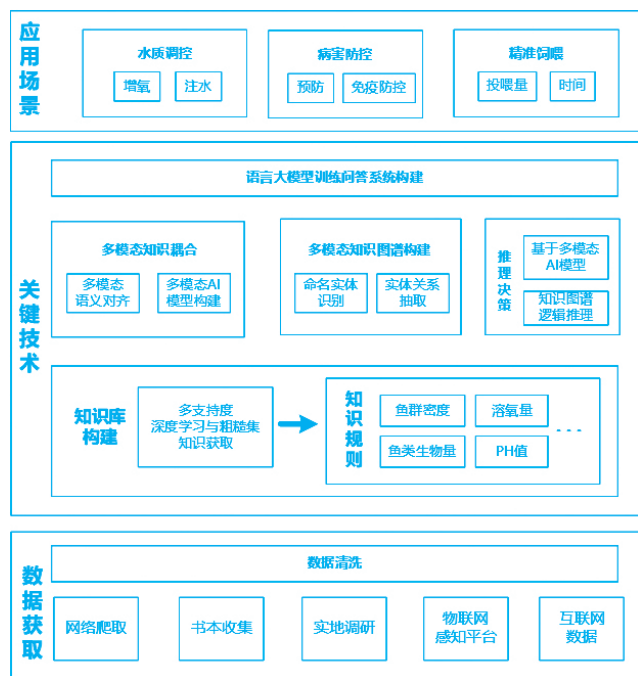


图1 技术路线图

(1) 构建多元化数据资源与语料库。针对鲈鱼等重要淡水养殖鱼类,系统性收集并整理生长环境、水质指标、病害防治、营养与饲喂管理等多方面的数据,形成高质量的数据集与专业语料库。

(2) 建立多模态知识图谱与深度语言模型。利用先进的图谱构建技术,整合多源数据,构建包含鲈鱼养殖全链条知识的知识图谱;同时,整合预训练语言模型BERT和GPT的文本智能、卷积神经网络CNN与深度残差网络ResNet的图像识别能力,及基于MFCC特征提取

的语音识别与长短期记忆网络LSTM的音频分析技术,开发一套高性能的深度语言模型,实现数据跨模态融合^[5]。如图2所示。

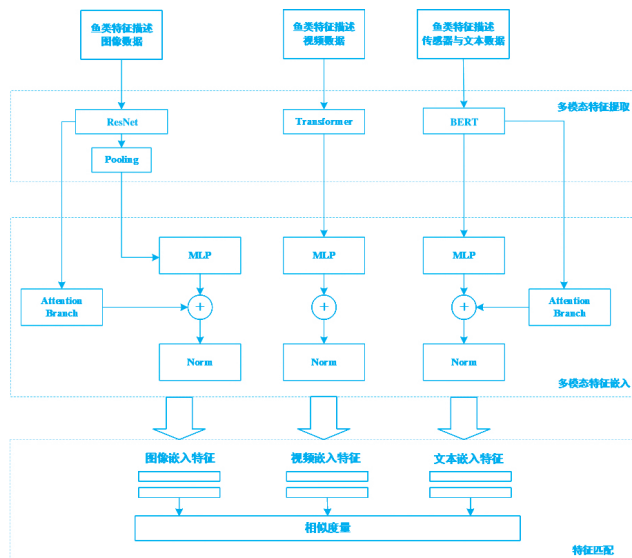


图2 多模态数据融合图

(3) 开发常见养殖鱼品种智能问答系统。基于构建的知识库与多模态数据分析处理能力,开发面向鲈鱼养殖的智能问答系统^[6],利用知识图谱推理技术,结合实时数据反馈,能够针对水质调控、病害防控及精准饲喂等关键环节提供科学指导与即时解决方案。如图3所示。

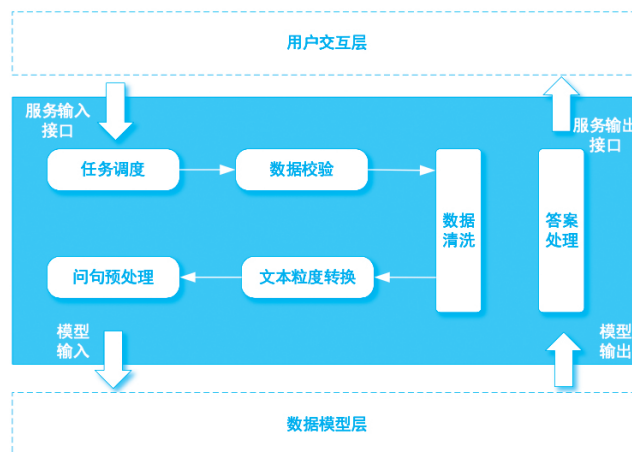


图3 问答系统逻辑关系图

3 重要应用场景

3.1 水质调控应用场景

基于预设的水质标准和阈值（pH值、溶解氧、氨氮含量等），系统可以应用专家系统中的规则推理，判断当前水质状态是否适宜养殖，并提出调整建议（增加曝气、换水、使用水质改良剂等）。利用机器学习算法，分析历史水质数据与养殖表现之间的关联模式，预测水质变化趋势，提前预警潜在问题并推荐预防措施。通过因果图模型，确定水质参数之间的因果关系，理解某一水质指标变动对鲈鱼生长或健康的具体影响，从而提供更精准的调控策略。

3.2 病害防控应用场景

结合图像识别技术与知识图谱中的病害特征描述，系统可对上传的鱼体照片或视频进行自动分析，识别病害类型，并依据病害数据库推荐治疗方案。通过数据挖掘技术，分析历史病害发生概率与环境条件（包括水质、温度、季节等）的关系，对当前养殖环境进行风险评估，提前采取预防措施^[7]。应用流行病学模型，模拟病原体在养殖环境中的传播路径和速率，指导隔离、消毒等操作，有效遏制病害扩散。

3.3 精准饲喂应用场景

基于鲈鱼的生长阶段、体重、环境条件等因素，通过知识图谱推理技术，计算出最适的营养配比，个性化推荐饲料种类和投喂量。使用视频监控与行为识别算法，分析鲈鱼的摄食行为（摄食频率、抢食激烈程度等），结合实时水质和环境数据，动态调整饲喂计划以减少浪费并提高饲料转化率。构建时间序列预测模型，预测鲈鱼未来的生长趋势和营养需求变化，提前规划饲料库存与投喂策略，优化成本效益。

4 结束语

文章旨在构建一个高度集成的渔业智能决策与服务系统，利用渔业智能装备、海洋生态监测技术及大数据处理技术，专为鲈鱼等重要淡水养殖鱼品种打造。渔业智能决策与服务系统将实现实时、高效的水质调控、病害防控和精准饲喂指导。与现有技术相比，本系统的技术创新点体现在：

（1）实现了多模态数据的高效整合与深度挖掘，打破了单一数据源的局限性，提升了决策支持的全面性和

准确性。

（2）构建的智能问答系统不仅基于广泛的知识图谱，还融入了实时数据分析，实现了动态决策辅助，更贴近实际养殖需求。

（3）通过综合运用最前沿的人工智能算法，显著提高了模型的响应速度和处理效率。

通过构建的数字渔业大模型，不仅可大幅增强养殖管理的精细化和全程质量监控，还将促进产品标准化与品牌建设，加速渔业向智慧、绿色、可持续的未来转型。

参考文献

- [1] 段延娥,李道亮,李振波,等.基于计算机视觉的水产动物视觉特征测量研究综述[J].农业工程学报,2015,31(15):1-11.
- [2] 陈桂芬,李静,陈航,等.大数据时代人工智能技术在农业领域的研究进展[J].中国农业文摘-农业工程,2019,31(1):12-16.
- [3] 胡芳槐.基于多种数据源的中文知识图谱构建方法研究[D].上海:华东理工大学计算机学院,2014.
- [4] 吴一全,殷骏,戴一冕,等.基于蜂群优化多核支持向量机的淡水鱼种类识别[J].农业工程学报,2014,30(16):312-319.
- [5] 曹倩,赵一鸣.知识图谱的技术实现流程及相关应用[J].情报理论与实践,2015,38(12):13-18.
- [6] 徐雄.基于深度学习的问答系统研究[J].湖北师范大学学报(自然科学版),2019,39(1):10-18.
- [7] 毛林,王坤,成维莉.人工智能技术在现代农业生产中的应用[J].农业网络信息,2018(5):14-18.



