



江苏中博通信有限公司

Jiangsu Zhongbo Communications Co., Ltd

综合智慧供应链服务专家

江苏中博通信有限公司前身为江苏省邮电器材公司，始建于1964年，2007年由中国通信服务股份有限公司收购并在香港上市（股票代码：0552.HK），注册资本1亿元，年产值逾20亿元。

秉承“诚信至善，自立图强”的企业精神，历经半个多世纪的积淀与传承，公司综合实力持续稳居全国同行业前列。

公司通过“三标一体”管理体系整合认证（ISO9001、ISO14001、OHSAS18001），拥有AAA资信企业、AAAA物流企业、中国五星级仓库、全国先进物流企业、中国仓储服务金牌企业、中国物流百强企业、招标代理领域AAA级信用企业、中国招标代理五星级优质服务奖、江苏省重点物流企业、江苏省认定物流企业技术中心、招标代理甲级资质、通信产品质量检验授权认证、CNAS认可实验室等资质和荣誉。

公司拥有占地4.6万平方米的五星级仓储基地，行业一流的检测、维修中心，量身定制的信息化小组，紧贴市场需求的电商平台，以及高素质、高水平的服务团队。

公司竭诚为各大运营商集团总部、省市级运营商、设备制造商以及政府、公安、教育、广电等政企客户，提供包括物流、检测、维修、销售代理、招标代理等在内的专业一体化供应链服务，业务以江苏为大本营向外辐射，覆盖30个省份，128个仓储网点遍布全国。多年来，凭借过硬的综合实力，与中国电信、中国移动、中国铁塔等各大通信运营商、服务商及华为、中兴、爱立信等国内外知名设备制造商建立了长期稳定的合作关系。

公司在社会各界享有较高的知名度和美誉度，连续多年被评为江苏省文明单位，先后获得“中央企业红旗班组”、“全国先进物流企业”、“青年文明号”、“工人先锋号”等荣誉称号，被各大运营商、国内外知名厂商授予多项荣誉。

随着物联网时代新一轮信息化建设浪潮的到来，国家提倡全面适应深化企业改革新常态，公司将紧抓行业发展脉搏，坚定践行“走出去”、“创新转型”发展战略，开放合作、奋力开拓，致力打造国内一流的综合智慧供应链服务专家。



025-83427856 83467482

邮编：210003

传真：025-83342205

地址：南京市虎踞北路80号

企业邮箱：1.jszbt@chinaccs.cn



使命: 光电网联美好生活

愿景: 为客户、员工、社会创造价值

价值观: 以品质立尊严、以客户为中心、以奋斗者为本

中天科技起步于1992年，起家于光纤通信，2002年在上交所上市，被誉为“特种光纤光缆第一股”。得益于改革开放好时代，现已成为涉足通信、电网、海洋、新能源、新材料等多元产业的国家创新型企业，跻身中国企业500强、全国质量奖获得单位、金牌上市公司，是江苏省优秀民营企业。

89⁺
子公司



16000⁺
产业工人队伍



产品出口
147[↑]
国家和地区



6[↑]
海外生产基地



54[↑]
海外办事处



参与制修订
330⁺
国家及行业标准



拥有
1800⁺ 项
自主知识产权的专利授权



承担
6 项
国家重点研发计划项目



.....



制造业单项冠军产品:
无金属自承式光缆



制造业单项冠军产品:
光纤复合架空地线OPGW



制造业单项冠军产品:
漏泄电缆



制造业单项冠军培育企业:
中天海缆



国家技术发明二等奖

互联未来 赋能新基建

在疫情防控期间，云计算、人工智能、大数据等数字技术在医疗服务、科研攻关、在线教育等各个领域发挥了积极作用。随着数字技术的普及运用，人们愈发感受到承载产业数字化、数字产业化的新型基础设施的重要性。新型基础设施发展空间巨大，带动效应明显，为信息通信业带来广阔机遇。“新基建”作为新兴产业，一端连接着巨大的投资与需求，另一端连接着不断升级的消费市场，必将成为未来我省经济社会繁荣发展的重要支撑。

今年3月4日，中共中央政治局常委会召开会议。会议强调，加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。习近平总书记指出，要抓紧布局数字经济、生命健康、新材料等战略性新兴产业、未来产业，大力推进科技创新，着力壮大新增长点、形成发展新动能。省委、省政府十分重视“新基建”工作，4月30日，我省印发了《关于加快新型信息基础设施建设扩大信息消费若干政策措施的通知》，对加快新型信息基础设施建设，促进新型信息消费扩大和升级，推动产业数字化转型作出全面部署。

信息通信业是“新基建”的生力军，5G建设是“新基建”的重中之重，加快5G网络建设和应用部署，赋能垂直行业，建设智慧社会，已成为关系经济社会发展全局的重要工作。近年来，我们深入贯彻省委、省政府与工业和信息化部决策部署，坚持把建设高质量的信息通信网络作为重大任务。发力“新基建”，是我省信息通信业赢得主动、赢得优势、赢得未来的先手棋，我们要通过加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设，发挥其赋能作用，激发更多新技术、新应用、新业态，推动江苏信息通信业发展继续走在全国前列，为全国发展举旗探路。

本期杂志收入了涵盖“新基建”、5G应用、LTE、工业智能化等领域的专业论文，显示了信息通信工作者对行业技术创新的新思考。希望全行业就“新基建”、5G应用等新技术、新主题继续深入研究，加速利用信息通信技术实现“新基建”转型，积极践行新发展理念，不断满足人民日益增长的美好生活需要，共同开创智能信息文明的美好未来。

《江苏通信》主编



03 刊首语 PREFACE

06 行业要闻 SPECIAL TOPIC

- 06 2020 年 5.17 世界电信和信息社会日纪念大会暨“互联（江苏）赋能新基建”学术论坛成功举行
- 07 江苏省邮电标准化技术委员会 2020 年换届会在南京圆满召开
- 08 许继金局长专题调研城乡网络一体化和老旧小区改造工作
- 08 江苏省通信管理局开展“新基建”专题业务培训



- 09 江苏省通信管理局召开 2020 年江苏省通信建设和安全生产管理工作视频会议

10 5G 天地

- 10 5G 智能工业应用网络解决方案初步探讨 / 肖荣军, 王清, 杨健
- 14 5G 室分特定场景共建共享解决方案探讨 / 陈宜漂, 安刚
- 19 利用现有 5G 传送网进行 1588v2 同步改造 / 朱晓峰
- 23 5G 专网在垂直行业的应用现状与政策研究 / 袁卫平



26 咨询与智库

26 基于新型基础设施视角加快数据中心建设 / 戴源, 李晓红

31 无线通信

31 Cloud AIR 多制式频率动态共享方案研究

/ 曹广山, 宋春鹏, 王建, 李凤花

35 4G LTE 特型窄波天线在高层场景的深度覆盖研究

/ 朱斌, 王海飞

40 省际首条高铁联通 LTE 网络覆盖策略研究 / 康宏建

46 基于大数据测量报告的掉话密度地理化呈现方法探索

/ 李贝, 黄琪飞, 胡煜华, 孙科达

49 基于用户数据实现天线方位角纠偏的方法

/ 朱格苗, 徐慧, 王计斌, 闫兴秀, 余健

53 传送网

53 面向 5G 和 DC 的智能城域网顶层架构传输策略分析

/ 陆源, 孙梅, 白立武, 张立明

58 大数据

58 数字化转型下通信运营商数据治理的“困”与“道” / 康军

65 智慧城市与智慧社会

65 新型信息基础设施在智慧园区建设应用的探讨 / 许鑫

68 “智慧监控”引领网络维护智能化

/ 陆震, 蒋永西, 张正锴, 庄静

72 电信基建服务行业“智慧企业”建设研究 / 战培志, 关芳芳

74 网信安全

74 移动 APP 应用安全风险分析方法与加固建议 / 李网灿, 丁晋

77 电源与节能

77 南京某数据中心机房热管背板空调系统改造方案研究

/ 黎春鹏, 郑重, 李海峰, 刘乾恒, 张江

81 《2019 年通信业统计公报》摘录



双月刊 公开发刊

主管单位 江苏省通信管理局

主办单位 江苏省通信学会

协办单位 江苏省通信行业协会

江苏省互联网协会

中国电信股份有限公司江苏分公司

中国移动通信集团江苏有限公司

中国联合网络通信有限公司江苏省分公司

中国铁塔股份有限公司江苏省分公司

江苏省通信服务有限公司

中移铁通有限公司江苏分公司

南京邮电大学

支持单位 南京欣网通信科技股份有限公司

南京铁马信息技术有限公司

公诚管理咨询有限公司

中邮建技术有限公司

江苏亨通光纤科技有限公司

中博信息技术研究院有限公司

江苏十方通信股份有限公司

昆山宇环通信科技有限公司

编委会主任 许继金

副主任

董涛

叶美兰

朱新煜

任光裕

邵彪宁

余冰

乔振

戴源

朱新煜

任光裕

陈喆

编辑出版

发行单位

地址

邮编

电话

电子信箱

国内统一连续出版物号

广告经营许可证

广告代理

印刷单位

出版日期

定价

11.8 元

声明:稿件自录用之日起,其专有出版权和信息网络传播权即授予本刊,同时许可本刊转授合作第三方使用。若作者对此有异议,请在来稿时声明,本刊将作适当处理。

2020 年 5.17 世界电信和信息社会日纪念大会暨“互联（江苏）赋能新基建”学术论坛成功举行



2020 年 5 月 15 日，由江苏省通信管理局、江苏省科学技术协会、南京邮电大学指导，江苏省通信学会、中国通信学会物联网委员会、中国电子学会通信分会主办，江苏电信、江苏移动、江苏联通、江苏铁塔、江苏通服、南邮科协、江苏省物联网技术与应用协同创新中心协办的 5.17 世界电信和信息社会日纪念大会暨“互联（江苏）赋能新基建”学术论坛在南京邮电大学召开。江苏省通信管理局局长许继金，江苏省科协党组书记、第一副主席孙春雷，南京邮电大学校长叶美兰，江苏省通信管理局副局长、江苏省通信学会常务副理事长王鹏，相关通信企业领导及人员参加会议。

国际电信联盟将 2020 年“世界电信和信息社会日”的主题确定为“连通目标 2030：利用 ICT 促进可持续发展目标（SDG）的实现”。这一主题体现了国际电联致力于重申“连通目标 2030 议程”下促进电信 / ICT 行业发展的共同全球愿景，实现“一个由互联世界赋能的信息社会”。国际电联呼吁各方，为实现“连通目标 2030 议程”携手合作，为实施“2030 年可持续发展议程”做出贡献。本次纪念大会采用主会场、分会场和在线直播结

合方式进行。

国际电联秘书长赵厚麟非常关注本次大会，专门从国际电联总部发来了 5.17 致辞。江苏省通信管理局许继金局长、江苏省科协孙春雷书记、南京邮电大学叶美兰校长分别为本次大会致辞。

许继金局长在致辞中说，在今年的新冠肺炎疫情防控工作中，江苏信息通信业工作不停、建设不停，为疫情防控作出了重大贡献。5G 是“新基建”的重中之重，加快 5G 网络建设和应用部署，赋能垂直行业，建设智慧社会，已成为关系经济社会发展全局的重要工作。下一步，全省信息通信业将深入贯彻落实工信部、江苏省有关部署，以 5G 网络发展为先导，加速推进“新基建”，一是推进 5G 网络建设，推动 5G 空间布局规划的编制与落地；二是聚力推进各类“新基建”项目，实施“5G+ 工业互联网”512 工程，组织开展工业互联网标识解析二级节点建设，推进工业互联网安全平台建设；三是推进移动物联网发展，推进物联网的网络建设、应用拓展以及安全保障；四是进一步激发 5G 创新应用。全行业将积极践行新发展理念，加快推进 5G 建设应用步伐，共同迎接信息通

信发展更加美好的未来。

王鹏副局长在大会上对《2019 江苏信息通信业发展蓝皮书》《2019 年宽带抽样测速报告》《2019 年度江苏省互联网发展状况报告》《2019 年度江苏省互联网网络安全报告》作了权威发布，他以翔实的统计数据、直观的对标分析，客观地向全社会通报 2019 年江苏省通信和互联网发展状况。截至 2019 年底，江苏信息通信业全年共建成 5G 基站 1.5 万个；共完成电信业务总量 7546.6 亿元，同比增长 56.8%；电信业务收入 978.0 亿元，同比增长 3.0%，电信业务总量、收入稳居全国第二位，电信业务收入增速位居全国第一。

会议邀请了广东工业大学马建国教授做了题为《5G 助推智能制造》的学术报告，报告为 5G 技术与智能制造相结合提供了解决方案；中国工业互联网研究院田野副总工程师做了题为《工业互联网与新基建》的学术报告，结合当前新形势，提供了工业物联网的发展方向；东南大学研究生院常务副院长金石教授做了题为《面向 5G/6G 的智能无线覆盖增强新技术》的学术报告，提供了 5G/6G 技术的智能无线覆盖的解决方案。

（责任编辑：陈 喆）

江苏省邮电标准化技术委员会 2020 年换届会在南京圆满召开

2020 年 6 月 15 日下午，江苏省邮电标准化技术委员会 2020 年换届会在南京圆满召开。本次会议在江苏省市场监督管理局和江苏省通信管理局的领导和指导下，由江苏省通信学会和江苏省邮电标准化技术委员会主办，中通服咨询设计研究院有限公司承办。会议宣布了新一届标委会委员组成人员，举办了“名师讲堂”标准化讲座，召开了二届标委会一次全会并审议通过了标委会章程、秘书处工作细则和标委会建设与发展五年规划。

江苏省市场监督管理局标准化管理处处长洪森、主任汤牛明，江苏省通信管理局副局长耿力扬、信息通信发展处处长邵彪宁，江苏省通信学会副理事长、新一届标委会主任委员朱新煜，中通服咨询设计研究院有限公司党委书记、董事长、总经理殷鹏，授课专家江苏省工程建设标准站标准化部部长陈军等莅临现场，新一届标委会副主任委员王鹰、孙小菡、戴源和孙知信等 30 位委员或委员代表出席会议，承办单位及相关人员参加会议。会议由江苏省通信学会副秘书长、标委会副主任委员兼秘书长戴源主持。

江苏省市场监管局标准化管理处洪森处长首先宣读了江苏省邮电标准化技术委员会换届批文和 35 位委员名单，并为新任主任委员朱新煜颁发证书，随后与耿力扬副局长、朱新煜主任委员一起，为新一届标委会副主任委员和委员颁发证书。

承办单位中通服咨询设计研究院有限公司殷鹏董事长接着致辞。他对新一届标委会的成立表示祝贺，对与会来宾表示热烈欢迎。他介绍了公司在标准编制方面取得的业绩。截至目前，中通服设计院主编或参编标准共 245 项，其中国标 37 项、行标 161 项、

地方标准 11 项、团体标准 22 项、集团级企标 14 项。他表示，公司将继续在标准的制定和推行方面聚力奋进，为行业高质量发展做出更大贡献。

江苏省通信学会副理事长朱新煜以新一届标委会主任委员的身份做表态讲话。他对与会领导和委员表示感谢，同时深感责任重大。对标委会今后五年工作，他提出要关注行业发展趋势、完善标准管理制度、加强标委会自身建设、加强标准宣贯、做好标准实施情况跟踪等工作，要守正创新、依靠全体委员为行业服务。

江苏省市场监管局标准化管理处洪森处长在会上作重要讲话。他首先介绍了标准化工作重要地位和作用，分析对比了国际和国内标准化发展态势，介绍江苏标准化工作情况，省市场监管局对标准化工作的支持政策。洪森处长肯定了上一届邮电标委会工作成绩，对新一届标委会提出工作建议，强调不仅要推进团体标准，更要加快速度，在国家标准、地方标准方面多发力，要加快信息通信业标准化工作，做管用的标准。省市场监管局将一如既往地支持省邮电标委会的工作。

江苏省通信管理局耿力扬副局长最后讲话。他对标委会成立至今，在信息通信领域团体标准体系建设、建

章立制、标准制定等方面所取得的成绩给予肯定。对今后的工作，他提出五点希望：一是加强制度建设，二是注重需求导向，三是促进标准合作，四是组织开展标准宣贯，五是加强自身建设、注重人才培养。

会议上举办了“名师讲堂”标准化讲座，省工程建设标准站标准化部陈军部长作了题为“工程建设标准化实践与改革”的讲座，从标准建设的重要性、工程建设标准、标准化改革等几方面展开精彩阐述、分享与交流。

最后，召开了江苏省邮电标准化技术委员会二届一次全会。会议审议并表决通过了《江苏省邮电标准化技术委员会章程》、《秘书处工作细则》和《江苏省邮电标准化技术委员会建设与发展规划（2020—2024）》。随后，标委会展开座谈交流，各位委员积极发言、建言献策。

今后，新一届标委会在省市场监督管理局的坚强领导下、在省通信管理局的悉心指导和支持下，将贯彻落实会议精神，集思广益，不断完善工作，依靠全体委员聚力奋进，以饱满的热情、创新的举措和务实的作风，圆满完成上级赋予的使命任务，开创标准化工作新局面，争创新业绩！

（见习责任编辑：韩菁菁）



许继金局长专题调研城乡网络一体化和老旧小区改造工作



2020年5月26日-28日，江苏省通信管理局党组书记、局长许继金率相关处室负责人赴苏州、南通调研城乡网络一体化和老旧小区改造工作。苏州、南通通管办负责人及当地基础电信企业负责人陪同调研。

在苏州吴江区屯村镇花径新村、兰景苑安置小区，许继金局长一行现场了解了新农村建设中通信设施的配套建设及服务情况，并查看了机房、小区配套通信基础设施及共建共享共维情况，苏州市通信行业协会现场介绍了工作情况。

在南通通州区川姜镇，许继金局



长视察了川姜镇行政管理服务智慧云平台运营情况。该平台集网格化管理、综合执法、政务服务、智慧调度等多方面功能，为“1+4”基层治理模式改革提供信息化保障。许继金局长一行还调研了海门市农村基层防汛预警预报体系项目，详细了解了项目的实施应用情况。

许继金局长在苏州和南通分别主持召开座谈会，与当地通管办、基础电信企业、铁塔公司、通信行业协会就城乡网络一体化、城市老旧小区改造、驻地网共建共享的工作进行了专题座谈。许继金局长指出，在当前信

息化应用需求层出不穷的新时代，通信行业要做好以下重点工作：一是要实施城乡网络一体化建设，形成城乡网络同标准、同规划、同服务，通过网格化管理、综合服务 etc 提升信息化保障能力，农村新建集中居住点网络建设规划要与城市同步，在“美丽乡村”建设中明确信息通信网络建设标准，着力推进信息通信基础设施和服务能力的城乡一体化。二是推进老旧小区通信设施改造，老旧小区改造是今年政府工作报告和江苏省政府部署的工作任务，要积极争取当地政府支持，统一行业建设标准，综合考虑智慧社区建设的新需求，打造一批信息通信示范小区。三是推进“应急保障工程”建设，要推进电梯、地下室（停车场）4G、5G 信号覆盖便利，提供应急救援通道。四是省通信管理局、地方通管办要与运营商上下联动，加强与有关部门协调，为助力高质量发展贡献信息通信行业力量。

（责任编辑：陈 喆）

江苏省通信管理局开展“新基建”专题业务培训

为服务推动“新型基础设施建设”工作大局，2020年6月4日下午，江苏省通信管理局30余名干部职工前往中兴通讯南京滨江智能制造基地开展“新基建”专题培训，实地调研5G工厂，观摩了中兴通讯全球无线系统设备（5G基站）的生产制造全过程，深入了解5G、工业互联网在工业生产过程中的应用。

中兴通讯业务专家作了“新基建”、“5G赋能工业互联网”的专题讲座，详细阐述了中央推进“新基建”的战

略部署，国家发改委、工业和信息化部落实“新基建”战略部署的相关举措，各省出台的推动“新基建”工作落地见效的计划以及“新基建”对于对冲经济下滑、推动经济转型升级方面的

重大意义。专家深入浅出地从技术层面介绍了5G赋能工业互联网的原理和目前已实现的应用，展示了多个“5G+工业制造”的典型场景、加速行业创新的案例。讲座期间，参训人员与讲



授专家互动频频，就一些核心技术和应用进行了交流和讨论。

随后，全体参训人员参观了中兴通讯滨江 5G 工厂，观摩了用“5G 技术制造 5G 设备”的全过程，详细观看了智能工厂数字化生产线、自动化测试及实时数据交互的场景、协同制造工业互联网 iMES 平台、不同业务场景下的 5G 工业互联网创新应用，以及通

过“5G+ 智能制造”技术服务平台，带动滨江开发区方圆 300 公里内产业链协同发展，形成产业集群效应的现场演示。

局党组书记、局长许继金，党组成员、副局长王鹏、耿力扬参加培训和调研。许继金对中兴通讯滨江智能制造基地在 5G、工业互联网应用方面取得的创新成果表示肯定和祝贺，对

授课专家给予我局干部教育培训工作的支持表示感谢，并勉励人事部门进一步提升干部教育培训的针对性和有效性，切实做到按需培训、精准施训，增强教育培训工作的互动性、实践性和实效性，勉励参训干部加强对新技术新业态的学习，不断提高适应新时代、实现新目标、落实新部署的能力。

（责任编辑：陈 喆）

江苏省通信管理局召开 2020 年江苏省通信建设和安全生产管理工作视频会议



2020 年 5 月 29 日，江苏省通信管理局召开 2020 年全省通信建设和安全生产管理工作会议，全面总结 2019 年全省通信建设和安全生产管理工作，部署 2020 年目标任务。

省通信管理局、各设区市通信行业管理办公室、省市通信行业协会、各基础电信运营企业、铁塔公司、在苏参建企业相关负责人共计 400 余人参加了会议。省通信管理局党组成员、一级巡视员陈夏初出席会议并讲话。

会议总结了 2019 年我省通信建设

和安全生产管理工作，从信息通信基础设施建设、推进基础设施共建共享、规范通信建设市场管理、狠抓安全生产管理四个方面部署了 2020 年重点工作任务。江苏电信、江苏移动、江苏联通、江苏铁塔相关负责人进行了交流发言。

最后，陈夏初讲话。他充分肯定了我省 2019 年通信建设领域取得的显著成绩，从疫情防控、政策环境、宏观经济形势和 5G 发展四个方面分析了当前全省信息通信行业发展面临的新形势新任务，并对今年工作提出四点

意见：一是认真贯彻落实全省通信建设和安全生产工作会议精神，进一步加大建设力度；二是加速推进 5G 网络建设发展；三是规范通信建设市场行为；四是严格抓好安全生产工作，确保 2020 年各项任务顺利完成。他希望大家开拓创新、扎实工作，奋力推动全省通信建设各项工作再上新台阶，为实现江苏信息通信业更高质量发展，建成全国领先、国际一流水平的新一代信息通信基础设施作出新贡献！

（责任编辑：陈 喆）

5G 智能工业应用网络解决方案初步探讨

肖荣军 王 清 杨 健

中国移动通信集团江苏有限公司

摘 要: 本文分析了工业网络现存问题,通过解析 5G 关键指标和应用场景,提出了满足工业智能化需求的 5G 组网解决方案,建议采用 SA+MEC 的组网方案,并给出两种 UPF/MEC 部署方案的分析,最后,介绍了实际项目的网络指标模拟测试情况。

关键词: 5G; 垂直行业应用; 智能工业; 边缘计算

0 引言

2020 年 5G 网络和业务加速发展,除大众市场外,深化 5G 应用的关键是面向垂直行业,培养海量的垂直行业应用。5G 组网有独立组网(SA)和非独立组网(NSA)两种方式,深化 5G 应用只有采用 SA 方式,才能进一步发挥出 5G 网络的技术性能优势。在国际电联 5G R16 标准正式确定之后,更要重点加快独立组网的 5G 网络建设。本文针对工业网络现存问题,分析 5G 关键指标和应用场景,结合边缘计算(MEC),在现阶段 5G 独立组网模式下,给出将 5G 技术落地智能工业应用的解决方案,并对不同的网络部署方案进行分析。

1 工业网络现存问题

发展智能工业需要将具有环境感知和智能计算能力的各类终端、基于泛在技术的计算模式、新一代移动通信等不断融入到工业生产的各个环节,大幅提高制造效率,改善产品质量,降低产品成本和资源消耗,将传统工业提升到智能化的新阶段。然而,当前运行中的工业信息网络存在以下问题:

(1) 有线为主,妨碍柔性发展

车间内设备多为有线连接,有线布线成本高、周期长、走线难,导致企业无法根据需求快速移动设备、调整产线布局,影响产线柔性。由于没有可靠的无线网络,机器人的研发大量集中在硬件电路控制。如果能实现机器人软硬解耦,控制部分改为软件,移植到边缘网络,将会大大加快研发和迭代效率,降低成本。

(2) 无线为辅,干扰、可靠性和覆盖难解决

WiFi 网络是现在工厂主要的无线覆盖手段。但 WiFi 除了存在不抗干扰、可靠性差的问题以外,还存在覆盖面积小、接入容量有限、移动范围有限等问题。智能终端、机器人不能出门、易失联, WiFi 手段影响了产线自动化和活动范围。

(3) 多为私有网络,安全优先但难互通

多数工厂都采用私网模式,网络必须自主、可控,格外重视数据安全。网络封闭造成数据难以互通,私有网络技术升级难度大。各厂家早期各自研究相关规范,互通、维护均难以协调;产线集成周期长,上线后数据采集成为难点,自动化智能化难以实现。

5G 网络的高速率、低时延、大带宽的特性可有效解决上述问题。在组网上通过 5G 网络用户面(UPF)下沉和部署边缘计算,为工业互联网的泛在连接、精准控制、多媒体交互拓展更多应用场景,提供基础平台,有利于实现柔性生产,完成多路高清视频回传,低延时的计算和控制助力工业设备和系统技术升级,实现生产过程的自动化、智能化、高效化。

2 5G 关键指标和应用场景

首先回顾一下 5G 网络的关键指标和应用场景。众所周知,3GPP 定义了 5G 应用三大类场景:eMBB(增强型移动宽带)、mMTC(大规模物联网,更多地称为海量低功耗连接)、uRLLC(低时延高可靠连接),如图 1 所示。

eMBB 场景是指在现有移动宽带业务场景的基础上,对用户体验等性能的进一步提升,主要还是追求人与人之间极致的通信体验。mMTC 和 uRLLC 同是物联网的应用场景,mMTC 提供对海量用户的支持并保障数以亿计的设备安全接入网络,实现“万物互联”;uRLLC 主要满足物与物之间的通信需求,空口最小时延达到 1ms,可靠性 >99.999%。

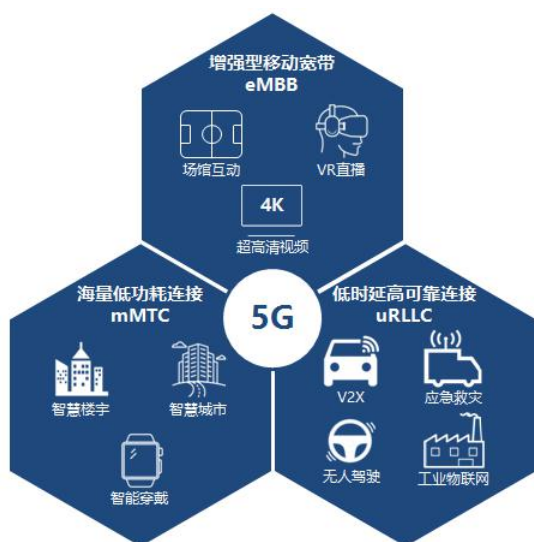


图1 5G应用三大场景

与4G比较，3GPP提出可以从八种关键指标的提升直观体现5G的关键能力，八种关键指标的具体要求和与4G的比较情况如下：

峰值速率（Peak data rate）：每个用户/终端在理想状态下所能达到的峰值数据传输速率。5G要求最高达到20 Gbit/s，

而4G要求为1 Gbit/s。

用户体验速率（User experienced data rate）：每个用户/终端在大多数情况下能达到的平均数据传输速率。5G要求最高达到100 Mbit/s，而4G要求为10 Mbit/s。

时延（Latency）：无线网络引入的数据从发送端到接收端的传输时延，5G要求最短达到1ms，而4G要求为10ms。

移动速度（Mobility）：在满足定义的QoS和无缝切换条件下所能达到的最大终端移动速度，5G要求最高达到500公里/小时，而4G要求最高达到350公里/小时。

连接密度（Connection density）：每单位区域（1平方公里）所能满足的最大连接数或接入终端数，5G要求最高达到106，而4G要求最高达到105。

网络能效效率（Network Energy efficiency）：从网络侧和终端侧两方面，5G最大达到4G的100倍。

频谱效率（Spectrum efficiency）：每单位频谱资源所传送数据的效率，5G期望达到4G的3倍。

密集区域容量（Area traffic capacity）：每地理区域的流量容量，5G要求支持达到10 Mbit/s/m²，而4G为0.1 Mbit/s/m²。

三大应用场景对5G的八种关键指标的侧重程度不同，如图2所示。

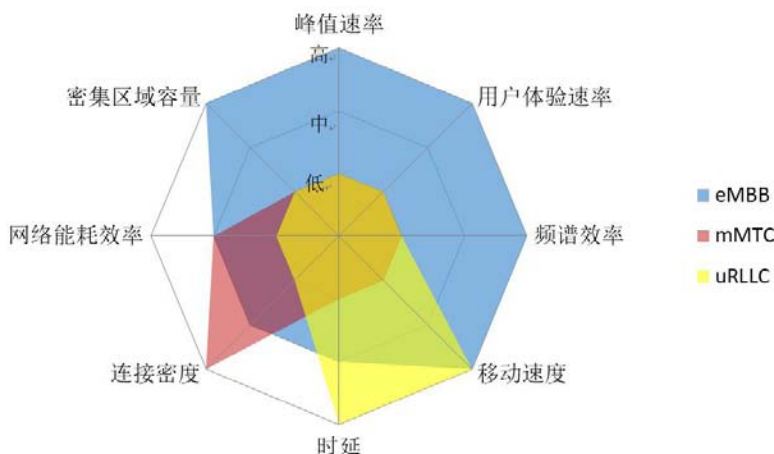


图2 三种场景的关键指标侧重程度

从图中可以看出，uRLLC是针对时延和移动速度均有特别高要求的应用场景，例如自动驾驶应用；mMTC重点侧重于连接密度特别大的场景下应用。虽然uRLLC和mMTC面向物联网，但是这两种场景目前的成熟度低，mMTC在国内未进行推广。因此，在现阶段，满足eMBB场景也可以综合体现速率高、时延低的5G网络优势，可满足工业大部分场景下的需求，在面向垂直行业方面可先行落地应用，积累经验，并随着uRLLC的发展，进一步拓展应用领域。

3 5G SA+MEC 解决方案

运营商在向企业提供5G解决方案时，出于企业对网络专用网专用的需求，一般会倾向于采用SA组网解决方案，利用SA组网对网络切片的支持，同时配合部署MEC，满足工业场景各种智能应用的部署和对网络性能的要求。在整个项目解决方案中，运营商可采用以下两种模式：

基础模式：由运营商建设5G网络和边缘云，提供网络解

决方案，客户自行部署应用。

平台模式：由运营商建设 5G 网络和边缘云能力 IaaS/PaaS+ 应用 + 运维服务 + 集成服务，提供分层的云服务能力。IaaS 以运营商自主提供为主，PaaS 和行业应用采用自主和合作研发并重。

现阶段，运营商可从基础模式切入，积极向平台模式拓展，引入更多硬件、软件、应用提供商，降低项目成本，逐步打造 5G 应用生态体系。

3.1 网络切片

在 4G 网络中，运营商提供 APN 业务，向客户提供虚拟专网服务。而在 5G 网络中，提出了“网络切片”的概念，网络切片是将一个物理网络切割成多个虚拟的端到端网络，每个虚拟网络之间（包括网络内的设备、接入、传输和核心网）逻辑独立，任何一个虚拟网络发生故障都不会影响其他虚拟网络。

5G 网络切片可以提供定制化网络能力、相互隔离、质量保证、逻辑隔离的端到端网络，包括接入网、传输和核心网。

5G 网络切片提供了全新的特性：

（1）多样的定制性：网络能力可定制、网络性能可定制、接入方式可定制、服务范围 / 部署策略可定制。

（2）隔离性 / 专用性：切片服务于特定的应用场景，不同切片之间相互隔离，互不影响。

（3）质量可保证：按照垂直行业需求，满足其 SLA 服务质量要求。

（4）统一平台：网络切片将基于 NFV/SDN 的统一基础设施灵活、按需构建。

端到端网络切片由无线网侧网络切片、传输网侧网络切片、核心网侧网络切片组成。目前，核心网侧网络切片已具备落地应用条件，端到端网络切片还在发展中，实际网络部署并不成熟。

3.2 边缘计算

边缘计算（MEC，Multi-access Edge Computing）是在靠近数据源或用户的地方提供计算、存储等基础设施，并为边缘应用提供云服务和 IT 环境服务。该技术的优势主要有：

（1）减低传输时延，数据处理更快

通过将服务器下沉部署在靠近用户和终端设备的边缘，解决了垂直行业中时延过长、汇聚流量大等问题，为实时性和带宽要求较高的业务提供更好的支持。

（2）网络带宽需求降低，抑制网络阻塞

随着联网设备的增多，网络传输压力会越来越大。而边缘计算的引入，5G 网络通过用户面功能 UPF 在网络边缘的灵活

部署，实现了数据流量本地卸载，减少了用户与远端服务器的数据交换，因此也不需要占用太多网络带宽。本地的数据处理，减少了大量数据传输带来的网络压力。

（3）数据隐私保护能力增强

数据的收集和计算都是基于本地，不再被传输到云端，因此重要的敏感信息可以不经外部网络传输，能够有效避免传输过程中的泄漏。

（4）网络开放性增强

移动网络能力通过标准化接口开放给边缘计算平台，可供第三方应用调用。这些移动网络能力包括无线网络信息服务、位置服务、QoS 服务等。

3.3 两种 UPF/MEC 部署方案

5G 组网架构中将用户面功能分离并下沉，具有很多优点，在具体部署时，可针对不同场景按照 UPF 下沉的层次分为两种部署方案：

方案一：将 UPF/MEC 部署到用户侧，直接部署在用户机房内，组网如图 3 所示。

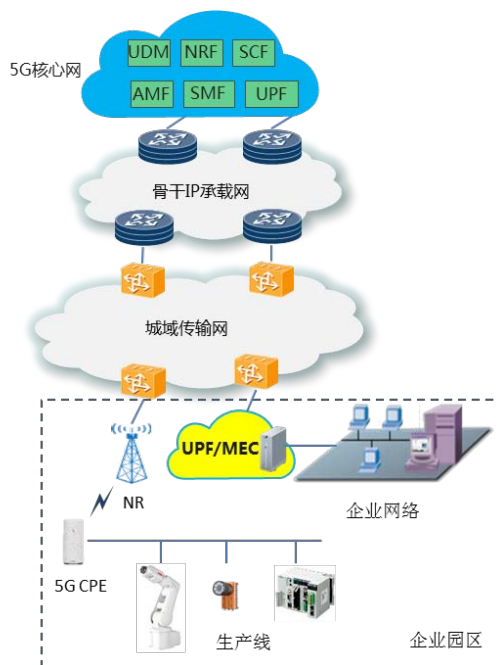


图 3 UPF/MEC 企业园区部署方案

将 UPF/MEC 下沉部署到用户侧，具有以下特点：

（1）每用户独立建设 UPF/MEC，投资大，对用户侧机房环境要求高，后期 UPF/MEC 现场维护需要进入用户端现场。

（2）可满足用户打造 5G 企业专网的要求，降低数据传输时延，真正做到数据“物理”不出园区（基站 → 传输 → 园

区 MEC→企业网络)。

(3) 运营商可利用 MEC+MEP 集成企业第三方应用, 增强业务粘性。

(4) 由于核心网元 UPF 下沉, 运营商核心网络延伸, 网络安全防控难度大。

该部署方案可针对高要求高价值客户, 与客户接触点多, 项目合作密切程度高, 难度大, 投资大, 但项目如果成功, 客户粘性强。

方案二: 将 UPF/MEC 部署到地市级或区县级运营商自有机房中, 可多个客户共享物理资源, 实现网络逻辑隔离。其特点是:

(1) 项目容易复制, 可批量推广, 自有机房中资源部署完毕后, 后续每个项目投入少, 业务开通速度快。

(2) 自有机房内机房条件好, 设备运行更稳定, 易于维护。

(3) 更适合于运营商为主导的平台模式。

(4) 企业网络 and UPF/MEC 间需增加数据专线实现网络互通。

(5) 数据传输端到端将引入一定延时, 不能满足对时延特别苛刻的场景。

方案二的组网如图 4 所示。

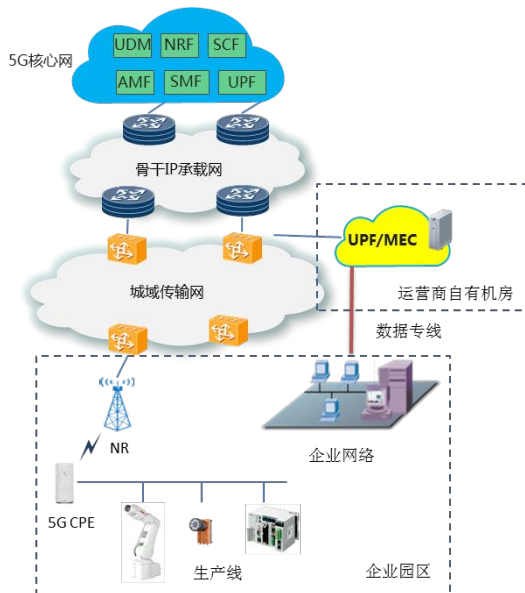


图 4 UPF/MEC 运营商自有有机房部署方案

3.4 5G 时延和速率指标测试

在按 UPF/MEC 部署到用户侧的应用项目中, 配置为 eMBB 场景, 我们对 5G 时延和速率指标进行模拟测试, 情况如下:

(1) 通过在 MEC 设备近端搭建 FTP 企业服务器, ping 测试服务器的时延大约在 14 ~ 15 ms。其中基站与 MEC 之间传输引入时延在 5 ms, MEC 侧基本未引入明显时延, MEC 侧出口到企业服务器的企业内网引入的时延大约在 2 ms, 无线基站在开启预调度时延为 7 ~ 8 ms。逐段分析时延情况如图 5 所示。

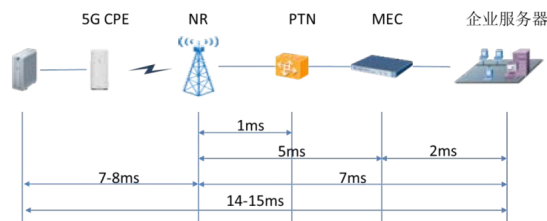


图 5 时延指标分析

(2) 在具体的 5G 落地项目现场测试中, 采用 FTP 多线程上传下载速率测试, 现场实测下载速率达到 750 Mbps, 上传速率达到 100 Mbps, 符合 eMBB 场景中用户体验速率的要求。

从测试结果看, 采用方案一的组网方案满足了项目工业摄像机高清图像机器视觉检测 (AVI)、大带宽传送场景和自动运输车自动导航 (AGV)、边缘计算和低时延场景的要求。以上场景的网络需求为: 上传速率大于 100 Mbps, 时延低于 20 ms。经实验验证, 满足应用系统要求, 系统运行良好。

