

基于5G SA网络的智慧港口

Research on Smart Port Network
Deployment Scheme Based on 5G
SA Network

网络部署方案研究

陈云,刘之光,陶伟宜(华信咨询设计研究院有限公司,浙江 杭州 310052)

Chen Yun, Liu Zhiguang, Tao Weiyi (Huaxin Consulting and Designing Institute Co., Ltd., Hangzhou 310052, China)

摘要:

5G+智慧港口将使港口具有高度的智慧化、数字化发展水平,从而更能适应现代港口的发展需要,满足当前港口面临的降本增效诉求。结合某港口的实际情况和需求,进行了有针对性的5G SA网络方案研究及现网实际部署,并在网络部署后对业务质量进行测试验证,证明5G网络能满足港口高可靠、低时延的业务需求。

关键词:

智慧港口;5G;远程控制

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.09.001

文章编号:1007-3043(2023)09-0001-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The 5G+smart port enables the port to have a high level of intelligent and digital development, so as to better adapt to the development needs of modern ports and solve the current demand for cost reduction and efficiency increase faced by the port. In combination with the actual situation and needs of a port, it carries out targeted 5G SA network scheme research and actual deployment of the existing network, and tests the service quality after the network deployment, which proves that the 5G network can meet the port's high reliability and low latency business needs.

Keywords:

Smart port; 5G; Remote control

引用格式:陈云,刘之光,陶伟宜. 基于5G SA网络的智慧港口网络部署方案研究[J]. 邮电设计技术, 2023(9): 1-5.

1 概述

随着工业发展演进到工业4.0(智能化时代),港口作为经济发展的重要支撑,也在不断地演进。传统港口以传统的货物装卸、堆存为主,主要发挥货物集散转运作用,相关增值服务很少,功能定位为货物集散中心;现代港口具备使货物增值的临港物流、多式联运、产业互动、特色口岸等服务功能以及全球资源配置枢纽,功能定位为物流服务中心和进出口中心;智慧港口则应用新一代数字通信技术为客户提供高附

加值、高敏捷性的综合供应链服务,具有高度的智慧化、数字化发展水平,是港口发展的高级阶段,是具有生产智能、管理智慧、服务柔性、保障有力等特征的智慧化港口。

随着“一带一路”倡议的实施,中国已经成为第一贸易大国。截至2021年底,全球港口货物吞吐量和集装箱吞吐量前10名的港口中,中国港口分别占8席和7席。但中国乃至全球港口智能化建设还处于初期阶段,中国目前已建成10座自动化集装箱码头,有7座自动化集装箱码头在建。

在全球港口面临劳动力成本攀升、劳动力短缺难题的时候,通过自动化改造进行降本增效成为全球港

收稿日期:2023-07-17

口共同的诉求。5G技术具有“低时延控制、大带宽监控、高可靠连接”优势,5G SA网络在港口的部署可以助力港口操作智能化和企业管理平台化,提升港口运营效率,为港口自动化提供新的动力。

2 业务场景

2.1 场景概述

港口集装箱码头作业区域分为装卸作业、堆场作业和闸口作业三大区域。集装箱在港口的流转采用闸口一场桥—集卡—岸桥的工艺系统,涉及水平运输和垂直运输两大类运输系统(见图1)。

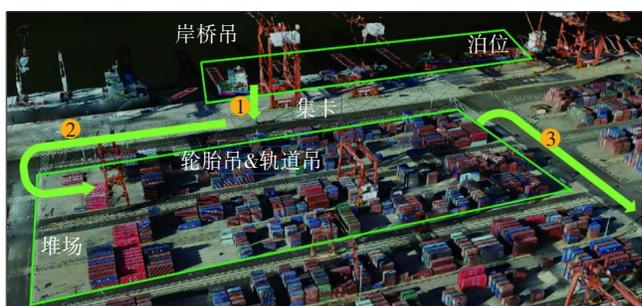


图1 港口作业区域分布

港口作业的主要流程如下(见图2)。

- 货船到岸,通过岸桥装卸(垂直运输)。
- 集卡/AGV/跨运车将货物运到堆场(水平运输)。
- 场桥(轨道吊/轮胎吊)卸货/装货到集卡(垂直运输)。
- 进/出海关闸口(外集卡,水平运输)。