中国电信股份有限公司	封一
江西省通信学会	封二
中国电信股份有限公司	封三
中国电信股份有限公司	封四

5G 新技术赋能全连接工厂研究

温 亮 福建省邮电规划设计院有限公司 福建省福州市 350000

摘 要: 在5G商用逐步赋能各行各业的大背景下,工业互联网成为未来发展潜力巨大的领域。从背景、特点和制约三个方面分析5G赋能工业互联网的趋势,从5G-A和5G RedCap两个方面分析5G演进技术及作用,从重点领域、建设措施和主要产品三个方面分析5G全连接工厂的主要特点,从摸索个性需求、结合基础现状、网络系统集成和合理规划建设四个方面研究5G全连接工厂的建设路径。研究结果表明在5G赋能工业互联网的趋势下,5G全连接工厂成为工厂智能化和效率提升的重要发展方向,是未来工厂的重要发展标杆。因标准设计方案难以适配行业发展,参照“需求—现状—集成—规划”的建设路径,结合5G-A和5G RedCap演进技术,兼顾成本约束和设施现状两方面因素,形成具有针对性的5G全连接工厂建设模式,有助于5G全连接工厂的快速普及和发展升级。

关键词: 5G 全连接工厂 系统集成

0 引言

2019年5G正式商用后,除传统的应用、流量、语音、短信等服务外,5G赋能各行各业取得快速突破。其中,潜在市场最广阔和技术难度最大的为工业互联网领域。因工业覆盖领域广、流程多、细分环节要求高,因此一套完整系统方案难以推广至各领域。2019年我国工业和信息化部印发《“5G+工业互联网”512工程推进方案》(工信厅信管〔2019〕78号),旨在重点行业培育重点应用场景,为5G赋能工业互联网提供了政策指导。

5G全连接工厂是利用5G等新一代信息通信技术,进行系统集成,形成新型的工业互联网基础设施,具体建设内容包括重塑(含新建和改造)生产现场,构建工厂级、车间级和产线级的系统结构,形成生产环节间信息传输和运营深度融合,实现生产单元广泛有效连接,创新高效赋能应用和数据利用的新型工厂。对5G全连接工厂建设路径进行探索,有助于为5G全连接工厂的高效建设和落地交付提供重要的模式。

1 5G 赋能工业互联网发展趋势

1.1 背景

工业互联网是工业领域创新的主要方向,有助于实现传统工业数字化转型以及新兴工业数字化建设,全面

提升工业领域发展质量。工业互联网中,移动网络取代有线网络成为主要发展趋势,主要原因在于有线网络需要复杂的布线系统,较长的布线长度造成较高的建设成本和维护成本。当网络架构需要调整时,布线优化调整难度较大。因此,以5G为主要信息技术,赋能工业互联网成为当下的主流趋势,部分5G全连接工厂甚至将“零网线布线”作为目标。

1.2 特点

5G赋能工业互联网的特点包括以5G为核心的信息技术集成、部分核心网功能下沉至边缘、多层级工业的物联感知、数据要素的使用传输等,其主要作用在于推动工业本地化数据处理与快速反应,提高信息的安全和处理效率,在工业转型升级时具有较好的适配性和弹性。5G全连接工厂作为以5G为核心的信息技术,是5G赋能工业互联网的重要落地载体,同时适用于新建工厂和旧工厂改造。

1.3 制约

在共用5G网络的同时,工厂的实际需求却呈现多样化的趋势。部分需求可通过数据压缩、缓存管控及算法优化来降低带宽消耗,进而提高网络效率;通过优化传输信号、调整天线分布,以减少总体天线数量;采用半双工通信模式,降低能耗并延长续航时间。部分需求

需要通过现行网络基础上叠加感应功能,以改变传统网络以传输为主的特点。因此在传统5G网络基础上,融合5G-A和5G RedCap可有效提升全连接工厂的实施效率。

2 5G演进技术及作用

5G-A和5G RedCap作为5G的两类当下主流演进技术,在功能上存在差异,在并行应用时并不矛盾。在5G公网基础上,局部融合5G-A和5G RedCap技术,有助于满足工厂差异化需求,实现对能耗和设备精细化管控。

2.1 5G-A

5G-A主要应用于城市核心区,用于建设大规模网络连片区,凭借其技术特性实现海陆空通感一体化网络架构,目前正从技术研发阶段向实际应用层面过渡。因5G-A带有感知功能,有助于工业层面感知数据的及时上传和处理。除城市核心区外,智慧工厂等工业场景因其密集的设备分布和集中的使用需求,也具备部署5G-A的重要条件。在5G-A芯片、模组和终端等成熟商用的基础上,将有助于推广其在工业互联网领域的创新应用,尤其是高端工业和精细化领域需要实时信息交互的情况下,5G-A则具备更高的应用价值。

传统5G网络难以保障工业领域中机器人作业、场所环境监测等感知场景需求,5G-A将有效实现相应目标。当前5G网络主要用途为信息传输交互,满足通信需求,但5G-A将有效实现通信与感知一体化发展,即实现数据及时感知和上传,并为数据本地化处理场景提供更高效的处理模式。工业互联网如今正向自动化,也就是无人值守方向发展。5G-A的充分应用将有助于实现工业领域自动化场景,大幅度降低用人成本,减少重复工作劳动力需求,为未来机器人成为工业主体提供基础的网络支撑。

2.2 5G RedCap

5G RedCap通过非连续接收和新型休眠模式,降低了终端设备的能耗。它是5G时代的轻量化终端部署方案,有效解决了物联网设备能耗过高、成本过高的问题。对于部分业务而言,5G RedCap能够有效降低无线

设备的功能要求,适用于监控设备、可穿戴设备和工业传感器等终端设备,并且在中高速场景下也能正常工作。在5G全连接工厂中,监控设备、可穿戴设备和工业传感器是重要的组成部分。借助RedCap技术,不仅可以降低数据传输速率要求、减少时延需求,还能延长电池使用寿命,进而提升网络 and 设备的性价比。通过优化频谱管理,可有效降低这部分设备的网络部署成本,同时5G的高可靠性、低时延以及切片功能等特性仍得以保留并持续应用。

对于工业领域中垃圾分类、实体运输等低成本通信场景,传统5G专网实现成本较高。5G RedCap提供了新的解决方案,它通过低功耗模组与物联网结合,能够有效承担工业领域的辅助工作,降低工业专网的带宽需求及网络使用成本,推动目前因成本问题而搁置的工业互联网基础工作得以开展。

3 5G全连接工厂主要特点

3.1 重点领域

5G全连接工厂的重点领域包括港口、电力、钢铁等具有同质化特征的场景领域,以及电子、消费、装备等具有特定个性化需求的场景领域。其中,同质化场景领域具有业务类型的趋同性,具有行业内规模部署的优势,便于使用同类建设模式和根据具体情况进行优化调整。个性化场景领域则具有规模、产业的显著差异化特点,难以采取同一种模式进行处理,需要精细化地了解客户的具体需求。因此,在实际业务拓展过程中,主要采取以同质化场景领域为主要方向。

3.2 建设措施

5G全连接工厂充分运用北斗定位、图像射频识别、智能传感等设备,促进5G技术与工厂生产的融合,实现数据安全、快捷传输,满足网络安全需求。建设措施的核心为构筑云处理、边缘处理的复杂网络架构,形成“定位→传输→识别→检测→反馈”的数据处理流程,确保数据能安全、快速和有效地传输。建设措施面对客户具体需求,采取差异化的设备类型和精度类型,以确保建设目标与成本目标间的协调。

3.3 主要产品

5G全连接工厂涉及的主要产品包括工业全光网(有线)、5G专网(无线)、边缘计算、云计算等新兴网络设施,高精定位、设备管理等重点产品,以及安全监测防护产品,工业互联网平台及工业终端,柔性布线系统(改变传统有线系统复杂和部署维护调整成本高的特点)、远程安防质检和无人巡检指导、终端传感采集系统和算力共享系统,图像识别、视觉监测算法和远程操控等常用产品。主要产品与建设措施相互关联,共同服务于5G全连接工厂的建设与运营。

4 5G全连接工厂建设路径

4.1 摸索个性需求

首先,构建5G全连接工厂时,需要深入研究工厂客户的战略布局与业务开展情况,遵循工业数字化转型的发展模式,聚焦工厂的网络应用基础、生产重点以及面临的难点问题,探索5G全连接工厂的主要建设内容。建设需求包括物理网络架构、生产控制、预警监控、管理办公等方面。结合工厂对安全性、带宽和时延的基本要求,初步确定建设目标,该目标将作为后续与厂商合作时,对规模、品质等参数进行前期定性分析的依据。

4.2 结合基础现状

其次,5G全连接工厂需对工厂所处地域的5G网络覆盖情况进行排查,根据工厂个性要求,探索新增5G网络基础设施部署的必要性。综合考虑5G目前技术发展和建设成本,参照工厂的规模、需求等参数,实现基础设施新增灵活部署以适配建设需求。基础设施的内容包括5G网络、边缘计算等层面。其中,5G网络需依据实际需求,选择专网或公网、独立组网或融合组网的建设模式,并据此确定是否需要建设5G下沉核心网设备用户平面功能(UPF)等设施,针对不同的实际需求和基础设施状况,采取差异化处理方式;边缘网络指根据企业规模和生产需求,部署多个边缘计算节点,与工业互联网平台互联互通,促进边缘计算与云计算的算力分配,实现工业就近控制、实时服务和调度安全等需求。

4.3 网络系统集成

再次,在摸索个性需求和基础设施现状后,5G全连接工厂需实现生产核心环节的技术拓展和生产辅助环

节的系统部署,制定具有针对性的网络系统集成方案,将工厂所需的各类新型基础设施及其配套附属需求进行系统集成,整合含互联网企业、基础电信企业、网络设备企业等多方资源,协同5G全连接工厂落地。网络系统集成以生产运营管理高效为主要目标,为数据的传输、存储、调度等提供快速服务,建设工业互联网标识解析节点和数据存储节点,提升本地化网络管理运维能力,加快新型技术融合,实现实际生产单元与虚拟控制间的动态实时映射,提升现场效率,支持企业网络协同和现场交互能力。