虽然现阶段 SA 组网端到端切片还未成熟, 但 5G 在关键的指标 (时延和上传、下载速率) 已明显优于 4G, 与传统的工业组网比较, 在移动性、安全性等方面均具备优势, 可以满足工业智能化应用拓展。

4 结束语

本文仅对目前阶段 5G 面向工业智能化应用的组网方案进行了初步探讨, 实际上, SA+MEC 的组网方案可在多个行业领域的垂直行业场景下拓展应用。目前, 一方面, 5G 的技术标准和网络建设均在发展中, 另一方面, 5G 面向垂直行业应用的项目如雨后春笋, 市场前景如一片蓝海。运营商在积极推进 5G 垂直行业项目的“样板房”建设中, 不应简单追求极致、等待技术成熟, 而应和工业企业共同大胆尝试推广, 快速落地应用, 将“样板房”变成“商品房”。

另外, 在具体项目实践中, 还有很多方面值得进一步深入研究, 如网络传输方案的优化、网络安全方案、网络可靠性组网方案等。

(收稿日期: 2020-04-02; 技术审稿: 方勤松;

责任编辑: 赵明亮)

5G 室分特定场景共建共享解决方案探讨

陈宜漂 安 刚

中通服咨询设计研究院有限公司

摘 要: 5G 时代, 对于一些特定场景, 比如体育场、展览馆等公益性大型场馆, 机场、高铁站等大型交通枢纽以及铁路、地铁等各类隧道的公网建设, 由于资源限制, 业主要求等主客观原因, 需要共建共享。目前新型数字室分无法实现各家运营商共享一套室分系统。传统 DAS 通过 POI 或者合路器将不同运营商不同制式的网络合路到一套分布系统。本文以体育场为例, 采用传统 DAS 建设 5G 室分, 为 5G 室分在特定场景实现共建共享提供解决方案, 对类似场景具有借鉴意义。

关键词: 关键词: 5G; 共建共享; DAS; 合路

0 引言

室内分布系统经过从 2G 到 4G 再到 5G 的发展, 逐渐由室内无源分布系统向有源分布系统演进, 如现在市场上成熟的分布式皮基站, 其具有便于监控和扩容的特点, 成为运营商建设 5G 室分首选。与传统 DAS 系统相比, 目前市场上使用的 5G 新型室分不具有合路功能, 无法让一套 5G 分布系统实现多家运营商共享。对于地铁、铁路隧道区间覆盖, 由于隧道内空间资源紧张, 不支持各家运营商单独建设。对于体育场等公益性大型场馆、交通枢纽等, 由于桥梁资源紧张, 或者业主考虑进场施工管理及后期维护管理方便, 希望只要建设一套室内分布系统, 就能实现多家运营商的 5G 信号覆盖。这就需要采用传统 DAS 建设特定场景的 5G 室分信号, 实现一套系统, 多家运营商共建共享。本文以某体育场为例, 采用新型 POI+ 新型天线覆盖方案。方案根据体育场特点选择 POI 和天线类型, 合理规划容量, 并根据自由空间链路损耗计算边缘场强, 保证容量需求和覆盖效果。

1 传统 DAS 面临的挑战

传统 DAS 主要的优点是通过 POI 将不同运营商不同制式的网络信号馈送到同一套无源分布系统, 实现多家运营商多张网络共建共享, 然而 5G 高频大带宽特性使得现有 POI 无法合路不同运营商的 5G 信号。除此之外, 相比新型数字室分, 传统分布系统建设还面临以下问题:

- (1) 传统 DAS 现有天线、腔体功分器, 墙体耦合器等无源器件只支持 900 ~ 2700MHz, 不支持 5G-C 波段。
- (2) 分布系统性能容易受无源器件质量和施工影响。

(3) 5G 信号的高频特性使得 5G 信号在传统 1/2 馈线和 7/8 馈线传播损耗大。

(4) 传统型号漏缆 (13/8 型号) 不支持中国联通和中国电信的 5G-C 波段, 新型 5/4 型漏缆支持 5G-C 波段, 比起 13/8 型号漏缆, 5/4 新型漏缆衰减损耗更大。

(5) 容量特性差, 后期容量扩容涉及新增 5G RRU 和分布系统改造, 需要二次进场施工。

因此, 需采用支持 5G 频段新型无源器件, 研发支持 5G 信号合路的高频段大带宽的 POI, 提高 5G 室分天线的增益, 研发更低传输损耗的新型漏缆, 保证覆盖效果。在充分考虑容量需求的基础上, 合理设计合路点数量。

2 传统 DAS 5G 覆盖方案

隧道场景适合采用新型 POI+ 新型漏缆覆盖方案, 根据泄露电缆的传输损耗和耦合损耗, 计算泄露电缆的最长覆盖长度; 大型场馆或大型交通枢纽宜采用新型 POI+ 新型天线覆盖方案。某地铁工程采用新型 POI+ 新型漏缆的覆盖方式成功实现了三家运营商 5G 信号覆盖。对于大型公益场馆、大型交通枢纽等有共建共享需求的场景, 不宜采用新型 POI+ 新型漏缆的方式覆盖。

3 体育场案例

体育场高大空旷, 无墙体阻挡。POI 在实现 5G 合路的同时, 考虑运营商未来新增 2G/3G/4G 网络需求, 预留 2G/3G/4G 合路端口, 规划设计时充分考虑新建 DAS 系统的覆盖、容量、干扰等因素, 结合体育场场景实际, 按照设计原则, 天线选择,

POI 选型, 容量分析, 链路预算, 设计 5G 室分系统拓扑图共六方面分析体育场传统 DAS 5G 室分覆盖方案。

3.1 设计原则

体育场传统 DAS 方案总体来说, 遵循如下设计原则:

- (1) RRU 安装在天线旁, 降低馈线损耗;
- (2) 不使用功分, 耦合等无源器件, 减少传统 DAS 故障节点, 天线选用支持电信联通 C-band 的赋形天线, 减小不同小区的重叠区域, 控制干扰;
- (3) 计算好体育场容量需求, 争取一次规划和建设到位;
- (4) 天线安装方向偏向场馆内部, 控制室内信号外泄。

3.2 天线选择

体育场属于人流汇集、爆发性强的场景, 当举办体育赛事、音乐会等大型活动时候, 体育场内人员密集, 小区众多, 由

于体育场空间开阔, 不能依靠墙体、障碍物等自然空间隔离降低小区干扰, 因此容易越区覆盖, 导致同频干扰。普通天线旁瓣抑制不理想, 场内小区干扰严重。因此采用波束赋形天线覆盖体育场, 利用赋形天性良好的旁瓣抑制比和波束形状, 减小越区覆盖和同频干扰, 提升用户感知。后期建设好后进一步通过优化小区及调整天线方位角降低体育场干扰。

体育场整体结构呈椭圆形, 看台第一排到最后一排呈阶梯状分布, 高度差 3.9m, 看台水平宽度 10m, 天线设计安装在体育场检修马道附近, 距离看台最高处 12m, 体育场沿着护栏和过道可分割成 18 块小方形块, 每个方形块长度在 20 ~ 24m。图 1 是天线覆盖看台的横向截面图, 根据看台宽和高以及天线挂高, 可以算出要较好覆盖看台, 天线水平波瓣角要达到 32.12° 。图 2 是天线覆盖看台的纵向截面图, 根据覆盖方形块的长度和天线挂高, 可以算出天线垂直波瓣角在 $54^\circ \sim 59^\circ$ 。

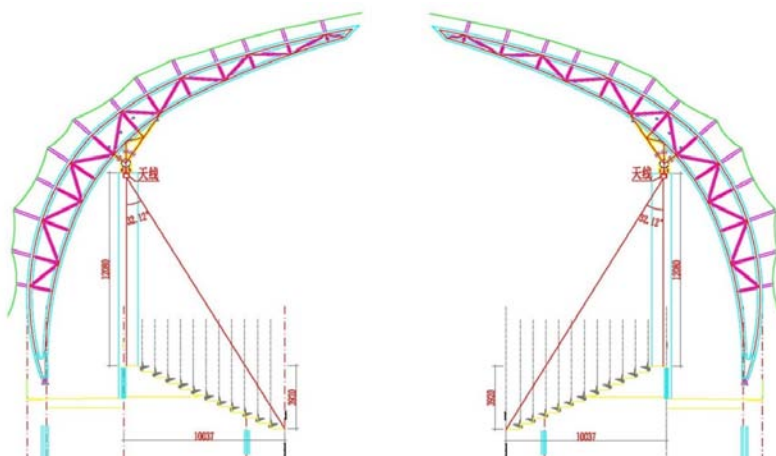


图 1 天线水平波瓣角确定示意图

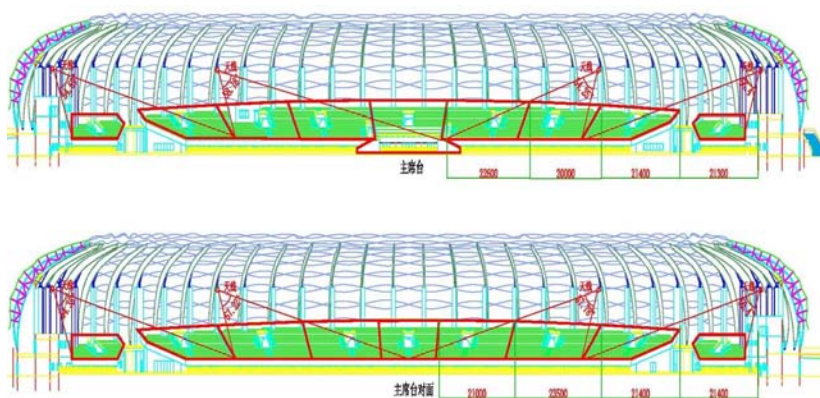


图 2 天线垂直波瓣角确定示意图

因此天线水平波瓣角和垂直波瓣角两个指标要满足图 1 和图 2 示意的角度, 向某天线产家定制专门赋形天线, 定制

天线的各项具体参数如表 1 所示。

表 1 天线性能指标

天线参数	电气特性
端口	端口 1&2:800~3800MHz, 端口 3&4:3300~3800MHz;
频率范围 (MHz)	800~3800
极化 (°)	±45
驻波比	≤ 1.5
增益 (dBi)	≥12
水平半功率束宽 (°)	30~40
垂直半功率束宽 (°)	30~60
水平旁瓣抑制 (dB)	≥18
轴向交叉极化比	≥17
前后比	≥25
端口隔离度	≥23
PIM, 3rd Order (dBc)	≤ -150 (2 x 43 dBm carrier)
输入阻抗 (Ω)	50
端口最大输入功率 (W)	200
接地	DC Ground
天线尺寸 (mm)	610 x 460 x 135 左右
天线净重 (kg)	≤10
安装方式	抱杆安装
接头	4×DIN Female

3.3 POI 选型

现有 POI 无法支持 5G 合路, 新型 5G POI 需要实现不同家运营商 5G 合路功能。体育场等大型公益性场馆属于话务量、流量需求多样化的场景, 除了 5G 网络, 移动用户还会用到其他制式的网络, 因此, 需给运营商预留 2G/3G/4G

网络的合路端口。相关 POI 设备产家按照设计要求, 定制支持运营商 2G/3G/4G/5G 全制式 15 进 2 出 POI, 具体 POI 参数详见下表 (表 2)。这使得体育场在建设 5G 网络的同时, 预留了 2G/3G/4G 网络开通功能。

表 2 POI 指标 15 进 2 出

项目	端口信息	工作频段
频率范围 (MHz)	移动 GSM900	889-909/934-954
	移动 GSM1800	1710-1735/1805-1830
	移动 TD-LTE(F/A)	1885-1915/2010-2025
	移动 TD-LTE(E)	2320-2370
	移动 TD-LTE(D)	2515-2675
	电信 CDMA800	820-835/865-880
	电信 LTE FDD1.8G	1765-1785/1860-1880
	电信 LTE FDD2.1G	1920-1940/2110-2130
	电信 TD-LTE2.3G	2370-2390
	电信 NR3.5G	3400-3600
	联通 GSM900	909-915/954-960
	联通 GSM1800/LTE FDD1.8G	1735-1765/1830-1860
	联通 WCDMA2100	1940-1980/2130-2170
	联通 TD-LTE2.3G	2300-2320
	联通 NR3.5G	3400-3600
插入损耗 (dB)	≤5.0	
带内波动 (dB)	≤1.5	

驻波比	≤1.3
互调 (dBc)	≤ - 150 (2 x 43 dBm)
平均功率 (W)	信源侧：200 天馈侧：500
峰值功率 (W)	信源侧：1000 天馈侧：2500
阻抗 (Ω)	50
尺寸 (H x W x D) (mm)	401 x 258 x 147 (不含安装支架及连接器公差 ±5mm)
净重 (kg)	≤20
工作温度 (℃)	-40~+55
相对湿度	5%~98%
应用场景	室内 / 室外 IP65
接头类型	信源侧：N-F, 天馈侧：DIN-F
安装方式	机柜壁挂式安装

3.4 容量分析

体育场属于事件性触发型场景，容量变化潮汐效应明显。体育场关闭时，容量需求不大。当体育场举行赛事及演唱会等大型活动时，用户密度高，流量将爆发性增长，通过后台软扩进行小区分裂获得容量保证，因此容量规划以满足高峰

期的容量需求为目标。以体育场满座时的席位数为基数，假设该体育场上座率为 90%，市场份额占比最大的运营商移动用户数占比 80%，进一步假设未来 5G 渗透率为 80%，计算得到该体育场最大小区需求数是 24，详细计算见下表(表 3)。

表 3 容量计算表

网络规模估算	席位数	上座率	现场用户数	移动用户渗透率	移动用户数	5G 用户数渗透率	现场用户数	用户业务激活比	最大在线激活用户数	单小区感知容量	区域需求小区数	实际规划小区数
体育场	15000	0.9	13500	0.8	10800	0.8	8640	0.8	6912	290	24	24

3.5 链路预算

按照自由空间损耗模型，自由空间损耗 L 为：

$$L= 32.45 +20lg F+20lg D \tag{1}$$

$$D= \sqrt{H^2+L^2} \tag{2}$$

其中 F 是频段，D 是天线到终端的覆盖距离，H 为天线到看台的高度，L 为天线覆盖区域内水平距离。体育场呈椭圆形，根据过道将体育场分为 18 个小块，每个小块面积约 220m²，每个天线覆盖 2 ~ 3 个小块，每个小块长度约 20m，体育场安装天线位置距离体育场看台的最大垂直距离

是 16m，最大覆盖区域是 3 个小块，则（2）式中天线覆盖距离 D 最大值 D_{max} 约为 62m，见（3）式：

$$D_{max} = \sqrt{16^2+ 60^2} =62 \tag{3}$$

目前商用的 5G 频段最高频段为电信联通 C-band，取 F_{max}=3.5GHz，将 F_{max} 和 D_{max} 结果带入（1）式，算出最大链路损耗为 79dB，5G 边缘场强按 -100dBm 考虑，假设 5G 设备信源发射功率 12.2dbm，POI 合路器损耗 5dB，因分布系统无功分器、耦合器，则允许的最大损耗即为馈线损耗，参见下表（表 4）可得，允许最大馈线损耗为 37.2dB。

表 4 链路预算表

发射功率 (dBm)	天线增益 (dB)	自由空间链路损耗 (dB)	POI 损耗 (dB)	边缘场强 (dBm)	工程余量 (dB)	允许馈线损耗 (dB)
12.2	12	79	5	-100	3	37.2

5G 不同频段百米馈线损耗见下表（表 5）。

表 5 百米馈线损耗

馈线损耗 (dB)	频段		
	2.6GHz	3.5GHz	4.9GHz
1/2 馈线 (100m)	13.7	16	20
3/4 馈线 (100m)	8.6	10.5	12.8
7/8 馈线 (100m)	7.5	9.2	11.2

信源安装位置到天线位置最远距离为 75m, 因此理论来说 3 种馈线都可以, 1/2 馈线和 7/8 馈线是常用馈线, 考虑后期更高频段的 5G 技术应用, 因此设计主要使用 7/8 馈线覆盖体育场, 对于部分施工困难的地方采用 1/2 馈线。

3.6 5G 室分系统 POI 合路图

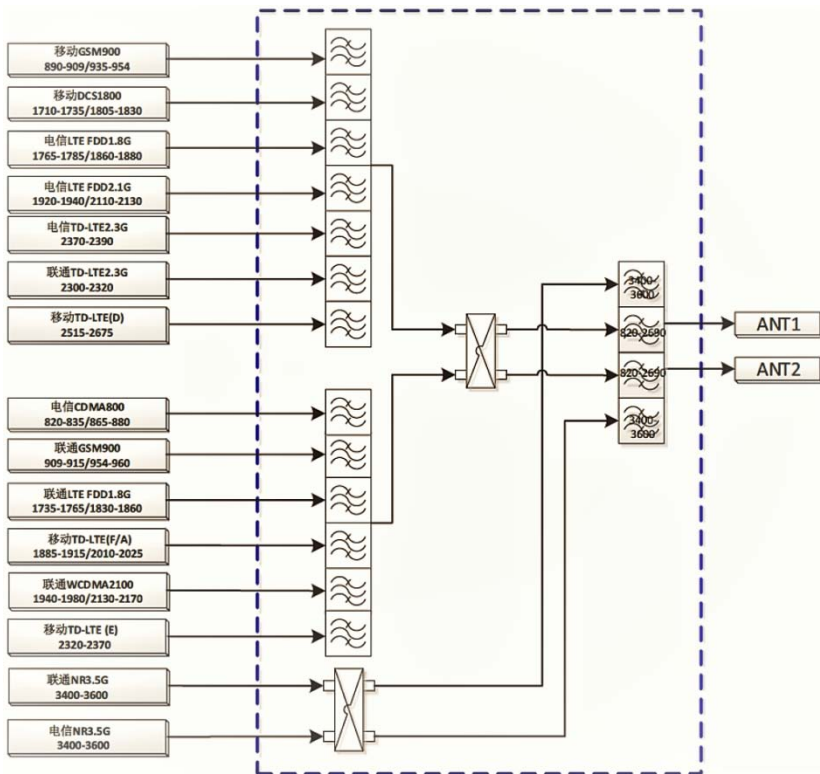


图3 5G 室分系统 POI 合路图

4 结论

本文在 5G 正式商用的背景下, 探讨了传统 DAS 在 5G 建设中的应用, 为探索 5G 室分共建共享提供参考。在大型公益性基础设施, 如体育场、机场、地铁及高铁隧道等公网建设中, 采用传统 DAS 建设室内分布系统具有特定的适用性。本文以体育场为例, 结合体育场特点, 从天线选择, POI 选型, 链路预算, 容量分析等角度, 探讨了体育场的 5G DAS 建设方案。对于空间高大敞亮的场景, 像体育场、

设计采用高增益赋形天线, 保证覆盖效果的同时减少天线使用数量, POI 输出端通过馈线直连天线, 中间不再设计功分耦合等无源器件。POI 输入端支持多系统合路, 输出端收发合缆, 室分系统 POI 合路图见图 3。在开通 5G 的同时, 运营商可以根据自己需求, 合路其他制式的网络。

机场等公益性大型场馆, 宜使用新型 POI+ 高增益天线的方式覆盖; 对于地铁、高铁隧道等狭长受限的场景, 采用新型 POI+ 漏缆的方案覆盖。采用新型 POI+5/4 漏缆建设地铁隧道 5G 室分, 已有成功案例。未来需要研发支持更高频段, 损耗更小的馈线和泄露电缆, 同时研发支持更高频段的天线和 POI 等无源器件, 让传统 DAS 在 5G 及未来的通信技术中发挥更大的作用。

(收稿日期: 2020-02-28; 技术审稿: 周斌;
见习责任编辑: 韩菁菁)

利用现有 5G 传送网进行 1588v2 同步改造

朱晓峰

中国联合网络通信有限公司江苏省分公司

摘要: 5G 基站和新应用要求高精度时钟, 大多数基站采用卫星的方式来解决同步问题, 但部分基站采用卫星授时存在选址难、维护难等问题, 利用现有传送网组建一个地面同步网可以有效解决上述问题。本文探讨了同步网现状及 5G 对同步的需求, 结合当前 5G 传送网组网结构提出基于现有 5G 传送网进行单纤双向或增加部分板卡进行 1588v2 时间同步改造, 可为 5G 网络提供安全高效的时钟网。

关键词: 1588v2; 5G; 传送网; 改造

0 引言

5G 牌照发放后, 各运营商正在如火如荼地开展 5G 建设。5G 基站设备采用 TDD (时分复用) 技术, 同步网作为基础支撑网络不可缺少。在 5G 网络建设初期, 时钟与之前的无线网络一样通过基站获取 GPS、北斗等卫星时钟作为时钟源, 但 5G 新技术例如车辆无人驾驶等的应用推广需要更为精确的基站定位, 这就对 5G 基站的时钟同步提出了更高的要求。

5G 网络须对基站空口时间偏差进行严格限定, 目的是避免上下行时隙干扰。为了提升覆盖效率和服务体验, MIMO (多输入多输出)、CA (载波聚合)、CoMP (协作多点传输) 等协同增强技术在 5G 系统中得到更广泛地应用。上述协同技术可以显著增加无线带宽, 但需要时间同步才能开通, 所以 5G 的 TDD 基站或作为锚点的 4G FDD 基站都需要时间同步。3GPP 目前研究的技术已经要求提供 130 ns 的精度。

和传统的 3G、4G 网络相比, 5G 网络作为一个新兴的网络可以提供更高速的移动业务覆盖, 可以支持工业互联网、新兴物联网、车联网等多种垂直行业应用, 这些行业应用都对 5G 网络同步精度提出更高的要求, 比如高精基站定位服务要满足小于 3 m 的定位精度, 基站间的空口信号同步偏差必须小于 10 ns。

1 移动网同步现状及 5G 对同步的需求

1.1 同步概述

同步方式一般分为频率同步、相位同步和时间同步。同步方式是由系统的特性确定的, 如 SDH 网络就是一个频率同步系统, 要求不同网元之间的频率要同步起来, 以保证 SDH 业务的正常传送; 基于 TDD 技术的无线基站系统是一个时间

同步系统, 要求相邻基站之间的时间要同步起来, 以保证空口正常工作。

1.2 移动网同步现状

长期以来, 运营商主要利用基站设备自带卫星接收装置, 通过馈线外接卫星天线的方式从卫星获取时钟源以满足系统的同步需求。在 4G 时代, 使用 TDD 制式的运营商通过建设地面同步组网, 作为无线基站同步的备用, 或者用于解决如地铁、地下车库等卫星信号覆盖不到区域的基站同步; 使用 FDD 制式的运营商由于设备对时间精度要求不高, 甚至在有些区域直接用系统时钟而不采用外部时钟。目前 5G 网络宏站多数采用双星 (GPS/北斗) 的方式来解决同步问题, 但很多室分站和少部分宏站在利用卫星进行同步时出现无法接入的情况。

1.3 卫星同步存在的问题

卫星授时同步存在安装要求高、成本高、故障率高等问题, 同时存在远期的安全隐患。

(1) 选址安装困难, 特别是用于室内覆盖的基站, 卫星接收天线有时无法安装;

(2) 部分区域比如高速高铁的隧道、地铁等场景维护困难, 一旦出现卫星授时故障时难以及时上站维护;

(3) 基站设备外接天线需要增加馈线, 根据增长情况需考虑加装信号放大器及加入馈电, 增加了系统复杂度。

根据前述分析, 5G 系统既有微秒级基本业务同步要求, 又有百纳秒级的协同增强技术同步要求; 与此同时, 5G 新业务对同步也提出了更高精度的要求。由于部分基站利用卫星授时存在一定问题, 所以在 5G 建设时, 各运营商需采用一种高精度的同步地面传送时间的方案, 由此基于 1588v2 的同步系统应运而生。

2 1588v2 同步网方案及工程应用

2.1 1588v2 同步传送方案

1588v2 精确时间传送协议可以实现纳秒级时间同步的精度，与当前的卫星精度一致。在建设成本、维护难易和网络安全方面具有优势，符合网络转型趋势。

一个完整的 1588v2 同步无线网络由时钟源、传送网、无线基站组成，如图 1 所示。



图 1 1588v2 网络示意图

图中时钟源包含了卫星时间同步和 1588v2 功能的 BITS，一般选择放置在网络的核心层，在网络规模比较大的情况下，可选择放置在汇聚层。和传统的时钟网一样，1588v2 同步网络一般配置主从两个时钟源设备，通过设置不同的优先级来实现备份。

时钟的传送，目前利用的是现有的传送网，如 SDH、OTN 或分组设备组成的网络。和传送网一样，同步网也可分为核心、汇聚和接入三个层次，同步网络需要由网络成环来实现保护，在末端采用链状组网。

无线基站是同步网的网络末端节点。基站同步的问题直接影响到无线通信业务的同步质量。在关注无线掉话率、接通率、寻呼成功率等指标的同时，也需要关注基站的同步，使得良好的同步性能延伸到网络末端，从而改善网络整体运行质量。

从时间源经传送网到无线基站，若网络链路能够确保具有延时对称性，1588v2 时间同步链路上的网元数量应不超过 30 个；若无法确认网络延时具有对称性、且不能逐点测量延时是否对称的情况下，时间同步链路上的网元数量最好不要超过 20 个。

2.2 光纤不对称情况的工程考虑

1588v2 时间同步建立在主从时间之间的收发链路延时对称的基础上，如果主从时间之间的收发链路延时不对称将产生同步误差，其误差的大小为链路延时的二分之一。

计算光纤的传输延时，介质的折射率等于光在真空中的速度 c 跟光在介质中的传播速度 v 之比： $n = c/v$ ，其中真空中光速为 $c=299,792,458 \text{ m/s}$ ， n 代表光纤折射率。不同类型的光纤

折射率不一样，一般采用经验值 1.458 进行推算，那么光在光纤中的传播速度为 $v = c/n = 299,792,458/1.458=205,618,969 \text{ m/s}$ ，1m 光纤的延时为 $1/v = 4.86 \text{ ns}$ ，也就是说 1 m 光纤的传输延时是 5 ns，那么 1 m 的不对称将引入 2.5 ns 的时间同步误差，400 m 的不对称将引入 1 us 的时间同步误差。

在实际工程中，很难将全网端到端的光纤不对称控制在 400 m 以内，对于基站要求小于 1.5 us 的同步来讲，显然是不能容忍 1us 误差的。因此，在 1588v2 同步网建设或改造时要充分考虑这个问题。目前主要有以下四种方案解决光纤不对称问题：

(1) 仪表逐点测量法。用 1588v2 仪表逐点测量设备的时间同步精度，根据测量到的时间同步精度反推出光纤不对称后进行补偿；也可以采用 OTDR 测试仪直接测量每一对光纤的不对称再进行补偿。如果是现网改造，通过 OTDR 测试仪测量在用纤芯是需要中断业务且不能直观得到同步结果的，一般倾向直接采用 1588v2 仪表进行测量。

(2) 单纤双向改造法。传送网设备采用单纤双向光模块进行改造，使得收发使用同一根纤芯，可以彻底解决双纤收发链路延时不对称的问题。在此方案中，由于收发波长不同引起的双向链路延时不对称一般比较小，且可以由设备自动计算和补偿。根据 G.652 的定义，可以计算出 FE 单纤双向引入的时间误差约为每公里 1.06 ns，GE 单纤双向引入的时间误差约为每公里 0.544 ns，远远小于普通双纤 1m2.5 ns 的时间误差。采用单纤双向光模块后，无论是新建或是改造同步网均不存在光纤不对称的问题。

(3) 直接开通法。经过在多个现网实际测试以及和多家运营商的交流发现，现网光纤尤其是传送网接入层面不对称的概率非常小，在 1588v2 的现网部署中可以直接忽略。

(4) 二分定位法。大致思路为得知某路径上存在光纤不对称后，可选取该路径的中间节点继续进行测量（以 N 个节点的路径为例，选取第 $N/2$ 个节点），分别测量该节点从主路径跟踪的时间与 GPS 的偏差以及从备路径跟踪的时间与 GPS 的偏差，以判断不对称的光纤出现在主路径还是备路径上，循环执行该操作直到找出光纤不对称的位置所在并进行补偿。（在排查光纤不对称情况时，也可先对上下行不同光缆或者租用光纤的节点重点排查。）

3 5G 传送网 1588v2 规模改造方案

3.1 目前同步传送网的问题

在建设初期，有的 5G 传送网使用对原先的 4G 传送网扩容的方式进行 5G 回传的承载，有些虽然新建传送网给 5G 回

传使用,但没有考虑同步建设 1588v2 同步网,5G 基站的时钟仍采用诸如 GPS、北斗等卫星时钟。

现有的传送网,如 OTN 和分组网,在建网时并没有考虑到需要传输 1588v2 的时钟,有些在设备主控、业务等相关板卡配置上可能不具备支持时钟传递的能力,有些在组网方式上或线路纤芯选用上也不能进行时钟传递。

随着 5G 建站规模的增加,5G 行业应用的研发推广,5G 无线网络对时钟精度的要求越来越高,在后期新建 5G 传送网时,运营商已经开始考虑同步时钟网的建设问题。但对于前期已经建成或依托已有网络进行 5G 传送网建设的场景,就需对现有传送网进行 1588V2 时间同步网的改造。

3.2 改造方案

基于上述时钟不对称的考虑,本文建议在传送网改造时一方面采用链路的单纤双向改造,另一方面对现在传送网的网络结构、使用的板卡类型进行更换等,以此将现有的传送网改造成能承载 1588v2 的时钟同步网,具体改造的方案如下:

(1) 纯 IPRAN/PTN 承载的场景

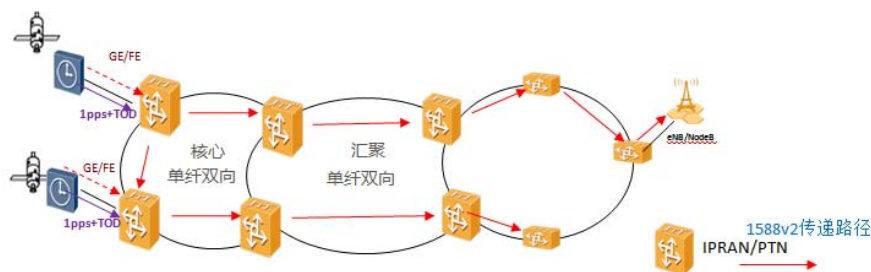


图 2 纯 IPRAN/PTN 承载场景

(2) IPRAN/PTNoverOTN 的场景

此场景中,OTN 设备的核心环、汇聚环都是按双纤双向进行组环,OSC 信号也是按双纤双向进行传送。由于未考虑传送网传送时钟,5G 基站的时钟引入在基站侧直接接入卫星

此场景中原有分组网设备的核心环、汇聚环及接入环都是按双纤双向进行组环,未考虑利用传送网传送时钟,5G 基站的时钟是从基站侧直接接入卫星信号。在此场景下实施 1588V2 同步网建设或改造时,时钟源直接从核心 IPRAN/PTN 引入,核心、汇聚层采用单纤双向改造,接入层进行直接开通,具体如图 2 所示。

核心、汇聚层单纤双向改造可分为两种方式:一是组网线路侧的光模块更换为单纤双向光模块;二是在核心、汇聚层设备上新增 GE 接口板,配置 GE 单纤双向光模块,通过 GE 光口组环,新建一个独立的时钟环网。

如采用第一种方式,鉴于目前的分组传送网都是基于 10G 及以上速率的组网,线路侧的光模块需要更换,投资比较大,且需中断现有光路,但不需要额外增加线路纤芯,施工较为方便。而第二种方式中,由于采用新增单纤双向 GE 光模块组时钟环,光模块投资较为节约,但需新增使用线路侧一根光纤,对于线路专业需要投入较多工作量。

信号。在此场景下实施 1588V2 同步网建设或改造时,时钟源直接从核心 OTN 引入,核心、汇聚层采用 OTN 单纤双向,接入层进行直接开通,具体如图 3 所示。

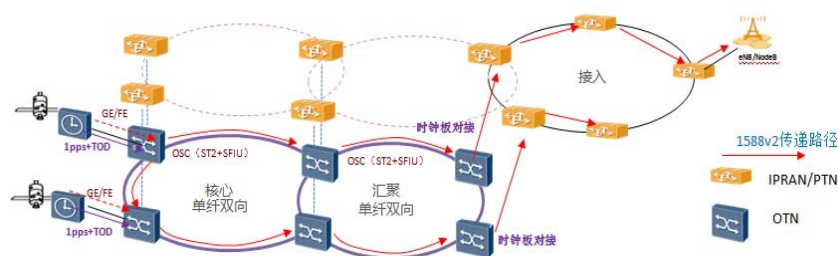


图 3 IPRAN/PTNoverOTN 场景

OTN 单纤双向改造可以分为两种方式:一是通过 OTU 带内进行时钟的传递,在 OTN 和分组设备对接的地方进行

单纤双向改造,这种改造适用于 OTN 设备和分组设备之间距离比较长的情况;二是对 OTU 带外 OSC 信号进行单纤双

向的改造, OTN 与分组设备采用时钟板对接传递, OTN 内部通过 OSC 传递时间。

以华为公司 OTN 设备为例来说明这两种方式的优缺点。第一种方式中, 与分组设备对接的 OTN 上的波道, 其线路侧的 OTU 要支持时钟传递。在很多已经建成的 OTN 网络中, 很少使用支持时钟传递的 OTU 线路侧板卡, 所以在对现网 OTN 设备进行 1588V2 改造时, 涉及到时钟传输的 OTU 板块都需要调整为支持时钟传递的 OTU 单板, 改造费用及改造的工作量非常大。而该方式的优点在于 OTN 和分组对接时不需要做额外时钟对接, 直接使用带内信号, 适用于 OTN 设备和分组设备之间距离比较长的情况; 如果现网已经是支持时钟传递的 OTN 单板时, 改造较为方便, 只需要在核心汇聚层接入时钟源就可以完成。

第二种方式需将 OTN 的 FIU 板卡更换为 SFIU 板卡, 其

作用是将 ST2 板产生的 OSC 信号选择 OTN 设备群路的收纤或发纤的其中一根进行传输, 实现时钟在实际传输上为单纤双向。这种改造方式费用较低, 比较容易实现。但由于 OTN 与分组设备采用时钟板对接传递距离受限, 若上述两个设备不在同一机房时实现较为困难。

(3) IPRAN/PTNoverOTN, 一对波分下挂多个 IPRAN/PTN 环的场景

这种场景下的建设或改造可分为两种方式:

一是按 IPRAN/PTNoverOTN 场景进行, 通过带外 OSC 传递时钟信号后, 在 OTN 设备和分组汇聚设备间通过时钟板对接传递时钟, 同时对分组设备不同汇聚环按 IPRAN/PTN 承载的场景二叠加一个单纤双向跨平面的 GE 环作为传递时钟使用, 将汇聚环按纯 IPRAN/PTN 承载的场景做单纤双向改造, 具体如图 4 所示。

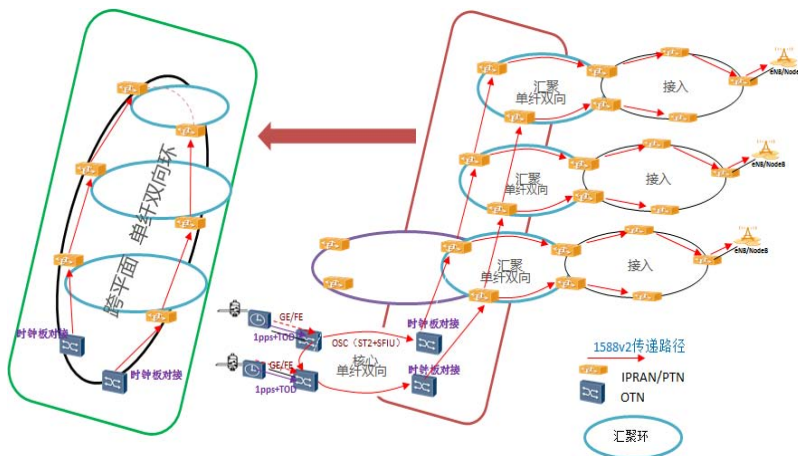


图 4 IPRAN/PTNoverOTN 时一对波分下挂多个 IPRAN/PTN 环场景

二是对于一对波分下挂多个 IPRAN/PTN 环与 IPRAN/PTN 环不穿越 OTN 的混合组网时, 将分组网的核心汇聚设备 (图 4 中绿色框里的设备) 通过 GE 光口新组一个跨平面的单纤双向同步时钟环网, 同时通过纯 IPRAN/PTN 承载方

式对不穿越 OTN 的核心环做单纤双向改造及对穿越 OTN 的汇聚环做单纤双向改造, 在不穿越 OTN 核心层设备通过时钟板接入时钟信号, 汇聚如图 5 所示。

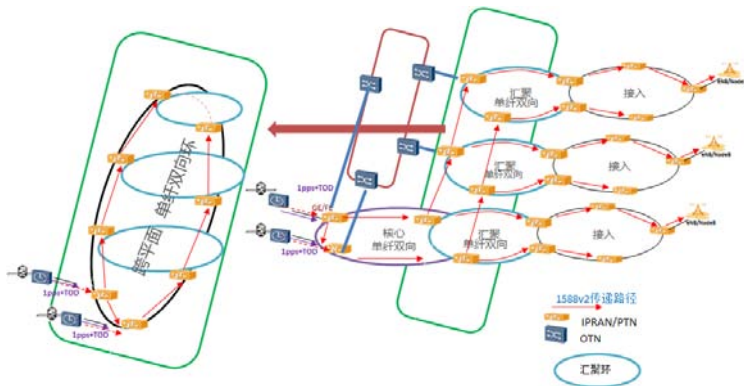


图 5 一对波分下挂多个 IPRAN/PTN 与 IPRAN/PTN 不穿越 OTN 混合场景

(下转第 39 页)

5G 专网在垂直行业的应用现状与政策研究

袁卫平

国家计算机网络与信息安全管理中心江苏分中心

摘要：5G的发展让万物互联成为可能，加速垂直行业的发展创新，必将促进产业生态的完善和升级。5G建设的相对滞后以及行业企业创新及安全的需求让5G专网成为“香饽饽”。5G专网既是对公网的补充，也是通信技术升级和未来产业发展的一个趋势。西方发达国家已经开始出台频谱政策助力5G专网落地，以期在数字化转型中更好地满足行业企业的安全和创新需求。目前，国内有关5G专网的研究不足，缺乏应用和政策支撑，做好5G专网的前瞻研究及政策规划显得尤为必要。

关键词：5G专网；垂直行业；频谱

0 引言

5G带来的“高速率”、“低延时”、“广连接”三大特性开启了万物互联的新时代，将给产业和行业发展带来巨大变革。未来5G发展的重点将不是面向大众的普遍服务，而是垂直产业的差异化应用，以赋能千行百业数字化转型。但5G建设和应用还处在起步探索阶段，公网建设尚不完善，行业企业对安全性和创新的需求，使得5G专网应运而生。

1 5G专网的定义和特点

5G专网本质上是下一代局域网，通过5G技术创建一个具有统一连接性，提供最优化服务，在特定区域内实现安全通信的专用网络。专网运营者对网络拥有独立管理权限，特别是能够建立自己的安全策略，拥有更好的安全性和可靠性。5G专网具有如下基本特性：