传统/现代港口作业方式主要存在如下问题。

a) 运营效率问题。港口的重要基础设施包括码头泊位、作业机械、堆场、仓库、航道和锚地等,设施的利用程度直接影响港口的整体运营效率,港口基础设施利用越充分,港口效率就越高,这带来了365×24 h不间断作业的要求。

b) 人工成本问题。岸桥吊/龙门吊/集卡等设备,24 h作业要求有3名作业人员轮换,对作业人员数量

需求大;龙门吊司机技能要求高,培训时间长,是特殊工种,作业人员招工难度高。近年来一些港口企业的平均年人工成本的增长幅度超过10%,占总成本的比例达到了1/3。

c) 安全问题。港口为临海环境,气候条件较恶劣;作业人员需在30 m高的龙门吊操控室连续作业;作业人员需长期低头作业,极易疲劳。以上各种风险因素容易造成安全问题,从而影响港口运营。

2.2 主要场景

基于以上分析,智慧港口现阶段最主要的诉求为:降低劳动强度,降低人工成本;提高生产安全,改善工作环境;减少天气因素影响,全天候24 h作业。结合港口的作业流程,将5G引入智慧港口的建设中,主要应用场景如下。

- 垂直运输系统远程控制:岸桥远控,场桥远控(龙门吊)。
- 水平运输系统自动驾驶:AGV,无人驾驶内集卡。

本文主要研究5G引入垂直运输系统远程控制的解决方案。

2.3 业务需求

2.3.1 作业流程

港口龙门吊远程控制业务的典型示意如图3所示。

位于港口中控室(远程控制中心)的操作人员获取码头运营系统下发的调度任务后,根据堆场现场龙门吊实时回传的高清视频了解周边状况,通过操纵杆的可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)来远程实时控制龙门吊及其抓手的移动操作、抓手抓取/放开等操作,实现集装箱的堆放与转运。