4.4 合理规划建设

最后,根据成本投入规模和时序安排,5G全连接工厂需制定针对工厂实际情况的建设方案,推动改善效应显著、需求响应明显的工程内容在前阶段优先实施,分类分级推进建设。工厂建设以安全可控为目标,推进网络化改造。通过新增5G模块(如模组、传感器、芯片等),以较低改造成本实现对原有设备的充分利用,满足设备远程操控、资源共享和灵活部署的需求。将新型技术应用于生产线及工业设备系统,支持远程实时操控、无人定期巡检、设备维护预测、动态精准作业以及装配现场辅助等功能。5G全连接工厂涵盖工厂级、车间级和产线级。工厂级注重跨车间信息互联互通与系统化应用,强调场景深度,属于基础层和系统层建设范畴,优先度最高;车间级关注数据价值挖掘、多产业协同以及创新水平提升,优先度次之;产线级主要聚焦单一业务单元和生产环节的数据采集、连接及应用,处于层级末端。

5 小结与启示

我们通过分析5G全连接工厂的重点领域、建设措施和主要产品,以5G作为核心技术,结合5G-A和5G RedCap的灵活部署,根据工业互联网客户的具体需求和投入成本,结合工厂所在地的网络基础现状,建立分层分级的网络系统集成模式,有助于建设具有针对性的5G全连接工厂。因5G全连接工厂的投入是分阶段的,对其进行合理规划和分期建设,是探索符合工业发展需求的合理建设路径,为5G全连接工厂的建设和普及提

(下转第55页)

5G+XR 智慧训练场地建设研究

曾从良 联通数字科技有限公司江西省分公司 江西省赣州市 341000

摘要: 采用5G+XR技术打造智慧训练场地,为教官和学员提供一个全面的智能感知环境和综合训练信息服务平台,实现可量化、可评判的全程可视化训练。基于5G网、物联网、定位、可穿戴设备、大数据、地理信息、人工智能、虚拟现实等融入模拟训练环节实现协作。采用智能化、感知化、泛在化的训练新模式,通过个性化、精细化、沉浸式教学和训练,全面提高实操训练效果,提升学习效率。

关键词: 5G VR/AR/MR 人工智能 智慧训练

0 引言

随着5G网、人工智能技术的发展,特别是VR/AR/MR(以下统称为XR)技术的发展和演进,训练领域正从传统向智慧化转变,开启训练信息化新时代。通过智慧训练场地信息化系统的建设,再造各项教学与训练流程,实现训练数据采集精准化,信息评判精细化、智能化。

此项研究以某学院学生军训场地为载体,充分运用双5G网、物联网、定位技术、可穿戴设备、地理信息系统、大数据、人工智能等新兴技术,综合云、网、端等各项能力,融合打造全新军训智慧场地示范样板。

1 需求分析

充分借助5G网、人工智能等新兴技术,为学校军训水平提升提供信息技术支持,打造基于双5G和物联网的现代化一流智慧训练场地。

本次建设的训练场地为1×1平方公里的含有森林、丘陵、河流及建筑物等复杂地形,基于本场地,按照军训大纲要求,结合训练场地实际情况,通过训练数据综合分析为教学改进和攻防流程再造提供数据支持,推动学生军事训练教学创新、管理创新,落实场地训练评估科学化和规范化各项要求。

1.1 智慧基础设施需求

建立高标准的军事教学和训练大数据中心,在现场部署双5G网(3.5G和2.1G两大频段)、物联网和超高清

视频监控系统,建设全场景的三维地图,构建完整、全面的军事训练管理信息化系统。

1.2 智慧教学需求

构建综合教学管理数字化环境,科学统一的配置教学资源,改革教学模式、手段与方法,充分利用XR、全息以及5G+4K、8K远程视频追踪技术,对训练过程全场景、全要素的回放和复盘。

1.3 智慧训练需求

用5G回传各类实时信息,用VR/AR还原训练全过程,用人工智能进行自动化精准评测,构建数字化、智慧化训练信息平台,为教官和学员提供高效、全面、权威的信息资源,实现教学、模拟和实训一体化,提供开放、协同、高效的智慧化教学和训练环境,促进知识的产生、传播与管理。

1.4 智能评测需求

对训练全过程、全场景的可视化实时回传和后期回看,为教官和学员自身对训练结果进行评测,为改进训练提供有力支撑。通过大数据分析找出学员训练时的共性问题,并提供有针对性的解决方案。

2 实践目标

智慧化教与练在全面关注“物、人、练、模”的基础上,借助5G互联网、物联网、定位技术、可穿戴设备、大数据、人工智能、虚拟(增强/混合)现实等新一代信息技术打造智能化、感知化、泛在化的训练新模式。

式,通过个性化、精细化、沉浸式教学和训练,提高实战化训练效果,增强学员军事临战水平。

为教官和学员提供一个全面的智能感知环境和综合训练信息服务平台,提供基于任务、指标的个性化评估服务;实现互联和协作,通过智能感知环境和综合训练信息服务平台,为教官与学员提供可量化、可评判的全程可视化训练系统,实现信息技术与军事人才培养的深度融合,提升军训教学质量。

3 实践内容

3.1 一站式训练门户

面向参加教学和训练的教官、教辅人员、管理人员、后勤人员、参训学员提供一站式服务,涵盖学习和训练的方案制定、计划安排、发命令、实时训练数据采集、训练信息可视化、训练过程复盘,各类信息收集、查询、发布、搜索,以及内容管理等。

智慧化训练系统的信息集中展示平台,将各种应用系统、数据资源和音视频资源集成到一个信息管理平台,将分散异构的应用和信息资源进行聚合,在统一身份认证平台支持下,通过统一访问入口实现各种应用系统的无缝接入和集成,提供支持信息访问、传递以及协作的集成化系统。

3.2 智慧训练基础支撑平台环境

3.2.1 搭建数据基础平台

解决智慧训练系统内各应用间共用数据的集中化管理需求,保障各类应用服务中公共数据的准确性、一致性和动态性,提供便捷的数据维护操作界面。包括公共数据中心、数据集成和交换平台、数据管理服务以及数据综合服务,具有数据查询统计分析、数据分析模型进行深层次数据挖掘,为教官提供实训智能评估和决策支持。

3.2.2 信息安全建设

系统设计为三级防护级别,具有安全策略,增设公网安全防范设备,采用5G网MEC切片技术,数据不出学院,做好安全隔离。

3.2.3 全连接网络泛在覆盖

将训练场地上的实战模拟“物”与“物”相连,并将状态信息实时回传给指挥中心,利用5G网的eMBB、

mMTC、uRLLC三大特性对训练场上的数据实时传输,海量音视频数据低时延展现,为训练场地的智慧化赋能。

(1) 5G网络建设方案

5G网络有虚拟、混合和独享专网建设方式,其各有优劣势和不同的适应场地及建造成本。

在训练场地5G网络建设中采用独享专网方式,双频段共享带宽,形成双5G网络服务于智慧训练场地。

(2) 场地物联网建设

物联网建设有多种方案可以选择:

◎ 基于5G网络的mMTC低功耗大连接特性,组建训练场地物联网;

◎ 基于LoRa物联网,部署2-4套LoRa基站基本可以满足现场覆盖要求。LoRa基站跟北斗GPS结合,用作辅助定位,提高定位精度。

3.2.4 场地设施物联网化改造

训练场地内的各类装备和物体进行物联网化改造,通过物联网络实时上传至训练中心,为打造全域智能的训练场地提供数据支撑。

对训练场地所有物体进行标识,包括房屋、车辆、山坡、河流、树林、障碍物等,在三维地图标注,状态参数改变时警告展示。

3.2.5 物联网中台建设

全连接网络采集到的各类前端感知设备数据信息的接入、管理以及存储和分发。为军训和指挥单元提供场地物联网设备管理、数据汇聚、应用开发和业务分析等服务。如图1所示。

3.3 智慧训练场地应用系统建设

3.3.1 三维GIS系统

(1) 三维GIS技术和数字孪生地图

三维GIS结合大量技术创新和应用实践,突破了倾斜摄影模型应用的难点,对训练场地各种地形地貌进行三维建模和渲染。通过对倾斜摄影测量得到的影像数据进行空三计算、空三加密、模型构建、三维场景修饰工序,从而得到满足要求的数字孪生地图。