可用性：高可用性意味着终端用户可以始终使用该服务，任何系统操作和维护处于可控状态，网络停运时间几乎为零，以确保最大的可用性。

可靠性：可靠性是指在预定的时间内以高成功概率传输定量业务的能力。它需要足够的网络覆盖范围和容量以及强大的切换功能。

网络互通：确保与公网互通是一项重要功能。很多关键服务在从一个网络迁移到另一个网络时需要保证服务的连续性。

安全性：5G专网有望提供全面的端到端的安全性，以确

保信息、基础架构和人员免受威胁。企业还拥有数据主权，确保敏感信息保留在本地。

服务质量：服务质量包括网络流量、延迟、抖动、丢包率等。使用专用频谱运行的5G专网具有更高的可控性，可以针对专网部署中的特定需求量身定制不同服务的系统性能和资源使用策略。

2 5G专网应用和现状分析

5G专网的应用主要聚焦在两个层面：一种是行业专网，一种是企业私网。行业专网是公共安全和关键基础设施领域的重要通信方式，以最大限度确保系统的稳定性、安全性，保障网络高速畅通。行业专网用户对于高带宽、低时延和广连接比普通用户有更高的要求。专网用户将能更好地借助5G产业链的优势提升行业应用水平。5G专网还可以充当偏远地区或重点场所网络的补充，以满足物联网应用的需求。行业专网的目的在于有效提升公众生活福祉，更好地促进经济社会发展和保障民生。

企业私网是企业搭建的专属网络，不依赖公网或减少对公网的依赖，从而更好地满足企业创新发展的需求。由于网络服务提供商准备不足、5G设备不成熟等原因，5G网络还处在开发部署的初级阶段，无法满足企业的需求。一些企业开始考虑搭建属于自己的5G专网，以更好地迎接万物互联时代的到来，抢占产业制高点。企业青睐5G专网主要是因为专网可以独立运作，不受公网拥塞的影响；确保感测设备联网的

通信质量,保障物联网应用的可靠性;最重要的是专网与公网实现了实体隔离,能够自我把控安全性。

2.1 德国行业企业 5G 专网需求旺盛

德国汽车厂商对 5G 专网表现出了很大的兴趣,纷纷寻求电信运营商的支持,建立 5G 专网。车企希望在自家工厂部署和运作 5G 专网,以在数字化转型过程中,摆脱对运营商的依赖,实现生产安全的自主可控。例如,宝马正准备在德国的工厂建立 5G 专用网络;大众计划 2020 年建造自己的 5G 移动网络;福斯汽车计划 2020 年在德国的 122 家工厂部署 5G 专网。

除了汽车行业,其他垂直行业也高度关注 5G 私网。德国机械设备制造及电工器材等工业协会共同要求德国电信监管机构分配频谱给企业专网使用。西门子、博世、巴斯夫、空中客车、ABB 等厂商均提出了自建 5G 专网需求。德国联邦网络局负责人约亨·霍曼称,工业领域的许多企业开始咨询 5G 私网的建设。

2.2 我国 5G 专网“公”大于“私”

基于我国频谱资源管理的体制,专网在我国的应用主要集中在关键基础设施领域,如铁路、电力等行业。铁路专网是未来 5G 在垂直行业一个非常重要的应用。目前,我国铁路通信主要使用的是 LTE-R 频段,按照“专网为主,公网为辅”的原则,推进各频段的移动通信技术应用。铁路部门表示,待 5G 技术成熟稳定后,将利用铁路已有的 900MHz 频段资源,研究应用铁路专用 5G 技术,在铁路枢纽、站场等热点地区部署,与 LTE-R 融合实现专网应用。5G 在泛在电力物联网的应用也获得重视,在电力大带宽业务无人巡检和智能运检,智能分布式配网差动保护等方面具有很大的优势。国家电网拟利用中国广电 700MHz 频段、60MHz 频谱资源开展 5G 网络建设,并极有可能采用 5G 专网部署。

国内关于企业 5G 私网的建设还处在讨论和探索阶段。诺基亚和中国联通已经开展合作,为华晨宝马的沈阳工厂架构 LTE 私网,助力安全生产和数据通信。富士康基于自身 5G 设备和软件研发的优势,计划建立自己的 5G 网络,并使用自己的 5G 基站,寻求与运营商合作共建 5G 专网。台积电、日月光、鸿海等呼吁 5G 专网专频。

3 5G 专网的实现途径

5G 专网实现途径主要有三个:自建 5G 专网、网络切片和共建 5G 专网。

3.1 自建 5G 专网

自建 5G 专网是指通过使用自有频谱、基站、核心网和设备搭建 5G 网络,与 5G 公网实现完全的物理隔离。自建 5G 专网可以给行业企业带来极大的便利,特别是在隐私和安全性上能够更好地实现自主可控,但面临投入巨大和频谱获取难题,其中频谱问题是关键所在。自建 5G 专网所必须的频谱可以通过专用频谱、共享频谱和非授权频谱三种方式来解决。专用频谱是运营商获得监管机构颁发的专用频谱牌照以及在一些特殊的地理范围内使用公网运营商的频谱。电力、民航、铁路、公安等很多行业都采用专用频谱部署行业专网。由于专用频谱非常稀缺,共享频谱和非授权频谱也受到重视。共享频谱是多个用户共同使用的一个指定频谱,非授权频谱是国家向市场开放可供免费使用的频谱资源。目前,欧美部分国家已经在探索上述三类频谱的实现途径。

3.2 网络切片

网络切片是指将物理网络切成多张互相独立的逻辑网络,各切片之间相互绝缘,可获得独立的网络资源。网络切片做到了端到端的按需定制并保证隔离性。网络切片的优势在于赋予每个切片不同的特性,以达到行业或者企业特性化的需求。5G 切片实际上就是将 5G 网络切出多张虚拟网络,从而为多连接性和多样化业务提供了解决方案。5G 网络切片被业界公认为是运营商进入垂直行业市场、使能行业数字化转型的巨大机会和重要抓手。网络切片在提供相同隔离性的前提下,能大大减少企业的成本支出,但需要依靠运营商的服务和支持。

3.3 共建 5G 专网

共建 5G 专网通常采取租用核心网自建接入网的方式,与运营商共建共享无线接入网。通过这种方式建立的 5G 专网,企业只需拥有接入网资产,购买基站部署接入网,然后租用运营商的频谱、核心网等现有网络资产,其他的建网运营都交由运营商去协作,减少了企业的资金投入。共建 5G 专网一方面实现了企业对 5G 专网的需求,同时也给运营商提供了更多的选择,是一件互利共赢的事情。

从建网难度和成本来看,网络切片 < 共建 5G 专网 < 自建 5G 专网;从安全性和自主性来看,自建 5G 专网 > 共建 5G 专网 > 网络切片。从行业企业需求来看,自建 5G 专网是最理想、最可靠的方案,同时也是最契合万物互联时代发展的要求。要建设高质量的 5G 专网,首先需获得授权频谱的支持。

4 5G 专网的频谱政策

4.1 日本

为了更好地支持垂直行业和专用领域接入 5G 网络,加

大 5G 跨产业创新应用，同时大力促进农村地区 5G 网络的部署和发展，日本政府 2019 年底正式开放 5G 专网频谱牌照的申请，将拿出与移动运营商不同的频谱资源进行分配，允许地方政府和企业农村地区建设自己的网络。日本通信部还计划在 2020 年扩大可用于 5G 专网的无线频谱资源，使更多的公司可以使用 5G 网络。日本计划将 2575 ~ 2595MHz、28.2 ~ 28.3GHz、28.3 ~ 29.1GHz 和 4.6 ~ 4.8GHz 频段划为 5G 本地专网频段。

4.2 德国

面对企业对建设 5G 专网的强烈需求，德国通信监管机构正在考虑为大型私人企业预留频谱。2019 年初，德国联邦网络局发布了供本地使用的 5G 频谱框架条款，决定将 3700 ~ 3800 MHz 频段预留给工业自动化、农林业等行业和领域，将根据申请进行分配，无需进行拍卖。这意味着私人公司可以获得频谱许可，无疑给德国 5G 专网的发展注入了活力，极大地激发垂直行业的创新活力，促进产业升级。

4.3 英国

英国通信管理机构 Ofcom 发布了《本地许可实现无线应用创新》，开放了两类频谱接入许可：一是考虑将 3.8 ~ 4.2GHz 频段用于 5G 私有工业网络，不允许将此频段用于国家移动宽带，将开放此频段的 5G 私网许可。二是考虑对 1800MHz 和 2300MHz 频段采用类似许可条件。此外，26 GHz 以及许可的移动频谱都可以用作 5G 专网的部署。

4.4 3GPP 组织

3GPP 组织在 5G 标准制定中注重非授权频谱技术的利用，将 5G NR 引入未经许可的频谱，让未获授权的 5G 网络在未连接到已有牌照频谱的情况下自行部署，使企业能够建立 5G 无线专网。3GPP 正在定义的 Stand-alone NR-U 也将进一步促进 5G 专网扩展。这意味着任何组织都可以向 WiFi 一样部署自己的 5G 网络。

4.5 美国

为了更好地实现有限频谱资源的共享使用，美国联邦通信委员会（FCC）推出了公民宽带无线电服务（CBRS），将宽带无线电频谱与载波 LTE、3550 ~ 3700MHz 的 150MHz 带宽的连续频谱按优先级搭建三个层级以实现互不干扰的共享，使私有 LTE 组网在经济和技术上变得可行。随着 5G 的发展成熟，未来 CBRS 将会向 5G 私有网络拓展。

4.6 中国

我国正在积极研究工业互联网的频谱规划和使用。工信

部发布的《工业互联网发展行动计划（2018 — 2020 年）》和《工业互联网专项工作组 2018 年工作计划》涉及了工业互联网专门频谱方面的规划内容。台湾“行政院”也已经制定了 5G“专网专频”政策，规划 4.8 ~ 4.9GHz 频段供专网使用，将于 2021 — 2022 年择期开放牌照申请。

5 5G 专网的前景和建议

5.1 鼓励 5G 专网发展，赋能垂直行业产业

5G 赋能各行各业，点燃万物互联的火花。5G 时代，公网不再是唯一的选择，专网将成为网络连接的重要补充，与公网共同构建起垂直行业的通信方式。5G 专网在工业、制造业、勘探等行业和领域具有广泛的应用。5G + 企业专网是通信行业和垂直行业深度融合的有力抓手，对于促进垂直行业发展具有重要意义，发展前景广阔。例如，园区的 5G 专网可以解决传统 WiFi 办公网络带宽小、覆盖死角多、移动性差等痛点，提供安全的、卓越的网络体验；远离大陆的海上钻井平台更需要 5G 专网提供稳定、高速的连接，实现大量的计算和风险预测。5G 专网在垂直行业的生态模式一旦建立，将带来蝴蝶效应，大力促进 5G 应用的多样化，赋能垂直行业发展，让竞争和创新不断迸发。

5.2 加强频谱资源规划，助推 5G 生态繁荣

不管是技术角度、政策层面还是数字化转型趋势看，5G 时代都将可能出现大量的 5G 专网，行业应用所需 5G 专用频谱问题成为各国研究重点。德国、日本、英国等国家正以规划文件或征求意见的方式为行业 5G 应用规划频谱。5G 专网频谱的规划涉及频谱的专用许可、授权、共享等政策。这就要求重点梳理关键行业和网络需求，研究 5G 专网频谱的必要性和可行性。随着行业专网的宽带业务需求的增加，无法保证每个行业都能独享频谱资源，频谱资源共享将是未来发展的趋势，建立频谱资源共享机制尤为必要。未来相关频谱的开放还需精细的规划，以保障公平接入和减少干扰。此外，要盘活频谱资源、做好频谱资源中长期规划，从而推动 5G 规模部署，实现 5G 服务差异化，催生更多新的应用，让 5G 生态更加繁荣。

5.3 构建电信业新格局，加强 5G 专网安全

5G 专网入场将给电信运营商带来商机，助力电信运营商扁平化发展，快速切入垂直行业的 5G 应用市场，实现数字化转型。同时，企业自建专网也对电信运营商构成了一定的挑战，使其网络供应者的角色受到质疑。专网频谱授权方式与运行模式，可能影响到电信业与垂直产业之间的生态平衡。

（下转第 39 页）

基于新型基础设施视角 加快数据中心建设

戴源 李晓红

中通服咨询设计研究院有限公司

摘要：文章从新型基础设施的本质特征出发，论述了数据中心之新型基础设施的本质属性，简要介绍了基础设施享有的政策待遇，分析了数据中心目前的发展态势和面临的主要挑战，提出了加快数据中心发展的主要思路，归纳了数据中心的建设模式，最后提出了加快数据中心建设应得到的政府支持政策之建议：（1）得到国土空间规划和城市规划的保障；（2）获得划拨地的用地政策；（3）适时征收新型基础设施建设附加费；（4）适时开征数字服务税；（5）获得用电优惠政策。

关键词：新型基础设施；数据中心；主要挑战；建设模式；支持政策

0 引言

2020年3月4日，中共中央政治局常委会召开会议，主题是研究新冠肺炎疫情防控和稳定经济社会运行重点工作。会议明确强调：加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。党中央对数据中心的定位和要求在全社会特别是信息通信行业激起热烈反响，“新基建”迅速成为热词。政治局常委会的明确支持态度，再次为数据中心建设与发展注入了强大动力。

数据中心是发展数字经济的重要支撑，为数据这一新的生产要素提供基础，进而广泛推动新经济发展、支撑新业态成长。但社会上不少人对什么是新型基础设施不太了解，包括信息通信行业许多人对此也认识不清、概念模糊，将新兴技术与基础设施混为一谈。有些政府部门没有将数据中心真正当作基础设施对待，很难见到针对数据中心的支持政策。数据中心作为新型基础设施，其发展既面临巨大机遇，也面临许多挑战。因此，有必要深刻认识、充分理解，什么是基础设施？什么是新型基础设施？数据中心作为新型基础设施应得到政府部门哪些政策支持。本文就此展开论述，从基础设施的本质特征角度来认识和理解数据中心之新型基础设施定位，从而争取得到各级发改、国土、规划、建设、财税等政府主管部门的认可，得到应有的政策支持，有效促进数据中心建设，推动全社会信息化，服务于我国经济社会发展、特别是数字经济的发展，助力伟大中国梦的实现。

1 什么是基础设施

基础设施，古汉语未见，应是外来语，英文为：Infrastructure，是infra（下部的）与structure（结构）的合成词，属于建筑类技术词汇，指基础结构、下部结构，传统上主要指城市基础设施，泛指由国家或各种公益部门建设、经营，为社会生活和生产提供基本服务的一般性非营利的行业和设施。《辞海》上释义：基础设施，又称“基础结构”，指为工业、农业等生产部门提供服务的各种基本设施，包括铁路、公路、运河、港口、桥梁、机场、仓库、动力、通讯、供水，以及教育、科研、卫生等部门的建设。基础设施一般由政府投资或者支持形成。根据国家标准GB/T50280-98《城市规划基本术语标准》，城市基础设施定义为：城市生存和发展所必须具备的工程性基础设施和社会性基础设施的总称。城市基础设施按狭义的定义，是为人民提供生产和生活所必需的最基本的基础设施，包括以城市工程性基础设施为主体的六类系统：（1）交通系统；（2）水系统；（3）能源系统；（4）通信系统；（5）环境系统；（6）防灾系统^[1]。

在传统定义中，没有明确涉及信息基础设施。我们在《数据中心之信息基础设施属性初论》（刊载于《江苏通信》2018年第1期）中明确提出：城市基础设施应新增一类：信息基础设施，并建议作为第七类城市基础设施。

基础设施所具有的本质特征：

（1）固定占有一定的空间资源，即固定使用一定的土地资源。各类基础设施无一例外。

(2) 具有工程性物理实体。其工程建设属性往往具有土木工程属性或市政工程属性。

(3) 为全社会生产生活服务的设施, 同时又是社会生存和发展所必须具备的设施, 不可或缺。又称: 公用基础设施。

(4) 投资大, 赢利小, 具有公益属性。基础设施建设往往投资巨大, 赢利不一定大, 甚至不能赢利, 或回报周期很长, 需要政府以提供公共物品的形式提供或投资建设。

(5) 可以计数, 其规模大小或规格等级可以用明确的物理量纲或单位量纲来衡量或计量。如: 交通系统中, 一条公路以长度(公里数)、车道数、车速、单位时间车流量等来衡量; 一条铁路主要以长度、轨道数、车速等来计量, 货运铁路还以年货运吨数衡量; 一个港口主要以泊位数、吨位数来计量; 一个客运机场以跑道数量与规格、年旅客吞吐量来衡量。水系统中, 一个自来水厂以单位时间供水吨数来衡量。信息通信系统中, 移动通信网主要以基站数以及网络容量、话务量、流量等来衡量; 数据中心以标准机架数来衡量。

以上五个特点, 就是基础设施具有的本质特征, 从理论到实践得到专业领域和社会各界的认同, 并得到相关政府部门的政策支持。在我国, 相关政府部门主要是指发改、国土、规划、建设、财税、自然资源等政府主管部门。基础设施在建设中得到土地政策、投资政策、财税政策等方面的大力支持。

2 何为新型基础设施

农业社会基础设施。在农业社会, 基础设施主要是交通设施和水设施。交通设施主要是道路、桥梁、栈道等。水设施有供水设施、排水设施、水利设施等。

工业社会基础设施。人类进入工业社会后, 城市基础设施得到较快发展, 特别是在工业化进程较快的国家获得迅速、大规模的发展。基础设施发展为交通设施、水设施、能源设施、通信设施、环境设施、防灾设施这六大类。

信息社会基础设施。第三次工业革命以后, 特别是随着计算机的发明、互联网的出现, 人类社会迅速迈进信息社会, 新型基础设施应运而生, 其中信息通信基础设施应该成为第七类基础设施。新型基础设施除了具有传统基础设施的五个特点外, 还有一个显著特点: 与高新技术紧密相连, 是技术密集型基础设施, 具有创新性、赋能性。如: 依托于新一代信息通信技术的信息通信基础设施。

新型基础设施之定义。2020年4月20日, 国家发改委首次就“新基建”进行了官方定义: 新型基础设施是以新发展理念为引领, 以技术创新为驱动, 以信息网络为基础, 面向高

质量发展需要, 提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系, 主要包括信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施。此前, 新型基础设施尚无明确的定义。本文赞同这一表述, 并认为可以概括地说: 新型基础设施就是依托于高新技术或新一代技术, 具有创新性、赋能性的基础设施, 如: 5G网络、数据中心、高速铁路、特高压电网等。

数据中心往往也称为云计算中心, 是集中放置电子信息设备并为电子信息设备提供运行环境的建筑场所, 可以是一栋或一群建筑物, 也可以是一栋建筑物的一部分。如今信息社会已进入云计算时代, 云计算设备基本上都放置在云计算中心即数据中心。数据中心内放置了大量的服务器、交换机、存储设备, 并配套设置了庞大的动力设备、空调设备等。可以说, 如今中国、全世界大量的数据中心承载了全国、全世界的云计算, 支撑了全国、全世界的信息化。

数据中心从其特点来看具备基础设施的全部要素: 一是, 均要占有较大的空间资源和土地资源; 二是, 均为工程性物理实体; 三是, 为全社会生产生活信息化服务, 也是信息社会生存和发展所必须具备的设施, 例如在今年抗击新冠肺炎疫情的全国性、世界性战役中发挥了巨大作用; 四是, 需要投入巨资建设, 承担提速降费义务的通信运营商数据中心具有普遍服务的公益属性; 五是, 可以用机架数来衡量数据中心的规模; 第六, 数据中心集成了当今最先进的云计算、大数据、微电子等高新电子信息技术和先进的建筑技术、动力技术、空调技术、BIM技术等, 与电子类和建筑类高新技术紧密相连, 因而是典型的新型基础设施。

如果不具备基础设施的全部特点要素, 就不能认定为基础设施, 同时不具备高新技术特征就更不能认定为新型基础设施。某种技术, 无论其如何先进, 如果没有应用到工程性物理实体、不具备基础设施的本质特征, 就不属于基础设施, 仍然属于技术范畴。应明确将技术范畴与基础设施区分开。只有应用高新技术或新一代技术建设的基础设施才能称为新型基础设施。从中共中央国务院在2013年3月发布的《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》中首次明确指出: “强化信息网络、数据中心等信息基础设施建设”, 到今年3月4日中共中央政治局常委会会议明确强调: “加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度”, 说明中央对信息通信领域的新型基础设施之范围定位是非常准确严谨的, 即: 信息通信网络(含5G网络)和数据中心是信息基础设施, 同时是新型基础设施。2020年5月19日发布的《中共中央国务院关于加快完善社会主义市场经济体制的意见》中, 明确将大数据、人工智能描述为新技术、技术手段。充分表明: 大数据是技术,

而数据中心是新型基础设施。

3 基础设施建设应该享有的政策待遇

从基础设施范畴概念到其特点要素,说明基础设施建设主要分为:(1)由政府提供,或政府直接投资建设;(2)政府主导,采用多种投资建设方式,即引导社会投资、政府主管,如PPP、BOT方式等。无论哪种投资建设方式以至运营管理方式,其特点要素特别是投资的巨大性与赢利的困难性,即公益属性,都要求政府主导、给予政策支持。在我国,基础设施得到的政府政策支持主要有:

(1)土地政策,土地获取采用划拨方式,不采用出让方式,不必缴纳土地出让金。

(2)规划管理,基础设施均纳入控制性详细规划,纳入黄线管理(道路交通设施纳入红线管理),给予城市规划或国土空间规划保障。

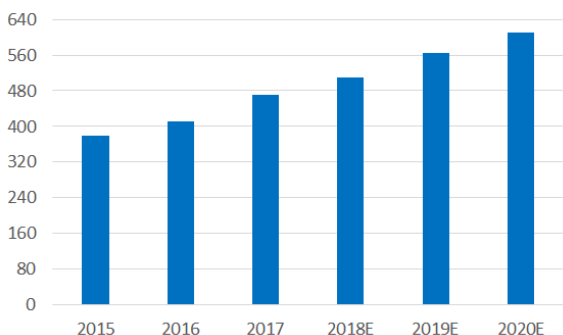
(3)建设用地管理,部分采取代征地的办法。如城市道路用地和绿化用地,部分采用开发商代征道路用地和绿化用地。

(4)财政政策,以财政资金为主,有些基础设施收取建设附加费。交通设施、水设施、能源设施、环境设施、防灾设施原则上均以政府财政投资为主、同时收取建设附加费方式募集建设资金,也有采用国有企业投资、政府社会资本合作(PPP)等方式。

(5)用电政策,大多实行大工业用电电价,采取直供电。各省在国家电价政策基础上结合长远发展,细分优惠电价政策。

4 数据中心发展态势与面临的挑战

进入新世纪以来,随着全社会信息化的迅速发展,数据



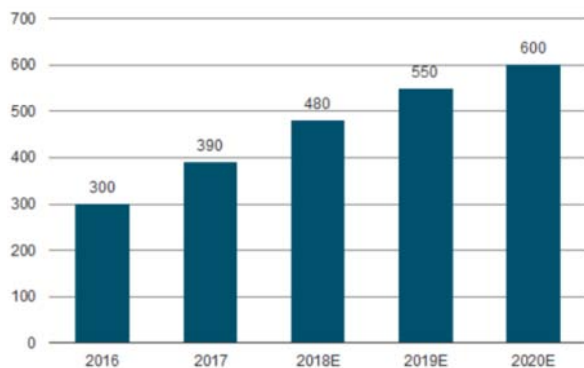
数据来源:中国信通院、中商产业研究院整理

图2 全球数据中心市场规模预测 / 亿美元

中心的发展态势空前迅猛。数据中心的发展机遇是巨大的。面临的挑战也很大。

4.1 数据中心发展态势

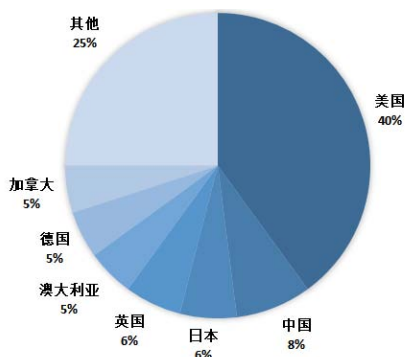
从全球超大型数据中心(机架数10000个以上)数量发展态势分析。2017年超大型数据中心总量从2016年的300个增加到390个。绝大多数超大型数据中心位于美国,占比44%;中国位居第二,占8%;其次是日本和英国,分别占6%。2017年底在建的项目69个,按照当年的增速,到2019年底全球超大型数据中心的数量有望突破500个,2020年有望突破600个(图1)。



数据来源:智研咨询、公开资料资料

图1 2016-2020 全球超大型数据中心数量发展趋势 / 亿美元

从全球数据中心市场规模发展态势分析。全球市场规模平稳增长,基本保持在年均约10%的增长速度。2018年全球数据中心市场规模近515亿美元,同比增长10.5%,预计2020年全球将突破600亿美元(图2)。全球数据中心主要集中在美国、欧洲、日本、中国等地区,其中美国起步早,在全球市场份额最大为40%,中国为8%(图3)。相比较,中国的数据中心发展空间很大。



资料来源:Gartner数据产业园研究院整理

图3 2018 年全球数据中心市场结构

从国内数据中心市场规模发展态势分析。随着国内数据中心市场进入成熟期，互联网企业 IDC 应用场景比较稳定，传统企业数字化转型占比日趋提升，近两年 IDC 市场持续增长、增速趋缓。随着 2020 年国家加快“新基建”机遇来临，以及 5G、物联网等终端侧应用场景技术演进与迭代，IDC 市场需求随之拉升。预计 2020 年，中国 IDC 市场将迎来新一轮大规模增长，市场规模将超过 2000 亿元（图 4）。



图 4 中国数据中心市场规模预测 / 亿美元

4.2 数据中心建设面临的挑战

第一，建设投资大。数据中心建设成本很大，其投资主要有：土地成本、建筑建筑工程、市电引入工程、机电工程（动力设备、空调设备、配套设备等）、室外工程、辅助用房等。据《人民邮电》报今年上半年报道，我国某数据中心建设规模为 2000 个机架、总投资 5.2 亿元，那么该数据中心的综合造价为 26 万元 / 机架，与我们统计分析的数据中心单位造价基本接近。一个中小型数据中心（3000 个机架以下）投资需要几亿元，大型数据中心（3000 ~ 10000 个机架）一般需要几亿~二十几亿元，超大型数据中心（机架 10000 个以上）需要几十亿甚至上百亿元。作为公益型数据中心建设主力的通信运营商近两年业务收入增长乏力，利润增长困难并出现下滑趋势，部分省区通信运营商甚至出现负增长。因此，通信运营商就全国全社会的数据中心需求而言，缺乏足够的建设资金，只能建设一部分数据中心，在为信息通信业务和自身信息化需求服务的同时，为社会提供一部分云计算、大数据等信息化服务。

第二，运维成本高。数据中心属于高能耗信息基础设施。一个拥有 1000 台高密度机架的小型数据中心，总功耗是 21000 kW，需要 2 个 110 kV 变电所同时供电才能满足，全年满负荷能耗将达到 18 亿千瓦时^[2]。那么具有 3000 个以上机架的大型数据中心，其巨大的能耗可想而知。因此巨大的能耗成本是数据中心最主要的运营成本。

从国内数据中心建设布局来看，其以市场需求导向、资源环境优先、区域统筹协调、多方要素兼顾、发展与安全并重为原则。从工信部统计数据来看，经济发达、信息化需求量大的广东、上海、北京数据中心建设占比最高，分别为 20.8%、12.8%、9.6%。气候环境资源优越、信息化需求一般的内蒙古、贵州，受政府政策扶持和引导，数据中心建设快速增长，占比也相对较高，分别为 8.0%、4.8%（图 5）。

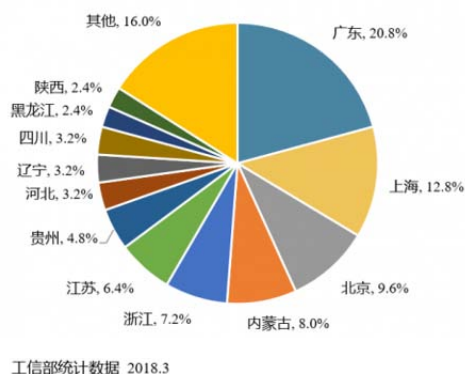


图 5 大规模数据中心区域分布现状

第三，土地成本较高。一个数据中心占地至少需要几十亩，大型数据中心需要几百亩、甚至上千亩。多年来数据中心建设没有享受划拨地的用地政策，采用出让地的拿地方式，需要支出很大的购地费用，这大大增加了数据中心的建设成本，制约了数据中心的发展。

5 加快数据中心发展的主要思路

本文认为，要加快数据中心这一领域新型基础设施建设，应重点做好三方面工作：一是政府的定向政策支持；二是做好全国数据中心的总体布局空间规划；三是形成多元化投融资渠道，采取多种建设模式。

6 数据中心的建设模式

在社会主义市场经济条件下，数据中心建设已形成多元化投融资建设模式。党的十八大和十九大均指出：让市场在资源配置中起决定性作用，更好发挥政府作用。依据中央这一精神，面对数据中心的巨大市场需求，数据中心建设必然会继续沿着多元化投融资建设模式发展。数据中心的建设模式可以归纳为四类：

（1）通信运营商建设模式

通信运营商自筹资金投资建设业务类数据中心，类型有

云计算数据中心和边缘数据中心。根据通信运营商普遍服务的特点，特别是国家提出的提速降费政策要求，通信运营商对社会提供的通信和信息化服务具有公益性特征，因而通信运营商建设的数据中心属于公益型新型基础设施属性，应得到政府政策支持。

(2) 互联网运营商建设模式

互联网运营商（如BAT等）投资建设的商务类数据中心。互联网运营商多以电商、游戏、搜索、云计算服务以及软件开发为主营业务，其投资建设的数据中心用以支撑其主营业务或向社会企业提供托管、租赁等业务，以盈利性为目的，具有自用属性和商业属性。

(3) 政府建设模式

政府投资建设政务类数据中心。这类数据中心多用于电子政务、智慧城市等领域，具有明显公益属性，属于公益型新型基础设施，由政府主导建设、运营、管理。建设方式为政府直接投资建设、或PPP建设模式等。

(4) 其他社会投资者建设模式

其他社会投资者（或称第三方投资）建设模式，指专业从事数据中心的建设、运营、管理和维护，向社会各企事业单位提供托管、租赁等服务，以盈利性为目的，具有商业属性及自用属性。

7 数据中心建设应得到政府定向支持政策

2020年3月4日中共中央政治局常委会会议再次明确强调：加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。这对数据中心建设无疑是非常强劲的“东风”、非常有力的支持态度。要将中央加快“新基建”的支持态度转化为政府主管部门现实行动，本文认为并建议：对于公益型数据中心，基于其新型基础设施定位，政府有关主管部门应采取以下支持政策。

(1) 得到国土空间规划和城市规划保障。基于新型基础设施的定位，国土空间规划主管部门应给予数据中心建设应有的城市规划管理保障。数据中心建设用地应及时地、严格地纳入控制性详细规划，纳入基础设施黄线管理。

(2) 获得划拨地的用地政策。基于新型基础设施的定位，政府国土、规划、自然资源等主管部门应对公益型数据中心建设用地采取划拨地的用地政策，即：公益型数据中心所用

土地应采用划拨方式，而不是出让方式，从而为数据中心建设发展创造有利条件，有效降低建设成本。

(3) 适时征收新型基础设施建设附加费。为解决建设资金不足问题，应基于新型基础设施投资巨大、赢利困难的公益性特点，学习民用机场等基础设施做法，建议在完成新冠疫情防控、经济与社会恢复正常后，适时从通信资费中征收新型基础设施建设附加费，专项用于5G网络和公益型数据中心建设。

(4) 适时开征数字服务税。学习英国、印度等国做法，建议在完成新冠疫情防控、经济与社会恢复正常后，适时开征数字服务税。征收对象：向中国大陆用户提供社交媒体、搜索引擎、网络游戏、在线营销等服务的国内外互联网公司。为保护中小微互联网公司，建议设置两档起征基数，对年收入在第一基数以下的公司不征收数字服务税。当这些互联网公司来自中国大陆用户的年收入达到第一基数时，超出第一基数部分按1%的税率征收数字服务税；当来自中国大陆用户的年收入超过第二基数时，超出第二基数部分按2%的税率征收数字服务税。具体征税基数标准建议政府部门详细统计分析后综合参考国内外情况确定。该部分税收收入主要用于支持通信运营商或政府部门投资建设的公益型数据中心。

(5) 获得用电优惠政策。数据中心是发展数字经济的重要支撑，为数据这一新的生产要素提供基础，进而广泛推动新经济发展、支撑新业态成长。基于数据中心的地位、作用和耗电量巨大的特点，建议各地政府、供电部门制定针对性的数据中心用电优惠政策，适度减轻公益型数据中心企业压力，促进信息化和大数据产业可持续发展。

8 结束语

我们应坚决响应党中央的号召，科学准确地认识数据中心是党中央明确要求加快建设的新型基础设施。借此强劲东风，务实行动，真抓实干，积极争取各级政府国土空间规划、土地政策、用地管理、财政政策、税收政策等方面的大力支持，加快数据中心建设，推动数字经济发展，加快全社会信息化进程，助力实现伟大的中国梦。

（收稿日期：2020-04-14；技术审稿：龚永平；责任编辑：赵明亮）

参考文献

- [1] 戴源, 李晓红. 数据中心之信息设施属性初论[J]. 江苏通信, 2018(1):70-71.
- [2] 龚永平, 戴源. 信息通信[M]. 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2019.12.