2.3.2 网络需求

龙门吊远控对5G专网的网络需求主要是控制命令的下发及10~12路摄像头视频回传,具体指标要求如下。

- PLC:下行速率为100 kbit/s;时延及可靠性为

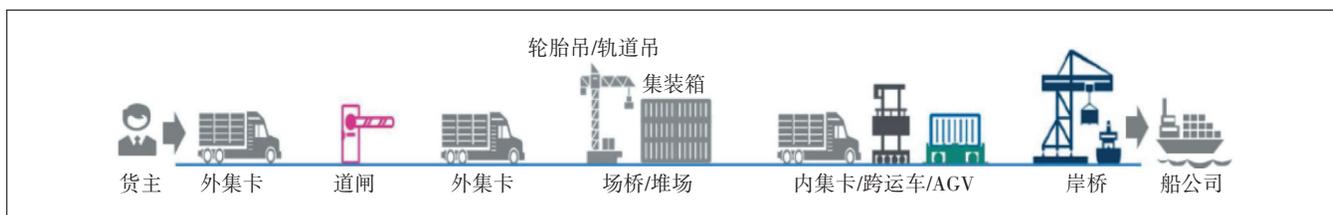


图2 港口作业流程

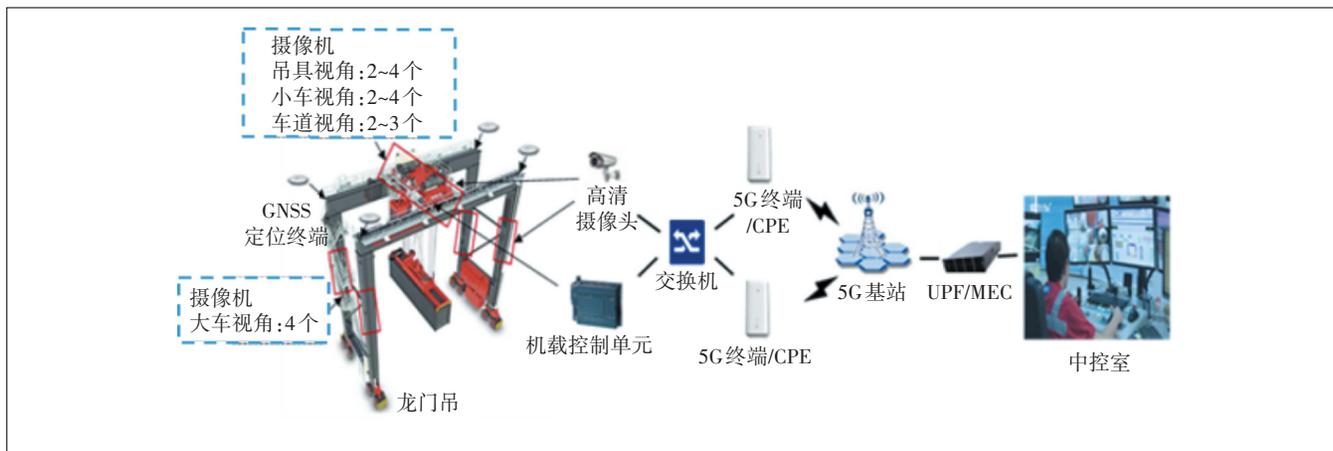


图3 港口龙门吊远程控制业务示意

30 ms@99.99%。

b) 2K摄像头:上行速率为60 Mbit/s;时延及可靠性为50 ms@99.9%。

c) 普通摄像头:上行速率为40 Mbit/s;时延及可靠性为50 ms@99.9%。

2.3.3 组网方案

目前港口场桥等港机设备采用L2/L3协议混传(控制信号采用Profinet/S7等协议,视频信号采用TCP/UDP/IP协议),采用5G专网来承载远控信号时,需要在5G接入的CPE前端新增AR路由器建立层二或层三隧道。同时还需从信号传输、时延以及可靠性等维度来考虑组网方案。

a) 信号传输考虑:为降低控制信号时延,避免影响港机远控效果,组网方案中监控视频和控制信号通过不同的隧道进行分离传输。

b) 时延考虑:5G场吊远控方案通过UPF下沉到港区进行部署,降低PLC控制信号端到端时延。同时,无线空口采用RB(Resource Block)预留及低IBLER(Initial Block Error Rate)方案,以优化时延及提

升时延稳定性。

c) 可靠性考虑:龙门吊业务为港口核心作业流程之一,对5G网络可靠性要求很高,可部署终端双发选收方案来保证5G链路传输可靠性及低时延稳定性。

5G龙门吊远控组网方案如图4所示。

3 网络解决方案

3.1 总体组网方案

基于运营商省级集中部署的5GC进行5G核心网信令承载,港区内远控数据通过CPE上联到5G基站,港区下沉UPF进行港区数据就近分流卸载,通过N6接口访问港口远程控制系统。基于容量和覆盖要求进行无线网络设计,通过空口时延优化、UPF下沉实现超低时延(见图5)。