(2) 三维GIS与训练场地的结合

通过倾斜摄影和三维建模技术,对地面上的物体进行标注。将分布在不同地域的虚拟仿真武器或军事仿真

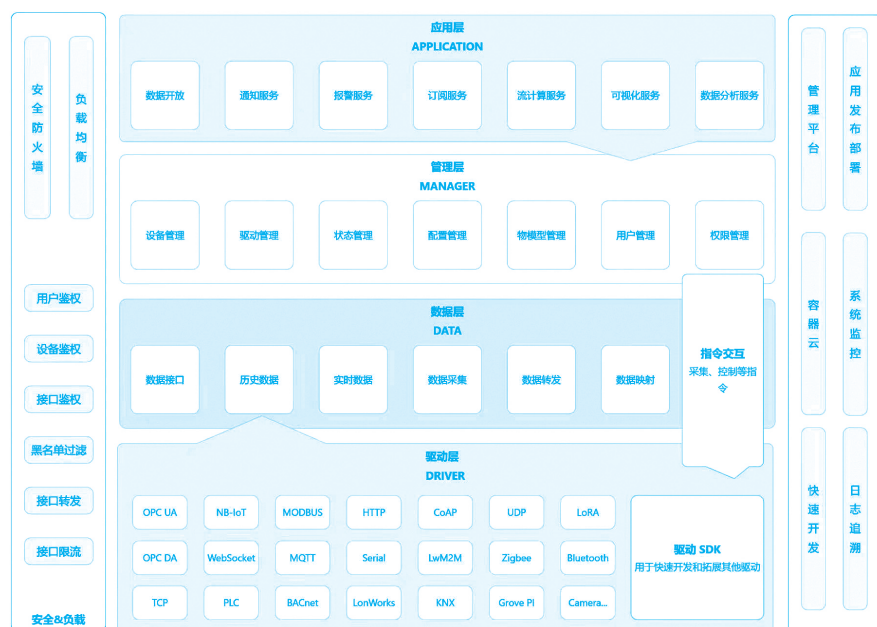


图1 物联网中台架构

系统连接到该数字孪生战场中,进行战略、战役、战术演练的军事应用环境,以达到逼真的效果。

学员在参加模拟实战训练时,通过学员身上的定位装置和可穿戴设备反馈的信息,实时了解单个、部分或全部学员的位置、轨迹、滞留时长和身体状态等信息,并在地图上的相应位置由虚拟3D人物展现出来。教官和指战人员可以通过3D眼镜观看,直观展示参战学员在模拟实战中的整个过程,为评测提供详实数据支撑。

可以观看某一区域,自动追随某一个人或某一群人,可以转换观看角度,或者在手柄或鼠标控制下,沿某线路前进、后退、左转及右转,调整视角等,通过三维GIS地图全景展现训练或模拟实战全过程,通过存储数据,再现演习过程,并可自由拖动训练时间节点,方便检索和复盘。

(3) 三维GIS融入军训管理

态势标绘,将与军训情况相关的信息元素标记在地理信息展示载体上,形成表示事件作战装备和人员、作战态势、战斗队形、教官决策等一系列与事件活动相关的态势图。态势推演,根据预案方案流程规定并通过时间轴的形式进行动态的时序显示军标符号,可任意添加视频、声音、图片、动画、文本等多媒体资料配合演示效果。以数据、文本、图形、动画等多种方式为指挥人

员生动、形象的显示战场态势,使战场指挥人员全面的掌握战场实时态势。

3.3.2 可穿戴设备及人员定位系统

通过采集穿戴主体人员的身体特征信息,借助网络实现数据实时云端交互,在军训中,可采集参训人员的各项身体状态和姿态信息以及厘米级定位信息。

通过学员可穿戴设备定位信息,实时了解学员的位置、轨迹、滞留时长等信息,在三维地图上呈现。通过可穿戴设备上的六轴惯性传感器获取相应的姿态数据,利用互补滤波原理在短时间内对陀螺仪的角度进行优化,采集参战学员的身体姿态信息,并在地图上的相应位置由虚拟3D人物展现出来。

3.3.3 场地高清视频监控及无人机抓拍系统

以直观、方便、信息内容丰富而广泛应用于许多场合,训练场地监控是利用监控设备对大范围内的训练场所进行全方位、全高清、立体化查看和管理。对监控内容进行数字录像和储存,对数字录像文件进行编辑、检索、AI分析和回放功能。

由于训练场地范围较大且参训队员处于快速且随机的运动之中,故采用固定立杆摄像机、队员身上可穿戴视频采集外加无人机跟踪抓拍三种方式,均带有红外和夜间采集功能。设备采用有线+5G无线传输视频信号,

并采用可穿戴实时显示单兵的位置信息。所有图像实时通过有线或5G网络传输至指挥作战中心,为指战人员及时提供第一手的演习资料,帮助指战人员做出合理的决断。

3.3.4 XR室内外训练及全景指战系统

XR虚拟仿真技术对军训已经显现出重要的经济效益和战略意义。与过去传统的训练与推演相比,仿真技术不必局限于天气、场地空间与费用等限制,优化学习的效率和模式,借助XR虚拟仿真技术可让受训者从课堂走向逼真战场,提升临场心理素质,感受沉浸的视野,多变的场景,既有针对化的训练,又可兼顾训练安全与控制性。演练过程中和结束后,教官和作战指挥、评测人员可以通过3D眼镜、头盔或大屏幕上眼3D进行或电子沙盘全场景观看和回看。

在三维GIS及数字孪生地图中,教官可以动态添加虚拟敌情元素(人员、装备等)、训练任务,也根据特定的气象条件,营造多个极度接近真实世界的复杂战场环境,创造混合现实平行世界。利用电子围栏设置触发条件,使参训人员在实际场景中通过轻型MR眼镜与虚拟角色、装备进行交互,完成训练任务。参训人员体验不同的作战效果,进而像参加实战一样,锤炼应对复杂环境和突发战情的指挥应对、控制和协同能力,塑造良好的心理承受力和处突应变思维。

3.3.5 AI演练评测系统

人工智能(AI)技术已无处不在,AI正在为各行各业赋能,改变人们生活、生产的方式。AI在军事上的应用最近几年也在不断探索,如何利用人工智能在军事教学、训练、模拟战斗、沙盘推演及实战中发挥作用,也是课题之一。

AI演练评测系统通过数据实时采集(行动轨迹、全身动作数据、射击角度、精度数据、体征、体态及完成时间)到的数据进行综合分析,智能评估。可以针对个人,班组、敌对双方以及整体演练状况做出完整分析,并输出各个维度的评测数据报告。报告内容将覆盖训练的各项指标,分析指出优缺点,生成战斗反应大数据,并可通过可视化信息融合呈现,帮助指挥员一目了然地了解受训情况。对后期战术战略提升,指导方向确立有着重要性的意义。

4 优化潜力

本次实践中所采用的技术虽然有部分属于前沿应用,但大部分都是成熟技术或已规模商用,基本不存在技术瓶颈。不足的是在室外MR虚拟作战元素的高清显示还存在一定的限制。不同于室内演练,参训人员在较狭小且平坦、固定的空间,可以穿戴VR头显全虚拟的环境或场景中与虚拟空间和元素交互。但本次训练场地在室外大范围、大纵深空间,参训人员也要从事剧烈的大范围活动,室外地形极其复杂,传统VR头显无法满足要求。

创造性地将5G网络的大带宽和低延时特性与XR技术相结合,让参训队员在实地训练或模拟作战时。基于当前技术条件下,MR在室外较强光线的显示效果还差强人意,显示亮度、清晰度和显示比例有待加强,再就是在室外这种大空间,参训人员的手持枪械或其他武器与MR显示的虚拟作战元素也还不能完美交互,存在一定的角度、方向等精准度误差。但随着技术的进步、算法的优化和我们在实践中的不断迭代,在不久的将来,这些问题都将迎刃而解。

5 结束语

信息化是当今世界发展的重要趋势,信息技术的高速发展,以前所未有的速度推动着世界新军事革命向前迈进,信息化已成为军事领域最活跃的因素,是适应时代发展大势的正确选择,是推进军事训练和模拟实战现代化建设的必由之路。

5G网、物联网、定位技术、可穿戴设备、人工智能等技术的发展,特别是XR技术的发展和演进,为军事训练、军事科技应用的发展提供了坚实的技术保障。我们相信双5G+XR等新兴技术对各种军事训练活动的影响将极为深远,未来有着广泛的军事应用前景。

参考文献

- [1] 李尤佳,裘晗.5G时代XR技术在广播电视节目制作中的应用[J].电视技术,2022,46(10):61-64.
- [2] 史晓楠,熊春山,倪慧,等.5G XR及多媒体增强技术分析[J].电信科学,2022,38(3):57-64.