Cloud AIR多制式频率动态共享方案研究

曹广山¹ 宋春鹏² 王 建² 李凤花²

1. 中国联通山东省分公司; 2. 山东省邮电规划设计院有限公司

摘 要: 无线通信系统中频谱资源是有限的自然资源, 随着 5G 时代的来临, 频谱资源越发紧张。由于 NB-IoT 物联网需求及 4G 语音承载等现象, 中国联通将在一段时间内同时运营着 2G/3G/4G 多种网络, 在有限的频谱上实现多制式组网, 那么, 提高频率资源利用率就极为关键。为了发挥各自网络优势, 中国联通积极采用新的频谱方案, 并对动态频率共享方案进行了测试分析, 为后续的网络建设提供依据。

关键词: 频率规划; 频谱共享; NB-IoT; Cloud AIR

0 引言

当前移动网络多制式多频段共存已成为常态, 中国联通同时运营着 2G/3G/4G 多种网络, 频谱资源相对紧张。目前, 中国联通 4G 网络主要部署在 1800MHz 频段, 该频段同时承载大量 2G 业务。随着 5G 时代的来临, 频谱资源将更加紧张, 主要表现在以下几个方面: 无线频谱紧缺, 2G 网络占用大量低频频谱, 导致新制式无法部署; 新制式网络建设投资大、周期长, 实施困难; 移动宽带 MBB 业务发展迅速, 导致网络重载、用户体验差, 流量被压抑, 需要更大带宽满足业务发展诉求; 5G 部署初期终端占比不足, 业务较少, 投入大, 周期长, 投资效率有限, 无法快速引入。

就目前来看, 900 MHz 频谱具有低频优势且绕射、穿透能力强, 受到各运营商的青睐。L900 能够低成本实现 4G 的广覆盖, 同时解决 4G 网络深度覆盖的问题。那么如何实现网络制式间、频段间的空口资源均衡, 满足 MBB 业务高速

发展需求, 是运营商面临的首要问题。为了发挥各自网络优势, 中国联通积极采用新的频谱方案, 并对动态频率共享方案进行了测试分析, 为后续的网络建设提供依据。

1 动态频谱共享方案

Cloud AIR 通过云化技术实现对空口资源(频谱、功率和通道)的集中调度与高效利用, 帮助运营商实现网络制式间、频段间空口资源的按需分配, 使新老制式最大限度共享频谱资源, 同时新制式快速且低成本引入。

在 Cloud AIR 动态频谱共享方案中, 我们定义 GSM 网络中 BSC 网元之间的接口为 Iur-g 接口, 此为标准接口; BSC 网元与基站 BTS/ENODEB 之间的接口为 BE 接口, 此为设备厂家私有接口, 目的是实现 GSM 网络和 LTE 网络间的协同频谱调度。不同网络制式之间接口示意图如图 1 所示。

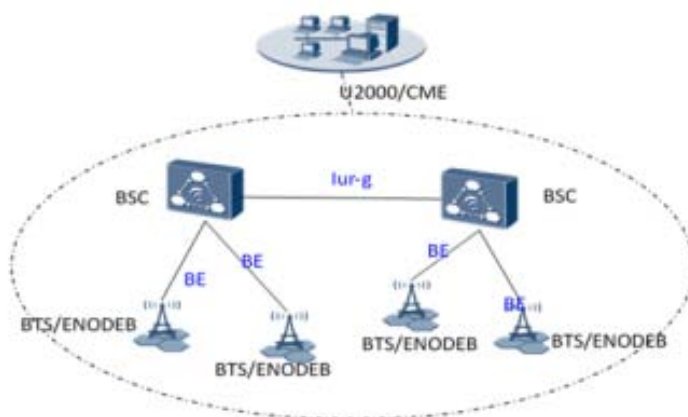


图 1 不同网络制式之间接口示意图

Cloud AIR 动态频谱共享的工作原理如下:

(1) GSM 终端上报测量信息 MR。

(2) BSC 基于 GSM/LTE 干扰邻区关系、共享频点的用户占用状况,判断 LTE 基站使用共享频谱是否干扰 GSM 用户,并向 LTE 发送 GL 同频复用通知。

(3) eNodeB 根据接收到的 GL 复用通知,计算出 LTE 在共享频谱上的可用时频资源,并进行合理的分配和调度。

Cloud AIR 支持频谱云化、功率云化、通道云化。频谱云化是指将传统单制式独享频谱转变为制式间共享频谱;功率云化是指传统功率是单制式静态功率,功率云化后共享的制式间将根据话务量动态调整制式的功率;通道云化也可以叫做上下行解耦,针对上行覆盖能力受限场景,将主载波切换至低频段的辅载波,同时,将原主载波配置成新的辅载波,提升高频段边缘 CA 用户的体验。

在传统固定频率方案中, LTE 和 GSM 在 900MHz 频谱上会存在频率间干扰,动态频谱共享特性开启前, LTE 网络在 900MHz 频段上只能开启小一级带宽。为避免网络之间频率干扰,与 GSM 网络之间要配置一定的保护带宽。保护带宽资源不可被使用,因此造成了频率资源浪费严重,如图 2 所示, LTE 分配的频谱两端都有保护带宽。

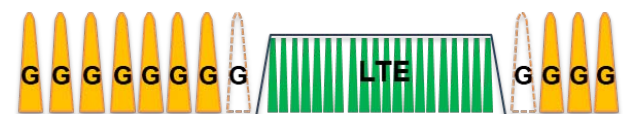


图 2 传统固定频率方案

动态频谱共享特性开启后, LTE 网络可以开启更大带宽, GSM 和 LTE 两种网络之间可实现动态共享频谱资源。频谱共享是指 GSM 有部分配置频点在 LTE 配置的载波发射带宽内,与 LTE 的频率资源块有交叠,系统根据实际网络状态及业务使用需要,在一定区域范围内同时只允许一种制式使用。

GSM 网络以载波间隔为 200KHz 的频点进行频率资源调度, LTE 以子载波间隔为 180KHz 的 RB 数为颗粒度进行频率资源调度。在 GSM/LTE 之间的动态频谱共享方案实施中,当 GSM 话务高时(GSM 忙时状态), GSM 除了可占用其专用频点外,还可同时使用 GSM/LTE 的共享频点,而此时 LTE 不能再使用该共享频点进行调度,只能使用其自身的专用频点,如图 3 所示, a. GSM 忙时, 频谱供 GSM 使用;当 GSM 话务低时(GSM 闲时状态),不再需要 GL 共享频点,此时 LTE 可以使用其带宽范围内的 GL 共享频点进行调度,图 3 的 b. GSM 闲时频谱供 LTE 使用。

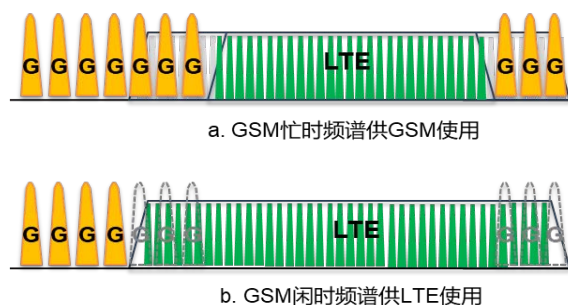


图 3 GL 动态共享频谱资源示意图

以 10.4MHz 带宽资源为例, GSM 可以独占 0.4MHz 带宽,与 LTE 共享 2MHz 带宽, GSM 忙时可以最大开启到 2.4MHz,并优先使用共享频谱。当 GSM 空闲时, GSM 不再使用 2MHz 的共享带宽,此时 LTE 可以最大可开到 10MHz。由此可见,通过动态共享频率能够充分利用带宽资源,提高频率资源利用率。

2 案例分析

2.1 方案选择

我们选取利津县整个城区作为 Cloud AIR 试点区域,该试点区域内无 GL900 室分系统,测试区域如图 4 所示,其中灰色区域是城区和农村的交界区域,无 GL900 站点,可作为 Cloud AIR 试点区域与外界隔离带。

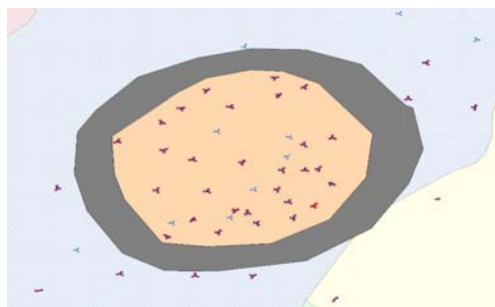


图 4 CloudAIR 方案测试试点区域

测试区域内 GL900 SDR 共模基站为 29 个,小区数 85 个;独立 GSM900 基站 6 个,小区数 18 个。

考虑到测试区域当前 GSM 频点使用了 14 个子载波, GSM 2.4MHz 方案最大能够提供 12 个子载波,基本接近现网 GSM 水平, GSM 网络质量不会明显下降。另外考虑到目前网络建设情况,在 5G 网络建设初期, LTE 容量需求将会进一步提升, 10MHz 带宽的 LTE 相对于 5MHz 将会大幅提升 LTE 的容量,因此最终我们选择 GSM 2.4MHz 和 LTE 10MHz 动态共享方案,如图 5 和图 6 所示。

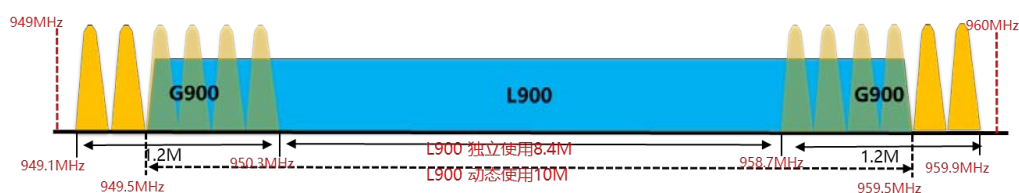


图 5 LTE10M + GSM 2.4M 频谱共享示意图 (1/2)

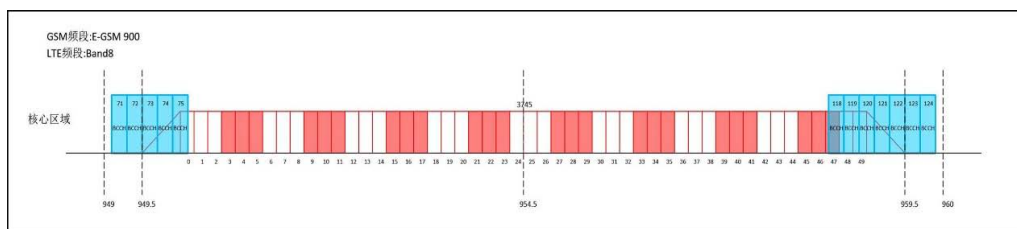


图 6 LTE10M + GSM 2.4M 频谱共享示意图 (2/2)

由上图可知，LTE 900MHz 系统开通 10 MHz 带宽的动态频谱共享时，能够独享 8.4MHz，共享 1.6 MHz，中心频率为 954.5MHz，对应的下行频点号是 3745。GSM900MHz 系统左侧使用 1.2MHz 带宽（949.1-950.3MHz），共享 0.8MHz 带宽，左侧对应的 6 个频点号分别为：71、72、73、74、75、76。GSM900MHz 系统在右侧使用 1.2MHz 的带宽（958.7-959.9 MHz），共享 0.8 MHz，右侧对应的 6 个频点号为：119、120、121、122、123、124。

2.2 部署方案效果

(1) 拉网测试分析

我们对本方案进行了两次拉网测试，第一轮测试的目的是对动态频谱功能开通前的现网情况摸底测试，第二轮的目的是动态 CloudAIR 开通情况的统计分析。

在两轮拉网测试中，我们所采用的测试设备、测试软件及测试路线基本一致，方案测试的基本信息见表 1。

表 1 方案测试基本信息

测试指标	第一轮	第二轮
测试时间	11 月 20 日	12 月 12 日
测试目的	功能开通前摸底	动态 CloudAIR 开通
测试设备	mate10、三星 S9	mate10、三星 S9
测试软件	PHU、鼎立小背包	PHU、鼎立小背包
测试总里程	212 km	194 km
测试总时长	344 min	414 min

通过对两轮测试数据进行分析，当开启动态 Cloud AIR 功能时，L900 网络可动态共享 1.6 MHz 带宽，FTP 的 RLC 层下载速率由 5.75 Mbps 提升到 23.32 Mbps，下载速率提

升约 305%。FTP 的 RLC 层上传速率由 3.87 Mbps 提升到 11.51 Mbps，开通 Cloud AIR 后上传速率提升 197%。相关数据指标见表 2 所示。

表 2 LTE900 动态频谱开通前后关键指标对比

测试指标	第一轮	第二轮
测试带宽	静态 3M	静态 8.4M+ 动态 1.6M
平均 RSRP	-87.41dBm	-88.2dBm
FTP RLC 层下载速率	5.75Mbps	23.32Mbps

测试指标	第一轮	第二轮
FTP RLC 层上传速率	3.87Mbps	11.51Mbps
RRC 建立成功率	100%	100%
ERAB 建立成功率	100%	100%
CSFB 建立成功率	100%	100%
CSFB 端到端时延	6.9s	6.5s
主叫切换成功率	93.22%	93.14%
被叫切换成功率	90.28%	91.96%
主叫 VOLTE MOS	3.87	3.98
被叫 VOLTE MOS	3.9	4.1

从上表 LTE900 动态频谱开通前后关键指标统计数据可以看出, LTE900MHz 网络在动态频谱功能开启前后, 网络的 RRC 建立成功率、ERAB 建立成功率、CSFB 建立成功率等 KPI 指标都正常, 未造成网络掉话、连接失败等现象。

通过两轮测试的数据对比分析, 我们发现对 GSM900 网络覆盖情况影响很小, 基本符合现网 GSM 网格覆盖情况。GSM 900 网络运行的关键指标如表 3 所示, 动态频谱方案开启后, GSM 900 网络语音话务运行正常。

表 3 GSM 900 动态频谱开通前后对比

测试指标	第一轮	第二轮
主叫 RxLev	-68.18	-68.98
被叫 RxLev	-68.88	-68.08
主叫 RxQual	0.26	0.28
被叫 RxQual	0.44	0.36
主叫切换成功率	97.99%	98.86%
被叫切换成功率	97.63%	97.50%
主叫 MOS	2.31	2.32
被叫 MOS	2.26	2.29

(2) 话务数据统计分析

通过提取动态频谱功能开通前后一段时间内话务量数据, 我们对关键指标 TCH 话务量、下行用户感知速率及下行可用 RB 数进行了对比分析, 测试结果如下:

(1) 开通后 LTE 的吞吐率随着 GSM 话务量变小而变大, GSM 忙时 LTE 可用 RB 数变少, GSM 闲时 LTE 可用 RB 数变多。

(2) 开通后下行平均用户感知速率为 14.55Mbps, 开通前平均用户感知速率为 5.45Mbps, 用户速率提升 166%。

(3) 开通后下行可用 RB 个数平均为 45.33 个, 远高于 LTE 的 3MHz 标准带宽的 15 个 RB 数, 可用资源提升 202.2%。

(4) 开通动态频谱共享方案之后, GSM 的 KPI 指标保持稳定, LTE 的网络指标得到提升。

由此可见, 频率动态共享方案 CloudAIR 能够在保障存

量 2G/3G 网络性能指标的前提下, 腾挪更多频谱带宽给 LTE 使用, 释放被压抑的 MBB 业务需求, 有效提升频谱利用率。

3 结束语

本文提出的动态频谱共享方案能够解决老制式终端长期不退网的问题, 提升 GSM/LTE 网络制式的频谱利用率。通过对 GSM 和 LTE 频谱共享配置, 在不影响 GSM 网络性能的前提下提升 LTE 在低频段上的网络容量与覆盖。后续随着频谱深度云化及共享度逐步提升, 可实现在低频段有限频谱上部署 GSM、UMTS、LTE、NB-IoT, 构建全业务广覆盖基础网, 加速 MBB 网络演进。

(收稿日期: 2020-2-11; 技术审核: 胡芳仁;
责任编辑: 王玉)

4G LTE 特型窄波天线在高层场景的深度覆盖研究

朱 斌 王海飞

中邮建技术有限公司

摘 要: 随着 4G LTE 网络用户的发展以及城市现代化发展, 用户在网络中的分布趋于立体化。从目前 4G LTE 网络投诉分布分析, 中高层用户网络投诉占较大比重, 且难于解决。本文通过对特型天线进行试用研究, 掌握其覆盖特性, 为高层深度覆盖寻求较好的解决方案, 提高高层用户感知度; 调整与优化 4G LTE 网络结构, 提升网络服务质量。

关键词: 特型窄波天线; 多研究场景; 水平覆盖宽度; 垂直覆盖宽度; 高层建筑深度覆盖方案模型

0 引言

随着 4G LTE 网络用户的发展以及城市现代化发展, 用户在网络中的分布趋于立体化。从目前 4G LTE 网络投诉分布分析, 中高层用户网络投诉占较大比重, 且难于解决, 如图 1 所示。

■ 室外投诉 ■ 1~6层投诉 ■ 7~11层投诉 ■ 12层以上投诉

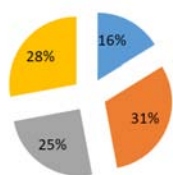


图 1 某地市用户投诉空间分布图

日常网络优化过程中解决室内用户投诉的方法有限, 一是解决周期长; 二是容易引入新的问题。以新建室分系统和安装微型直放站为例:

(1) 新建室分系统。与室外新建单站相比, 室分系统的新建, 协调难度大、系统部署复杂、建设周期长、投入成本高, 导致短期内无法满足用户亟待解决的网络使用需求。

(2) 4G LTE 微型直放站安装。通过微型直放站放大信号, 对投诉用户居所进行覆盖, 临时解决单个用户 4G LTE 网络使用问题, 但微型直放站维修率较高, 一旦出现设备故障容易对周边形成干扰, 影响其他用户正常使用, 加大网络干扰排查的难度。

在高层建筑物中, 高层用户业务使用问题主要是覆盖问题, 为了解决这一问题, 寻找一种针对高层建筑覆盖的特型窄波天线, 对其高层覆盖性能进行研究, 掌握该类天线的覆盖特性,

根据其覆盖特性将研究成果应用到实际网络中, 解决中高层网络覆盖问题。

1 研究方法

1.1 研究对象

本次研究以 DENGYO 天线 APU20-17IXSNSH 为对象, 其覆盖特点是水平波瓣与垂直波瓣接近相同、旁瓣以及后瓣较小, 覆盖收敛较好, 应用场景类型较适合高层楼宇, 可有效控制覆盖范围, 避免旁瓣信号对周围无线覆盖环境的污染。如图 2、图 3 所示。

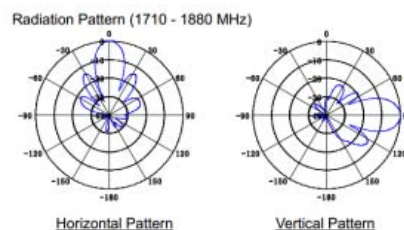


图 2 天线覆盖方向图

Electrical Specifications		本次测试研究对象
Frequency Range	1710 - 1880 MHz	1920 - 2170 MHz
Polarization	±45°	±45°
Half-Power Beam Width	Horizontal: 20° Vertical: 20°	Horizontal: 15° Vertical: 15°
Gain	19 dBi	20 dBi
Sidelobe Suppression for First Sidelobe above Horizon		> 15 dB
Front-to-Back Ratio (180°±30°)		> 25 dB
Isolation		> 30 dB
VSWR		< 1.4
Intermodulation IM3		< -150 dBc
Impedance		50 Ω
Max. Power per Input		200 W
Lightning Protection		DC Ground

图 3 天线电气参数

1.2 研究方法

本次窄波天线覆盖性能研究,将选择天线极限覆盖距离300m左右的场景进行研究,另外再选择符合天线覆盖要求的场景进行研究。通过多场景研究更多地了解该特型天线在不同场景下的覆盖性能。

具体研究方法步骤为:

(1)选取合适的场景进行研究,场景要求为已建LTE站点,传播方向上存在高层建筑;

(2)对现有4G LTE 站点天线进行勘察,记录基础工程参数后拆除,安装特型窄波天线,并按照天线挂高、覆盖距离等参数计算天线上抬角,设定天线上抬角;

(3)天线安装设定好方位角,上抬角后,对目标覆盖高层进行CQT测试,研究天线覆盖特性。

2 测试验证

2.1 场景选择

2.1.1 大于300m 场景

根据天线覆盖所需条件,进行场景选择。经过筛选,将覆盖场景设定在LTE 站点现代之星_50 小区,高层建筑覆盖目标为尚城绿园内高层住宅:19、20、21 栋。

研究参数设定,如图4 所示。

通过现场勘察,将天线工程参数设定为:方位角195 度(小于规定入射45 度),上倾角:10 度,利用天线3dB 半功率角的下波瓣覆盖。

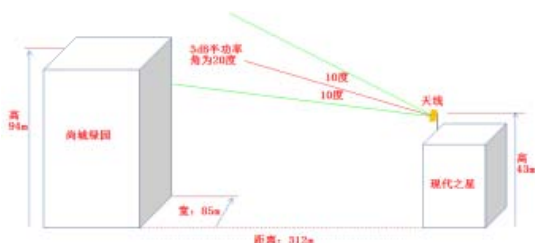


图4 (大于300m 场景) 研究参数设定示意图

目标覆盖场景,如图5 所示:

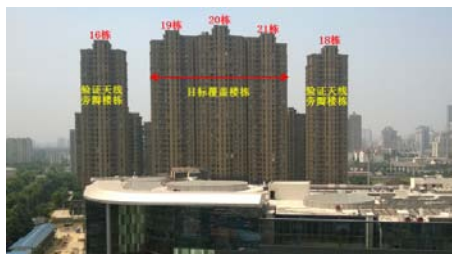


图5 (大于300m 场景) 覆盖目标

2.1.2 大于100m 小于200m 场景

通过勘察筛选,将大于100m 小于200m 覆盖场景设定为4G LTE 站点市政公司覆盖妇幼保健院。

研究参数设定,如图6 所示。

通过对现场参数计算,在窄波天线平打(机械倾角为0度)时,垂直半功率角将在距离天线156m 的楼栋上覆盖54m,此高度已经覆盖目标建筑物1/3,旁瓣可能会对地面以及周围道路产生影响。故利用窄波天线下瓣覆盖较合理,将窄波天线上倾角设定为10 度。

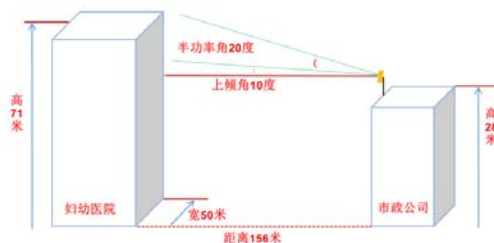


图6 (大于100m 小于200m 场景) 研究参数设定示意图

目标覆盖场景,如图7 所示:



图7 (大于100m 小于200m 场景) 覆盖目标

2.1.3 综合场景

通过勘察筛选,将嘉德花园作为特型天线覆盖研究对象。区政府LTE 站点对嘉德花园楼栋覆盖场景较为全面,既存在大于100m 小于200m 场景,也存在大于50m 小于100m 场景。天线覆盖方向正对15 栋和19 栋,并对两侧楼栋12 栋以及18 栋进行CQT 测试研究。

研究参数设定,如图8 所示。

通过对现场参数计算,在窄波天线平打(机械倾角为0度)时,垂直半功率角将在距离天线135m 的楼栋上覆盖46m,下半功率波瓣将覆盖23m 高度,距离地面只有10m。底层覆盖目前主要利用宏站进行覆盖,为了避免窄波天线在底层以及道路上的覆盖,设定窄波上倾角为10 度。

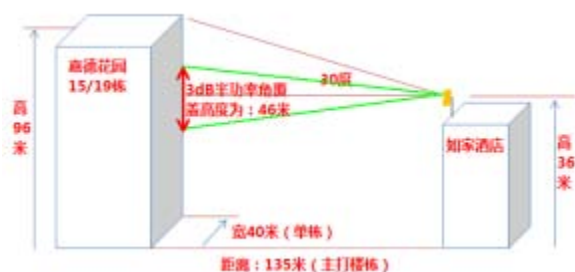


图8 (综合场景) 研究参数设定示意图

目标覆盖场景, 如图9所示:



图9 (综合场景) 覆盖目标

2.2 测试结果

2.2.1 尚城绿园 (大于 300m 场景) 测试结果

各楼栋占用特型天线小区 (PCI: 280) RSRP (单位: dBm) 分布统计如表1所示。

(数据搜集说明: 天线调整后, 测试主要在住户门外、走道等公共区域进行1分钟以上的遍历测试, 获取覆盖场强, 后台分析软件进行统计平均。下同。)

表1 特型天线扇区在各楼层覆盖统计表 (大于 300m 场景)

	16 栋	19 栋	20 栋	21 栋	18 栋
33F			-104		
32F		-103	-103	-94	
31F	-100	-80	-95	-88	-107
30F	-89	-97	-100	-103	-91
29F	-103	-81	-100	-86	-110
28F	-89	-95	-91	-102	-86
27F	-102	-84	-84	-90	-107
26F	-86	-104	-99	-96	-95
25F	-107	-88	-88	-86	-105
24F	-91	-89	-102	-95	-90
23F	-105	-89	-87	-86	-107
22F	-97	-94	-95	-98	-90

21F	-102	-87	-86	-92	-106
20F	-96	-108	-97	-96	-92
19F	-107	-90	-84	-87	-111
18F	-95	-109	-96	-97	-94
17F	-105	-84	-88	-95	-108
16F	-90	-95	-100	-108	-98
15F	-105	-87	-92	-93	-106
14F	-91	-102	-108	-100	
13F	-112	-86	-95	-94	-107
12F	-91	-88	-109	-109	
11F	-109	-89	-103	-110	
10F	-99	-102	-112	-107	
9F	-110	-90	-102	-107	
8F	-98	-106	-115	-122	
7F			-100	-98	
6F	-92	-92	-123		
5F	-107				
4F	-103				
3F					
2F	-105				
1F					

从整体测试 RSRP 分布分析:

(1) 主要覆盖目标楼宇 19 ~ 21 栋, 利用特型天线下半波瓣覆盖, 覆盖能力收敛于 6 楼;

(2) 旁瓣在最近的 16 栋收敛效果较差; 在距离较远的 18 栋旁瓣收敛较好;

(3) 通过场强分析, 该场景下, 垂直方向: 特型天线覆盖高度为 152m; 水平方向: 特型天线覆盖长度为 160m。

2.2.2 妇幼保健院 (大于 100m 小于 200m 场景) 测试结果

各楼层占用特型天线小区 (PCI: 75) RSRP (单位: dBm) 分布统计如表2所示。

表2 特型天线扇区在各楼层覆盖统计表 (大于 100m 小于 200m 场景)

妇幼保健院住院部				
	CQT 点 1	CQT 点 2	CQT 点 3	CQT 点 4
18F	-76	-75	-87	-93
17F	-91	-85	-76	-91
16F	-88	-81	-76	-105
15F	-90	-80	-76	-99
14F	-91	-80	-83	-102
13F	-89	-79	-80	-102
12F	-88	-80	-82	-103
11F	-80	-77	-79	-105
10F	-89	-81	-86	-88
9F	-87	-82	-84	-83

8F	-89	-83	-89	-85
7F	-86	-80	-84	-87
6F	手术、实验室不允许测试			
5F				
4F	-86	手术、实验室不允许测试		
3F	-110	-107	-117	
2F				
1F				

通过对妇幼保健院住院部测试数据分析：

(1) 特型天线在测试楼栋内覆盖能力主要分布在 4 楼以上 (4 ~ 18 楼)；

(2) 在中距离 (100m ~ 200m) 场景下，特型天线在目标建筑物内整体覆盖良好，垂直覆盖距离上收敛于 4 楼。

2.2.3 嘉德花园（综合场景）测试结果

各楼栋占用特型天线小区 (PCI: 291) RSRP (单位: dBm) 分布统计如表 3 所示。

表 3 特型天线扇区在各楼层覆盖统计表
(综合场景)

	12 栋 (31 层)	15 栋 (31 层)	19 栋 (31 层)	18 栋 (30 层)
	距天线 80m	距天线 110m	距天线 135m	距天线 145m
	旁瓣覆盖	主打楼栋	主打楼栋	旁瓣覆盖
31F	-94	-81	-92	
30F	-96	-87	-92	
29F	-109	-89	-96	
28F	-90	-95	-91	
27F	-108	-84	-90	
26F	-94	-96	-99	
25F	-106	-93	-95	
24F	-88	-93	-97	
23F	-105	-89	-97	
22F	-95	-92	-93	
21F	-103	-90	-97	
20F	-91	-95	-100	
19F	-101	-90	-98	
18F	-86	-98	-95	
17F	-104	-90	-96	

表 4 特型天线与普通天线在各楼层覆盖统计对比表 (综合场景)
(普通天线与特型天线工程参数一致, 天线主打方向: 15 栋、19 栋)

对比楼栋及 楼层	12 栋		15 栋		19 栋		18 栋	
	特型天线	普通天线	特型天线	普通天线	特型天线	普通天线	特型天线	普通天线
31F	-94	-104	-81	-98	-102	-106	未占用	未占用
25F	-106	-100	-93	-95	-95	-100	未占用	-103
20F	-91	-99	-105	-101	-100	-95	未占用	-97
15F	-92	-96	-88	-94	-93	-93	未占用	-101
10F	-95	-102	-105	-98	-90	-99	-93	-105
5F	-98	-109	-99	-107	-95	-107	未占用	未占用

16F	-95	-99	-99	
15F	-92	-88	-93	
14F	-91	-95	-93	
13F	-90	-93	-90	
12F		-96	-99	-94
11F		-94	-93	
10F		-105	-90	-93
9F		-92	-96	-99
8F		-101	-91	
7F			-98	
6F	-96	-109	-96	
5F	-98	-99	-95	
4F	-93	-108	-99	
3F			-110	
2F	-107	-110	-113	
1F				

通过对嘉德花园综合场景测试研究如下：

(1) 特型天线调整后覆盖较普通天线覆盖强；

(2) 主测试楼栋 15 栋、19 栋楼层基本都占用特型天线信号；两侧楼栋中距离较近的 12 栋 70% 的楼层占用特型天线信号，较远的 18 栋基本无占用；

(3) 通过场强分析，该场景下，垂直方向：特型天线覆盖高度为 120m+ (估算)；水平方向：特型天线覆盖长度为 160m。

2.3 结论

通过对特型天线的场景分类研究对比，特型天线由于其较好的收敛性，不易产生覆盖泄露，能够对高层小区形成有效覆盖，解决中高层用户覆盖问题。其建设周期短于室分建设周期，建设成本低于室分建设成本。

3 经验总结

3.1 传统天线与特型天线对比

以嘉德花园为例将特型天线与普通天线进行覆盖对比，统计表如表 4 所示。

从上表可以看出，特型窄波天线能够有效解决中、高层覆盖问题：

（1）普通天线的旁瓣覆盖宽度大于特型窄波天线。

（2）在垂直覆盖方向上的 RSRP 分布，特型天线覆盖强度强于普通天线。

3.2 整体使用结论

3 类场景的特型天线 CQT 测试分析结论如下：

（1）通过对主覆盖楼栋以及辅覆盖楼栋测试，特型天线在垂直平面以及水平面覆盖距离基本一致；

（2）通过对这 3 类场景分析研究，该天线覆盖较适合小于 200m 以下场景；

（3）特型天线在下瓣上某个点会存在突变过程，下波瓣

边缘收敛性较好；

（4）该类型天线可用在室内分布系统无法建设时的补充方案，保证用户深度覆盖需求。

4 结束语

综上所述，高层建筑深度覆盖方案模型，可利用已建 LTE 站点天线，更换特型窄波天线，将 LTE 扇区进行分裂，一个扇区负责目标楼栋的底层覆盖以及周边道路覆盖，一个扇区负责中高层楼栋的深度覆盖，可同时解决垂直维度以及水平维度覆盖。

（收稿日期：2020-03-02；技术审稿：黄毅；
见习责任编辑：韩菁菁）

（上接第 22 页）

4 结束语

本文旨在为 5G 网络提供安全有效的时钟同步网建设思路，提出了多种利用现有 IPRAN 及 OTN 组网建设 5G 传送网的 1588v2 时钟建设改造方案。同时也为后续在 5G 传送网的建设、同步考虑 1588v2 网络建设提供了可行的建议，有利于提前进行 1588v2 同步网络布局，从而减少后期改造的工作

量。在实际工作中，可综合分析网络情况、工程难易程度、投资大小等方面，进行 1588v2 时钟方案的选取。此外，在建设 1588v2 同步网时还应考虑 1588v2 特性规划检查、1588v2 特性配置检查、时钟保护倒换功能验收和性能验收工作等因素。

（收稿日期：2020-03-01；技术审稿：陆音；
见习责任编辑：韩菁菁）

（上接第 25 页）

随着 5G 应用的加速落地，需引导和指导电信运营商、设备供应商和企业等各方利益形成新的合力，在垂直行业寻求 5G 专网的最佳实践。另外，企业自建 5G 专网的核心在于担忧电信运营商不能提供可靠的网络服务和信息安全保障，无法满足定制化需求。电信运营商能否满足企业对网络自主管理和数

据安全标准要求，让企业放心，是双方不论以何种方式合作搭建 5G 专网必须要考虑的问题。

（收稿日期：2020-03-04；技术审稿：丁飞；
见习责任编辑：韩菁菁）

省际首条高铁联通 LTE 网络覆盖策略研究

康宏建

中国联通呼和浩特分公司

摘要: 本文通过对呼张高铁沿线复杂的地理环境分析开始入手, 分别从高铁 LTE 覆盖面临的挑战与对抗、业务特征、质量目标与容量估算规划模型及覆盖目标等方面进行了理论铺垫, 重点论述了高铁 LTE 整体组网策略及四大重点场景覆盖策略的分析。这些覆盖策略的应用, 最后用呼张(呼乌段)高铁 LTE 的 DT 实测数据得以验证, 并对整体指标达标情况进行了分析。这也为其他高铁 LTE 覆盖规划与实施带来实用的工程项目借鉴价值。

关键词: 高速铁路; LTE 网络; 覆盖策略

0 引言

呼张(呼和浩特—张家口)高铁作为内蒙古首条高铁, 其意义非凡。它不仅是国家铁路网重要组成部分, 还是“三北”地区联系的重要通道和地区经济发展的重要象征, 更是人们“高速出行+高速上网”当代生活的标配。同时高铁也成为运营商们的新战场, 尤其是 LTE 的覆盖, 因为 LTE 的优质覆盖满足用户数据业务的同时, 也为已开通的 VOLTE 语音业务和 5G 建网奠定了良好的网络基础。该高铁途经内蒙古首府呼和浩特市、乌兰察布市和河北省张家口市, 线路全长 286.8km, 设计时速为 350km/h。全线设车站 5 座。全线隧道长度占全线总长度比例高达 62%, 其中最东土村隧道长达 4560m, 大尖山隧道是 5404 延长米, 共分为 4 座。全线特大桥 6 座、大桥 12 座, 沿线最长的赛罕塔拉大桥长达 13.8km。如此复杂地形的高铁线路, 同时也给移动网络覆盖规划带来了全新挑战, 采取什么样的覆盖策略去规划设计与实施全线的 LTE 覆盖, 将是本文研究的重点内容及方向, 最终以呼和浩特市至乌兰察布市段案例 DT 路测实际数据来验证了采用以下覆盖策略后的优质网络效果。

1 高铁 LTE 覆盖面临的挑战与对抗

呼张高铁 LTE 网络覆盖同样面临着所有高铁移动网覆盖规划建设的三大挑战与对抗: 穿损大、频偏大、切换频繁。高铁全线穿越场景复杂、列车运行速度快、车厢封闭、基站间距较小导致了三大问题: 列车高穿损的问题、多普勒频移问题、

高速切换及重选的问题。对抗三大问题的方案是通过多普勒频移补偿算法解决多普勒频移问题, 通过降低基站间距和限制入射角的方式解决穿透损耗大的问题, 通过小区合并解决小区重选和切换频繁的问题。

2 高铁 LTE 网络的业务特征

2.1 话务量突发性

铁路沿线一般情况是无列车经过时话务量、流量基本为零, 反之当有列车经过时话务量和流量突然剧增, 所以会出现忙时与闲时业务量波动较大的趋势。

2.2 边缘速率要求高

由于高铁上移动用户要比普通低速网络用户相对集中, 所以在列车高速行驶中经过小区边缘时, 要求的边缘速率要远远高于低速网络。

2.3 业务时延要求高

高速行驶的高铁列车, 在业务时延方面提出了更高要求, 无论在信道质量变化还是小区间不停地切换方面, 对数据包转发的及时性等方面都提出了更高的要求。

3 高铁 LTE 网络质量目标与容量估算规划模型及覆盖目标分析

由于高铁场景的特殊性, 业务质量目标要略低于普通低速移动网络的要求。针对容量规划估算、覆盖目标, 本文将通过模型表格来加以说明。如表 1、表 2 所示。

3.1 业务质量目标分析

表 1 业务质量目标分析对比表

特性 / 指标	指标项	大网要求	高铁要求
接入性	数据业务连接建立成功率	≥98%	≥95%
接入性	CSFB 建立成功率	≥98%	≥95%
保持性	数据业务掉线率	≤0.5%	≤1%
保持性	语音业务掉线率	≤0.5%	≤1%
移动性	LTE 同频切换成功率	≥99%	≥95%
时延	CSFB 建立时延	≤6.8s	≤7s
时延	CSFB 大时延比例	无	≤10%
时延	http 主页面打开时延	无	≤4s
覆盖感知	空闲态 LTE 网络时长占比	无	≥95%

3.2 容量估算模型

表 2 容量估算模型表

影响因素	双 RRU 合并	6 RRU 合并	12 RRU 合并
最小发车间隔	3min	3min	3min
最高车速	高铁: 350km/h	高铁: 350km/h	高铁: 350km/h
最高车速	动车: 250km/h	动车: 250km/h	动车: 250km/h
同向两列车间距	高铁: 17.5km	高铁: 17.5km	高铁: 17.5km
同向两列车间距	动车: 12.5km	动车: 12.5km	动车: 12.5km
小区覆盖距离	2km	6km	12km
单小区内列车数 (双向对开)	2	2	4
火车相遇总人数 (一列高铁最多 16 节, 1200 人)	2400	2400	4800
移动用户渗透率 100%	2400	2400	2400
联通用户的市场份额 35%	840	840	1680
FDD LTE 渗透率 50%	420	420	840
小区平均吞吐率 (BW=20MHz)	DL: 25Mbps	DL: 25Mbps	DL: 25Mbps
小区平均吞吐率 (BW=20MHz)	UL: 10Mbps	UL: 10Mbps	UL: 10Mbps
单用户业务模型	DL: 44.8kbps	DL: 44.8kbps	DL: 44.8kbps
单用户业务模型	UL: 10.8kbps	UL: 10.8kbps	UL: 10.8kbps
可容纳用户数	558	558	558

3.3 覆盖目标分析

指标名称: RSRP≥-110dBm 的比例 ≥90%; SINR≥-5dB 的比例 ≥90%; 小区边缘速率 -DL≥2.5 Mbps; 小区边缘速率 -UL≥0.512 Mbps; 小区平均吞吐率 -DL≥25 Mbps; 小区平均吞吐率 -UL≥10 Mbps, 取值均为参考值。

4 高铁 LTE 整体组网策略及四大重点场景覆盖策略分析

目前高铁 LTE 组网方式分公网和专网覆盖以及同频和异频组网两大方案。公网覆盖高铁业务与低速业务是同一网络, 没有专用频率; 专网覆盖高铁, 专网与公网重叠覆盖, 需要

专用频率, 领区关系配置及优化是重点。同频组网是传统的覆盖方案, 可以很好地利用公网优势兼顾高铁的覆盖。异频组网采用单独的频点覆盖, 使用独立的参数配置来保证高铁的覆盖。各地组网方案选择需根据当地各运营商现有移动网络实际情况与运营商的长远发展而定。联通根据呼张高铁目前周边大网覆盖以及 VOLTE 用户普及率等情况, 因大多数 4G 用户的 CS 业务还将通过 CSFB 方式回落到 3G 网络上去承载语音业务, 所以呼张高铁 LTE 组网建议采用异频组网方案, 呼张高铁采用与公网相同的频段 (1.8GHz 频段) 组网, 带宽也是 20M。且根据地理区域区别, 采取了不同的建设覆盖策略, 建议分成两区域进行规划; 城区部分优先采用异频组网, 高铁沿线圈内宏站异频, 圈外宏站同频来加强公网频

谱利用率；郊区部分降低网络成本的同时要更好发挥频段优势，采用 F 频段（1840~1860MHz）覆盖。目前 3G 是专网，LTE 建议同样采用专网呈线状延伸态形式去覆盖。个别 3G 沿线弱覆盖区域采用新增补站方式去覆盖，至此才能达到 3/4G 同步良好的覆盖效果。

4.1 高铁组网方式分析对比

4.1.1 两种组网方式对比

网络干扰方面：相比异频组网，同频组网存在干扰问题

而异频组网无需考虑此问题，同时也避免了覆盖与容量的降低。只需考虑列车用户的需求，话务量低，不存在和周边用户抢夺资源的情况。

位置更新方面：对比同频组网，异频组网采用独立位置区，可大幅减少位置更新，降低因位置更新导致的寻呼失败、接入失败等一系列问题，同时也避免大量高铁用户集中位置更新给周边用户带来的冲击。

4.1.2 网络性能指标对比

网络性能指标对比情况如表 3 所示。

表 3 两种组网方式性能指标对比表

性能指标	同频网	异频网
网络干扰	同频覆盖，存在频内干扰	异频覆盖，频点间无干扰
位置更新	穿越 TA 区众多，影响很大	单独 TA，位置更新大幅减少
话务承载	话务集中，对同频网冲击大	话务集中，适宜异频网承载
参数配置	高铁与周边覆盖难以兼顾	针对性配置，方便优化
切换性能	切换多、切换区短，切换性能无法保证	RRU 共小区，切换大幅减少
覆盖质量	非针对高铁覆盖，质量难以保证	针对性规划，覆盖质量好

4.2 高铁沿线场景覆盖策略

4.2.1 高铁沿线场景覆盖策略

高铁沿线场景覆盖策略应该从三个方面考虑，即沿线、单 RRU、多 RRU。高铁沿线宏站应根据铁路线型特点，以直视径覆盖为主，主要采取链型小区连续覆盖的方案。

单 RRU 小区分裂，即 eNB 仅配置一个小区，单个 RRU 通过功分器引入两副天线，分别覆盖铁路相反的两个方向，即将一个小区分裂为两个扇区。此方案可以借助现网宏站实施密集和一般城区的高铁专网覆盖。对于深度覆盖弱的区域或盲区，除了采用现网分布式基站新增 RRU 拉远覆盖以外，小区分裂方案效果也会不错。

多 RRU 共小区，目前华为设备最大可实现六个 RRU 合并级联为一个小区，每个 RRU 与一个双极化的定向高增益天线相连，分别覆盖抱杆两侧铁路。每个抱杆可称为一个子站，子站通过光缆连接到集中放置的 BBU 处（如图 1 所示）。建议采用双通道 RRU 进行覆盖组网，利用 MIMO 提升数据业务速率，同时采用多 RRU 小区合并来减少小区间切换提升网络性能。

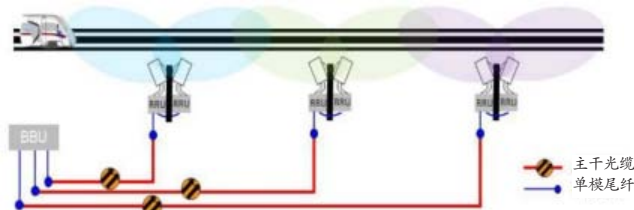


图 1 多 RRU 背靠背双向覆盖方案图

4.2.2 铁路沿线场景路损模型

铁路沿线场景路损模型（1/2）

传播模型：链路预算中可以借鉴 WCDMA 高铁设计经验以及具有很广泛适用性 2G 频段的 Cost231-Hata 模型来做，Cost231-Hata 模型的具体公式和系数取值如下：

$$\text{Total} = \text{Lu} - a(\text{Hue}) + \text{Cm}$$

其中：

$$\text{Lu} = 46.3 + 33.9 \times 1g(f) - 13.82 \times 1g(\text{Hrs}) + (44.9 - 6.55 \times 1g(\text{Hrs})) \times 1g(d)$$

$$a(\text{Hue}) = (1.1 \times 1g(f) - 0.7) \times \text{Hue} - (1.56 \times 1g(f) - 0.8)$$

Cm 场景修正值；密集城区（3）、城区（0）、郊区（-8）、农村（-15）

铁路沿线场景路损模型（2/2）

路径损耗 = 发射功率 - 总损耗 - 热噪声 + 天线增益 - 期望接收电平（说明：其中总损耗包括穿透损耗、馈线损耗等。）

计算出路径损耗后，将其代入 Cost231-Hata 模型公式即可得出覆盖半径。

4.2.3 铁路沿线场景覆盖半径计算

默认站轨距为 200m 时，站点高度 35m 的 1.9G 覆盖半径/km=0.96，2.3G=0.71，2.6G=0.58；站点高度 20m 的 1.9G 覆盖半径/km=0.78，2.3G=0.59，2.6G=0.48；站点高度 10m 的 1.9G 覆盖半径/km=0.61，2.3G=0.47，2.6G=0.39。