3.2 网络解决方案

3.2.1 无线解决方案

a) 采用SA专网方式进行组网,根据港口容量需求,建设若干个站点和小区;AAU均部署在码头内的灯杆上,BBU部署在码头内机房。

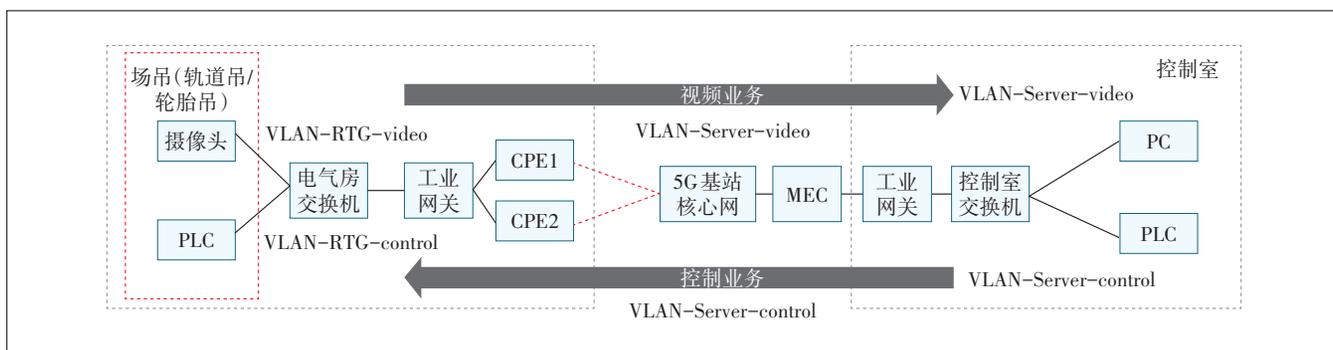


图4 场吊远控组网方案

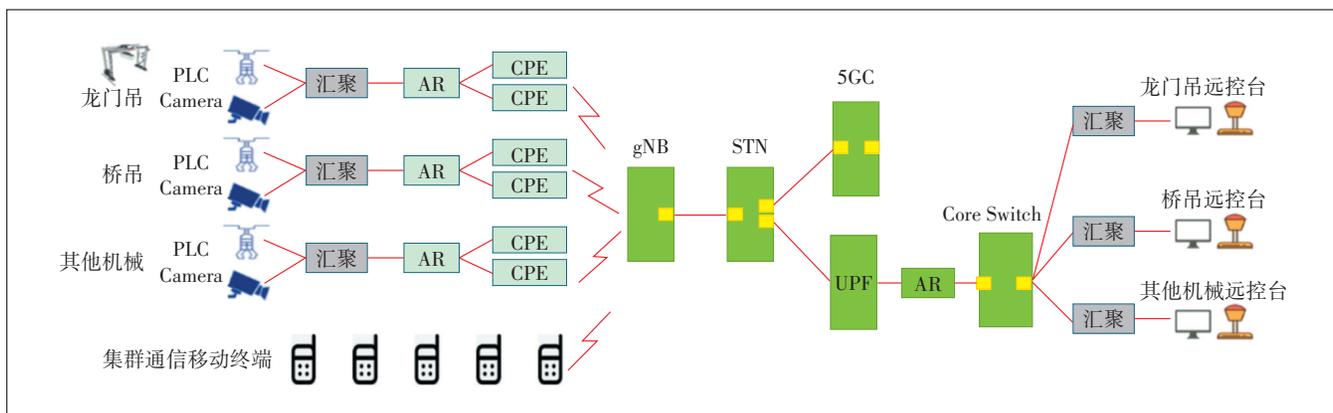


图5 总体组网架构

b) 无线频段采用3.5 GHz + 3.6 GHz 双频组网, 3.5 GHz (7D3U)小区单用户上行双流理论峰值约为378 Mbit/s;考虑多用户接入和码头业务场景,单小区上行容量按240 Mbit/s规划,双载波组网上行容量可超过400 Mbit/s,能够满足客户业务需求。

c) 专网基站采用CRAN方式组网,前传网采用双eCPRI口连接,满足容量和备份需求。

d) 为了实现高可靠、低时延,开启上行预调度,调整预调度时长和资源大小,以保证端到端时延控制在30 ms以内。

3.2.2 核心网解决方案

部署方案:UPF下沉至港区机房,数据不出港区,满足低时延业务需求;同时也减少了港区摄像头视频流量对骨干承载网资源的占用。

分流方案:针对港区内专网业务,规划1个专用切片进行港区专网业务和公众公网业务数据的隔离。不同类型5G终端接入5G基站后,将公网业务和专网业务映射到不同切片。港区内用户终端附着激活后由省中心SMF根据“S-NSSAI+园区DNN”选择下沉至港区UPF作为主锚点,对港区业务进行本地流量卸载,保证港区用户业务真正不出园区。

业务实现方式:静态IP地址+QoS。采用静态IPv4设计,在开卡时绑定特定IPv4地址,终端每次激活会话后IP地址固定不变,方便港区内远程控制服务器根据IP地址与终端进行业务交互。