基于图卷积网络的信息提取方法

钟云斌 钟 坚 罗序俊 江西电信信息产业有限公司 江西省南昌市 330000

摘 要: 一般来说,对于非结构化图片经OCR识别后的结果,往往其结果语义信息和原来在非结构化图片上的位置紧密相关,例如(火车票,发票)我们要对其抽取的主体名往往位于图片左上角,我们要对其抽取的日期往往出现在图片右下角,所以对于这种非结构化文本做信息提取考虑其位置是很有必要的,故而本文提出一种加入位置信息的关键信息提取方法,通过对语言模型加入位置图使得语言模型更准确地提取关键信息,模型收敛速度更快。

关键词: 图网络 位置信息 多特征融合 语言模型

0 引言

通常来说经过OCR光学字符识别得到的非结构化文本,如要提取文本中的关键信息,以往都是通过正则表达式或直接通过神经网络抽取文本中的关键信息,这种方式获取到的关键信息往往具有歧义需要人工再次对提取出的关键信息进行二次判断,比如要抽取火车票的起始点和终点信息,以往只能对火车票经OCR识别获得文本后,再利用命名实体识别模型对其识别出地名实体,获得地名后我们仍然不知道哪个地名实体对应火车票的起始点和哪个地名实体对应终点,往往还需人工二次判断;因而需要一种可以准确定位关键信息且不需要人工二次审核的方法对非结构化文本进行关键信息识别。

一般来说,对于图片经OCR识别后得到的非结构化文本,文本每个部分的语义信息和原来在图片上的位置紧密相关,例如,火车票要识别的起始点往往位于图片中间偏左的位置,要识别的终点往往位于图片中间偏右的位置,要识别的日期往往出现在图片右下角,所以对于这种非结构化文本做信息提取,与以往方法不同,通过对其加入文本位置信息可以更精准地识别。

众所周知,随着ChatGPT等大语言模型相继问世,人工智能进入通用大模型时代,大模型具有超强的语义理解能力,能够捕捉到更加复杂和细微的语义信息,能够更好地理解上下文信息。而且大模型在预训练过程中接触了大量的文本数据,这使得大模型在处理未知或罕见词汇和句子结构时具有更好的泛化能力。本文使用大

模型提取文本语义信息加上非结构化文本位置信息可以更精准更通用地对非结构化文本进行关键信息提取。

1 基于图卷积网络的信息提取方法实现

本方案提出基于图卷积网络(GCN)的信息提取方法,包括以下步骤:

1.1 准备字块间的关系图和关系图矩阵

(1) 准备字块与字块之间的关系图(此处我们定义每个字块上下左右四个与之最相邻的字块为同形字块,同形字块我们定义为1,其他字块为异形字块,异形字块我们定义为0)。通过这种关系我们可构建字块间关系矩阵word-graph。字块间关系图如图1所示,关系矩阵如图2所示。

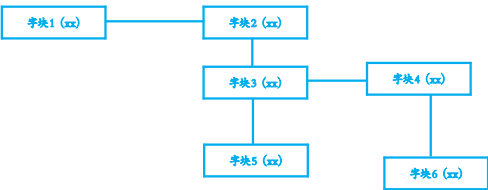


图1 字块相对关系图

	字块1	字块2	字块3	字块4	字块5	字块6
字块1	1	1	0	0	0	0
字块2	1	1	1	0	0	0
字块3	0	1	1	1	1	0
字块4	0	0	1	1	0	1
字块5	0	0	1	0	1	0
字块6	0	0	0	1	0	1

图2 关系矩阵(word-graph)

(2) 准备字块间关系图度矩阵 (即每个字块有几个字块与之相邻) degree-graph。如图3所示。

	字块1	字块2	字块3	字块4	字块5	字块6
字块1	2	0	0	0	0	0
字块2	0	3	0	0	0	0
字块3	0	0	4	0	0	0
字块4	0	0	0	3	0	0
字块5	0	0	0	0	2	0
字块6	0	0	0	0	0	2

图3 度矩阵 (degree-graph)

(3) 用字块关系图度矩阵对字块关系图做归一化处理得字块邻接矩阵 N_{area} :

$$N_{\text{area}} = (\text{degree-graph})^{-0.5} \times (\text{word-graph}) \times (\text{word-graph})^{-0.5} \quad (1)$$

1.2 构建图像特征提取模型和字符信息提取模型

(1) 在非结构化图片中把对应的字块1~字块6对应的图像裁切出来得到图像1~图像6。

(2) 构建 Vision Transformer (VIT) 网络模型, 并将最后一层扁平化, 使得模型前向传播至最后一层时可获得一维向量。

(3) 将图像1~图像6依次输入 VIT 进行图像特征的提取, 最后可获得记录字符图像特征语义信息分别记为 image-feature。

(4) 获得图像1~图像6里面的字符以及字符对应的分类标签, 分别记为 word-char 和 word-label。

(5) 使用 Telechat 模型 Tokenizer 和 Embedding 模块对字符 word-char 进行分词和词嵌入获得对应的字块的词向量 word-embedding。

(6) 构建2层字块图卷积网络并设置字块卷积参数 W 。

(7) 初始化 Telechat-6b 模型, 使用 Telechat 模型架构作为字符语义特征提取器。

1.3 多尺度信息融合提取与模型训练

(1) 对字块词向量进行字块图卷积特征提取得到高维词向量 Output-embedding:

$$\text{Output-embedding} = (W \times \text{word-embedding}) \times N_{\text{area}} \quad (2)$$

$$\text{Output-word} = (W \times \text{Output-embedding}) \times N_{\text{area}} \quad (3)$$

(2) 将获得的高维词向量 Output-word 和字符图像特征语义信息进行融合得到字符图像词向量 char-word-embedding:

$$\text{char-word-embedding} = \text{Output-word} \times \text{image-feature} \quad (4)$$

(3) 将字符图像词向量 char-word-embedding 输入 telechat 特征提取器进行更深层次的特征提取得到 word-vector。

(4) 将 word-vector 输入全连接层得到字块预测标签 word-classifier。

(5) 将字块预测标签 word-classifier 和字块真实标签 word-label 输入

$$L = - \sum_{i=1}^N y^{(i)} \log \hat{y}^{(i)} + (1 - y^{(i)}) \log (1 - \hat{y}^{(i)}) \quad (5)$$

得到字块标签交叉熵损失 loss-ce。

(6) 当模型训练完成以后, 对于新的非结构化文本, 我们先利用 OCR 对非结构化文本进行信息提取, 把识别得到的字块位置信息, 字块语义信息, 字块图像信息, 依次输入字块图卷积网络、VIT 和 Telechat 模型即可得到字块的对应的标签, 根据标签即可判断该字块是否为预期的关键信息。

2 应用场景分析

◎ 场景一: 银行、保险公司等金融机构每天需处理大量非结构化票据 (如发票、报销单、保单等), 从 OCR 识别的文本中快速提取关键字段 (如发票号、金额、开票日期、交易方名称), 支持多版式票据适配。

◎ 场景二: 物流企业需从海量运单 (纸质/电子版) 中提取收发件人、货物类型、重量等核心信息。兼容中英文、手写体混排运单, 提取准确率 $\geq 98\%$ 。

3 技术先进性分析

本方案区别于以往直接使用正则表达式对非结构化文本做关键信息识别的方法产生歧义且需要人工再对提取出的关键信息进行二次判断外, 本文提出的使用大模型对非结构化文本提取语义信息加入文本位置图信息可以做到不产生歧义不需要人工二次判断更准确地实现非

(下转第18页)

我国老年教育“学科交叉型游学养”数字化建设研究

蔡俊杰 肇庆开放大学 广东省肇庆市 526060

摘要:我国现代化发展至今,人口老龄化问题日益突出,且数字化时代已然到来,在此背景下,我国老年教育“学科交叉型游学养”的数字化建设尤为重要。此文从老年教育数字化建设现状入手,分析了国内外老年教育数字化建设情况,从数字鸿沟、数字化平台、师资、经费等方面,剖析了我国老年教育数字化建设存在的一些主要问题,并针对这些问题提出几点建议,为完善我国老年教育数字化建设贡献一点浅见。

关键词:老年教育 数字化 学科交叉型游学养 老年人

0 引言

据2024年最新统计,我国60岁以上老年人有3亿多人,我国人口老龄化日趋明显。党的二十大报告提出实施积极应对人口老龄化国家战略,老年教育是应对人口老龄化的一种重要举措,国家和社会积极推进老年教育老年大学高质量发展。

随着社会的进步,生活质量的提高,老年人不再单纯满足能打发时间的单一坐在教室的学习,他们追求更能促进健康、愉悦、养生等多方面结合的高质量的养老方式,“学科交叉型游学养”的理念逐渐进入大家视野。这种新型的老年教育方式,不仅要打破传统的固定场所、固定教师、固定时间的学习,更是一种结合时代特色高科技支撑的新型方式,是一种让他们可以“时时能学、处处能学”的集学习养生运动娱乐一体的方式,这种方式不仅需要管理机构,还需要打造全国甚至世界连锁的安全旅游线路、场所、人员配备、设备配置,更需要加强“学科交叉型游学养”方面的数字化建设,使老年人能适应越来越数字化的现代生活。

1 老年教育数字化建设现状

1.1 我国老年教育数字化建设现状

我国老年教育数字化平台建设正处于起步阶段,据现有数据统计,做得较好的有国家老年大学和中国老年大学协会,其他老年教育部门也在积极探索推进,具体统计如下:

(1) 国家老年大学数字化建设

国家老年大学官网包含课程学习、读书社区、教师研修和项目活动等板块,其中课程学习分为时代学院、数智学院、健康学院、艺术学院和有为学院五个专业类别,每个类别下又有具体专业名称,如数智学院分为手机应用、电脑应用、智能生活和科技前沿,这些专业的视频课件种类比较多,内容比较全面,目前有128个视频课程。专业设置结合时代特点,“游、学、乐、养”相结合,课程设置时长也适中,符合老年人学习兴趣和特点,成为老年教育数字化建设的标杆。

(2) 中国老年大学协会的数字化建设

中国老年大学协会官网开设了老年教育、网上老年大学、数字化校园平台,大大推动了老年教育数字化建设进程,网站中老年教育数字化主要体现在以下几个方面:

◎ 老年教育平台分教学管理、远程教育、网络课程和学术研究,其中网络课程有58个课程,每个课程又包含多个小视频课件。

◎ 网上老年大学在中国老年大学协会领导的亲切

基金资助:2024年度肇庆市社科规划项目(课题编号:24GJ-336)

关怀下,以起点高、发展快为特点迅速成长起来,成为面向社会、面向基层,直接服务离退休干部及社会老年人的线上学习活动阵地。同时,它也是全国老年大学线上官方学习平台,为全国老年大学提供在线直播、建设5G智慧校园等服务。

◎在数字化校园建设方面,中国老年大学协会与金龄科技达成战略合作,携手华为,在5G技术支持下,加快人工智能、大数据、物联网和各类智能设备及网络在老年教育领域的落地,积极开展智慧教育创新研究和示范,推动老年教育的模式变革和生态重构。

(3) 社会上其他老年大学或老年教育机构的数字化建设

各个老年大学和老年教育机构结合自身单位实际,积极打造老年教育数字化平台。由于经费有限,大多数单位是利用免费平台或投入较少费用搭建的数字化平台进行尝试。比如我校的老年教育数字化建设,现阶段的情况是,在微信创建了我校老年教育视频号,截至目前已制作老年教育微课和活动视频32个,浏览次数为16557次。虽然视频课件的数量远远不能满足我校老年教育线上学习的需求,但得到学员的一致好评,学员还期待我校视频公众号上有更多更专业更好的视频课件。

1.2 国外老年教育数字化建设现状

近年来,全球生育率偏低,更加加剧人口老龄化进程。中国老龄化发展趋势与日本比较相似。作为世界上老龄化最严重的国家之一,日本政府为应对老龄化问题,积极推进老年教育,创办老年大学。日本老年教育起步早,发展比较成熟,有完善的老年教育体系,模式也多种多样。随着数字化智能化技术的推广,日本老年教育数字化建设也得到政府和社会力量的大力支持和推动。比如,日本政府在公共交通、公共场所提供方便老年人的智能服务,企业有专门生产适合老年人的智能设备。

20世纪中期,美国通过老年教育相关立法保障老年人的受教育权,禁止歧视老人等。20世纪后期,信息化时代到来,这一时期是美国老年教育发展期,美国制定了各项法规政策保障老年人在智能时代的各项权益,还先后成立了“老年资讯服务中心”“高龄者网站”“老年

人寄宿所学会网络”“创造性退休中心”等组织,老年人退休后有更多的活动空间。

2 目前我国老年教育数字化建设存在的主要问题

2.1 老年人遭遇数字鸿沟

老年人因年龄问题引发的各种机能退化,接受能力和记忆能力大不如前,对于先进技术应用,选择躲避或拒绝。比如,现在金融界业务,年轻人在家就能完成查账转账等业务,但有些老年人还拿着存折到银行柜台办理查账转账取钱等业务。交电话费、水电费,年轻人早就一部手机就能随时随地快速办理,很多老年人却非到办事处办理,费时又费力。网上购物和网上支付大多是年轻人在使用。在现实中,老年人确实容易遭遇数字鸿沟。这里所说的数字鸿沟,是指在全球数字化进程中,不同国家、地区、行业、企业、社区之间,由于对信息、网络技术的拥有程度、应用程度以及创新能力的差别而造成的信息落差及贫富进一步两极分化的趋势。数字鸿沟是经济和社会发展矛盾在数字时代的集中反映,跨越数字鸿沟不仅是为了帮助弱势群体跟上时代步伐,更是进一步落实一系列国家发展战略的客观需要和迫切要求。当代老年人也在追求进步,可以预见,10年后70岁的老年人,基本上都可以做到使用智能手机、网络购物,移动支付。但是,数字化智能化技术也在不断发展,老年人遭遇“数字鸿沟”的现象一直都会存在。

2.2 缺乏适合老年人的数字化平台

目前,老年教育虽然有微信视频号中视频课件、网上课程、云课堂等支撑,但这些只是老年教育数字化建设的萌芽阶段产物。这些线上资源在一定程度上可以提供线上视频课件和线上其他学习资源,但远不能满足缺少安全感和存在感的老年人的需求。微信视频号视频课件、网上课程只能被动学习,云课堂虽然有虚拟场景,但体验感和代入感并不强,老年人接收到的信息并不全面,也激发不了学习热情,满足不了情感需求。鉴于此,社会上期待功能更强大,体验感更真实,代入感和存在感更充实的数字化建设平台面世。

2.3 老年教育数字化师资匮乏

随着老年教育的迅速发展,老年教育师资变得非常

紧缺。数字化技术日新月异，当下更加迫切需要懂数字化技术的师资。而老年大学的师资，除少部分来自社会上的教育机构，大部分来自有专长、资质和教学经验的退休人员，这部分群体数字化接受能力相对较弱，所以老年教育数字化师资存在很大缺口。

2.4 老年教育数字化建设经费短缺

老年教育经费，来源于学员每学期缴纳的学费，每个课程学费收费不高，基本上是公益性的。这些学费主要用于支付老师的薪酬，其他基础设施建设、设施设备等费用都是学校自筹，老年教育自创建以来，各学校都需自筹经费补贴老年教育建设，如：装修教室、设备配置、设备维修等，学校都面临经费压力，老年数字化建设资金难以保障。

3 几点建议

3.1 老年人设法跨越数字鸿沟

研究表明，正在加速推进的数字化建设，对于上了年纪、记忆力退化、学习能力弱化的老年人来说，确实存在诸多难以逾越的鸿沟。对于这个群体的人群，各级政府和企业数字化、智能化服务的同时，一方面必须保留一些传统的服务方式，让这些“被时代边缘化的人”仍然能够享受到的社会人文关怀和有效服务。另一方面，针对老年人的生活特点，对常用的数字化设备进行智能化改造，让老年人轻松便捷地使用，随时能和外地的孩子们保持沟通，享受数字化带来的现代化福利。

另外，老年教育可以有针对性地开展一些数字化课程或讲座，比如，为帮助老年人跨越数字鸿沟，解决“不会用、不敢用、不想用、不能用”智能手机应用等问题，一些社区组织老年人开展“数字破难微家行动”，让老年人可以快速接触并学习到数字化技术，迅速提高数字化应用能力。

3.2 构建老年教育数字化平台——云老年大学

微信视频号中视频课件、网上课程、云课堂远远满足不了当下老年人的生活和情感需求，现有的这些线上学习方式，激发不了老年人的学习热情，再加上健忘，学过之后很快就遗忘了。所以，当务之急，由国家老年大学牵头整个系统，构建一个便于老年人学习和满足老

年人情感需求的线上平台——云老年大学，一个有温度、有爱、有安全感和存在感的虚拟大学。

(1) 云老年大学架构：云老年大学从管理层面角度看，一个学校有各种角色，架构可以是一个层次型的结构，如图1所示。

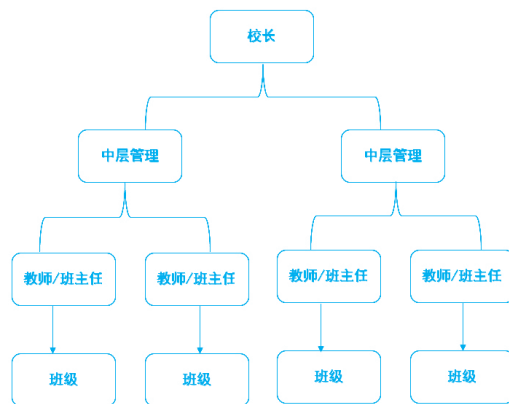


图1 云老年大学架构图

(2) 云老年大学功能：按使用功能划分，可以是云课堂、云会议、云旅游、云医疗等。云课堂中有任课教师、班主任、班长和其他学员等角色，教师可以随时掌控课堂情况；班主任不定点到教室观察上课情况，了解学员状态，特别是健康有问题要作出及时处理；作为班里重要成员，班长与教师、班主任、学员紧密联系，随时可以向教师和班主任反映情况，听取学员建议；学员除可以听课外，还可以提问，不过都必须在教师允许的情况下；云会议是在有重大活动时，向各角色发出邀请后召开的会议，会议有会议议程和多种角色参加；云旅游是展现在外游学养活动中的路线和活动情况，大家能了解自己处在什么位置，知道具体的活动及相关情况；云医疗是显示医疗救助资源的位置，老年人遇到健康问题，能很快得到救治。

(3) 云老年大学角色体验：重要的是学员的体验。退休后的老年学员，一下子从岗位上退下来，一时难以接受清闲、无组织无纪律的生活，会有很大的心理落差，孤独、空虚、不安全等感觉或多或少都会有。云老年大学可以很好地解决这些问题，在游中学，在学中养，大家将被动学习需求转换成主动积极参与的行动，能很好地体验“学科交叉型游学养”。老年人随时随处进入云老年大学，参加感兴趣的班级或活动，上课打

卡,与教师、班主任及其他学员可以方便地进行交流,自由轻松方便,有很强的存在感、代入感和安全感,并很快能找到归属感,感觉没有脱离社会,进而萌生出很强的社会使命感。

3.3 建设老年教育数字化平台师资库

老年教育师资比较匮乏,数字化师资就更难上加难。针对日益发展的老年教育数字化需求,师资建设尤为重要。结合老年教育现实情况,应该从以下三个方面加强老年教育数字化师资建设:

(1) 现有青年教师转型:现有学校青年教师,接受能力强,有一定的教学和科研经验,可以从中挑选出部分比较对口的教师转型到老年教育队伍中来,培养出能适应数字化技术的“学科交叉型”教师。

(2) 从退休群体中挑选人才:退休群体也是个人才济济的团队,从中可以挑选出有资质且有数字化经验的人才,对他们进行一定的专业培训,使其能够登上老年教育“学科交叉型”数字化讲台。

(3) 高校开设老年教育专业:许多高校开设有教育学专业、学前教育专业,今后也可以增设老年教育专业,各高校培养从事老年教育对口的“学科交叉型”数字化专业人才,为老年教育的后续发展培养强大的生力军。

3.4 数字化建设经费筹备

老年人是一个很大的群体,需要全社会更多的关爱,也需要有接受再教育的机会和权利。目前我国老年教育经费匮乏,严重影响老年教育的高质量发展。为了更好地推动老年教育的进程,为更多的老年人开放受教育之门,应该加快老年教育数字化建设,不仅要有环境更好的学习场所,还需要建设更方便的数字化学习平台。从发展的观念看,人口老龄化社会日趋明显,老年教育需求量大,使得经费的缺口更大。为缓解经费压力,经费来源可以从这几方面考虑:一是收取少量的学费,二是争取社会力量支持,三是需要国家政策支持,四是设置老年教育保险。

4 结束语

随着数字化技术快速发展,日常生活也越来越数字

化、智能化,年轻人不学习都会跟不上时代的步伐,老年人因身体机能自然退化,学习能力逐渐弱化,面对数字化时代,出行、就医、购物、娱乐、学习、养生等都无所适从。为了使老年人适应社会,加强老年教育“学科交叉型”数字化建设势在必行。显然,老年教育数字化建设,需要汇聚各方力量、发挥各方智慧、整合各方资源,群策群力共同完成。虽然在设计及实施过程中,可能存在一些困难和问题,但未来可期。

参考文献

- [1] 尼珊瑜.智慧养老背景下老年教育数字化资源建设研究.[EB/OL].(2024-7-25)[2025-2-10]<https://www.fx361.com/page/2022/1118/11111339.shtml>.
- [2] 上海教育.上海老年数字教育进社区行动助力老年人跨越“数字鸿沟”.[EB/OL].(2023-04-11)[2025-2-10].http://edu.sh.gov.cn/xwzx_bsxw/20230411/d2038adf90674a4fb261d6d0b03070a2.html.
- [3] 脑极体.跨越“数字鸿沟”,日本老年智能化服务的解法.[EB/OL].(2020-12-24)[2025-2-10].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686066328409768720&wfr=spider&for=pc>.
- [4] 上海崇明.帮助老年人跨越数字鸿沟,为崇明这个活动点赞.[EB/OL].(2023-06-24)[2025-2-10].<https://sghexport.shobserver.com/html/baijiahao/2023/06/24/1058617.html>.



智能安全围栏与管理系统的的设计

万震骏 付理祥 王佳昕 国网江西省电力有限公司南昌供电分公司 江西省南昌市 330095

摘 要: 项目组针对现有安全围栏的不足,设计了一种智能安全围栏与管理系统,包括智能围栏、信号集中器和移动管理端,移动管理端通过蓝牙与信号集中器相连,信号集中器通过无线透传模组与数个智能围栏进行通信,实现了智能安全围栏的灵活组网。该设计便于布置、易于管理,实用性强,在作业现场可以根据实际情况灵活安装智能围栏,大幅提高安全围栏布置的效率。

关键词: 电力作业 安全措施 智能围栏

0 引言

装设围栏作为保证电力作业安全的一种技术措施,在电力作业现场被广泛使用^[1]。随着电网规模逐年增大,变电设备逐渐增多,变电站内检修作业愈发密集^[2]。作业现场目前布置的安全围栏一般由底座、警示带和挂杆等部件组成,体积大、重量大、不易搬运,若需要多个围栏时,往往需要多人多次搬运和布置,耗时耗力。安徽省检修公司研制了一种连接牢固的移动式安全围栏,主要改进为围栏连接转角结构设计,使围栏可多串牢固连接^[3]。贵州兴义供电公司研制了一种便携式的安全围网,主要改进为将传统尼龙绳替换为轻型防水材料^[4]。现有的安全围栏研制缺少同时提升效率和可靠性的设计。针对目前现场安全围栏使用的不足之处,研制了一种轻便、便于布置、实用性强的智能安全围栏,以提高安全围栏布置的效率。

1 功能概述

智能安全围栏与管理系统由智能围栏、信号集中器、移动管理端组成,移动管理端通过蓝牙连接信号集中器,信号集中器通过无线透传模组实现与智能围栏的通信,如图1所示。

移动管理端可扫描智能围栏在线状态,控制人体报警、电量报警、光线感应,还可显示数据状态及异常报

警信息。系统组网灵活,信号集中器可连接多个智能围

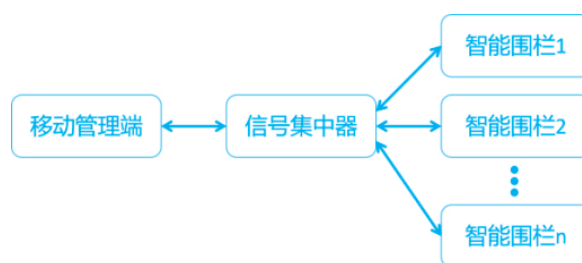


图1 智能安全围栏系统组成图

栏,便于作业现场按需安装。

在作业现场使用时,人体检测传感器监测到人员靠近,智能围栏发出语音提示,蓝红警示灯交替闪烁,人员离开后警示停止,信息同步至管理端;光强度传感器监测光强度较暗时,警示灯闪烁,工作人员可通过管理端选择强开、强关或自动模式,自动模式下警示灯依光线强度自动切换;低电量时,智能围栏向管理端发送信息并语音提示,方便维护管理,同时智能围栏具备太阳能充电功能,以提高设备的续航能力和使用便利性。

2 智能围栏、信号集中器的设计

2.1 智能围栏和信号集中器的总体架构

智能围栏硬件部分主要由控制模块、无线通信模块、人体检测模块、光照检测模块、语音模块、警示灯等模块组成。如图2所示。

基金资助: 国网江西省电力有限公司科技项目“便携式多功能安全围栏的研制”(项目编号: 5218A023000M)

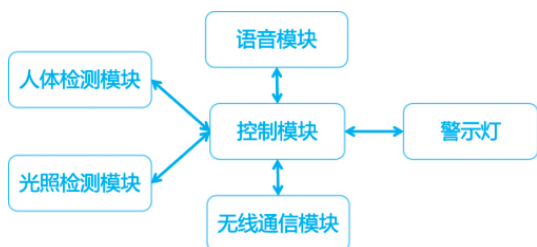


图2 智能围栏系统架构图

信号集中器部分由控制模块、无线通信模块、显示模块、蓝牙通信模块组成。如图3所示。

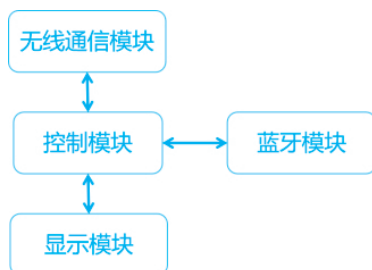


图3 信号集中器系统架构图

2.2 控制模块

控制模块（包含智能围栏、信号集中器的控制模块）采用STM32F103C8T6控制器、采用外部晶振为STM32提供稳定的时钟信号，确保系统的正常运行，晶振频率为8MHz，如图4所示。

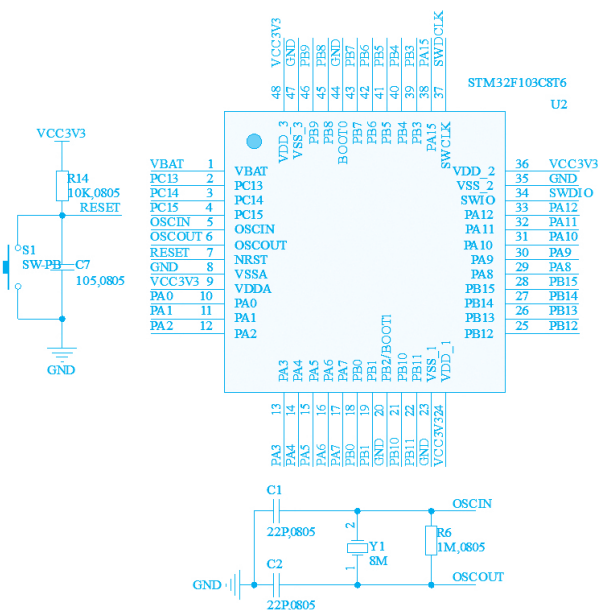


图4 控制模块电路图

系统初始化模块负责STM32的时钟、GPIO引脚、串口、ADC等初始化操作，为其他模块稳定运行建立基础。系统启动时，此模块率先执行，对硬件资源进行初始化配置，其程序初始化流程如图5所示。