4.2.4 铁路沿线场景重叠覆盖区

重叠覆盖区距离的合理规划是完成业务连续性的基础，距离过小导致切换失败，过大增加了站间距。高铁列车经过

两个不同小区的重叠覆盖区时,需要进行小区切换。覆盖中采用多小区合并技术时,同一逻辑小区不考虑重叠覆盖区,只在切换时考虑重叠覆盖区。而相邻小区需考虑充足的重叠覆盖区来保证终端在高速中的切换时间要求。规划小区间双向切换时,考虑重叠覆盖距离应为切换距离的2倍以上。切换的时延影响着重叠覆盖区的设计,切换时延是从LTE车载设备测量到目标小区信号强度高于服务小区信号强度某个门限开始,到切换完成所需时间。切换时延由三部分组成:A3切换测量维持时间、切换执行时间、时间余量。

4.3 隧道场景覆盖策略

由于呼张高铁延线的复杂性,隧道居全线占比非常高,其覆盖尤为重要,尤其是长隧道和连续短隧道的覆盖策略更是举足轻重。

隧道场景的特点是空间狭小封闭,存在填充效应,造成无线传播环境相对复杂。同时高铁隧道对设备形态和安装条件要求非常严格。通常的隧道覆盖方案包括RRU+定向天线、RRU+泄漏电缆两种。LTE系统高铁隧道场景建议采用RRU+泄漏电缆的覆盖方案,切换区域控制在隧道内或隧道外,避免在隧道口切换。

4.3.1 短隧道场景覆盖策略

建议隧道出口的基站和隧道内组成一个共小区,如图2所示。

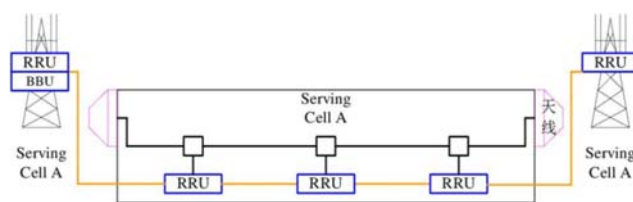


图2 短隧道基站覆盖图

4.3.2 中等隧道场景覆盖策略

隧道长度在一个RRU共小区覆盖长度以内,则小区间切换需在两个隧道口外完成,隧道口外墙安装板状天线进行覆盖,如图3所示。

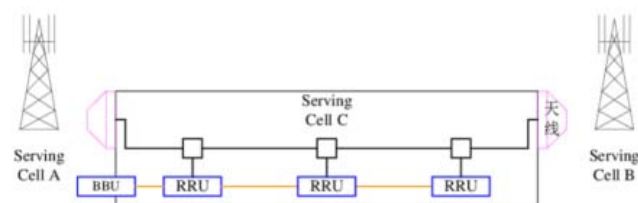


图3 中等隧道基站覆盖图

4.3.3 长隧道场景覆盖策略

隧道长度大于一个RRU共小区覆盖长度,则需要多个RRU共小区在隧道内进行覆盖,当前一个BBU下仅支持一个RRU共小区,如图4所示。

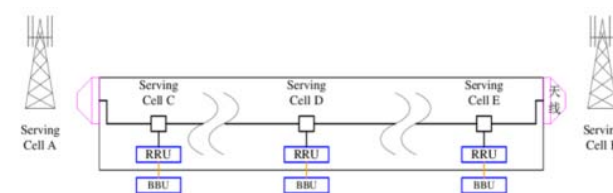


图4 长隧道基站覆盖图

4.3.4 连续短隧道场景覆盖策略

若隧道间距较小,建议采用泄露电缆覆盖隧道间空隙段;若连续隧道间距较大,则采用隧道口安装天线进行覆盖,如图5所示。

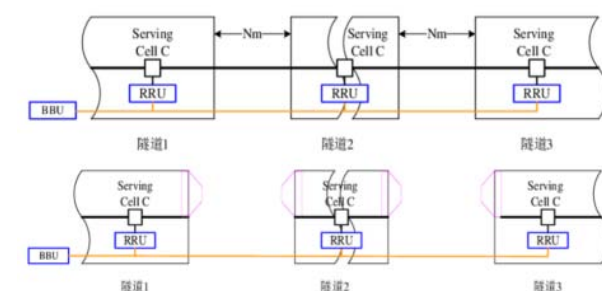


图5 连续隧道基站覆盖图

4.3.5 隧道场景漏缆选型

隧道的无线通信环境特点为环境封闭,除了隧道口,外面的信号很难传入,对内部覆盖影响小;隧道内的覆盖规划需要重点考虑切换带的设置,避免因切换带设置不合理导致掉话。

下行隧道场景RSRP分别以-100dBm和-110dBm为目标进行链路估算,方法如下:

$$P_{\max} = P_{\text{RRU}} - (L_{\text{pol}} + P_{\text{des}} + L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$$

• PRRU: RRU的输出功率

• L_{pol}: POI系统的插损,一般设计要求POI插损小于6dB,此处取5dB

• P_{des}: 接收端的覆盖电平要求,此处为-100dBm或-110dBm

• L₁: 泄露电缆95% 2m处的耦合损耗

• L₂: 人体损耗,LTE主要为数据业务,暂不考虑人体损耗,默认取0dB

• L₃: 宽度因子, $L_3 = 10 \lg(d/2)$, d为移动台距离漏缆的距离,默认4m

• L₄: 车体损耗,同链状覆盖场景,1.8G频段24dB

4.4 车站场景覆盖策略

车站场景的覆盖主要采用室内分布系统进行覆盖，但在覆盖策略上要求相对更加合理地去规划设计与实施。

4.4.1 大型车站场景覆盖策略

覆盖涉及车站的 RRU 共小区覆盖长度控制在 3km 左右，避免大量非高铁用户的渗透导致整体 KPI 指标下降。车站作为用户从公网到专网的出入口，对移动性管理要求较高，其中过渡区需要建立双向邻区关系，其他情况只需要单向邻区关系即可。对于大型车站，一般建议车站站台及候车室建设室内分布小区。专网小区（站台）与公网小区（站前广场）之间在火车站须建立切换关系。为控制公网与专网小区之间的切换，需建立过渡切换小区（火车站）。过渡小区（火车站）通过在火车站建立室内分布系统实现。

4.4.2 小型车站场景覆盖策略

小型车站无法建设室分系统，站台规模较小，站台区与候车区处于同一平层，车辆停车时间在 3 分钟以内。站台主要依靠高铁专网小区覆盖。小型站台避免出现在 RRU 共小区的边缘，导致后期优化困难。入口小区选择站台上的主导覆盖公网小区，为避免大量非高铁用户进入高铁专网，入口小区只能选择 1 个。

4.5 桥梁场景覆盖策略

根据呼张高铁特大桥（赛罕塔拉大桥 13.8km）的覆盖需求，对于特殊场景桥梁的覆盖项目规划与实施是一个全新的挑战。采用桥上架设天线难度较大，需按照桥梁长度和现场环境合理选择覆盖方案。具体覆盖大策略是：短距离桥梁采用宏站+RRU 拉远，长距离桥梁采用宏站+RRU 拉远和分布式+RRU 级联方式进行线性覆盖。对于桥梁长度不足站距一半的场景，建议选择一端桥头建站。如若桥梁长度与站距相当的场景，建议选择两端桥头建站。对于特大桥无法设站的，可以合理利用桥体电杆架空安装 RRU 或泄露电缆解决。

4.6 站点布局建议

4.6.1 交错站点布局

对于沿线的直线部分可以采用最佳效果的“之”字型站点布局方案（如图 6），高铁站点的选择应尽量交错分布于铁路两侧，以助于改善切换区域，并利于车厢内两侧用户接收信号质量相对均匀。



图 6 线状“之”字型交错站点覆盖示意图

4.6.2 拐角站点布局

拐角站点规划中，如果场景是郊区，拐角区域应选择拐角内进行站点规划，有助于减小基站覆盖方向和轨道方向夹角，减小多普勒频移的影响，如果场景是城区，可选在拐角外侧进行站点规划。

4.6.3 站点与轨道距离

运营商不同，站点与轨道之间的规划距离也不同，首先考虑在铁路运营部门红线区域以外规划建站。入射角度制约着穿透损耗，避免“塔下黑”情况，减少多普勒效应等因素，要求必须合理规划基站距轨道之间的距离。站点与轨道距离必须大于铁塔高度。综上所述，站点与轨道距离最好控制在 100~500m 范围内。

4.6.4 入射角选择

不同车型，入射角也会产生不同的穿透损耗。当信号进入车厢，垂直入射时的穿透损耗最小，反之入射角越小，穿透损耗越大。因此，基站垂直与铁路距离越近时，覆盖区域的边缘信号进入车厢的入射角越小，穿透损耗就越大。实际测试表明，当入射角小于 10° 以后，穿透损耗增加的斜率变大，呈现快速上升态。只有控制好入射角，才能更好地满足轨道覆盖目标要求。图 7 是入射角度与列车穿透损耗对应图。

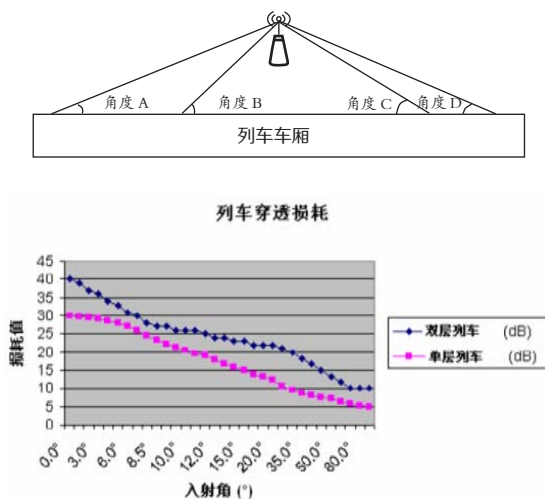


图 7 入射角及列车穿透损耗对应图

4.6.5 高铁站间距计算与规划原则

高铁站间距计算：高铁站间距规划各运营商都不同，中国联通也根据不同场景出台设置了本企业的原则。依据前面的最大穿透损耗车型和链路预算方法以及传播模型的测算，可以计算出满足 $RSRP > -110\text{dBm}$ 情况下的覆盖半径。再按切换时延计算出重叠覆盖距离。根据勾股定理可知，高铁的相邻站点之间的距离计算公式应为图 8 所示。

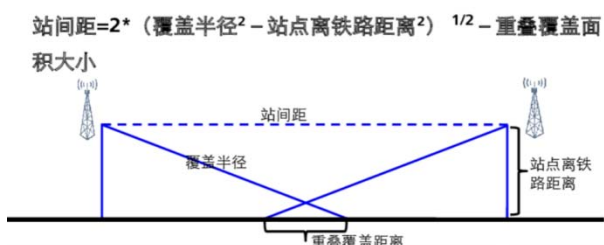


图8 站间距计算公式图

高铁站间距规划原则：高铁站间距规划更具复杂性，从车体穿透损耗方面应以高穿损车型为参考模型，其中CRH380B、CRH5等车型的穿透损耗都在22~29dB范围内，而列车时速方面应按250~350km/小时范围内考虑，因为时速对多普勒效应和切换成功率两个方面影响极大。对于密集城区场

景与郊区场景需要分开考虑站点间距的规划。

5 呼张高铁覆盖实际测试情况分析

呼张高铁在内蒙古境内是211.3km，按照上述LTE规划策略进行了专网物理站点覆盖、平均站间距为1.5km左右、站点与轨道距离平均为200m左右等规划实施后，以呼和浩特东至乌兰察布段（简称呼乌段）126km的DT实测数据为例，其中大小车站共3座，各种隧道19座，各种桥梁74座。呼乌段高铁LTE网络覆盖、路测及指标情况如图9所示。从整体实测数据指标分析来看，RSRP指标 ≥ -100 dBm，同时SINR ≥ -3 dB的达标率为97.13%，上/下行平均吞吐率为23.8 Mbps/40.06 Mbps。

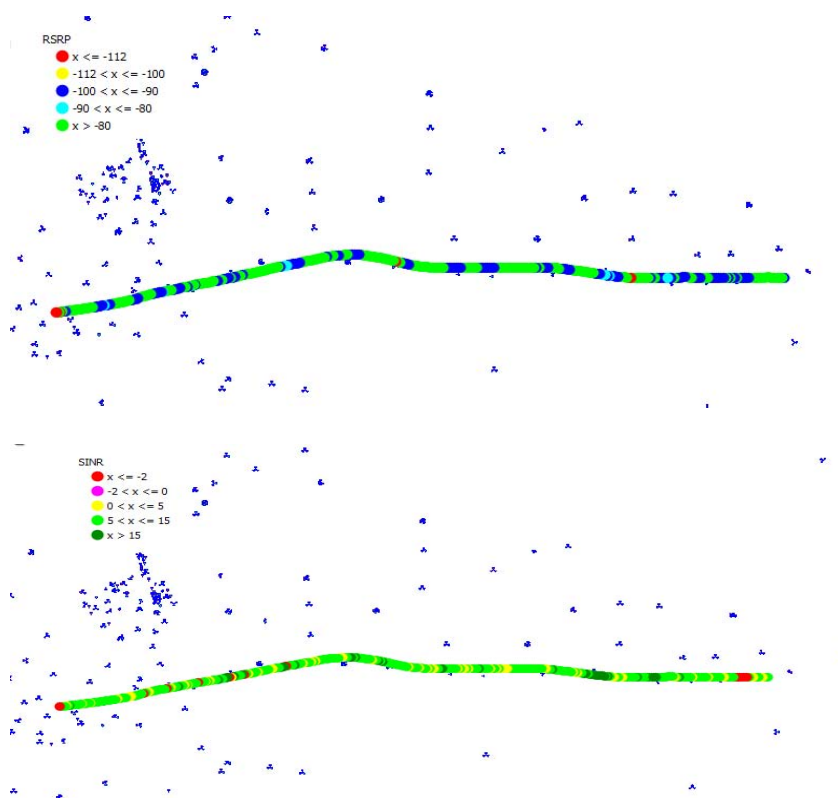


图9 呼张（呼乌段）高铁LTE网络覆盖及DT路测图

6 结语

通过呼张高铁（呼乌段）的实测情况，无论连接还是切换成功率方面，整体性能都能达标，也反映出只要合理规划，根据具体实际情况采用正确的覆盖策略去应对，最终是可以在达

到良好覆盖的同时满足用户体验感知的，这也是本论文研究的核心目标，希望能给其他高铁LTE网络覆盖规划带去实用的借鉴价值。

（收稿日期：2020-03-21；技术审稿：方勤松；

见习责任编辑：韩菁菁）

基于大数据测量报告的掉话密度地理化呈现方法探索

李 贝 黄琪飞 胡煜华 孙科达

中国联合网络通信浙江省分公司

摘 要: 文章提出了一种基于测量报告的掉话概率密度地理分布呈现方法,在掉话大数据样本支撑下,根据掉话的时间点和用户标识,与测量报告中定位测量报告和同频测量报告进行关联,实现大量数据的单用户级以系统软件 Mapinfo 的形式呈现其掉话概率密度分布,可形象、快捷地分析掉话问题。该方法在掉话分析的实际应用中效果明显,对基站精准规划建设和用户感知提升提供了有效指导。

关键词: 大数据; 3G; 测量报告; 地理化呈现; 掉话

0 引言

语音掉话既表征移动通信网络质量又直观体现用户感知,现有分析掉话手段主要有网管性能指标监控(KPI)、路测(DT)、定点测试(CQT)等。KPI反映只能聚焦到小区级,难以聚焦到具体的掉话位置;DT和CQT虽能聚焦掉话位置,但需耗费大量人力物力,测试只覆盖到少数重要区域且结果存在一定的随机性。现有基于测量报告的研究只可实现该小区质量评估无法实现大量数据的用户级形象化表征。

本文提出了一种基于测量报告的分析方法,在掉话大数据样本支撑下,可实现大量数据的单用户级以系统软件 Mapinfo 的形式呈现其掉话概率密度分布,可形象快捷地分析掉话问题。该方法在掉话分析的实际应用中效果明显,对基站精准规划建设和用户感知提升提供了有效指导。

1 测量报告研究

测量报告(Measurement Report,简称MR)是由UE终端、Node B的物理层和RLC层在无线资源管理过程中计算产生,其触发方式有事件性触发和周期性触发两种,其结果可用于无线网络评估,包括干扰小区、过覆盖、弱覆盖和整网覆盖评估,是无线网络优化重要手段之一。

MR文件包括“MR文件头”和“MR文件包”两部分。WCDMA的测量报告文件结构如图1所示,“MR文件头”主要用于配置文件名、日志文件校验等;“MR文件包”由三部分组成:MR包之间的分隔符0xCDCD、MR包长Length和

MR包内容(MR(asn1)),其中MR(asn1)包含同频测量报告(INTRA)、异频测量报告(INTER)、定位测量报告(LCS)等。MR中的common info含用户标示IMSI、RAB属性(业务类型)、时间标签等信息;INTRA分同频周期/事件报告,含1个服务小区以及最多5个邻区的无线信息;LCS是UE根据网络指示,选择合适的测量方法,周期性上报UE位置信息。对现网MR的LCS数据统计分析得出LCS报告中包含正常地理位置信息的比例较低(约6%),但本研究中大数据采集弥补了正常地理位置信息占比低问题,通过海量数据的分析获取了大量正常地理位置信息。

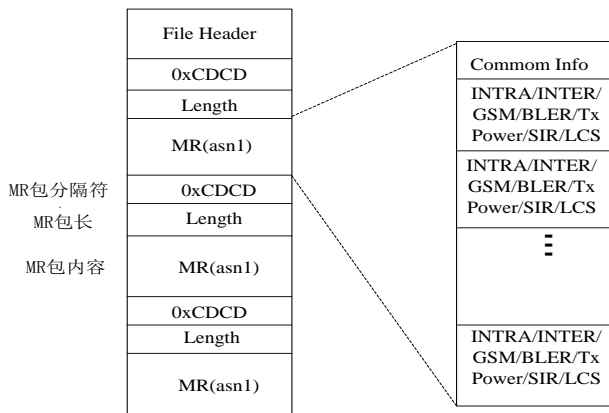


图1 测量报告结构

2 测量报告和掉话关联探索

2.1 大数据获取

该研究基于语音掉话记录和测量报告这两个大量数据采

集分析基础上的。语音掉话记录可从核心网侧获取，也可从无线网侧的异常呼叫日志中提取，一般 RNC 发起 Lu Release Request 这条信令的时间计为掉话的时间。掉话记录包括用户标识（IMSI）和掉话时间；MR 文件中同频测量报告和 LCS

测量报告包含与单用户级掉话相关的小区质量、事件、失败原因等，掉话记录与 MR 文件的关联分析是掉话密度地理化呈现的基础。两种报告包含的主要信息具体如表 1 所示。

表 1 同频测量和 LCS 测量报告主要字段

报告类型	主要字段	字段含义
同频测量报告	Utran Best Cellid	服务小区 id
	Utran Cellid	测量报告中小区的 id，包括 1 个服务小区和最多 5 个邻区
	CPICH RSCP, Ec/N0	各个小区的覆盖，质量
	Relative time stamp	测量报告的相对时间标签，相对于 common info 中的绝对时间
LCS 测量报告	Method type	定位类型，如 :UE based AGPS/standalone AGPS/Cellid RTT
	Logitude, Latitude,	经度，纬度
	Utran cellid cause	如过是 RTT 的定位方式，有该字段 失败原因
	Relative time stamp	测量报告的相对时间标签，相对于 common info 中的绝对时间

RNC 生成的原始 MR 文件是二进制文件，用 Python 编程实现文件解析，本文提取 2019 年 5 月 17 日解析后的同频测量报告，如图 2 所示，包含国际移动用户识别码（IMSI）、日期、时间、同频事件类型（1B/1D）、服务小区信息（服务小区名

称 Bestcell、小区号 RabInfo、质量 Ec/N0、覆盖 RSCP）、测量报告中的同频邻区信息（邻区名称 Cell0、质量 Ec/N0、覆盖 RSCP）。

IMSI	Date	Time	RabInfo	Event	BestCell	BestCell EcN0	BestCell Rscp	Cell0 EcN0	Cell0 Rscp	
460019003	20190517	230012	4	1D	2332-65494-WGT杭州国新装饰_4	-9	-83	B2332-6549	-9	-83
460019003	20190517	230025	4	1B	2332-65494-WGT杭州国新装饰_4	-6	-81	B2332-6549	-6	-81
460019003	20190517	230037	4	1D	2332-65494-WGT杭州国新装饰_4	-9	-82	A2332-1288	-7.5	-79
460096510	20190517	230020	5		2332-21718-WD杭州铁路东站枢纽	-2.5	-59	B2332-2171	-2.5	-59
460096510	20190517	230032	5		2332-21718-WD杭州铁路东站枢纽	-2.5	-58	B2332-2171	-2.5	-58
460096510	20190517	230044	5		2332-21718-WD杭州铁路东站枢纽	-2.5	-59	B2332-2171	-2.5	-59
460096510	20190517	230056	5		2332-21718-WD杭州铁路东站枢纽	-4	-61	B2332-2171	-4	-61
460017175	20190517	230012	4		2332-63754-WGT萧山移动上庄村	-4.5	-95	B2332-6375	-4.5	-95
460017175	20190517	230024	4		2332-63754-WGT萧山移动上庄村	-3.5	-96	B2332-6375	-3.5	-96
460017175	20190517	230048	4		2332-63754-WGT萧山移动上庄村	-4	-97	B2332-6375	-4	-97

图 2 解析后的同频测量报告

再提取 2019 年 5 月 17 日解析后的定位测量报告（LCS），定位方法（AGPS）、经度（Longitude）、纬度（Latitude）。如图 3 所示，包含国际移动用户识别码（IMSI）、日期、时间、

Imsi	Date	Time	Method	Longitude	Latitude
460019003	20190517	230012	StandAloneAgps	120.1755	30.29116
460019003	20190517	230025	StandAloneAgps	120.1749	30.29104
460019003	20190517	230037	StandAloneAgps	120.1752	30.29104
460096510	20190517	230020	StandAloneAgps	120.2063	30.29365
460096510	20190517	230032	StandAloneAgps	120.2063	30.29365
460096510	20190517	230044	StandAloneAgps	120.2063	30.29366
460096510	20190517	230056	StandAloneAgps	120.2067	30.29359
460017175	20190517	230012	StandAloneAgps	120.2681	30.95401
460017175	20190517	230024	StandAloneAgps	120.268	30.95401
460017175	20190517	230048	StandAloneAgps	120.2679	30.9541

图 3 解析后的 LCS 测量报告

2.2 数据关联

同频周期报告和 LCS 报告现网设置间隔均为 12s，同频事件报告的报告间隔不固定，在时间上同频报告和 LCS 报告都

较为稀疏。另外终端掉话前，一般有个等待时间已处于失步状态，这段时间里网络侧不会收到 UE 的测量报告。因此用户的掉话时间难以秒级精确地匹配到同频测量报告和 LCS 报告，

引入容忍时间（计为 T ），同频测量报告、LCS 报告、掉话清单这三者之间的时间差只要小于 T ，即可近似认为这三者同时发生。 T 取值越小精度越高，能成功匹配的概率就越低，匹配结果越少。经实践验证，在一般非高速高铁场景， T 取 3s 可满足大部分场合。图 4 所示为数据关联的原理图，在 T 容忍范围内，以用户 IMSI 和时间 Time 为数据关联的关键字段，掉话清单分别与同频测量报告、LCS 报告匹配，输出一个包含用户 IMSI，掉话时间 Time，掉话位置等信息。

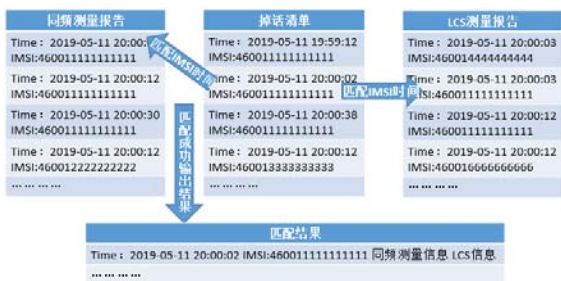


图 4 数据关联的原理图

2.3 地理化可视呈现

MapInfo 是数据可视化、信息地图化的系统软件，根据上述 MR 中经纬度解析数据利用 MapInfo 进行呈现，某城市部分区域掉话密度分布情况具体如图 5 所示，每个红色圆点表示一个用户掉话点。每个红圈表示掉话点密集区域，可视化后直观反映某市部分区域掉话密度分布情况，方便对重点区域的优先重点分析排查。



图 5 部分区域掉话密度分布情况

3 准确性及可靠性验证

文章可视化实现了可快速聚焦掉话问题，尤其是重点掉话问题区域的优先处理。现从两方面对研究成果进行验证（红色

表示第 1 周掉话点，黑色表示第 2 周掉话点）。

准确性验证：输出 2019 年 5 月 14 至 27 日连续 2×7 天的 MR 关联结果后可可视化呈现，如下图 6、7 所示，绝大部分掉话集中的区域红色和黑色都能重叠。

可靠性验证：以图 6 小区 A 为例，现场测试占用小区 A 前行，发现漏配小区 B 的邻区关系，Ec/Io 恶化到 -16dB 导致掉话，现场安排添加邻区后复测不掉话。经验证，图 7 小区 C 亦是邻区漏配导致的掉话问题。

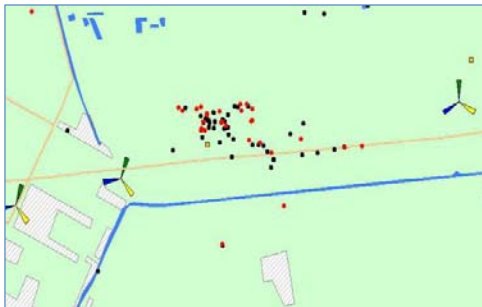


图 6 小区 A 掉话密度分布情况



图 7 小区 C 掉话密度分布情况

4 结语

该研究利用基于测量报告的大数据分析方法，通过对测量报告包里的同频测量报告、LCS 定位测量报告和掉话清单进行有效关联，地理化呈现了大量单用户级数据情况及某地市单用户掉话密度分布，定位精确快捷，便于采集，覆盖面积广，实现简单，能够及时发现问题，节省了大量人力物力财力，改善了网络结构，减少了投诉量，提升了用户感知，为网络建设规划和优化调整提供精准线索，值得借鉴推广。

（收稿日期：2020-03-24；技术审稿：胡芳仁；

责任编辑：王玉）

(2019 年度“嘉环杯”获奖论文一等奖)

基于用户数据 实现天线方位角纠偏的方法

朱格苗 徐 慧 王计斌 闫兴秀 余 健
南京华苏科技有限公司

摘 要: 准确的工参是网络优化的基础, 本文提出了一种多数据源的工参清洗的机器学习方法, 文中利用五种算法对用户数据进行分析, 得出小区的预测方位角, 可以快速发现天线覆盖异常的问题, 为网络智能化运维平台自动更新工参提供强有力的技术支撑。经过国内某地市的试验, 结果表明该方法有较高的准确性, 能够快速准确地预测天线方位角。

关键词: 网络优化; 工参; 机器学习; 方位角纠偏; 算法

0 引言

近年来, 随着通信网络的不断发展, 其复杂性也越来越高, 网络优化成为运营商面临的主要问题之一, 而准确的工参尤其是方位角是网络优化的基石, 如何获取正确的方位角是目前研究的重点问题之一。

目前, 小区方位角核查主要采用人工定期巡检的方法, 分批逐步核查全网所有小区的方位角, 该方式不仅耗时、耗人、耗力, 而且运维成本较高。另一种自动核查天线方位角的方法是分析小区覆盖范围, 目前通常是对路测数据进行分析。

目前很多学者的研究都是从某一方面对天线方位角进行计算, 而没有全面考虑到数据的差异。本文利用 OTT 数据、MDT 数据、MR 数据和工参数据, 从各个方面考虑数据的差异性, 相应地提出五个算法, 分别对用户数据进行分析, 从而预测天线的方位角, 并将五种算法通过赋予不同的权重形成一种联合算法。本文方法的主要创新点是将五种预测算法联合在一起, 规避了单独算法的一些缺点, 以达到更高的精度和更好的稳定性。

1 数据收集

我们的方法收集了三种不同的数据: 用户数据 (OTT、MDT)、小区工参信息表、小区真实基站数据。

用户数据收集的是特定时间及空间上用户手机上报的实时信息。最终保留的指标有: 小区唯一标识 (ECI)、用户经

度、用户纬度、参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power, RSRP) (以下简称 RSRP)。

小区工参信息表收集的是一定区域内大量小区的基本信息, 每行代表一个 ECI。最终保留下列指标: 小区唯一标识 (ECI)、小区经度、小区纬度、工参方位角、小区覆盖类型。

小区真实基站数据收集的是小区真实的信息, 包括小区唯一标识 (ECI)、基站方位角。

对用户数据进行分析, 利用我们的联合算法对小区方位角进行预测, 并且将预测的方位角和真实基站的数据进行对比, 得出算法预测的准确性。当算法的准确性较高时, 该算法则投入生产应用, 这样则可以节省大量的人力、物力, 不需要对每个小区进行实际基站就能获得准确的工参。

2 方法论

在实际生活中, 当收集到的样本数据量较小时, 预测值与真实值之间常常会有较大的误差, 为了避免误差过大, 本文将五种基本预测算法和权重算法结合, 形成联合算法, 从而对用户数据进行预测, 这样可以在一定程度上保证预测结果的准确性。基于用户数据实现天线方位角纠偏的方法主要分为以下 5 个步骤:

步骤 1: 收集数据。 收集用户数据和工参数据样本以及基站数据。

步骤 2: 数据处理。 首先将工参表中小区经度和纬度为空的小区删除, 只选取小区覆盖类型为室外的小区, 在栅格级多

天时间粒度上对用户数据和工参数据通过小区唯一标识码进行匹配,然后对匹配后的数据组进行去重处理,统计每个小区下的用户数据数量,仅保留用户数据数量大于阈值区,根据小区经纬度和用户数据经纬度,计算用户数据到小区的距离,并且进行异常值检测,删除距离较远的用户数据,再通过小区经纬度和用户经纬度计算用户相对小区的角度,以正北方位为0度。

步骤3:分别采用基于采样点强度预测算法、基于采样点密度分扇区预测算法、基于采样点强度和密度结合的预测算法、基于采样点强度的分层统计预测算法、基于采样点强度分扇区的预测算法,计算每个小区的预测方位角。

步骤4:使用用户数据和实测的勘站数据作为训练集,用步骤3的五种预测方法对训练集进行预测,再根据预测结果使用蒙特卡罗方法训练出五种预测方法的权重。

步骤5:根据步骤4的权重在训练集上得到的预测效果,选出最优权重,确定最优权重的预测模型,根据最优权重的预测模型对用户数据进行预测,得出小区的预测方位角。

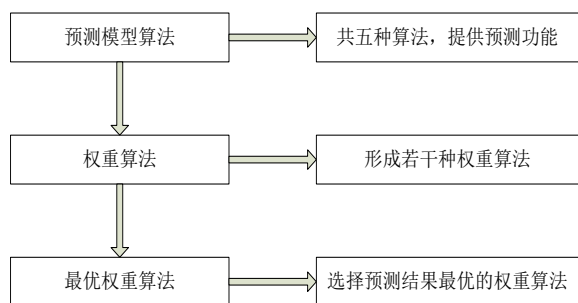


图1 基于五种预测模型算法的天线方位角工参清洗的说明示意图

2.1 基于采样点强度的预测算法

该算法从采样点的强度出发,将信号强度作为主要指标进行考虑。主要是计算每个小区唯一标识码下RSRP值最大的前n个采样点角度的均值作为方位角预测值,n为自然数。

2.2 基于采样点密度分扇区的预测算法

该算法从采样点密度分扇区进行考虑,将采样点有规律地划分为多个区域。每个小区唯一标识码下,以基站经纬度为圆心,以基站的正北方向为0度,顺时针方向角度增加,每N度划分一个扇区,将基站的区域划分为360/N(取整数)个扇区。根据采样点的经纬度和基站的经纬度,计算得到采样点与基站之间相对正北方向的夹角,根据该角度将采样点按照到小区的角度,每N度划分一个扇区,分成360/N份,将每个采样点都划分到其所属扇区,统计每个扇区中点的个数,取点的个数最多的扇区角度作为方位角预测值。

2.3 基于采样点强度和密度结合的预测算法

该算法将采样点的密度和强度结合考虑,首先同2.2中的扇区的划分方法一致,进行扇区划分,同样是将采样点有规律地划分成多个区域。每个小区唯一标识码下,将采样点按照到小区的角度每N度划分一个扇区,分成360/N份, $N \in [1, 360]$,360/N取整数;然后统计每个小区唯一标识码下的采样点总数扇区中采样点数占比,取出360/N个扇形区域中采样点个数大于总采样点d%的扇区, $d \in [1, 99]$,计算这些扇区中RSRP值最大的前n个采样点RSRP均值,n为自然数,取出RSRP均值最大的扇形区域t个,t的范围为[1, 360/N]之间的整数,计算这t个扇区角度的均值作为方位角预测值。

2.4 基于采样点强度的分层统计预测算法

该算法是在第一个基于采样点强度的预测算法的基础上进行的改进,这个算法考虑距离变量的作用。每个小区唯一标识码下,先将距离去重,再计算n-1个不同的百分位数,按照从小到大排列,根据用户数据到小区的距离划分m环, $m \geq 3$ 。第一环:距离 \leq 第一个百分位数;第二环:第一个百分位数<距离 \leq 第二个百分位数;第三环:第二个百分位数<距离 \leq 第三个百分位数;第四环:第三个百分位数<距离 \leq 第四个百分位数;第n环:第n-1个百分位数<距离,删除最小环和最大环的数据,保留中间环数据;确定位于中间环中每环RSRP值最大的前n个采样点角度均值,最后求前n个采样点角度均值的均值作为方位角预测值,n为自然数。

2.5 基于采样点强度分扇区的预测算法

该算法是在第一个基于采样点强度的预测算法的基础上进行的改进。它将采样点有规律地划分为多个区域,然后基于采样点强度进行计算。每个小区唯一标识码下,将采样点按照到小区的角度每N度划分一个扇区分成360/N份,求每个扇区下RSRP值最大的前n个采样点的RSRP均值,最后取RSRP均值最大的扇区角度为方位角预测值。

2.6 蒙特卡罗方法

为了将前面的五种算法进行联合,通过蒙特卡罗方法随机从训练集中抽取一部分数据作为训练样本,共随机选取P次得到P份训练样本;针对每份训练样本随机生成Q个权重组合,Q为自然数;针对每个权重组合,统计训练模型输出的预测方位角与勘站方位角的偏差在 R° 以内的个数占比作为该权重组合的置信度,R的取值范围为[0, 360];针对每份训练样本,确定置信度最大的权重组合。

在具体实现时,按照如下公式(1)和(2),针对每份

训练样本确定置信度最大的权重组合。

$$Z = \angle(\text{angel}_{\text{predict}}, \text{angel}_{\text{true}}) \quad (1)$$

$$\text{cost} = \frac{|[Z > K | Z \in M]|}{M} \times 100\% \quad (2)$$

其中, 公式(1)中的 Z 为实际预测误差, $\text{angel}_{\text{predict}}$ 为预测方位角, $\text{angel}_{\text{true}}$ 为勘站方位角; 公式(2)中 cost 表示权重组合对应的误差系数, M 为训练样本中总勘站小区数量, K 为设定的角度误差阈值。

从上面的公式可知, 权重组合的置信度为 $1 - \text{cost}$, 例如, cost 为 20%, 则权重组合的置信度就为 $1 - 20\%$, 即为 80%。

2.7 检验结果

对于上述的联合算法模型, 我们通过最终损失函数值来衡量改进, 损失函数越小则越好, 通过训练出的最好模型可以对新的用户数据进行预测方位角, 并根据最终输出的结果更新小区工参信息。最终选取一部分小区进行勘站, 将预测结果和勘站数据进行对比, 判断算法的准确性。

3 实验及结果

3.1 实验

本文收集了国内某省 30 天 691 个小区的 OTT (Over The Top) 数据, 并且对这 691 个小区进行勘站, 获取小区真实信息数据, 从而计算联合算法预测结果的准确性、稳定性。

为了确保数据的完整性, 需要对数据进行异常值处理, 对缺少小区唯一标识码和经纬度信息的数据予以剔除, 删除采样点中距离异常的数据和重复的采样点数据。首先将训练数据放到模型中训练、预测, 将每个算法得到的预测数据和误差数据保存, 接着将训练数据放到联合算法中训练、预测, 将得到的预测数据和误差数据保存, 最后是对比联合算法和五种算法的预测效果, 分别计算联合算法和五种算法在训练集、验证集上的误差, 计算误差小于 20 度 (包含 20 度) 的个数占比。

3.2 实验结果

在实验中发现, 联合算法的预测准确性更高, 使用联合算法进行预测, 得到如下所示的一些相关图。

图 2 是实验例中某个小区 10 米栅格级 OTT 采样点 RSRP 热力图, 从图中可以看出该小区的识别码、名称、30 天的采样点数以及工参方位角和预测方位角, 以及每个栅格中平均 RSRP 值的强弱。

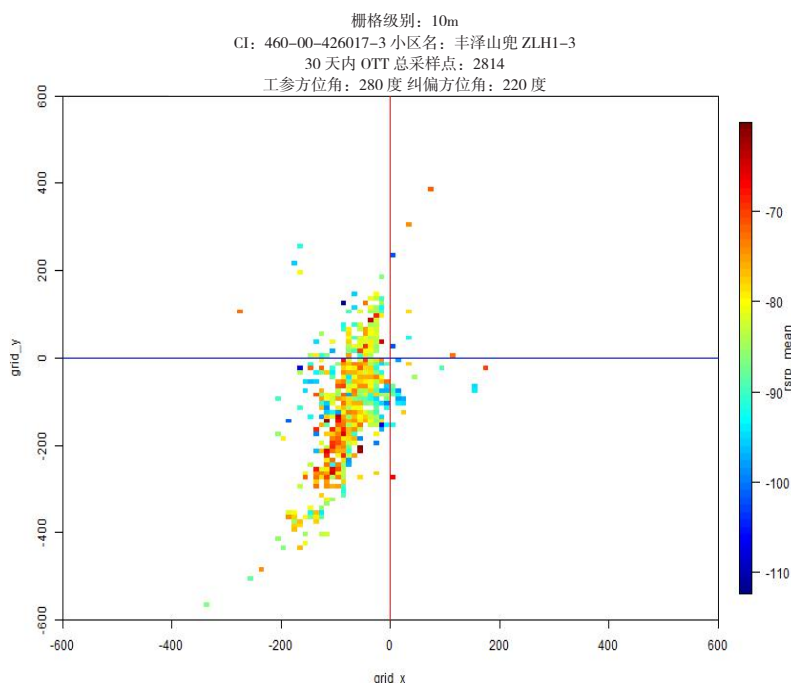


图 2 10 米栅格级 OTT 采样点 rsrp 热力图

图 3 是实验例中某市预测方位角与勘站结果对比分析图, 分别计算了预测误差小于等于 20 度、35 度、45 度的小区个数占比, 从图中可以看出预测偏差小于 45 度的小区占比达