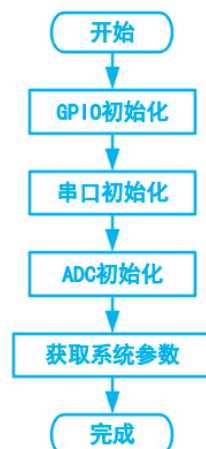


图5 系统初始化流程图

2.3 无线通信模块

LC12S无线模块是2.4GHz半双工无线透传模块，用于信号集中器与智能围栏间的通信。它通过串口与控制模块进行数据传输，能将智能围栏采集的信息发送给信号集中器，还可接收信号集中器发送的控制指令，其硬件电路如图6所示。

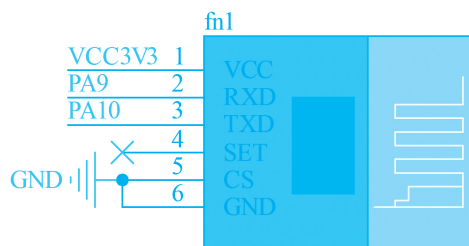


图6 无线通信模块的电路图

程序设计中包括信号集中器请求和状态异常时发送功能，主要分为开机配对程序、在线检测程序、接收光照阈值程序、接收电量阈值程序、接收信号集中器数据查询程序、接收人体报警开关程序和接收电量报警开关程序。

2.4 人体检测模块

SR602人体探头是一种基于红外线感应原理的传感器。把探头的输出引脚和到STM32的GPIO引脚相连接，

检测探头输出的电平变化来判断是否有人体接近。

当人体进入检测范围，会输出高电平信号，触发发送异常消息，使语音播放模块播放提示语音，同时控制红蓝报警灯交替闪烁。同时，通过无线通信模块将人体接近信息发送给信号集中器，再由其转发至APP显示。

2.5 光照检测模块

光敏电阻可检测环境亮度，其阻值随光照强度改变，光线暗时阻值增大，光线亮时阻值减小。将它与固定电阻组成分压电路，分压信号连至STM32的ADC引脚，通过采集ADC值获取环境亮度信息。

光线检测模块通过采集光敏电阻的ADC值，获取环境亮度信息。当环境亮度低于设定阈值时，控制红蓝报警灯交替闪烁，以提供警示效果。同时，通过无线通信模块将光线变化信息发送给信号集中器。

2.6 语音模块

JR600I语音模块用于播放提示语音，其通过串口与STM32通信。STM32向语音模块发送指令，以控制播放指定语音。语音模块的TXD引脚连STM32串口2的接收引脚，RXD引脚连STM32串口2发送引脚，两者共地完成电气连接。发声设备选用8Ω、0.5W喇叭。

2.7 警示灯

警示灯用于在需要时发出警示信号。它由红色和蓝色两个LED灯组成，通过控制两个LED灯的交替闪烁来实现警示效果。

2.8 电源管理模块

TP4057是常用的18650锂电池充电芯片，具备充电电流大、效率高、保护功能全的优点。它的输入引脚连接到太阳能电池板的输出端，输出引脚连接到锂电池的正极，通过检测锂电池的电压和充电电流，自动控制充电过程，确保安全充电。

Type-C充电口用于外部电源对电池进行充电，将Type-C充电口电源引脚连接到TP4057输入引脚，即可实现外部电源对锂电池的充电。

电量检测通过采集锂电池的电压信息，计算出锂电池的剩余电量。当电量低于设定阈值时，触发语音播放模块播放低电量提示语音，并通过无线通信模块将低电量信息发送给信号集中器，通过信号集中器向APP发送

电池电量低等警告消息，电量判断范围为0.7V，当电池电压降到3.5V时电量为0%，当电量为4.2V时电量为100%。

2.9 显示模块

信号集中器屏幕使用0.96寸OLED显示屏，显示像素为128×64，采取IIC接口和STM32进行信息交换，用来显示系统参数和状态。

2.10 蓝牙通信模块

信号集中器采用BT05蓝牙模块进行通信，负责信号集中器和移动管理端之间的通信，硬件电路如图7所示。



图7 蓝牙通信模块电路

蓝牙模块主要处理移动管理端与信号集中器之间的消息传输，采用UART串口通信，波特率设定为9600。

2.11 智能围栏和信号集中器的电路板设计

智能围栏和信号集中器PCBA板3D设计图如图8所示。

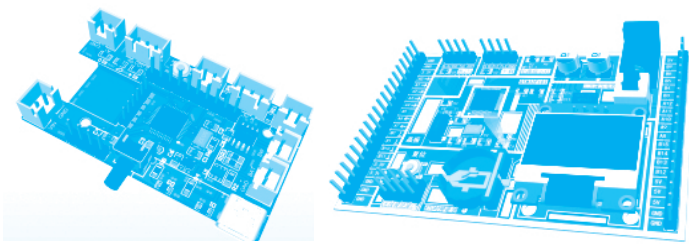


图8 智能围栏和信号集中器PCBA板3D设计图

3 移动管理端的设计

移动管理端采用Android Studio开发，调用手机（平板）的蓝牙与信号集中器进行通信。具有扫描在线设备、查看设备信息和设置设备参数的功能。移动管理端的主要页面如图9所示。

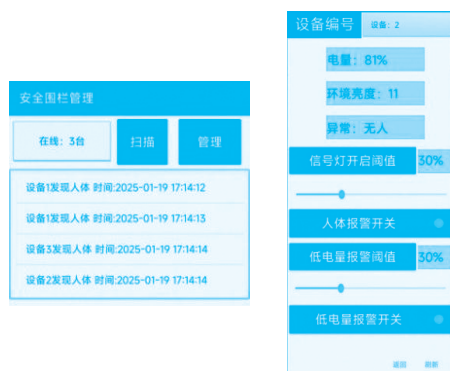


图9 移动管理端的主页面和管理页面

4 外壳的设计

采用SketchUp软件设计智能围栏的外壳,并使用3D打印机进行打印。根据便于装配的设计理念,分成4个部分进行设计。

5 设计成品

本项目设计的工程机如图10所示。



图10 智能安全围栏与管理系统成品图

6 结束语

本项目设计的智能围栏与管理系统便于按需安装、实用性强,可大幅提高安全围栏布置的效率。

参考文献

- [1] 周慧,廖成城,李锦鹏.变电站红外对射智能安全围栏的研制及应用[J].电力安全技术,2020,22(10):5.
- [2] 陈松,张晓阳,张西童,等.可伸缩式变电站安全围栏杆固定支架[J].农村电气化,2018(9):4.
- [3] 袁洪德,顾杨,张红梅.一种变电站新型安全围栏的研制及应用[J].电力安全技术,2018,20(2):4.
- [4] 陈朝勇,段晓瑞,文峰.基于多用途便携式易收纳快速安装安全围栏技术研究[J].科技创新与应用,2020(2):136.
- [5] 张旭阳,杨铎,元政,等.网式安全围栏快速布置装置的研制[J].电力安全技术,2021,23(6):2.
- [6] 张月华,罗家万,何志文,等.变电站新型安全围栏的研制及应用研究[J].科技风,2019(7):189.
- [7] 陈侃,夏正亚,茅晓亮,等.基于红外对射的高处作业安全围栏系统研究[J].电力安全技术,2022,24(9):34-36.
- [8] 耿东勇,赵桂娟.一种具有预警监控功能的新型安全围栏[J].农村电工,2023,31(1):36.
- [9] 梁业升.一种新型便携一体式快速收发安全围栏的研制[J].自动化应用,2023,64(2):83-85.

(上接第41页)

供弹性的建设模式,同时也为未来工厂的转型升级和智能化发展树立重要标杆,指明发展方向。

参考文献

- [1] 余绍晶,吴昌建.“5G+智慧工厂”驱动产业转型[J].上海信息化,2021(10):40-42.
- [2] Rouwet W.增加工厂灵活性:5G及无线技术为智慧工厂提升灵活性和移动性[J].世界电子元器件,

2023(8):23-25.

[3] 伏玉笋,唐金辉.使能未来工厂的5G能力综述[J].电信科学,2022,38(9):18-35.

[4] 装配式建筑预制构件5G智慧工厂[J].自动化博览,2022,39(2):128-130.

[5] 王婷.江苏最大5G工业专网加持“5G超级虚拟工厂”[J].中国电信业,2021(10):54.

用户至上 用心服务

好服务 更随心

消费随心

悦享放心消费

“智慧账单”焕新升级

网络随心

升格用网体验

手机信号全面提升

便捷随心

7×24h在线

线下办理最多跑一次



安全随心

守护悄然无声

免费天翼防骚扰服务

数智随心

畅游美好生活

数字人客服创新服务

关爱随心

温情爱心翼站

一老一少关爱新升级

广告



江西电信微信公众号



好宽带 真千兆 电信造

装宽带拨打10000号



扫码预约



上门服务

广告

投稿联系方式

地址：江西省南昌市红谷滩区红角洲赣江南大道2698号《江西通信科技》编辑部

邮编：330038

联系电话：0791-83721872

电子信箱：jtxkj@jtxxh.cn



(更多信息请关注公众号)