到 96.88%, 预测偏差小于 35 度的小区占比达到 87.53%, 预测偏差小于 20 度的小区占比达到 80.39%, 占比都较大, 说明预测模型有较好的准确性。

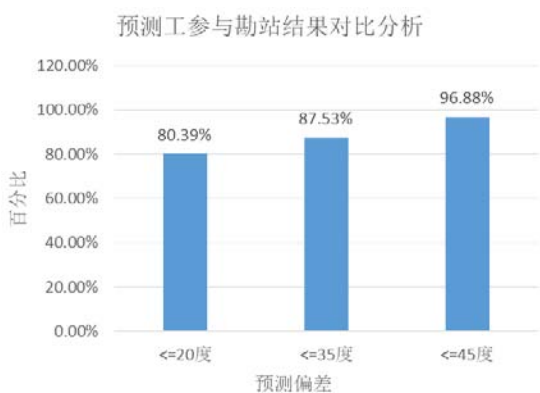


图3 预测方位角与勘站结果对比分析图

图4、5、6分别是居民小区、道路小区、城中村小区预测工参与勘站结果对比分析图，分别计算了预测误差小于等于20度、35度、45度的小区个数占比，从图中可以看出预测偏差小于45度的小区占比分别达到95.96%、95.96%、93.96%，预测偏差小于35度的小区占比分别达到81.25%、86.25%、87.25%，预测偏差小于20度的小区占比分别达到75.36%、82.35%、79.36%，占比都较大且表现一致，可以说明确明预测模型在道路、城中村等场景中都有较好的准确性。

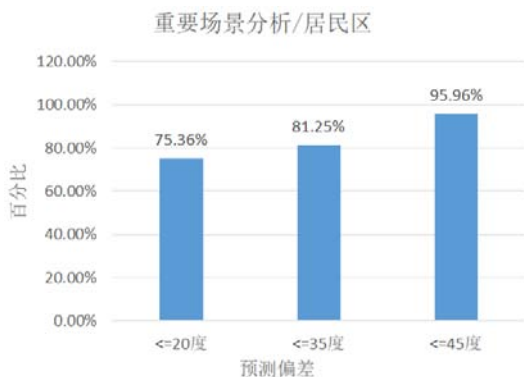


图4 居民区小区预测方位角与勘站结果对比分析图



图5 道路小区预测方位角与勘站结果对比分析图

重要场景分析/城中村

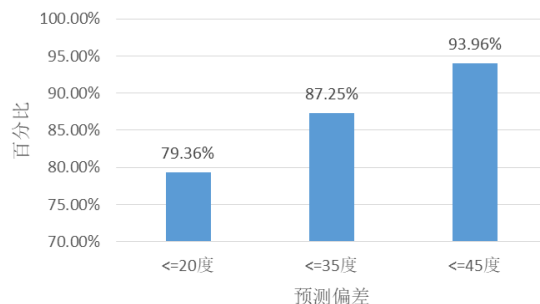


图6 城中村小区预测方位角与勘站结果对比分析

图7是实施例中方位角错误实际效果图，该小区中根据OTT采样点预测的方位角为75度，而实际勘测的方位角为60度，但是工参表中的方位角为20度，预测的方位角与实际勘测的方位角误差较小，经验证发现，该小区工参方位角为人为录入错误，此算法为平台软件快速甄别小区方位角异常提供了理论及技术支撑。



图7 小区方位角错误实际效果图

图8是实施例中接反小区实际效果图，图8中(a)和(b)的蓝色加粗线条标注的扇形区域和红色加粗线条标注的扇形区域表示两个相邻小区，小区周边的各小圆圈表示采样点。参见图8中的(a)图可知，利用本方法提供的上述预测模型，基于采样点的数据，预测出第一个小区（红色加粗线条标注的扇形区域）的方位角预测值为300度，而实际勘测第一个小区的方位角为187度；参见图8中的(b)图可知，基于采样点的数据，预测出第二个小区（红色加粗线条标注的扇形区域）的预测方位角为120度，而实际勘测第二个小区的方位角为293度，可见，这两个相邻小区的预测误差很大，这提供给维护人员作为参考数据，维护人员现场核查发现这两个小区的天线被人接反，此算法为平台软件快速甄别接反小区提供了理论及技术支撑。

(下转第64页)

面向 5G 和 DC 的智能城域网顶层架构传输策略分析

陆源 孙梅 白立武 张立明

山东省邮电规划设计院有限公司

摘要:智能城域网是面向 5G 和 DC 的新型综合承载技术,结合传送网络实际情况,提出了面向智能城域网顶层架构的传输策略,从网络 DC 化演进、基础架构适配到传输承载方案,给出了分场景化的基于原 OTN 演进和引入模块化波分两种承载建议,对于当前阶段的本地传送网络发展具有参考意义。

关键词: 智能城域网; 顶层架构; 传输策略; 数据中心; 传输承载方案

0 引言

随着 5G 时代的来临，核心网云化和多云 DC 互联等新型需求的出现正在驱动运营商网络架构的转型,包含融合 NFV(网络功能虚拟化)、SDN(软件定义网络)等新技术的出现,未来以 DC(数据中心)为中心,构建一张调度灵活、能力开放、容量弹性、架构可调的新一代网络正成为各运营商未来网络的演进目标。智能城域网是面向 5G 和 DC 的新型综合承载技术,目前已在国内运营商进行了小规模外场试点,随着网络 DC 化演进,其顶层架构的传输方案是当前阶段需要考虑的重点问题。城域光传送网作为基础承载平台,该如何适应网络转型需要,当前并没有直接的经验可以借鉴,因此面向 DC 云化网络,进一步研究城域传输架构及演进是非常有必要的。

1 新型智能城域网架构

1.1 网络 DC 化演进特点

随着大量业务的云化部署,以 DC 为中心的建网趋势愈发明显。DC 化网络呈现三个特点:(1)呈现解耦开放特点。通过引入 SDN、NFV 等技术,逐步实现网络功能的软件化,逐步构建端到端的开放生态系统,实现网络架构的灵活扩展,实现网络资源可编程、可动态调度和实时交付。(2)呈现云网协同趋势。各类互联网应用和流量迅猛增长推动云计算跨越式发展,基于云计算来开发、开放各类业务已成为业界共识。未来,将有越来越多的应用将部署在“云”上,甚至 IT、网络都将基于云化部署,而所有云化的资源池部署地点就是各类 DC 机房。(3)即呈现以 DC 为中心的“扁平化”建网特点。考虑到网

络流量、云化网元、云计算资源等都将集中承载在各级 DC 内，因此，DC 必然成为网络的核心，网络架构的设计和组网布局都应以数据中心为核心，“云”和“网络”资源将在 DC 内实现统一规划部署和调度。

1.2 DC 层次架构

面向 5G 的核心网目标架构，是按照分层的区域 DC、本地 DC、边缘 DC 三级目标架构演进，网络功能软件化部署，根据不同功能的特性和业务需求分别部署在不同层 DC，与上述 DC 架构目标是一致的。

传统机房设置和未来 DC 机房架构对比如图 1 所示。

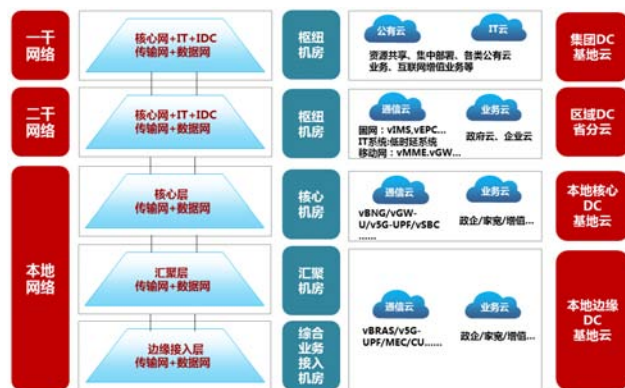


图 1 传统机房和 DC 机房设置对比

1.3 智能城域网架构

智能城域网架构是典型本地网范畴的围绕 DC 组网架构，架构机房涉及上述 DC 目标架构的本地核心 DC 和边缘 DC 两级，如图 2 所示。从整体架构来看，移网和固网将通过一套

统一的网络实现综合承载。整个网络分为不同的 SPDC 模块化端局，每个模块端局是叶脊（spine-leaf）架构的 DC 化组网。DC 网络由 Spine 和 Leaf 设备组成，分为业务接入区和资源池区。spine 为 DC 核心节点，用于提供高速转发功能，通过高速接口上联城域网 CR 和 CUI/B 网，下联各类 Leaf 节点；Leaf 为智能城域网边缘节点，进行各种业务和云资源接入，包括 HSI、IPTV、政企大客户、无线、云存储、计算以及各种虚拟化 VNF 组件 vBRAS、VCPe 等接入。

相比于传统的网络架构，Spine-Leaf 架构组网下的网络可以无限制横向扩容，网络更加灵活，扁平化架构减少节点转发跳数，同一 SPINE 节点下的 leaf 节点均只需要 1 跳即可完成转发。Segment Routing 自带网络感知功能，全网统一协议，实现端到端流量调度和统一管理。

采用智能城域网架构的方式，其顶层架构本质上是建设了一张“业务承载网”，综合接入各种业务，协议部署和路径计算等复杂算法和功能均在智能城域网设备上完成，传输专业

负责大带宽的链路承载需求，基本承载思路和目前的网内业务承载方式类似，即：匹配业务网带宽和流向承载，可采取 L0 透传方式或 L1ODUk 封装承载。规划需注意的问题归纳如下：

（1）智能城域网链路带宽更高，5G 承载初期单条链路规划可按照 1×100GE 进行，远期规划可达 N×100GE，甚至 N×400GE。

（2）传统传输网主要解决南北向链路，而智能城域网的网络则更扁平化，三层链路减少为二层链路。汇聚节点 - 核心节点的链路数量要更多。

（3）业务流向基本一致，为南北流向链路，多云互联的东西向流向可以通过 SPINE 节点进行迂回，承载网络与核心网的连接从以前的与多个核心网元的连接，变成与多个数据中心的连接。

（4）采用智能城域网架构，是典型的 DCI 场景，需结合通信云部署考虑 DC 机房的传输需求，DC 间传输跳数争取做到最优，匹配 MESH 化流向。

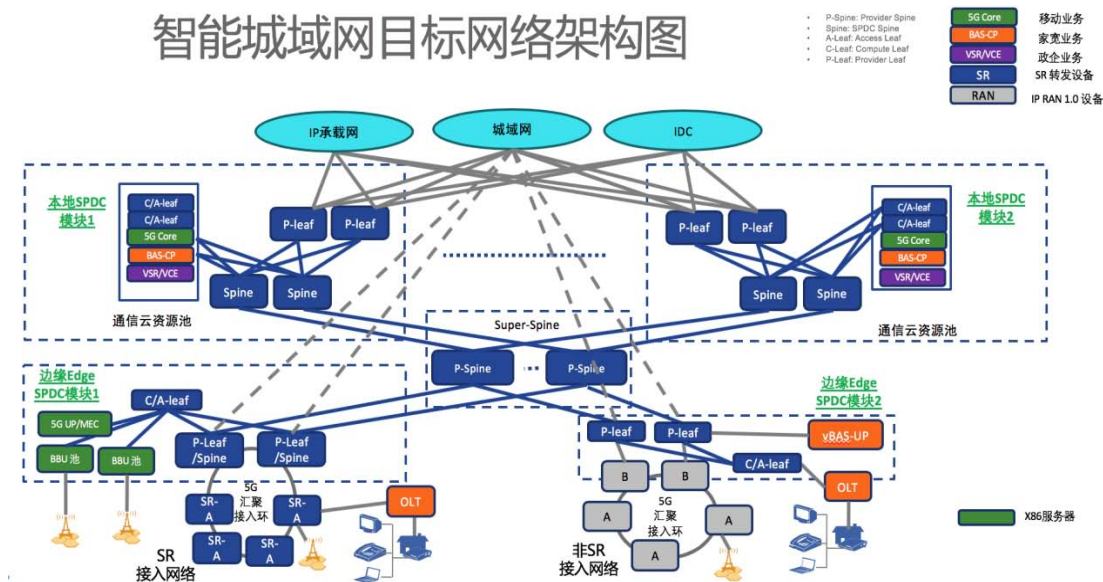


图 2 智能城域网目标架构图

2 传输承载策略

2.1 传送网面临 DC 业务需求挑战

DC 业务对传送网提出的多重需求包括：低时延、TTM（业务开通时间）、高可靠性、广覆盖和大带宽。如果综合考虑各种云化需求的 DC 业务，包含运营商网内业务和网外业务（政企等业务），现有传送网架构是难以支撑 DC 带宽快速增长需求和网络架构演进需求的。现有光网络以环形为主，环上所有节点共享 80 波，单节点大带宽需求会消耗整网资源，导致网

络频繁叠加平面，网络建设模式呈现热点流量压力大的特性，资源利用率不均衡。

2.2 传输承载方案

（1）综合承载模式

依托目前部署的城域 PeOTN 网络，采用光电混合交叉技术，重构网络架构。PeOTN 网络既作为政企业务等网外业务的“业务网”，又作为 DC 互联等网内业务的“传输网”。

1）重点地市城域核心匹配 DC 节点启用 ROADM/OXC，实现

MESH 化演进，DC 流量可以按需调整，节点间通过 ROADM 一跳直达，时延最优。2) 提升目前城域核心 OTN 网络容量至单波 200G/400G 网络，远期实现立体组网架构，大流量站点链路立体组网，实现容量倍增方案。3) 启用智控电层平面，

ASON 使能，业务快速发放和恢复，实现网络高可靠、高安全，远期结合业务颗粒度实现智控光层。4) 结合 DC 节点分布，新建城区 OTN 汇聚环，OTN 按需下沉，打造面向业务的端到端一体化 OTN 网络。综合承载模式见图 3。

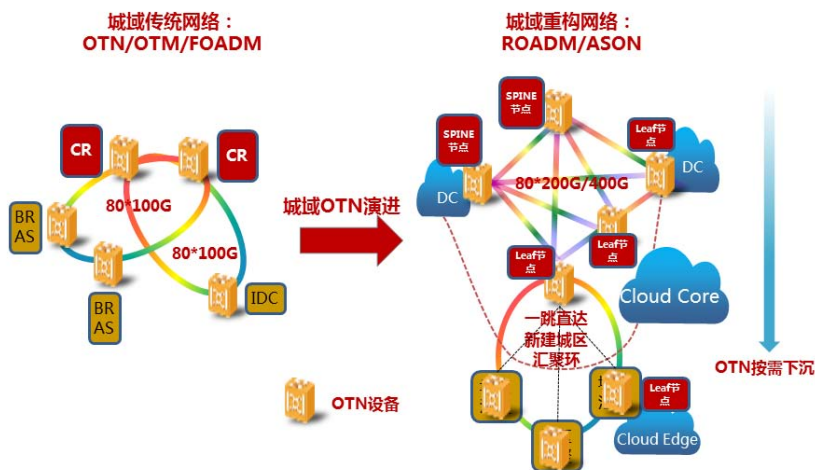


图 3 综合承载模式

(2) 分离承载模式

针对业务特点，网内透传型大带宽 DC 业务采取部署模块化波分设置点，其余面向客户的多业务承载以及传统网络业务均通过 PeOTN 网络承载，即分离承载模式。智能城域网架

构下的模块化波分设置点及其传输模式如图 4 所示，跨局链路可进行设置，在组网方面，可以采取环网方式或者点对点堆叠这两种模式，点对点堆叠方式容量有保障，是现阶段采取的主要方式。

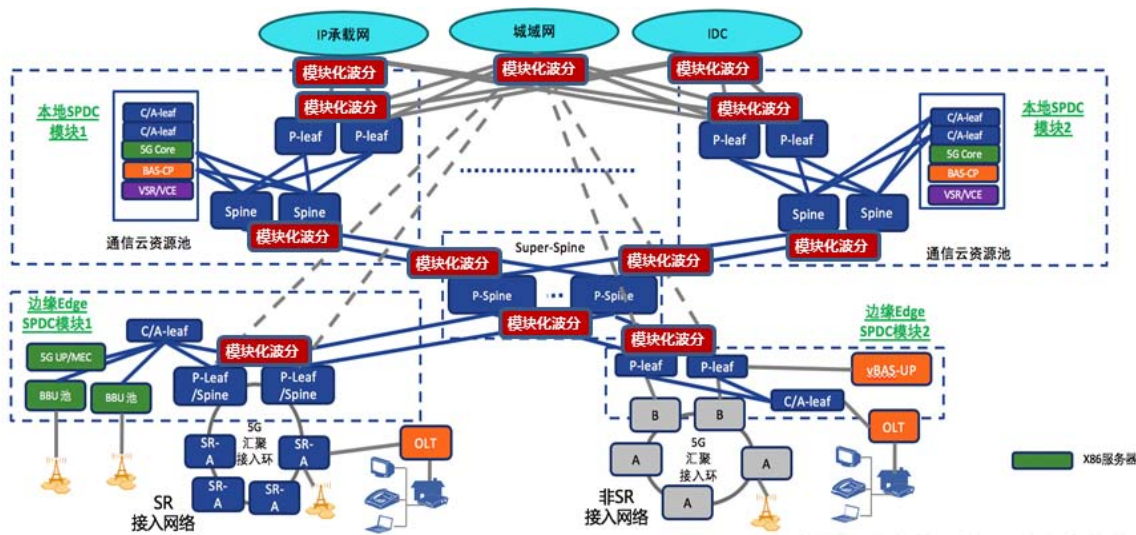


图 4 分离承载模式 - 模块化波分设置点

(3) 造价分析

智能城域网顶层架构的链路承载，可根据典型模型进行光纤直驱、城域 PeOTN 和模块化波分 3 种承载方式的造价测算。

假定模型：2 个 S-SPINE 节点，2 个 SPDC 节点，5 个边缘 DC 节点，考虑 3 个出口（IDC、承载网、城域网），节点间链路按单条 1×100GE 考虑，节点间光纤距离按 5km 测算。如表 1、表 2、图 5 所示。

表 1 测算模型矩阵表（单位：1×100GE/ 链路）

电路 矩阵	SUPER-SPINE1	SUPER-SPINE2	城域网 出口 1	城域网 出口 2	承载网 出口 1	承载网 出口 2	IDC 出口 1	IDC 出口 2
SPDC1	1(局内)	1	1(局内)	1	1(局内)	1	1(局内)	1
SPDC2	1	1(局内)	1	1(局内)	1	1(局内)	1	1(局内)
EDGE1	1	1	1	1				
EDGE2	1	1	1	1				
EDGE3	1	1	1	1				
EDGE4	1	1	1	1				
EDGE5	1	1	1	1				
合计	7(跨局)	7(跨局)	7(跨局)	7(跨局)	1(跨局)	1(跨局)	1(跨局)	1(跨局)
	1(局内)	1(局内)	1(局内)	1(局内)	1(局内)	1(局内)	1(局内)	1(局内)

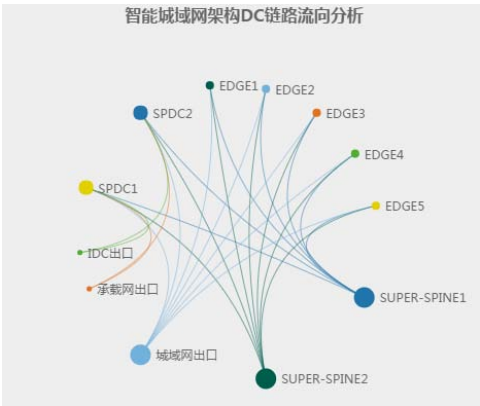


图 5 智能城域网架构下的流向分析

根据以上分析，该模型需 40 条 100GE 链路，其中 32 条通过传输设备承载。

表 2 模型造价分析表

项目	光纤直驱	PeOTN	模块化波分
规模	320 芯 KM	32 波 100G	32 波 100G
单价	250 元 / 芯 KM	20 万 / 波	8 万 / 波
成本测算 (万)	8	640	256

（备注：模块化波分按照互联网 DC 应用询价，目前运营商无指导价。）

光纤直驱承载最经济最直观的传输方式，但最大的问题是链路无保障，无抗二次断纤能力，在城区管线资源布放越来越困难的情况下，未来 DC 互联链路重要等级特别高，因此建议选择设备方案。针对智能城域网顶层架构的两种设备方案比选详见表 3。

表 3 模式比选表

模式	综合承载模式（PeOTN）	分离承载模式（模块化波分）
适应业务特点	本身可作为业务网，适合各种业务承载，灵活高效，L2 层及以下特性无需业务网即可实现	本质上是传输网透传业务，大带宽业务
集成度	80×200G 满配：2 个 600×300mm 机架位	80×200G 满配：1 个 600×300mm 机架位
能耗	每 100G 功耗平均 128W	每 100G 功耗平均 38.6W
传输性能	适合城域短距 / 骨干长距各种场景；光层 ROADM/OXC，电层集群及 ASON 使能；支持 IP+ 光协同	城域短距（单跨段，<80km）；不支持 ROADM，光层调度需继续开发
设备开放性	组网复杂，需要设备控制器和上层的协同器	组网简单，不再需要设备厂家控制器；基于 Netconf 接口和 Yang 模型，正在自主开发统一控制器
保护性能	完善的电层光层保护；智能控制面；MESH 架构抗多次段纤	仅支持 OLP、OMSP 等光层保护；抗一次段纤
同步性能	1588V2、OSC 和 ESC 方式均支持传递	目前仅支持 OSC 方式，或叠加带外同步模块支持 1588V2
网管	基于厂家控制器或网管管控	近期可实现通过第三方管控
成本	高	低

（备注：对比数据来源于联通集团测试数据的平均值。）

2.3 选择建议

当前业界对模块化波分的应用场景建议较为一致，认为其主要适用于城域互联场景，如大型数据中心至城域网的南北向连接，城域网的数据中心之间互联，以及未来的海缆登陆站，及长长中继等。通过本文分析，智能城域网的顶层传输也能成为其应用的一种模式，需结合本地 DC 机房设置和通信云的规划统筹分析应用。具体建议如下：

(1) 对于已布局 PeOTN 端到端网络的大型本地网，通信云、业务云及面向业务接入统筹考虑 DC 云互联，建议采用“综合承载模式”进行传输承载，传输可靠性更强更灵活，也有利于 IP+ 光的协同演进。

(2) 对于中小型本地网，建议采用“分离承载模式”进行传输承载，随着模块化波分的发展，可以实现 TCO 最佳。

(3) 模块化波分可作为 OTU 拉远至数据机房应用，作为同厂家设备的新型态，延伸至数据机房，促进现网设备供

应商提供此类产品。

目前模块化波分也有其应用的局限性，比如 1588V2 的传递仅支持 OSC 方式，现阶段需加快自主网管/控制器的开发，传输设备安装在数据机房需考虑维护的分工界面问题等，但今后都会有相应的解决方案。

2.4 模块化波分试点情况

某省联通在省内若有若干个数据中心机房，因 IDC 业务发展需要，其中两个机房间的交换机/路由器有多个 100G 接口需要进行东西向互联。机房间的物理距离约为 12km，受数据设备 100G 光模块性能限制，光纤直驱方案存在业务连通性风险。此外，当前光缆资源较为紧张，也会严重影响整个项目的施工周期。

在对项目情况进行了充分的分析和论证之后，某省联通结合集团指导意见，于近期采用模块化波分解决方案进行了试点。如图 6 所示。

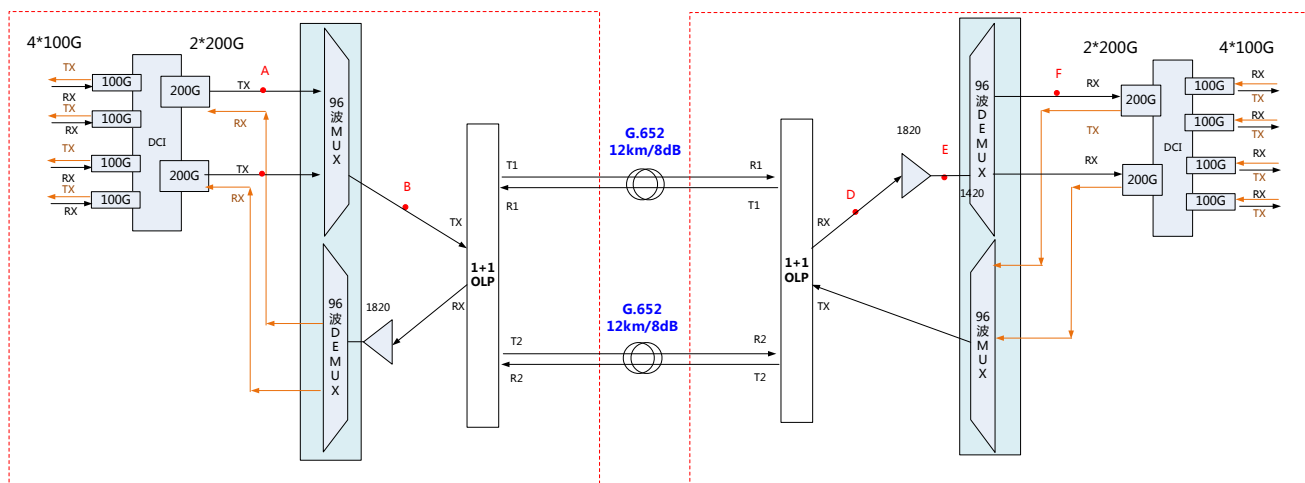


图 6 试点方案图

本项目中，东西向互联业务流量共计 18 条 100G 链路，当前试点工程已开通了其中的 4 条，并且在线路侧配置了 OLP 保护模块，增强了光纤链路的信号质量和光缆路由的可靠性。试点关键性指标包含线路侧光接口平均发送光功率、线路侧接收灵敏度、DCI PTP (Point to Point) 最大线路距离、线路侧超 100G 速率传输能力、业务长期稳定性测试、OMSP 保护测试等。目前试点关键性指标测试均通过，设备运行稳定，后续将根据试点工程业务运行情况陆续开通其他链路。

3 结语

智能城域网是新型架构的业务承载网，同时也驱动着传送网架构的演进，无论是传统 OTN 网络还是模块化波分，都需要进行 DC 化演进的适配。本文从智能城域网顶层架构的传输策略角度出发进行了剖析，根据本地网架构和流量流向分析，提出了模块化波分适配智能城域网架构承载的思路，面向 5G 和 DC 的传送网络演进需要更深层次考虑云网协同转型，构建一张灵活智能的传送网是面向未来综合业务承载的目标。

(收稿日期：2020-03-27；技术审稿：魏贤虎；责任编辑：赵明亮)

数字化转型下通信运营商数据治理的“困”与“道”

康 军

南京铁马信息技术有限公司

摘 要:在以数据为关键生产要素的新时代,通信运营商拥有丰富的数据资产,如何能够通过数据治理,最大程度地释放管道中海量数据的潜在力量,正是通信运营商在数据时代实现企业数字化转型、塑造自身核心竞争力的关键之所在。本文在深刻剖析通信运营商数据治理之“困”的基础上,创新性地提出了以实现业务价值为导向的数据治理之“道”,为通信运营商开展数据治理提供了有效借鉴。

关键词:数字化转型;数据治理;数据质量

0 引言

党的十九届四中全会提出将“数据”列为生产要素参与分配,标志着以数据为关键要素的数字经济进入了新时代。当前,以人工智能、区块链等为代表的数字技术不断涌现,快速向经济社会各领域融合渗透。以数据为核心的数字化转型已是大势所趋。随着互联网业务和应用的迅猛发展以及移动互联网的爆炸式增长,通信运营商在话务时代积聚的资源优势逐步减弱,但通过长期的网络运营、海量的用户以及丰富的行业应用所沉淀下来的海量数据已经成为通信运营商独一无二的“资产”。

但目前大多数通信运营商的数据资源无法为内部精细化管理、客户精准化营销、风险控制、决策支持等当下企业向数字化转型所必需的工作带来有效助力。因此,如何通过数据治理,最大程度地释放庞大数据的潜在力量,是通信运营商在数据时代实现企业数字化转型、塑造自身核心竞争力的关键之所在。

1 通信运营商数据治理之“困”

(1) 数据分散,有“数”不能用。大多数通信运营商企业采用的是“烟囱”式系统建设模式,还未形成公司级的数据资产定义及分级分类规范,缺乏统一的数据采集、存储管理等标准,导致数据分散在各个系统中,不同领域的数据壁垒仍较为明显,这严重阻碍了系统之间顺畅的数据共享,大大降低了资源的利用性与数据的可得性。

(2) 数据质量不高,有“数”不好用。长期以来,通信运营商采用的是两级系统架构体系,全网业务开展需要总部先制定业务规范和系统改造方案,下发给各省公司,再由省公司各自单独实施,这就带来了各省数据标准不统一,数据模型差异较大等问题,导致在数据采集、存储、处理等环节不科学、不规范,出现错误数据、异常数据、缺失数据等问题,无法确保数据的完整性和准确性,最终影响整个企业数据治理的水平。

(3) 融合应用困难,有“数”不会用。通信运营商利用数据建模分析解决实际问题的能力有待提高。信息资源利用大多停留在表面,数据应用尚不深入,应用领域相对较窄,数据与场景融合不够,导致数据之“沙”难以汇聚成“塔”,海量数据资源无法盘活,数据潜力得不到充分释放。

(4) 治理体系缺失,有“数”不善用。数据治理是一项系统性全局性工程,需要与之相配套的管理制度、流程、平台工具、评价考核机制等全方位的协同。目前通信运营商普遍存在对数据治理认识不到位,重视程度不够,认为数据治理工作仅通过技术手段就可以解决所有问题,导致数据治理架构体系不完善,相应机制体制严重缺位,数据“不善用”的问题突出。

2 通信运营商数据治理之“道”

针对通信运营商数据治理中存在的基础来源数据缺、重、散、慢、差等问题,以解决当前业务所遇到的数据质量问题为切入点,从数据采集、加工、分析全流程中梳理出最需关

注的各环节建设内容和目标，利用数据进行业务评估和应用，确保大数据分析所需的数据质量，全面提升大数据分析及应用能力。

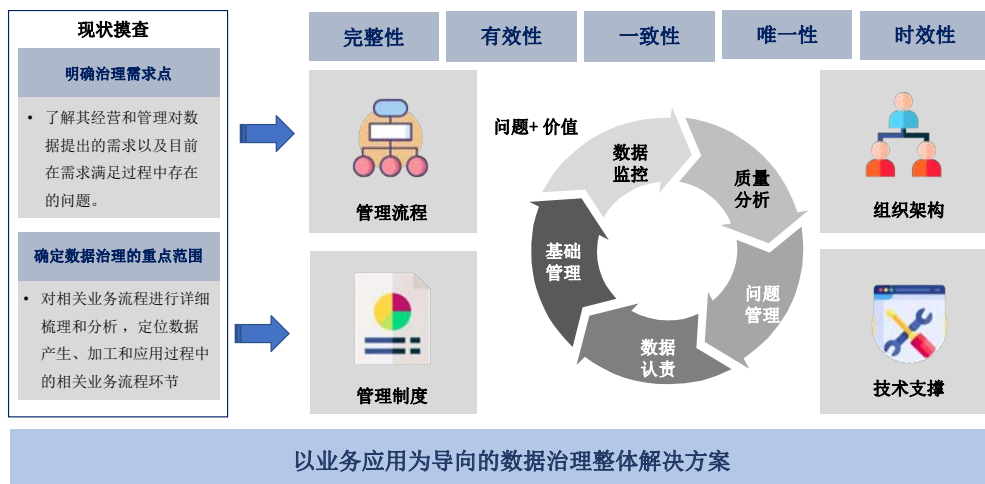


图1 以业务应用为导向的数据治理整体解决方案

（1）理清现状、明确治理需求点。了解企业面临的最迫切的数据需求或痛点以及用“数”需求，开展针对管理层和业务部门等不同类型数据用户的调研和访谈，了解其经营和管理对数据的需求以及目前在需求满足过程中存在的问题。

（2）确定数据治理的重点范围。在理清现状、明确治理需求点后，应协调相关数据需求和问题所涉及的业务和管理部门，开展业务和系统现状分析，对相关业务流程进行详细梳理和分析，定位数据产生、加工和应用过程中的相关业务

流程环节及具体业务管理要求，以及不同系统间的数据流，即数据的流转、流向及加工处理过程。

（3）搭建数据治理闭环管理体系。通过数据治理闭环管理平台准确监控造成数据质量问题的来龙去脉和前因后果，同时制定责任矩阵，形成相关部门人员通力合作、齐抓共管，根除数据质量问题的针对性方案，最终通过每项问题的落地解决，逐步积累企业开展数据治理工作的成功经验，逐步形成高水平的治理能力。如图2所示。

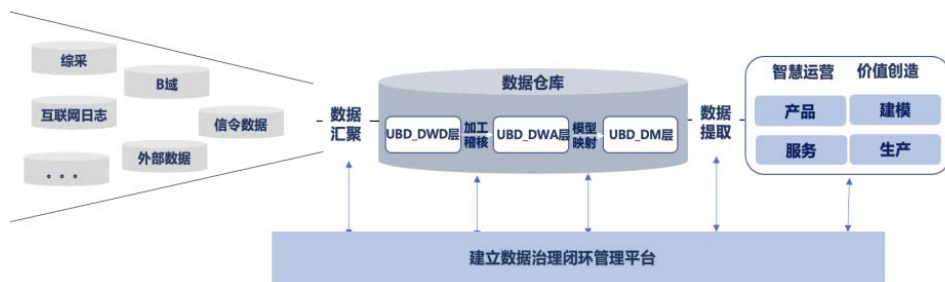


图2 数据治理闭环管理平台

如图3所示，数据治理管理平台系统各模块之间，根据数据操作的流程产生相互关联，各模块业务流程关系说明如下：

L1: 数据标准管理模块将标准定义映射到元数据信息上，实现数据标准的规范要求落地。

L2: 元数据管理模块为数据资产管理模块提供存储模型、属性信息查询服务。

L3: 元数据管理模块为数据质量管理模块提供元数据相

关属性信息。

L4: 用户通过元数据定义大数据平台的数据结构。

L5: 数据质量管理模块根据采集需求从大数据平台采集数据。

L6: 数据质量管理模块将数据质量问题反馈给大数据平台。

L7: 数据质量管理模块向资产模块提交数据质量评估结果。

L8: 元数据管理模块为数据安全模块提供隐私级别定义服务。

L9: 数据资产管理模块发起资产访问申请, 由数据安全模块控制用户访问权限, 控制数据资产的增加、删除、

变更操作权限, 对访问的数据内容、数据属性等操作进行管控。

L10: 数据安全模块为大数据平台提供数据访问权限策略。

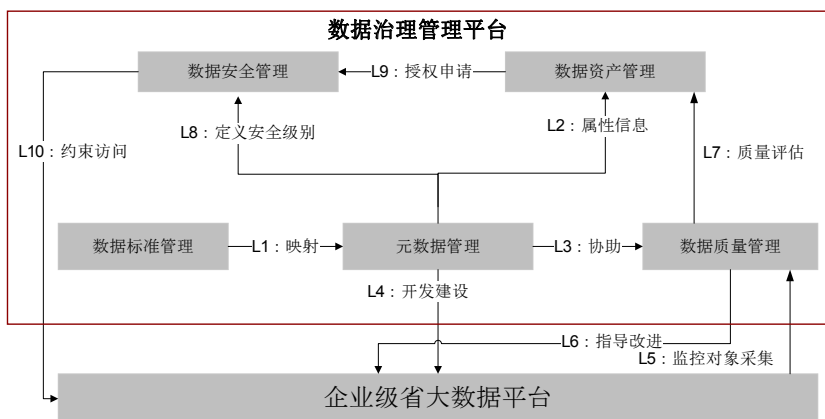


图3 数据治理管理平台各系统模块关系图

1) 建立数据质量监控评级体系。需要选取若干个指标作为数据质量评价指标, 梳理数据评价专题, 构建数据评价规则与模型, 制定符合业务目标的数据质量稽核规则, 形成数据评价体系, 对企业的数据进行评估和测量。

2) 锁定管控内容, 快速发现问题。基于数据质量评估模型, 执行数据质量分析任务, 针对采集、加工、稽核、服务等全流程, 进行全方位实时监控, 设置相应的告警阈值, 实现异常数据质量问题的快速定位。

3) 建立数据认责追责机制。按照“谁录入、谁整改、谁负责”的原则, 明确数据质量责任主体; 梳理业务流程、数据与人员之间的对应关系, 构建责任矩阵; 构建全流程管控、相互监督, 构建全面的、可追溯的数据认责、追责机制。

4) 建立可视化的管理视图。实现显性化的数据治理闭环管理, 对数据全生命周期的治理都有相应的流程支撑, 同时实现业务建模所需的数据, 从需求端到数据源的数据流及数据血缘关系直观可见。

5) 系统落地及配套机制体系完善。为了支撑数据治理与业务应用更好地衔接, 需要对已有数据治理管理制度和流程进行必要的修订与完善, 或对已有业务制度和流程、系统开发管理相关制度和流程提出必要的改进建议, 从配套机制、体制上确保数据治理工作有据、可行、可控。

因此, 推动通信运营商的数据治理, 应以实现业务价值为导向, 遵循数据治理的已有体系、制度和标准规范, 定位对企业而言最为迫切的、重要的数据需求和数据痛点, 明确数据项范围并开展专项治理工作, 以期逐个突破, 快速释放

数据成效并实现业务价值, 形成数据治理的良性循环。

3 某省通信运营商数据治理案例

案例一: 跨域协同改进数据质量

(1) 背景

随着智能手机、4G 高速上网、互联网应用的普及, 流量已成为大部分客户的刚性需求。客户对手机流量消耗情况的质疑也日益增多, 客户往往要求查询流量具体使用用途, 而服务人员面对流量质疑投诉, 仅通过手机上网的计费详单很难解释清楚“流量用没用”“流量怎么用的”“流量用的太快”等热点投诉, 影响客户感知。为此, 公司开始建设“上网日志查询系统”, 首先由网络部门采集原始日志, 并通过 DPI 实现用户上网内容的解析, 由业务支撑部门实现 XDR 数据的加工、展现, 为客户服务人员处理投诉提供支撑。“上网日志查询系统”由于涉及 O 域、B 域的多个部门和多个系统, 出现数据质量问题时存在定位较慢, 处理周期较长的情况。

(2) 改进数据质量流程

1) 发现质量问题。客服人员小李接到用户投诉, 反映流量计费有问题, 10 月 3 日 18:58:37-19:09:56 手机收到提醒短信使用了 1GB 多的流量, 用户对此不认可, 表示手机没有使用, 要求核实处理。小李通过上网日志查询系统查询该用户的上网内容, 却发现用户在该时段只有约 10MB 流量, 与计费详单的流量严重不符。如图 4 所示。

序号	开始时间	结束时间	应用名称	网站域名	流量(KB)
1	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	腾讯应用相关协议	pingma.qq.com	1.43
2	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	微信	szshort.weixin.qq.com	26.82
3	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	微信	mmsns.qpic.cn	41.72
4	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	微信	mmbiz.qpic.cn	35.63
5	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	微信	szeptshort.weixin.qq.com	234.70
6	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	新浪微博	ww4.sinaimg.cn	9.73
7	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	新浪微博	api.weibo.cn	99.23
8	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	新浪微博	dp.im.weibo.cn	2.54
9	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	新浪微博	ww1.sinaimg.cn	22.74
10	2016-10-03 19:00:00	2016-10-03 19:09:59	新浪微博	ww2.sinaimg.cn	5.68

图 4 业务场景 - 发现流量异常



图 5 业务场景 - 核查数据资产

2) 核查数据资产。为确认是否因为数据未完成生成导致差异大，客服人员小李通过“数据资产管理—资产目录”模块查询该资产的数据更新时间，结果发现数据资产的更新时间没有延迟。从而小李推断不是数据及时性的问题，而是数据准确性的问题。如图 5 所示。

客服人员小李申告的上网日志流量数据不准确问题，数据质量管理模块自动匹配到当日的一次数据文件大小波动预警，定位到异常环节为 O 域接口文件，申告转给网络部门维护人员小王处理。如图 7 所示。



图 7 业务场景 - 定位异常环节



图 6 业务场景 - 问题申告

3) 问题申告。既然发现是数据准确性的问题，那就需要尽快把问题反馈给后台维护人员，于是客服人员小李通过“数据质量管理—绩效管理”模块提交了问题申告，选择了上网日志流量的准确性问题。如图 6 所示。

5) 核查和处理。网络部门维护人员小王接到数据质量告警后，展开核查，定位到由于主机性能问题，该时段的 HTTP 日志文件漏传了记录，小王迅速将漏传的数据做了补传。如图 8 所示。

文件类别	文件说明	核对结果
General	通用话单	正常
HTTP	HTTP业务话单	异常
DNS	DNS业务话单	正常
MMS	彩信业务话单	正常
FTP	FTP业务话单	正常
EMAIL	邮件业务话单	正常
VOIP	VOIP业务话单	正常
RTSP	RTSP业务话单	正常
IM	即时通信业务话单	正常
P2P	P2P业务话单	正常

图 8 业务场景 - 异常原因核查

4) 定位异常环节。由于业务支撑部门维护人员小张事先已经配置了数据质量稽核规则，对每分钟 O 域传送的接口文件大小进行监控，一旦波动超过 10%，就会产生预警，这一规则不会中断调度，但一旦最终用户反馈数据有问题，系统就会检查与问题数据有关的处理过程中是否产生过预警。对

6) 处理结果确认。系统对补传数据处理完成后, 客服人员小李再次查询该投诉用户的记录, 这次果然能够查询到用户产生的 1G 流量, 她通过外呼用户并向用户解释了流量使用内容, 用户表示认可。这时数据质量模块生成了本次申告的反馈工单, 小李很满意地评价了 5 颗星。如图 9 所示。



图 9 业务场景 - 处理结果确认

案例二：绩效监控

(1) 背景

某省向地市公司下发了 KPI 考核指标“重要集团客户整体收入”, 地市运维人员和业务人员希望能够及时获知该指标的出数情况和波动情况, 以确保发现异常后能及时处理。

(2) 绩效监控全流程

1) 一线片区经理打开移动 APP 应用, 选择指标“重要集团客户整体收入”, 并对其出数时间、波动率和阈值进行监控配置, 如图 10 所示。



图 10 手机登陆及指标规则配置

2) 此后, 一线片区经理打开自己的移动 APP 应用, 就可以随时查看“重要集团客户整体收入”目前的出数情况和数值是否正常, 当指标监控不满足监控规则, 手机 APP 告警通知一线片区经理, 如图 11 所示。



图 11 指标展示及维度分析

3) 一线片区经理单击该异常指标可以看到指标详细信息, 并且通过时间、地理或其他维度分析异常指标, 如图 12 所示。



图 12 按时间、物理维度分析

4) 一线片区经理通过滑屏的方式, 查看指标处理过程图, 从图可以查看到该指标各个处理环节处理情况, 如图 13 所示, 包括: 处理内容、处理完成时间、正处理环节预计完成时间等; 如果当日的指标数据还没出来, 可以点击催办功能, 请求数据质量管理子系统发送实时出数状态; 对异常指标告警信息的显示包括: 什么时间发生的信息、什么错误、找谁处理等。如图 13 所示。



图 13 指标处理过程图

5) 异常指标处理方式有两种：第一种方式，通过电话直接联系该环节的负责人解决；第二种方式，可以通过申告，以问题处理流程的方式将该问题推送给该环节的负责人处，并以短信形式告之该环节的负责人，如图 14 所示。



图 14 问题申告

6) 数据质量功块允许用户自定义数据质量处理流程，若不进行自定义流程配置，可以按照默认流程进行问题处理。默认问题处理流程如图 15 所示。

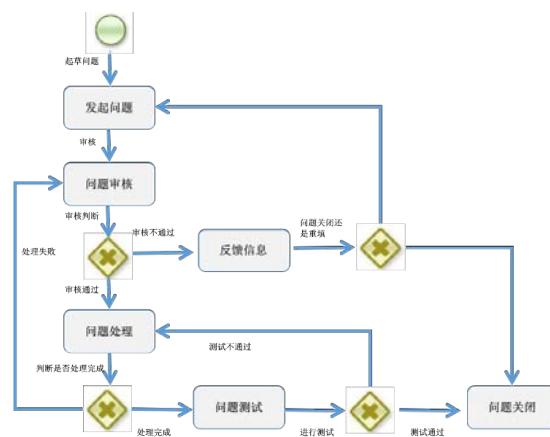


图 15 申告处理流程

7) 通过界面配置监控点分段方式将数据质量全流程拆分为若干段，如图 16 所示，针对每个阶段设置监控规则，明确每段所属部门、所有者，不同段负责人可以通过可视化监控界面对不同分段进行监控，可视化管控界面针对不同数据质量用户提供对应段的数据链路图，并将监控结果按段汇总、分析、展示。



图 16 数据质量分段管控示例图

当一线片区经理提交申告后，系统根据异常监控点所在段，将申告推送给相关负责人，相关负责人基于本段的数据链路图，对出数过程跟踪及进行告警展现分析，通过图形化

运维管理帮助运维人员快速完成指标过程监控和问题处理过程，协助业务人员动态了解指标出数进度，提高工作效率，节省成本，如图 17 所示。

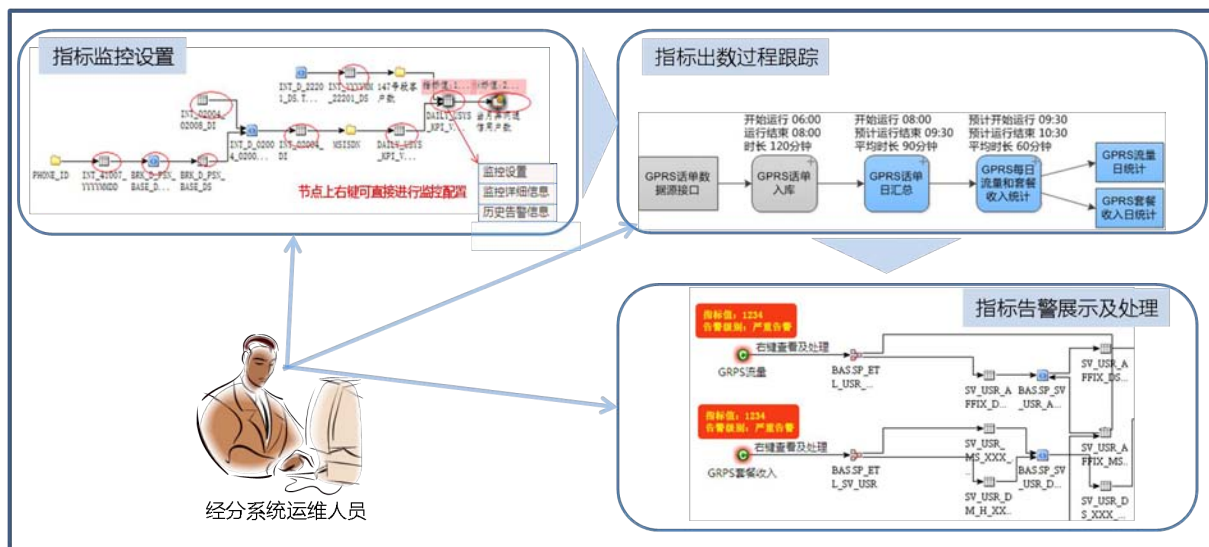


图 17 指标图形化监控应用场景示意

8) 问题处理完成后，将处理完成信息通过 APP 推送以及短信告知一线片区经理。

9) 一线片区经理检查异常指标是否已处理成功，并对整个问题处理过程进行满意度评价，如图 18 所示。



图 18 问题反馈

案例一以分析数据质量问题为着力点，倒推出其数据来源存在的问题并进行重点整治，通过全员参与、各司其责的数据质量管理模式进行改进；案例二通过绩效指标的数据质量监控，及时发现自己绩效指标的异常波动，并指出其中与以前相比的异常之处，快速发现数据异常的原因并能够及时有效地解决，使其数据治理得到充分的价值体现。



（上接第 52 页）



(a)



(b)

图 8 接反小区实际效果图

4 结束语

数据治理对任何一个企业都是一项“牵一发而动全身”的重大工程。对此，一方面，要坚持问题导向，基于对企业管理层和业务部门用“数”需求的深入洞察，找到最佳的数据治理切入点和突破口，通过短期专项治理方案和配套的应用建设，快速实现数据价值和收益，使得数据治理工作成效显性化，形成数据治理的良性循环；另一方面，要统筹规划、把握全局，企业不能只顾低头解决一些具体的数据质量问题，而忽略了数据治理体系的长期建设路径。通信运营商数据治理是一项长期的、需要逐步建设和完善的综合性工作，彻底解决是需要投入大量的时间和资源的。因此，我们必须从 IT 战略和总体架构管控的高度，总体上架构和把握数据治理的各项决策，确保不偏离企业的战略方向和要求。

（收稿日期：2020-05-15；技术审稿：徐啸峰；

责任编辑：赵明亮）

4 结束语

本文提出了一种基于用户数据实现天线方位角纠偏的方法，将五种预测算法联合在一起，规避了单独算法的一些缺点，提高了方法的准确性和稳定性。经实际勘站证明模型的准确性如下：预测偏差小于 45 度的小区占比达到 96.88%，预测偏差小于 35 度的小区占比达到 87.53%，预测偏差小于 20 度的小区占比达到 80.39%，并且在各个场景表现一致。本文通过对分析的数据画栅格级用户数据 RSRP 热力图，获得小区周围的采样点信息以及预测的方位角，通过更深层次的分析，可以找出工参中方位角错误、接反小区等问题，以对运营商的工参数据进行修正，对其网络优化工作具有指导意义。

（收稿日期：2019-06-07；技术审稿：王荣；

责任编辑：赵明亮）

新型信息基础设施 在智慧园区建设应用的探讨

许鑫

中国移动通信集团江苏有限公司南京分公司

摘要:当前,“新基建”尤其是新型信息基础设施建设已成为拉动经济发展的重要动力,新兴智慧园区不断对信息基础设施建设提出新的要求。本文分析了当前信息基础设施与智慧园区建设不相适应的痛点问题,提出了智慧园区信息基础设施建设目标,最后结合 5G 建设探讨性地给出了智慧园区信息基础设施建设应用案例。

关键词:新型信息基础设施;智慧园区;5G

0 引言

当前,以产业聚焦为手段的园区建设发展迅速,园区经济呈现出覆盖区域不断扩大、产值越来越集中、GDP 占比越来越高的趋势。园区企业逐渐向高(高技术)、新(新领域)、专(专业性)方向发展。未来,园区将是高新技术产业的集中研发地、高新企业群集的区域,以及高新产品的孵化和生产基地。近年来,园区规划建设整体性越来越强,更加注重各种基础配套设施,注重以智慧化的服务促进高新产业的发展,尤其是注重产业园区的信息化建设。构建互联互通、资源共享的新型信息基础网络,以信息化带动产业化是加快产业园区发展的重要内容。本文分析了当前园区网络基础设施建设与智慧园区建设不相适应的问题,提出了运用“新基建”特别是 5G 建设发展构建智慧园区新型基础设施的思路。

1 当前园区信息基础建设中的痛点问题分析

1.1 园区智慧化的新需求

当前,随着“新基建”的推进,园区智慧化需求越来越迫切,智慧园区建设方兴未艾。智慧园区是在园区搭建的 IT 基础设施之上,运用物联网、云计算、多媒体等现代信息技术,帮助园区在信息化建设方面构建统一的组织管理协调架构、业务管理平台和对外服务平台,为园区管理者以及企业提供创新管理与运营服务。主要包括:

(1) 资源整合。通过搭建统一入口的信息平台,使园区管理者、园区企业、员工形成一个紧密联系的整体,盘活园区内各方角色的资源,获得高效、协同、互动、整体的效益。

(2) 为园区企业提供创新支持服务。如通过企业管理云的搭建和物联网传感技术的配置,降低成本、提高效率,扩大服务的覆盖面和受益面,为园区企业提供信息收集、传输和反馈通道,园区企业通过获得数据支撑,提升企业创新能力。

(3) 决策与展示。通过对信息的汇总分析,为园区的安全管理、风险控制和应急指挥建立决策支持平台;通过搭建园区门户平台,形成虚拟展示等功能,从而让公众了解园区及企业,在更广阔的范围内提升园区知名度,促进园区品牌宣传,有利于园区形象树立和招商引资。

1.2 当前园区信息基础设施存在的问题

传统园区信息基础设施已无法适应当前的新需求,主要体现在三个方面:

(1) 园区应用平台方面:缺乏统一规划,随着园区政府和相关单位数字化信息化的要求日益增高,区域政府平台、园区运营方、进驻的企业等都建设各自的管理或是监控平台,每个应用对应一个业务平台,“烟囱式”应用平台林立,导致平台间数据难以共享,平台数据应用底层重复功能多,建设和维护带来的重复投资相对较大,缺乏应用大数据进行智能化的基础。上述种种弊端,归根到底就是缺乏应用大数据、云计算和人工智能的思维,没有对园区智慧化建设进行统一规划。

(2) 园区网络方面:一是传统园区对于“最后一公里”的网络覆盖问题往往管理相对混乱,不同的基础运营企业及增值企业根据自身业务建设各自的网络,比如园区有线宽带、室内分布系统、WIFI 等难以做到有效协同;二是当前园区普遍采用 4G 网络进行覆盖,但在部分需要大流量回传的场

景下，如超高清 4K/8K 视频回传或并发多路视频回传等对带宽要求较高的场景，4G 的带宽速率就显得有所不足且流量费用较高。此外，随着园区各类应用场景的增多，缺乏统筹考虑数据中心、边缘计算设置的问题也暴露出来。

(3) 园区数据安全方面：企业对于自身数据安全的高度重视日渐增强，对传输数据的安全性要求越来越高，而传统园区的数据及信息安全能力相对不足。

2 智慧园区信息基础设施建设目标与规划原则

2.1 建设目标

紧密围绕智慧区发展战略和功能定位，实现各类新技术和新应用的通信基础设施泛在部署，全面构建 5G 时代数字经济的发展底座，赋能各领域数字化转型。光纤和 5G 协同发展，5G 网络不断提升广域覆盖和深度覆盖水平，光纤宽带网络持续演进升级，根据各产业功能区的产业互联网基础设施布局不断完善，在前沿产业功能区全面推进“5G+ 工业互联网”建设水平。全力支撑园区经济社会高质量转型发展，结合园区定位建设具有较强国际或国内市场影响力和竞争力的特殊经济功能区。

2.2 规划原则

(1) 区域领先，创新驱动

对标国际或国内的高标准、高水平，坚持理念、制度、技术、产业创新，打造新一代信息通信技术与传统产业高度集成和综合应用的典范。改变传统建设模式，统筹考虑通信管道、基站站址及机房、传输线路、物联网传感器等设施的共建共享和资源预留。

(2) 需求牵引，超前谋划

坚持需求导向，立足产业发展对网络能力、网络安全和可扩展性的要求，提供覆盖完善、安全可靠、灵活扩展的通信网络环境。梳理近期建设投入与远期经济社会效益的关系，建设规模、网络能力和技术选择适度超前，实现通信设施与城市建设有序、同步推进。

(3) 统筹协同，共建共享

把握新一代信息技术发展趋势，做好顶层设计，实现跨区域、跨部门、跨系统的统筹衔接。对接园区建设时序，推进社会公共资源共建共享，降低综合成本。坚持绿色发展，在信息基础设施建设过程中采用绿色节能技术，减少能源损耗。

3 高标准建设智慧园区信息设施

3.1 智慧园区总体框架结构

建设智慧园区就是实现园区的信息化、智能化。园区主要分为生产造型园区、仓储物流型园区和商办型园区。结合 5G 应用，贴近用户需求，参考智慧园区建设与管理标准体系所应用到的规划标准，提出综合解决方案。如图 1 所示。

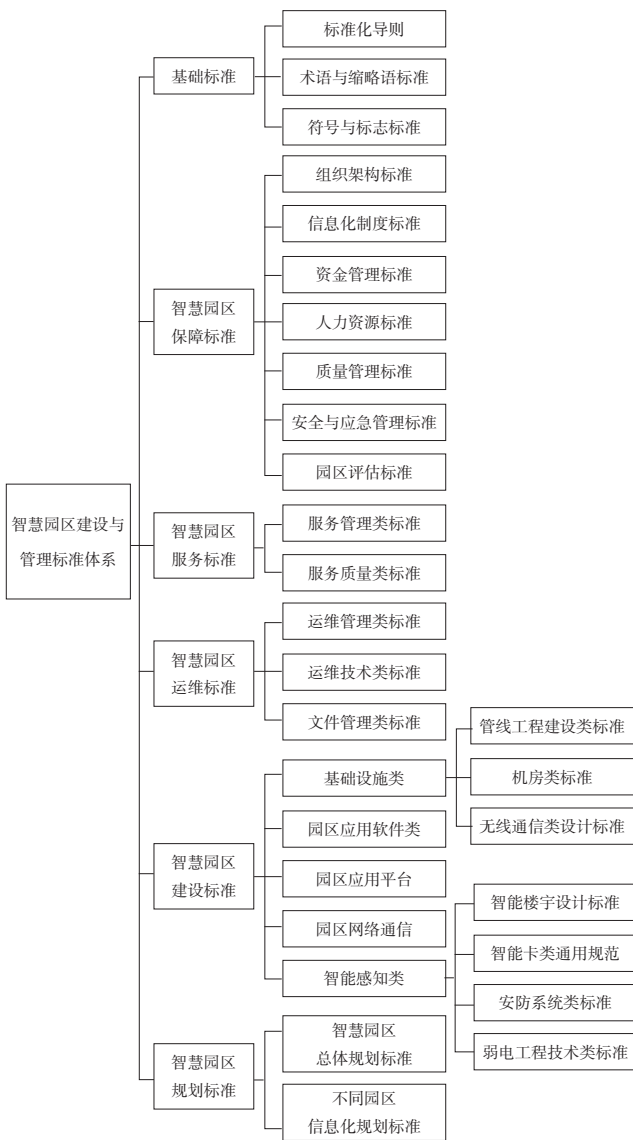


图 1 智慧园区建设与管理标准体系结构

园区类 5G 场景业务主要来自于通用需求，例如安防、物业、办公、指挥调度等，以及数据传输和分析需求。通用需求与传统园区重合度较高，数据传输与分析需求主要指：

(1) 数据传输需求：通过 5G+MEC 实现园区大带宽、高安全性数据传输需求。

(2) 数据传输技术上的边云协同的数据分析需求：基于

视频类的人脸识别；基于视频类的行为分析，如客户行为识别（业务办理时长、客户停留时长、行为轨迹分析）；员工在岗时长、着装分析；危险行为分析（吸烟、危险品摆放等）。

3.2 应用 5G 打造智慧园区

只有面向智慧园区打造 5G 精品网络与智慧园区平台，才能引领园区打造智能化生态，全面革新园区用户体验。

（1）5G 园区精品网络，即提供高带宽、低时延、广连接、室内外全覆盖的网络能力，并通过局域专网、切片、边缘计算等技术，面向园区客户打造具有通用化终端、定制化服务、等级化安全保障的精品网络。

（2）5G 智慧园区精品网络将满足园区运营方、企业、人员多维度网络需求，利用 5G 移动网络、终端设备及边缘计算技术，结合传统专线、企业宽带，共同打造园区组网，引领园区智能化生态，加速园区信息化转型，全面革新园区用户体验，实现园区生产、运营、管控的一体化。

（3）5G 小基站可利用已有固网宽带连接快速补充覆盖，实现室内 5G 信号的精确覆盖和容量提升。通过 UPF 下沉将云计算资源靠近园区侧，构建与网络紧耦合的边缘服务能力。

（4）5G 智慧园区平台需具备感知、传输、存储、协同、判断、决策等综合运营管理能力，通过连接业务平台及智能终端设备，对数据及应用进行整合，基于场景化的大数据分析，优化资源配置、降低园区运行成本、提高园区的运行质量和效率。总体架构包括业务模块、数据平台（数据处理和平台能力）两部分，如图 2。



图 2 智慧园区数据与平台

3.3 5G 智慧园区应用场景示例 —— 可视化指挥调度

以可视化态势展现、指挥保障为目的，协助园区进行合理的人员安排及资源分配，保障园区日常作业的有序开展，如图 3 所示。可视化指挥调度通过信息采集及视频监控，实时跟踪园区日常作业及事态，结合园区预警系统实现告警能力，在出现紧急事件时，调取视频监控将事件现场定位、园区全景多维度可视化，并通过移动视频终端、手机即时通讯 APP、管理系统客户端等多种协同方式，调度园区各部门对事件进行监控、分析、督导及处理，对各部门进行有效指挥，合理规划资源，实现“数据集中、人员集中、统一指挥、进度共享”的高效协同作战体系。



图 3 可视化展现实例

4 结束语

新型基础设施建设步伐的加快，将带动园区信息基础设施的改造升级，实现园区与外部资源的网络化、协同化、融合化

发展，提高园区的智能化管理水平，提升园区在经济效应、社会效应方面的价值。

（收稿日期：2020-05-18；技术审稿：李晓红；

责任编辑：赵明亮）

“智慧监控”引领网络维护智能化

陆震¹ 蒋永西¹ 张正锴² 庄静²

1. 中邮建技术有限公司; 2. 南京科通通信工程技术服务有限公司

摘要: 本文研究了集中监控形势下的智慧监控实现方法。通过智慧发现、智慧分析、智慧调度、智慧处理等方式,实现对故障的智能处理。提升集中监控的自动化程度,加深对故障的预处理,加快故障的处理效率,提升客户感知度。

关键词: 集中监控; 智慧监控; 人工智能

0 引言

在人工智能的共识下,新世纪的通信运营商深刻认识到在行业新常态下面对这样的新挑战,需要不断提升业务水平和服务能力,满足移动互联时代快速响应和端到端服务的巨大需求,确保为客户提供最优质的服务体验。而满足客户需求和提供优质服务的一个重要前提是将人工智能的思维形态和维护模式作为现阶段通信运营商实现新发展、获得新成就的核心引擎。

通信维护,作为整个通信生态至关重要的一环,对通信网络的正常运营和客户的使用感知,都有着直接和广泛的影响。目前,通信设备维护量巨大,人均维护设备数量提升超过50%,而且随着用户数量的增加不断增多,在基本实现集约增效的前提下,迫切需要深入贯彻人工智能思维,进一步利用智能化工具深度优化维护工作,显著提升客户感知和业务效率,完善通信运营商的集约维护运营体系。

1 网络演进实施背景

1.1 通信运营商内部要求

1.1.1 网络演进

随着百兆宽带、高清ITV及LTE业务的部署和发展,通信网络中的设备种类多样性越发显著,集中化趋势越来越明显,设备的集中化带来监控集约化,分散式交换演变为IMS,数据专业扁平化,平台专业云化。需要更先进的维护手段才能满足集中化网络。

网络集中化后,大量设备使得现网的复杂程度和网络容量成级数倍的上升,现网的网络管理需要一种更加精细化和智慧化的网络监控手段。

以某省一家通信运营商为例,日均告警量已达140万条,需要预处理的告警5700条,工单2633张,监控人员预处理人

员只有33人,人均工作超负荷,预处理及时率和准确率无法保证,故障告警预处理人员需掌握不同厂家设备处理方法,难以深入处理。

这就需要集中监控和集约化维护向智慧监控转变,传统的网络运维管理方式已经无法满足“面向端到端业务,面向客户管理”的业务需求。为了建立与全业务发展相适应的新运维故障管理体系,网络故障管理应该从被动的告警监控向更智慧的层面上转变。

1.1.2 网络监控的要求

网络集中监控以后,省集中监控中心不仅是全省网络监控的第一责任人,同时也成为全省网络安全运行第一责任人,承担全省集中监控、网络分析、通信保障、客服支撑、设备资源管理等工作的第一责任人职责。在监控人员变少,网络设备复杂的情况下,原有的监控模式面临如下四个挑战:

(1) 发现和分析挑战。集中化程度高,集约化、跨专业影响面大,障碍原因复杂且难以查找,对如何发现定位障碍提出了新的挑战,所以我们要更智慧地发现和分析,从网络告警监控向用户感知转变:及时发现、提前预警、智能预处理。

(2) 人工调度,个性化多。多家分公司维护人员数以千计,各分公司网络业务规模千差万别,维护人员业务水平参差不齐,造成了人工调度工单效率低,无法满足各分公司个性化需求。

(3) 设备管理越来越智能化、集约化后,对故障远程处理和终结的要求也越来越高。从现场处理到远程处理的转变要求故障处理更加智能化,对监控人员远程处理技能相应提出了更高的要求。各厂家网管各不同,需要监控人员掌握不同厂家设备处理方法,对监控人员要求高,培训时间长。

(4) 集中化—集约化—智慧监控。网络监控从集中化到集约化再到智慧监控演进的过程中,网络越来越复杂,设备越来越多,传统的监控模式捉襟见肘,无法适应新集约化模式。

1.2 外部要求

工业 4.0 人工智能的普及。工业 4.0 是德国政府《德国 2020 高技术战略》中所提出的十大未来项目之一。该项目由德国联邦教育局及研究部和联邦经济技术部联合资助，投资预计达 2 亿欧元。旨在提升制造业的智能化水平，建立具有适应性、资源效率及基因工程学的智慧工厂，在商业流程及价值流程中整合客户及商业伙伴。其技术基础是网络实体系统及物联网。人工智能（Artificial Intelligence），英文缩写为 AI。它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。

2 主要措施

为解决网络集中监控后出现的种种挑战，需要从智慧监控方面入手，一一解决难题。主要分为四个方面：智慧发现、智慧分析、智慧调度、智慧处理。

2.1 智慧发现

2.1.1 跨专业群障定位

随着通信运营商集约化维护的深入推进，部分运营商已实现了网络设备与客户的省级集中监控，以及公众客户申告的集中支撑处理。但跨专业群障一直是集中监控后突破的难点，其主要面临以下困难：涉及面广、定位滞后、升级规范乱、业务影响大。解决跨专业定位和升级规范的问题，对集中监控质量的提升有着重要意义。

某省运营商通过应用群发障碍综合定位平台系统发现跨专业障碍，采取全省统一跨专业障碍升级规范，解决了长久以来集中监控面临的跨专业障碍发现难、升级与交互工作复杂的问题。群发障碍综合定位平台实现了集中监控过程中跨专业、大面积故障快速定位，增强了智能处理手段，提高了障碍处理效率，实现了以下四大定位：

（1）定位光缆障碍

通过完善光缆资料，补录光缆两端设备端口信息，实现光缆与设备相关联，根据资源系统的数据源生成 ONU-OLT 的链路及 OLT-BRAS/SR 之间的链路及与段的关系，根据告警信息查询资源可定位到具体光缆。维护人员不用盲目查找原因，迅速定位障碍点，为恢复障碍赢得宝贵时间。如图 1 所示。

序号	归并时间	归并流水号	原因	详情	子告警
1	2014-07-12 01:14:47	17130	光缆问题	512CS FUSHM/ZGG22 福山新材料工业园机房	2725903,2725922
2	2014-07-12 00:44:58	17125	光缆问题	512CS LIANT/ZGG03 练塘局ODF1-练塘药店光交	2725682,2725690
3	2014-07-12 00:44:58	17125	光缆问题	512CS YETMK/ZGG01 冶塘局/主干光缆01	2725671,2725672,2725676,2725680
4	2014-07-12 01:14:47	17130	光缆问题	512CS XXQKD/ZGG17 新肖桥宽市-福山郑桥袁家宅/主干光缆17,512CS XXQKD/ZGG11 肖桥模块局 (ODF3)-福山局 (ODF1) 主干光缆11	2725905,2725923
5	2014-08-05 01:08:33	23518	光缆问题	512SZ YCHAN/ZGG05 清塘局永昌模块05主干光缆	2741475,2741500,2741505,2741506
6	2014-08-05 01:08:33	23518	光缆问题	512SZ HDAIM/ZGG07 黄埭模块局主干光缆07,512SZ HDAIM/ZGG11 黄埭局主干光缆11	2741474,2741485,2741504,2741505
7	2014-08-06 10:28:29	23857	光缆问题	512SZ WTMJ/ZGG16 清塘局/主干光缆16	2742535,2742540,2742542,2742543
8	2014-07-10 22:01:52	16850	光缆问题	512SZ CNJMJ/ZGG60 吴中区域南-嘉业阳光水榭模块直达光缆	2723871,2723871,2723928
9	2014-08-06 10:28:29	23857	设备问题	->-	2742535,2742540,2742542,2742543
10	2014-08-06 10:50:37	23890	光缆问题	512KS ZHAPU-512KS.MACHQ/ZJG01 张浦局-马车桥48芯 (三家村路),512KS.MACHQ/ZGG01 马车桥局S-YH-1光144D	2742788,2742790

图 1 光缆故障与设备资源关联

（2）定位故障设备

根据资源系统的数据源生成从 ONU 到 OLT 到 BRAS/SR 的拓扑结构，根据具体的告警信息可定位到具体的设备及其上下联设备以及具体的链路信息。例如 BRAS 下多个 OLT 中断，同时上联的同一 BRAS 端口有告警，则定位到 BRAS 端口问题。

（3）定位障碍区域

根据网元地址、局向信息、光缆信息进行定位。例如多个 ONU 故障定位到同一条光缆上，或多个 DSLAM 故障定位到同一条光缆上。

（4）定位群障申告量

将用户资料与网络资源关联，群障发生后，通过调用资源查询该群障影响的所有用户，呈现用户申告的详细信息。从而解决用户申告与群障相关联的难题，强化了对群障影响范围及申告的掌控。

2.1.2 智能预警

（1）机房环境网络智能预警

主要从以下几个方面实现机房环境网络智能预警：1）实时发现机房电压、温度异常，强化性能告警监控；2）业务中

断前及时触发网络预警；3) 根据关联影响风险的上层业务设备清单自动触发预警；4) 依据设备类型分类，分析影响范围，实现从物理底层到应用层的全面监控。如图 2 所示。



图 2 机房环境智能预警

(2) 光缆群障智能发现和预警

主要有以下几个方面（见图 3）：

- 1) 智能关联多专业的告警信息，及时发现光缆障碍；2) 自动预警受影响范围和用户数，实现网络与上层业务的故障关联；3) 预警存在风险的业务，加强巡视备用线路。

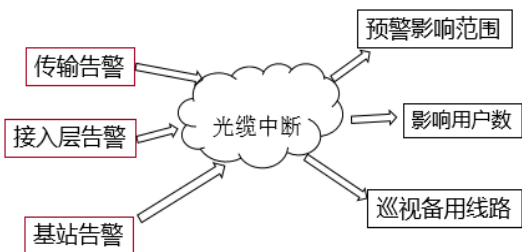


图 3 光缆群障智能分析

2.2 智慧分析

资源管理支撑智能监控精准定位。包括以下几个方面：

- (1) 开发工具支撑定位异常分析。开发光缆信息查询、

光缆设备告警一键关联、未归并光缆关联分析三个小工具，支撑光缆和光路关联场景归并并定位异常分析。

(2) 开发告警定位模拟器支撑定位异常分析。异常定位故障导入案例库，可调整告警时间、告警等级、处理时间重新模拟；自动提示不符合预期定位具体判断规则，便于告警定位异常分析。

(3) 充分利用资源数据优化规则。利用资源数据做好告警关联归并，同一故障告警不遗漏；优化规则，充分利用资源关联，实现部分障碍无告警定位，例如板卡故障无告警定位。如图 4 所示。

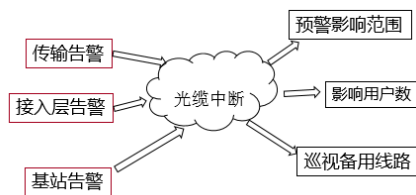


图 4 告警关联归并

2.3 智慧调度

2.3.1 建设“应急保障统一沟通平台”，提升障碍处理沟通效率

(1) 当前问题与解决办法

当前问题：应急保障时多为电话、点对点 QQ 沟通，沟通效率低。

解决办法：建设“应急保障统一沟通平台”。

(2) 实现方法

建设应急保障一键召集操作场景，嵌入工单系统。

- 1) 通过人员姓名、账号方式选择人员，快速新建讨论组；2) 配置常用维护组人员模板，实现一键创建讨论组；3) 支持应急保障期间的总结文档、过程记录等文件留档；4) 实现网络故障工单链接分享，方便维护人员快速了解故障详情。如图 5 所示。



图 5 应急保障统一沟通平台

2.3.2 利用智慧调度，实现接入层监控的自动化、智能化

(1) 工单系统。1) 实现接入层工单自动转派、追派、挂起的功能，减轻集中监控岗工作量，提升一线人员故障处理效率；2) 开发异常工单管控箱、升级策略等功能，实现对乒乓单的人工管控，并对疑难工单实行自动升级。如图 6 所示。

(2) 智慧监控管理系统。利用系统将集中实现转派、追派、挂起规则的配置。



图 6 异常工单转人工审核

2.4 智慧处理

2.4.1 处理能力集中配置、集中呈现，提升障碍处理效率

(1) 在工单系统的工单内容呈现上，增加“智能预处理”模块，包括性能、业务、定位、指导四大功能，并提供主动查询按钮。

(2) 将现有预处理能力以“原子能力”的方式集中管理与呈现。

(3) 模块界面由“智慧监控管理系统”集中实现，嵌入工单系统中。

2.4.2 打造集中管理、统一配置的“智慧监控管理系统”

(1) 新建“智慧监控管理系统”，集中配置，统一管理，监控日常使用的配置场景集中管理，包括网管配置、告警配置、派单配置、群障配置、预处理配置等场景。如图 7 所示。

(2) 与告警系统、工单系统对接，同步现有的配置能力。

(3) 采用“互联网+”的设计理念，提升用户友好性。

1) 借鉴“淘宝”、“京东”等页面的设计思路，打破传统生产系统的配置模式，引入“互联网+”的设计风格；2) 关注用户体验：页面简洁大方，交互性强，快速配置。

2.4.3 提升配置的灵活性，做到好用、易用

在智慧监控管理系统实现灵活配置：配置元素、条件、结果进行抽象归类，实现组合配置，增加了配置的灵活性。



图 7 策略配置

3 结语

通过智慧监控，不仅减轻了一线维护人员的工作压力，而且提升了故障处理效率。跨专业分析和故障定位，减少了

派发岗位，以及非处理故障岗位的工单量；智慧分析，能减少用户申告，提升客户感知度，总体上节约了维护的人员。

(收稿日期：2020-03-02；技术审稿：陈桃；

见习责任编辑：韩菁菁)

电信基建服务行业“智慧企业”建设研究

战培志¹ 关芳芳²

1. 江苏省通信服务有限公司; 2. 南京工程学院

摘要: 本文以江苏省通信服务有限公司“智慧企业”建设为例,研究了电信基建服务行业“智慧企业”建设的技术架构、应用场景及应用效果等,为其他电信基建服务企业及相关企业提供借鉴与参考。

关键词: 智慧企业; 大数据; 人工智能

0 引言

近年来,随着信息技术的快速发展,数字经济正成为创新经济增长方式的强大动能。建设智慧企业,实现数字化、智慧化管理转型也成为很多企业未来的核心战略之一。

在通信行业,国外一些著名电信运营商如西班牙电信、AT&T、新加坡电信等纷纷提出以人工智能和大数据为驱动的数字化转型战略;国内中国电信也提出了从“管理集中化”向“决策智慧化”转型,要求用2~3年时间,全面推动全公司基于大数据的科学决策支撑体系在MSS(Management Support System,管理支撑系统)领域落地。电信基建服务企业也面临着智慧化企业转型的需求。电信基建服务企业的主营业务是通信设计、施工、监理及业务流程外判服务等,与传统的电信运营商有较大差别,因此不能直接套用电信运营商数字化与智慧化管理转型的经验。为此,本文以国内最大的电信基建服务集

团中国通服下属的江苏省通信服务有限公司(简称江苏通服)为例,研究了该类企业智慧企业建设的技术架构和建设成效,为其他电信基建服务类或相关企业提供借鉴与参考。

1 江苏通服智慧企业技术框架

所谓智慧企业,也称智能企业,指将互联网、云计算、大数据、人工智能及物联网等先进信息技术、工业技术和管理技术深度融合,在生产、管理或服务过程中实现自主决策、自主执行和自主演进能力的企业。是企业在自动化、信息化和数字化演进基础上更高的演进形态。

智慧企业应该具备数据赋能、智能自动、全局协同等特点和要求,本文结合江苏通服的企业实际,设计江苏通服智慧企业架构如图1所示。

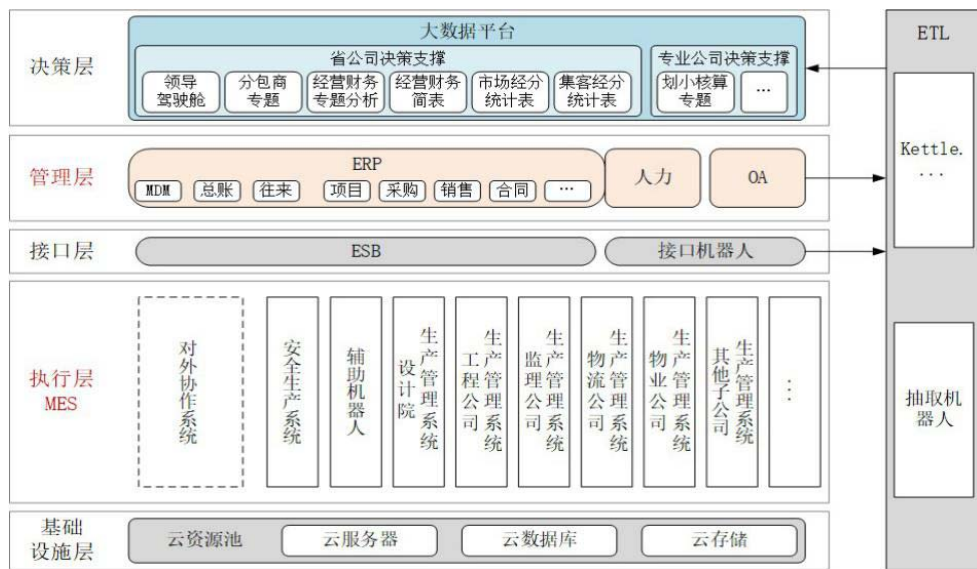


图1 江苏通服智慧企业架构

该架构分为5层,包括决策层、管理层、接口层、执行层、基础设施层。另通过贯穿各层的ETL(Extract-Transform-Load)实现数据向决策层的汇聚。数据赋能主要体现在决策层应用,充分利用数据来驱动企业进行智慧化的管理优化和决策;智能自动和全局协同主要体现在管理层应用、执行层应用和ETL,包括利用机器人及其他人工智能技术在生产、管理、服务过程中进行自动数据获取、集成、分析、判断、决策、智能化控制执行。各层具体内容如下:

(1)决策层应用:立足于各管理层级数字化决策的需求,建立大数据平台,开展数据汇聚、分析与挖掘、共享,支撑管理决策。在江苏通服的省公司层面,大数据平台汇集并展现各专业公司的统计数据,领导可多维度直观的掌握总体经营情况,并开展风险智能化识别与分析;在下属的专业公司层面,大数据平台可以为各专业公司提供与其相对应的专题模块,如划小核算单元考核应用、单专业公司经营分析应用等。

(2)管理层应用:管理层应用对应于传统制造行业企业的ERP(Enterprise Resource Planning)系统。从财务、人力、客户、供应商等统一管理角度出发来对企业的资源进行计划与管理。

(3)接口层:接口层提供管理层应用与下层的执行层应用的数据交互接口服务。

(4)执行层应用:执行层应用对应于传统制造行业企业的MES(Manufacturing Execution System),主要面向操作层。该层主要涉及通信设计、通信施工、监理、通信设施运维、通信物流配送、通信配套设备生产制造等电信基建服务行业或相关的具体业务过程。具体的建设内容如智慧通信建设工地管理、智慧勘察、智慧设计、智慧监理、智慧运维、智慧通信物流、智慧物业及其他生产执行过程中的具体操作管理等。此外,还包括建设通用的辅助机器人如RPA机器人,代替人工进行数据录入、系统操作、稽核分析;建设供应链协同平台实现与外部单位的协同。

(5)基础设施层:通过建设云资源池为各应用系统提供集约化的计算能力、存储能力及IT安全服务等。

(6)ETL:ETL主要实现应用数据抽取、转换和加载至决策层。

2 建设效果

江苏通服已在上述架构的指导下开始了智慧企业的建设。综合运用云计算、大数据、物联网、5G、人工智能及分布式服务框架等技术,通过自研和外购,建设了较为完备的五层架

构及应用。

决策层应用建设及效果:目前江苏通服已在省公司和专业公司层面建立了两层的大数据平台,对省公司和专业公司两级提供决策支撑和风险管控。因省公司层面重点关注宏观决策和风险管控,故使用数据可视化技术建设了领导驾驶舱,可在大屏展现各专业公司的经营情况,实现管理决策挂图作战;使用机器学习等大数据技术对风险进行自动识别,建立了项目管理专题分析、合同管理专题分析、分包管理专题分析等十余个大数据风险专题分析,研发了风险规则库,可实现一键式风险报表自动生成与推送,利用该平台,已为苏通服避免了数亿元的风险损失。专业公司大数据平台除用于管理决策支持外,还用于支撑专业公司的阿米巴模式划小单元的精准核算,负责人可通过该平台及时了解自己团队绩效完成情况并开展多维度分析,发现短板以进行提升。

管理层应用建设及效果:因财务、人力、OA等系统通用性较强,且业界已有非常成熟的商品化软件,江苏通服在相关系统建设方面主要使用了业界主流产品,如财务使用了大型企业广泛使用的SAP系统。目前系统已实现了全省财务、主数据、项目、合同、人力和OA统一集中管理,推动了整个苏通服资源的有机整合,提高了经营管理的效率。

执行层应用建设及效果:在执行层,除研发了具有行业特色的设计、施工、监理、物流、物业和节能设备车间生产管理系统,还引入人工智能、5G、物联网等技术,建设了智慧工地等系统,可通过移动现场监控设备和5G技术实现施工现场的视频数据实时传输,并通过人工智能技术实现未带安全帽施工、现场烟火等危险施工行为自动识别与告警;试点了无人机勘察;其他应用还包括引入了通用RPA(Robotic Process Automation)机器人,代替人工进行财务复核、纳税申报、财务客服、合同文本风险识别等。通过这些智能应用的建设,相关场景工作与管理效率提升了25%~70%以上。

接口层应用建设及效果:主要通过SAP的PI和ESB实现了管理层应用与执行层应用进行数据交互接口服务。也通过RPA自动化机器人实现了部分包含大文本文件的接口传输。通过接口层应用建设,保证了管理层应用与执行层应用的有机融合,避免了信息孤岛的出现。

基础设施层应用建设及效果:通过云计算技术的应用,建设了统一的云资源池,为江苏通服省公司和各专业公司提供共享的计算能力、存储能力和网信安防护能力,通过云资源池建设,江苏通服整体硬件投资建少30%以上。此外,江苏通服还建设了人工智能研发平台,提供GPU等设备的云资源服务能力和共享的人工智能训练样本库,为江苏通服各级单位提供

(下转第80页)

移动 APP 应用安全风险分析方法与加固建议

李网灿 丁 晋

中国电信股份有限公司江苏分公司

摘 要: 目前移动 APP 已成为手机端应用流量的入口,但由于移动 APP 开发者安全风险意识淡薄,或出于恶意目的,移动 APP 应用违规收集、存储、使用个人信息的问题普遍存在,为数不少的 APP 存在超权限读写用户手机资料、文件、通讯录,并且违规收集保存个人隐私信息的行为,对公民个人信息安全造成了极大的安全威胁。为此,江苏电信通过移动 APP 应用安全监测平台对接入的手机终端流量进行分析,本文则详细介绍了监测分析方法,并提出了安全加固建议。

关键词: 移动 APP 应用;安全风险;分析方法

0 引言

移动互联网时代,移动 APP 应用安全风险越来越值得关注。近年来,由移动 APP 引发的公民个人信息泄露事件时有发生,包括短信、微信、通讯录被恶意读取、定位信息泄露、支付信息被窃取等,造成了公民个人的隐私安全、财产安全、甚至人身安全受得严重威胁。江苏电信通过移动 APP 应用安全监测平台对接入的手机终端流量进行分析,本文则详细介绍了监测分析方法,并提出了安全加固建议。

1 移动应用主要安全风险

国家计算机网络应急技术处理协调中心 CNCERT 发布的《2019 年上半年我国互联网网络安全态势》报告指明,我国移动 APP 违法违规使用公民个人信息的问题非常严重,为数不少的 APP 存在违规收集、保存、使用个人隐私信息的行为。针对以上乱象,2019 年以来中共中央网络安全和信息化委员会办公室等四部委也开展了治理 APP 专项行动。移动 APP 的主要风险分析如下:

1.1 App 应用安全风险

以 Android 操作系统为例,由于 Android 开源的特殊性,客户端的软件非常容易被篡改和反编译,没有进行过加壳保护的 APK,可以通过以下五个小工具破解,植入木马后门,如图 1 所示。



图 1 破解 APK 的五个小工具

- (1) apktool: google 提供的 APK 编译工具,用于逆向 APK 文件;
- (2) dex2jar: 安卓反编译工具,可用于将 dex 文件转换成 jar 文件;
- (3) jd-gui: Java 编程语言源代码反编译软件;
- (4) eclipse: 基于 Java 的可扩展开发平台;
- (5) 签名软件: 用于给编译后的 APK 进行签名。

通过针对 App 的破解和二次打包后,应用被破解后带来的风险有:

- (1) 在 APK 中加入广告 SDK 赚广告费。近两年恶意广告数量增幅较大,用户每安装三个 APP,其中至少有一个包含了广告。从恶意行为来看,恶意广告的趋利性更加明显。通过窃取重要隐私信息、频繁推送广告、静默下载安装其他应用、拦截短信等方式非法牟利。
- (2) 在 APK 中加入木马后门等恶意程序,添加恶意游戏链接等。
- (3) 支付中间人攻击,将正常链接修改为中间人链接,导致用户向篡改的支付链接进行付费;
- (4) 违规收集、保存、使用公众隐私信息。窃密木马会启

动监听短信，读取通话记录，屏蔽回执短信等。

(5) 读取金融类 APP 交易账号。恶意程序可能会读取手机中安装的购物客户端、银行客户端的帐号密码。

(6) 恶意色情应用通过色情图片、视频等诱骗用户点击“免费注册”，安装后会在后台静默运行，不断访问恶意色情链接，消耗流量和手机资源。

1.2 服务端安全风险

移动 APP 应用是典型的 C/S 架构，除了客户端安全风险外，服务器端的安全风险也不容忽视。服务器端的安全风险除了常见的 web 应用端风险，比如 SQL 注入、XSS 等，还有 API 安全问题。SQL 注入等传统风险，可以通过 WAF 等防护手段进行防护，但暴露在互联网上的 API 接口往往没有任何防护，需要引起重视。服务端的主要漏洞包括：(1) SQL 注入漏洞；(2) 中间件 /server 漏洞；(3) 代码 / 命令执行漏洞；(4) 任意文

件包含 / 操作漏洞；(5) 敏感文件备份；(6) 越权操作漏洞等。

2 移动应用安全检测与分析

2.1 分析流程

本文介绍的移动应用分析主要通过自动化的分析平台 + 人工分析及渗透测试的方式来发现安全漏洞和隐患。首先进行多引擎病毒查杀，如果发现病毒则终止扫描，对恶意程序进行后续处理。如果上述过程未查杀到病毒，则可以判断没有感染已知病毒及其变种，然后进入更复杂的静态和动态检测系统，进行风险分析，并给出安全、谨慎或可疑（恶意）等级。

对可疑的应用必须由人工分析进行最终确认，对于谨慎的应用的处理可以由用户策略决定。人工分析同时包括对 App 应用的安全测试以及服务端的安全测试。如图 2 所示。

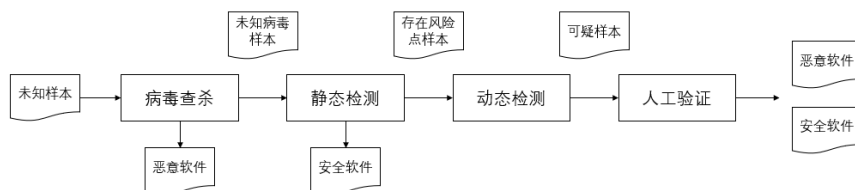


图 2 移动应用安全分析流程

2.2 静态分析

静态分析主要通过以下分析方式：终端能力调用安全测试、终端资源访问安全测试、网络访问安全测试、业务相关安全测试（需要遍历 APP 涉及业务接口滥用的测试）。

主要的安全分析项包含：

(1) 用户权限检查。包括是否具备以下各项权限：发送短信、获取本机号码、读取联系人号码、读取通话时长及号码、读取短信内容及号码、定位地理位置、监听手机通话、使用话筒录音、打开摄像头、读取已安装应用列表、打开移动网络开关、打开 WiFi 开关、打开蓝牙开关、获取设备识别码等权限。

(2) 代码保护机制。包括但不限于源码混淆保护监测、DEX 文件保护监测、资源文件保护监测、XML 文件保护检测、二次打包保护检测、so 库文件保护检测。

(3) 内置广告类型检测。给出具体的广告名称，包括积分墙、互动广告、插屏广告、功能广告、自定义广告、迷你广告等。同时进行内嵌支付接入检测、内嵌推送接入检测、内嵌统计接入检测等。

(4) 开发者敏感信息检测、数据存储安全检测等。

(5) 源代码安全分析。反编译后的源代码按照代码安全

规范进行分析。

2.3 动态分析

为进行动态分析，搭建了专用的沙箱作为动态检测系统，模拟真实的 APP 运行环境，实时观测 APP 运行时，会如何调用手机短信、微信、通讯录的资料，如何进行保存，如何进行使用，并实时记录数据调用、数据保存、数据传输等行为。动态检测系统包括黑白名单系统、IO 监控、存储监控、行为监控、逃逸监控等，具体点包括：(1) 监控短信、微信的发送地址、内容以及发起进程；(2) 监控访问互联网的 URL 和 payload；(3) 监控 APK 安装过程；(4) 监控 IO 读写事件；(5) 监控读取短信、微信、通讯录事件；(6) 监控上下行流量，支持突发流量告警；(7) 检查客户端到服务器端，数据传输是否加密。

2.4 人工分析与深度测试

2.4.1 App 人工分析

对于可疑文件，需要通过人工分析进行详细分析和确认。人工分析的主要任务是根据静态行为分析结果和动态分析日志，对代码逆向分析，最终判断是否为恶意软件。人工分析的主要测试项如图 3 所示。

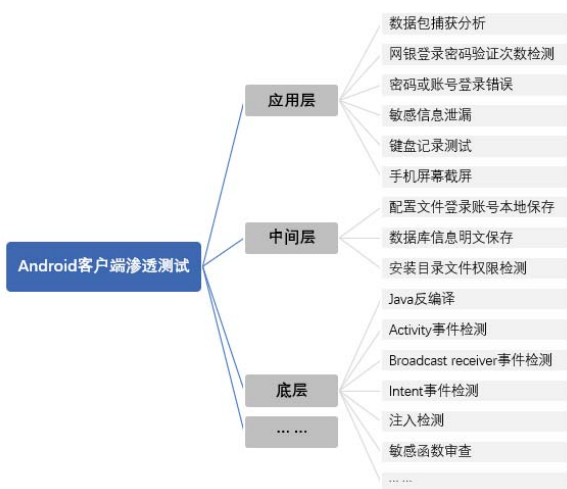


图 3 APP 人工分析主要测试项

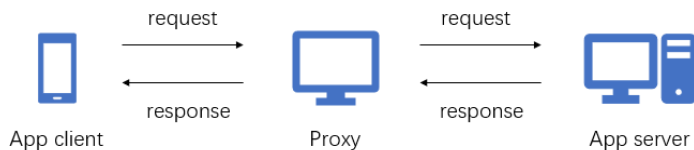


图 4 APP 渗透测试代理抓包示意图

抓取的链接直接提交任务到多引擎 web 漏洞扫描器，扫描完后再进行专门的人工渗透测试。针对 web 的渗透测试包括：

(1) 后端 web 渗透测试：数据传输加密、数据重放、数据篡改、SQL 注入漏洞、XSS、Webservices 鉴权等；(2) 业务逻辑测试：账户鉴权、平行权限、密码重置、短信验证等。

3 移动 APP 应用安全建议

3.1 APP 安全开发

安全开发过程中需要注意的事项包括用户安全登录、用户隐私保护、文件权限保护、网络通讯保护、会话标识符保护、运行时解释保护、最低授权策略、检测 UGC 内容、组件权限保护、通信频率限制等。

3.2 APP 安全加固

可通过第三方 APP 加密平台对 APP 加固保护，APP 安全加固主要方法有：

- (1) 初始阶段：代码混淆；
- (2) 中级阶段：加密加壳（主要 dex 文件加壳）；
- (3) 高级阶段：代码指令虚拟化（可执行代码转换为字节码指令系统的代码）。

主要加固内容包括了 DEX 文件保护（加壳）、资源文件保

2.4.2 App 服务端渗透测试

移动 APP 服务器端属于 web 应用端，需要防范常见的 web 应用漏洞，比如 SQL 注入、失效的身份认证、敏感信息泄露、XXE、失效的访问控制、XSS 跨站脚本、安全配置错误以及不安全的反序列化等。人工渗透可以通过两种方式来找到这些接口并通过常用的针对 web 应用渗透测试的方式进行检测。如图 4 所示。

(1) 反编译 APP，通过反编译 APP 并在静态文件源码中寻找隐藏的域名 /URL，API 接口等信息。

(2) 通过代理抓包，利用 Burp suite、Fiddler、Charles 等知名渗透测试套件抓包对 APP 的服务端进行漏洞检测。

针对 web app 和 native app 采用不同的方式：

- 1) http[s] 抓包分析（web app）
- 2) socket 通信抓包分析（native app）

护（加密）、主配置文件 xml 保护（二次签名）、so 文件保护（加壳）等防止二次打包。

3.3 采用沙箱等新技术实现 APP 内生安全

开发过程中可采用安全沙箱等最新安全技术实现如下内生安全：

- (1) 公私双域隔离

针对运行 BYOD 设备上的应用程序，隔离公私数据，对公有数据进行整体加密处理。

- (2) 数据落地保护

工作数据防止跨域拷贝 / 粘贴、防止截屏、数字水印控制等保障数据落地安全。

- (3) 文档安全阅读

系统内建安全文档阅读器，禁止工作文档通过第三方阅读器打开，防止文档泄露。

- (4) 双重沙箱保护

基于 Linux 权限模型上虚拟应用程序 /Android For Work 双技术架构进行双重保护。

3.4 APP 安全防护周期总结

在 APP 安全防护周期中，需要考虑在不同阶段关注不同的安全防护技术与手段：包括 B/S 架构移动国密浏览器处理、C/S

（下转第 80 页）

(2019 年度“嘉环杯”获奖论文二等奖)

南京某数据中心机房热管背板 空调系统改造方案研究

黎春鹏 郑 重 李海峰 刘乾恒 张 江
中通服节能技术服务有限公司

摘 要：本文介绍了南京某数据中心热管背板空调系统改造设计方案，并通过改造前后的运行数据对比分析，得出改造后的热管背板空调系统设计方案有较好的节能效果。结果表明，在南京地区数据中心建设中热管背板空调系统具有较好的推广价值。

关键词：热管背板空调系统；节能；改造方案；PUE；经济性

0 引言

近年来，以大数据、云计算、互联网为代表的信息经济迅速发展，未来 5G 时代的到来将会导致更快更密集的数据流，趋势下必然会推动更多的数据中心建设需求。目前来看，我国在数据中心的布局建设上不遗余力，从标准、规划以及鼓励扶持措施等方面提出了相关政策。党的十九大报告中也提出践行绿色发展、改善生态环境，建设美丽中国的发展理念，数据中心作为能耗巨头，如何实现数据中心的节能以及经济运行，成为通信行业内关注的研究领域。

数据中心全年均需要制冷，空调制冷能耗约占数据中心能耗的 40%，而且传统的数据中心供冷方案存在空气气流紊乱、局部过热、加湿除湿同时进行、冷冻水供水温度偏低等多种问题。本文结合南京某数据中心空调节能改造应用的典

型案例，分析了热管背板空调系统在数据中心运营中的节能经济性。

1 项目概况

该项目位于江苏省南京市，属亚热带季风气候地区，年平均温度 15.4℃，年极端气温最高为 39.7℃，最低为 -13.1℃。通信机房主楼地上五层，其中 1～4 层为百度机房，5 层为监控中心，冷冻站设计包含 1000RT 冷水机组 4 台，冷冻水供回水温度为 7/12℃。本次节能改造仅涉及 4 楼的两个原空调设计方案，均为风冷精密空调地板下送风供冷的机房，建筑面积 700 m²。机房设计参数为：机房温度 23±1℃，相对湿度 40%~50%。原机房空调配置情况如表 1 所示。

表 1 原机房空调配置情况

机房编号	设计工艺参数	原空调设计方案	机房编号	设计工艺参数	原空调设计方案	机房编号
机房一	350m ²	3.2kw	130	420kW	地板下送风	风冷精密空调 制冷量：60kW/台
机房二	350m ²	3kw	130	390kW	地板下送风	风冷精密空调 制冷量：60kW/台

2 空调改造方案设计

本项目机房制冷系统改造的原则为：充分利用数据中心通信楼原冷冻水系统，替换能效较低的风冷精密空调地板下

送风机房级的供冷方案。因此，本项目创新性地使用了热管背板空调系统机柜级的供冷方案，热管背板空调系统原理图详见图 1。该方案中配置冷水机组（含冷却塔+板式换热器自然冷源供冷）以及壳管式换热器、热管背板空调，冷水机组

提供的两路冷冻水为系统冷源；双蒸发系统的热管背板空调安装在机柜的热风侧（热管背板空调布置图详见图2），通过冷媒管与壳管式换热器相连；热管背板空调中冷媒和冷水机

组提供的冷冻水在壳管式换热器中换热，冷媒系统通过自然重力循环回流热管背板空调。热管背板空调系统不仅可以充分利用室外自然冷源，还能降低风机能耗，解决局部热点问题。

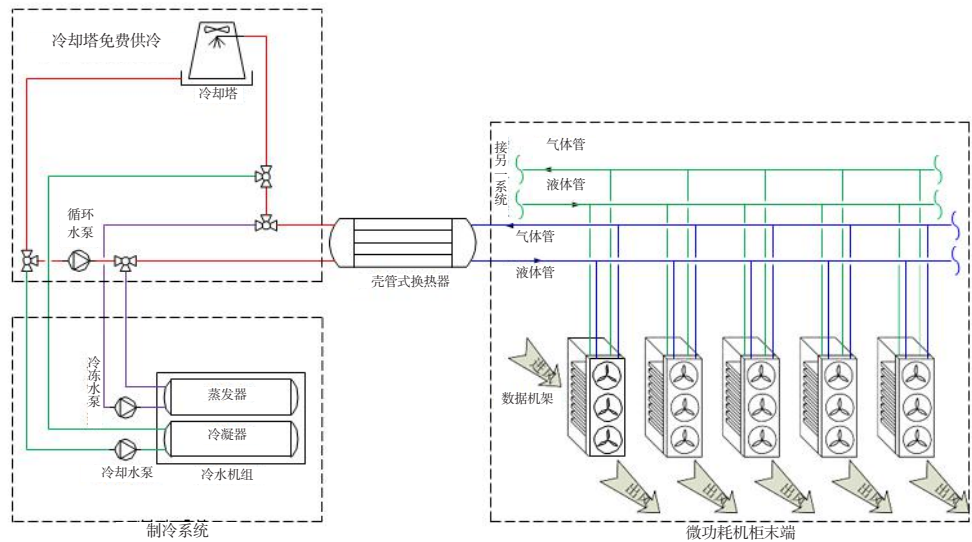


图1 热管背板空调系统原理图

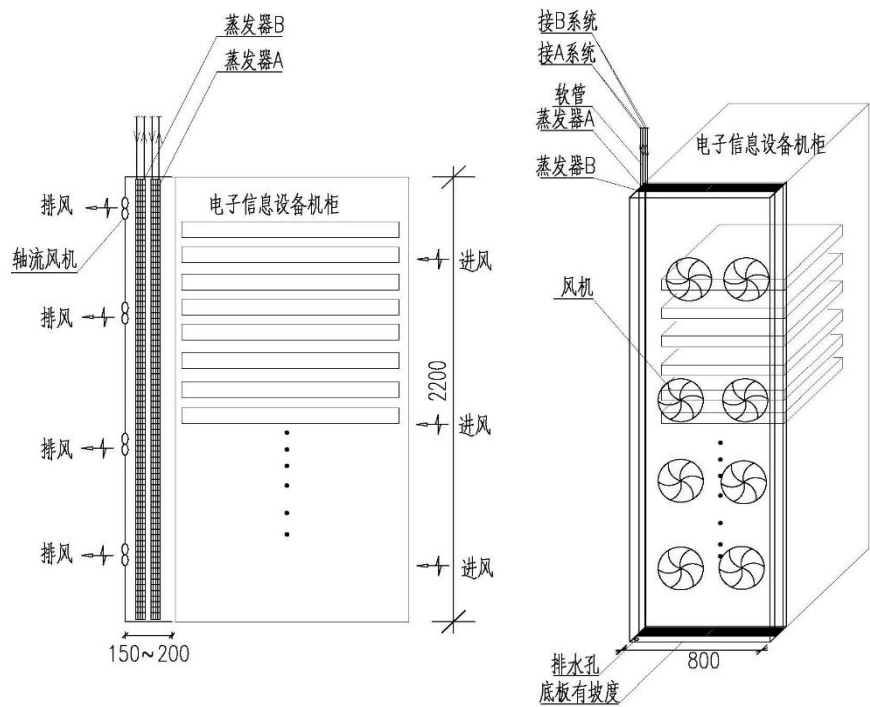


图2 热管背板空调布置图

3 热管背板空调系统节能、经济性分析

3.1 热管背板空调系统节能率、PUE 值分析

本次节能改造前后两种系统同时并存，通过实际挂表测

量，记录不同测试阶段两种制冷方案的能耗数据，统计如表2所示。

表 2 两种制冷方案的能耗数据统计

序号	测试项目	热管背板运行	精密空调运行
1	数据统计时段	11/23-11/27	12/1-12/7
2	各测试期室外环境平均温度（℃）	5.32	9.1
3	各测试期机房平均温度（℃）	23.37	23.91
4	机房 IT 设备日均能耗 Q_1/Q_1' （kWh）	3203	3148.4
5	UPS 设备能耗及线路损耗 Q_2/Q_2' （kWh）	548	538
6	热管背板空调 / 精密空调日均能耗 Q_3/Q_3' （kWh）	69	2233
7	热管背板空调运行阶段占用冷源系统用电量 Q_4 (kWh)	572	/
8	各测试期机房总能耗 Q_5/Q_5' (kWh) Q_5/Q_5'	4392	5919.4

有研究表明，随着冷凝温度 / 蒸发温度降低 / 升高 1℃，运行阶段日均能耗如下：单位制冷量功耗降低约 2%。因此，修正后的风冷精密空调运

$$Q_3'_{修正} = 2233 \times [1 - (9.1 - 5.32) \times 2\%] \times [1 + (23.91 - 23.37) \times 2\%] \times \left(1 + \frac{3203 - 3148.4}{3203}\right) = 2122.05 kWh$$
$$Q_5'_{修正} = 3148.4 + 538 + 2122.05 = 5808.45 kWh$$
$$\text{节电率} \eta = \frac{Q_3'_{修正} - Q_3 - Q_4}{Q_3'_{修正}} \times 100\% = \frac{2122.05 - 69 - 572}{2122.05} \times 100\% = 69.79\%$$

机房 PUE 概念由 Green Grid 首次提出，国家工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局关于加强绿色数据中心建设的指导意见中也明确指出新建大型数据中心 PUE 要达到 1.4 以下，机房 PUE 定义如下：

$$PUE = \frac{\text{数据中心机房总能耗}}{\text{机房IT设备能耗}}$$

根据上述 PUE 的计算公式分别计算风冷精密空调、热管背板系统的 PUE 值，数据对比如图 3 所示。

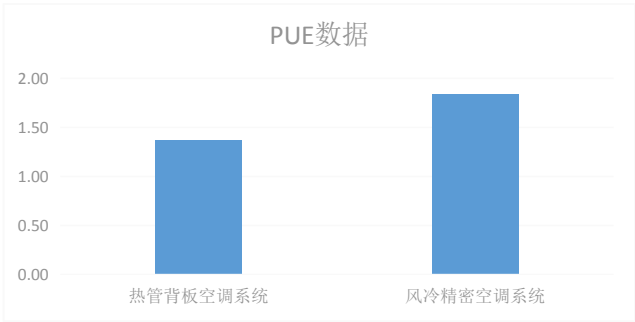


图 3 热管背板空调系统与风冷精密空调系统 PUE 值对比

3.2 热管背板空调系统经济性分析

冷精密空调系统运行比较如表 3 所示。

根据 3.1 能耗数据统计，采用热管背板空调系统和常规风

表 3 热管背板空调系统与风冷精密空调系统运行情况表

	全年耗电量 kWh	电费单价 元 / kWh	年运行费用 万元	标煤消耗量 吨	CO ² 排放量吨
热管背板空调系统	233965	0.86	20.12	80.72	211.48
风冷精密空调系统	774548.25	0.86	66.61	267.22	700.11
统计差值	540583.25	0	46.49	186.50	488.63

$$t = (238 - 119) / 46.49 = 2.56 \text{ 年}$$

本文通过南京某数据中心机房空调系统节能改造实际案例入手,阐述了热管背板空调系统在数据中心建设中的原理、优势、应用场景,为数据中心空调系统节能改造提供了一种可行的参考方案。此外,热管背板空调系统方案相比传统风

冷精密空调系统方案节能优势明显，机房整体 PUE 满足国家对绿色数据中心 PUE 的设计要求，投资回收期较短，节能减排潜力较大。

责任编辑：王玉)

(上接第 73 页)

人工智能研发支持。

ETL 建设效果：主要通过 Kettle 等 ETL 工具实现，部分汇聚也通过 RPA 建设抽取机器人实现。目前实现了每日 600 多万条数据由各层系统向决策层的大数据平台汇聚，为决策层应用提供了坚实的数据基础与保障。

江苏通服的智慧企业建设是将“云、大、物、移、智”等现代信息技术应用于电信基建服务行业的创新性改革。通过一

系列建设、实践，为企业带来明显的管理与效益提升，同时也起到良好的行业与社会示范效应。但人工智能技术及相关应用目前仍处于快速发展阶段，江苏通服的智慧企业的建设也将是一个长期的过程，很多细分智慧场景应用仍需不断提升。此外，如何将江苏通服自身智慧企业应用以软件产品或云化服务的形式提供给行业其他企业，助力全行业企业智慧化能力提升和高质量发展也是未来需研究的一个课题。

责任编辑：王玉)

(上接第 76 页)

架构远程虚拟化桌面管理、静态代码审计、动态渗透测试、防逆向 VMP 加固技术、杀毒引擎与防病毒模块、安全沙箱等技术防护、多角度 APP 防护 SDK、APP 发行渠道动态监测和 APP 专项加固等。

随着移动互联网的快速发展,各种手机应用软件呈爆发式

增长。部分手机 APP 过度收集、违规使用个人信息,导致个人隐私信息泄露。本文针对移动 APP 安全风险提出了一系列监测分析方法,并提出了安全加固建议。江苏电信使用上述的监测分析方法,对超过 100 款 APP 进行了监测分析,将发现的安全风险及时通告客户,取得了良好效果。本文提出的方法可供移动 APP 开发单位、运营商以及监管单位借鉴参考。

见习责任编辑：韩菁菁)

《2019 年通信业统计公报》摘录

2019年,我国通信业深入贯彻落实党中央、国务院决策部署,坚持新发展理念,积极践行网络强国战略,5G 建设有序推进,新型信息基础设施能力不断提升,有力支撑社会的数字化转型。

一、行业保持平稳运行

(一) 电信业务收入企稳回升,电信业务总量较快增长
初步核算,2019 年电信业务收入累计完成 1.31 万亿元,比上年增长 0.8%。按照上年价格计算的电信业务总量 1.74 万亿元,比上年增长 18.5%。



图 1-1 2014-2019 年电信业务收入增长情况

(二) 固定通信业务保持较快增长,占比持续提高
2019 年,固定通信业务收入完成 4161 亿元,比上年增长 9.5%,在电信业务收入中占比达 31.8%,占比较上年提高 2.6

个百分点;移动通信业务实现收入 8942 亿元,比上年减少 2.9%,在电信业务收入中占比降至 68.2%。

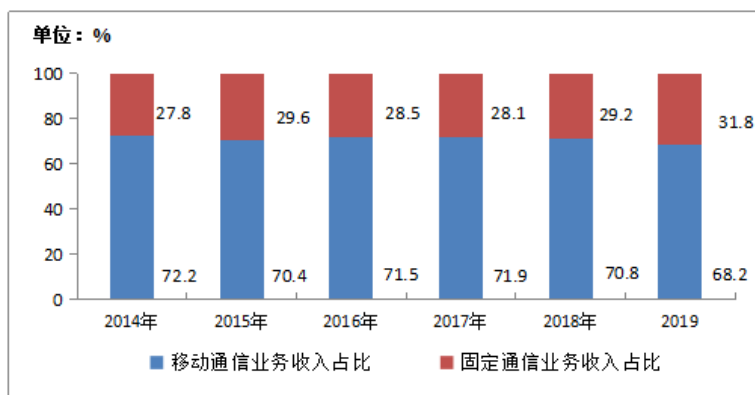


图 1-2 2014-2019 年移动通信业务和固定通信业务收入占比情况

在用户规模增长放缓、互联网应用替代等多种因素影响下,2019年话音业务收入完成1622亿元,比上年下降15.5%,在电信业务收入中的占比降至12.4%。

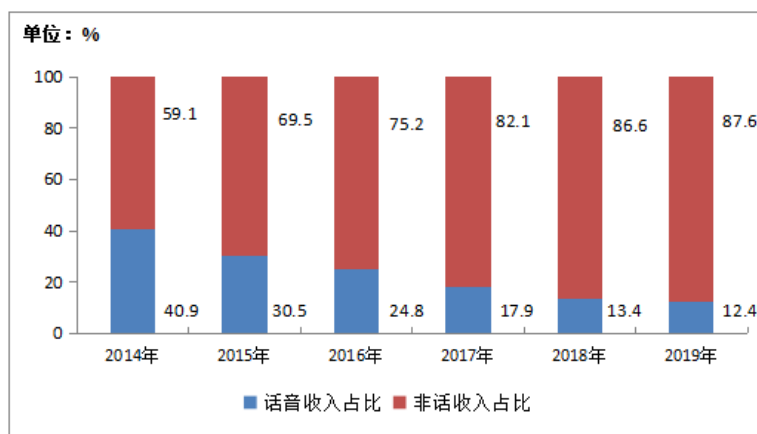


图 1-3 2014-2019 年电信收入结构（话音和非话音）情况

（三）数据和互联网业务较快增长，新兴业务成新动力
 密切配合地方政府，加快推动智慧城市等重大工程 and 项目建设，积极提供 5G、物联网、大数据、云计算、人工智能等新兴业务，为政府注智，为行业赋能，固定增值及其他业务逐渐成为行业发展新动力。2019 年，固定数据及互联网业

务收入完成 2175 亿元，比上年增长 5.1%，在电信业务收入中占比由上年的 15.9% 提升到 16.6%；移动数据及互联网业务收入 6082 亿元，比上年增长 1.5%；固定增值业务收入 1371 亿元，比上年增长 21.2%，其中，IPTV（网络电视）业务收入 294 亿元，比上年增长 21.1%；物联网业务收入比上年增长 25.5%。



图 1-4 2014-2019 年固定数据及互联网业务收入发展情况



图 1-5 2014-2019 年移动数据及互联网业务收入发展情况

《公报》其余部分为：二、网络提速和普遍服务效果显著，三、移动数据流量消费规模稳步扩大，四、网络基础设施能

力不断夯实，五、东中西部地区协调发展。由于本刊篇幅所限，仅选登第一部分，全文详见《2019 年通信业统计公报》。

（以上数据来源：工业和信息化部）

江苏亨通光纤科技有限公司

超低损耗光纤解决方案



光纤是光通信的关键基础材料，随着 5G 移动互联网、大数据、物联网、人工智能的高速发展，常规单模光纤已不能满足 400G 超高速超大容量网络传输需求，开发新型的超低损耗大有效面积光纤迫在眉睫。但长期以来超低损耗光纤关键技术一直被国外垄断，我国超低损耗大有效面积光纤产业化能力不足，严重依赖进口，限制了我国信息化发展进程。

亨通超低损耗光纤项目历经十余年持续攻关，在国家和省部级计划的支持下，率先攻克了超低损耗光纤结构设计、材料体系、产业化制备的技术难题，开发了超低损耗光纤制备新工艺，建立了超低损耗光纤成套新装备及产业化平台，实现了超低损耗光纤的大规模产业化，使亨通成为行业领先的超低损耗光纤解决方案供应商。

亨通超低损耗光纤解决方案实现了自主技术突破，技术指标达到了国际领先水平，打破了国外技术垄断，摆脱了我国关键技术受制于人的局面。项目的成功极大地降低了国内运营商长距离低损耗陆地通信干线工程和海底光缆系统工程的敷设成本，提高了我国光纤通信的可靠性，为 5G 网络基础设施建设提供了有力支持。项目产业化投产后，增加了约 100 个就业岗位，满产后年可为国家和地方增加各类税收超 1 亿元，有利于促进地方经济发展和社会稳定。

项目成功建立了超低损耗光纤自主知识产权体系，获发明专利 7 项，发表论文 5 篇，制定国标、行标 2 项，获软件著作权 2 项，产品通过中国泰尔实验室检测认证，并成功应用于中国联通 400G 陆地大容量通信工程、华为跨洋海缆工程等重大项目。部分成果获 2019 年度中国光学工程学会科技进步一等奖、2018 年度江苏省科学技术一等奖、2017 年度中国电子学会科技进步一等奖、2016 年度苏州市科技进步一等奖。

广东省电信规划设计院有限公司

Guangdongshengdianxinguihuashejiyuanyouxiangongsi



广东省电信规划设计院有限公司（以下简称公司）成立于1984年，系中国通信服务股份有限公司旗下专门从事通信网络设计、规划与咨询、IT服务与软件开发、信息化管理咨询、通信建设总包、ICT/ITT/IDT集成总包等业务的龙头企业。公司已成为“信息与智能化服务领航者”为愿景，业务遍及国内除台湾外的31省、市、自治区、港澳特别行政区，以及马来西亚、文莱、印尼等海外地区。客户涵盖国内外通信运营商、设备提供商、政府和企事业单位，与中国电信集团、中国移动、中国联通、中国铁塔建立了长期、稳定的战略合作关系。近年来，公司加大在云计算、5G研究、物联网、人工智能、视频监控、智慧城市、数字政务、大数据等业务领域的研发投入，为电子政务、智慧城市、智慧安防、智慧交通、教育医疗等多个行业客户提供了成熟的信息化应用解决方案和服务产品。依托深厚的技术实力、过硬的项目质量、全方位的合作及优质的服务，为客户提供专业化、个性化、差异化、全方位的优质服务和解决方案，广受海内外客户美誉。

公司持有国家各主管部门颁发的工程勘察（工程测量）甲级证书、工程设计（通信工程/建筑工程）甲级证书、工程咨询（通信信息/建筑）甲级资质证书、通信信息网络集成企业甲级证书、涉密信息系统集成甲级资质证书、信息系统安全集成服务壹级资质证书、信息系统集成及服务贰级资质证书及工程招标代理机构乙级资质证书等。公司多年以来非常重视科技研发和技术积累，共承担广东省科技厅、广东省经信委等省级科技计划项目7项，广州市科技计划项目10项，公司获得软件产品著作权88项，国家发明专利授权17项，国家外观设计专利授权2项，发明专利受理25项。公司荣获国家级优秀咨询设计、优质工程奖46项，省部级优秀通信咨询设计奖212项，省局级优秀通信咨询设计奖300余项。其中“中国电信CN2网络工程”获得2009年度国家级优秀工程设计金奖、2013年国家级优质工程金奖，“中国电信长途软交换试商用工程”获得2008年度国家级优秀工程设计银奖，项目取得了良好的社会效益与经济效益。

南京分公司成立于2006年，主要负责华东华中通信市场的拓展和生产。分公司总部设在江苏省南京市湖南路商圈，员工本科以上学历占95%以上，在江苏省内13个地市均设有办事处。南京分公司现可为运营商及政企客户提供包括无线网、传送网、IP承载网、核心网、业务网、IT支撑网、建筑（含配套）、系统集成等多专业、全方位的可研、规划、设计等咨询服务，获得江苏移动“年度优秀合作伙伴”及江苏省通信管理局“诚信企业”、“省局级优秀设计一等奖”等荣誉称号。同时南京分院承接的江苏省粮食局“数字粮食”建设工程、无锡市人民检察院业务大楼改造项目智能化设计、北京亦庄腾龙数据云服务项目、贵州省（安顺）数据中心设计项目、盐城市信息通信基础设施空间布局规划、扬州市信息通信基础设施空间布局规划编制项目、合肥量子城域网集控站项目工程设计等多个政企项目，获得了政企客户的一致好评。南京分院是一支充满活力与朝气的年轻队伍，是“领创之道”的践行者，全体员工情义于心，荣耀同行，领创未来，为实现“信息与智能化服务领航者”的愿景而不懈奋斗！