通过港区远控业务需求分析,在港区的这个专用切片内,监控摄像头业务签约默认5QI=9,PLC远程控制对交互实时性要求高,优先级相对高,签约5QI=6。

3.2.3 承载网解决方案

港区内设置1对入驻A设备,与上联STN-B按规

范组接入环,与DCGW通过trunk口对接。

入驻A与STN-B之间配置主备L2 PW隧道,在STN-B上做L2+L3终结。

DCGW与港区远程控制系统网络通过10GE光纤拉通,实现N6流量不出港区(见图6)。

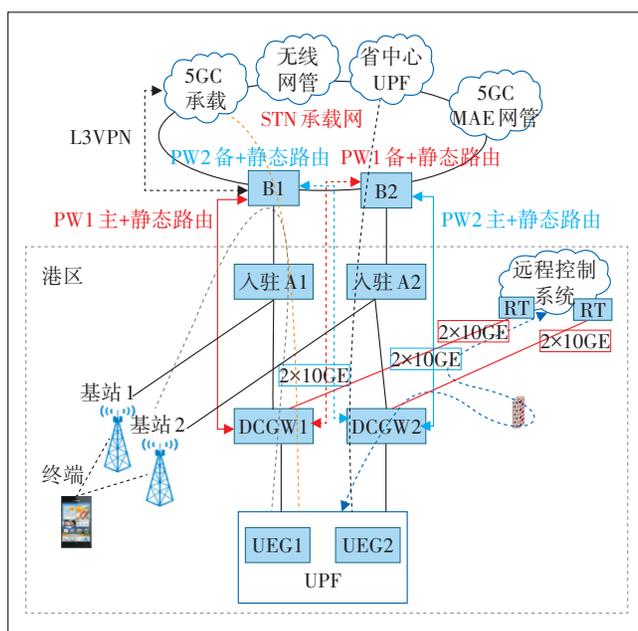


图6 承载网架构

3.2.4 终端(CPE)解决方案

如图7所示,对龙门吊PLC远控数据采取空口链路级保护技术——双发选收,支持双发选收的终端(CPE)将PLC流数据包复制之后,把原始包和复制包通过2条无线空口链路同时上传,所有的数据包送到UPF,由UPF处部署的网关功能对数据包进行缓存、排序、去重复操作,恢复原始的数据流。以实现先到的数据包先处理,后到的数据包则丢弃,从而解决丢包

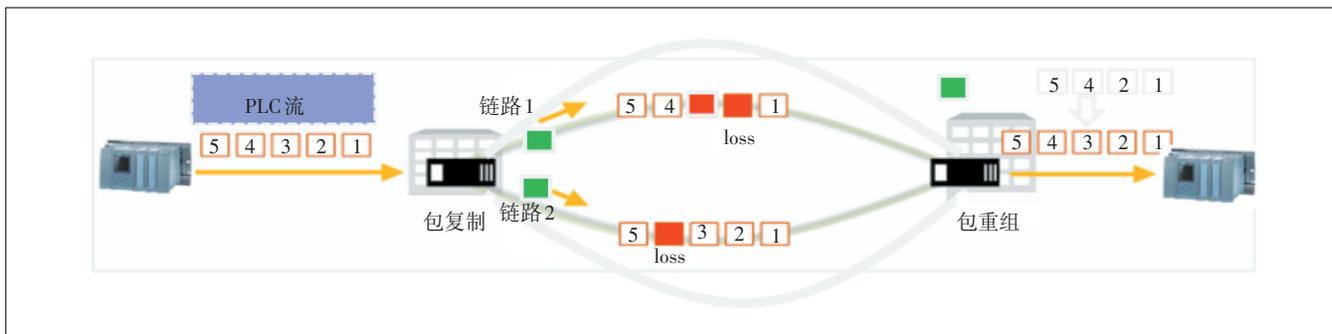


图7 终端双发选收解决方案

跳控问题,在保障业务高可靠运行的同时保障业务低时延。

由于龙门吊 PLC 远控数据流量较小,虽然占用了 2 条空口链路进行数据包传输,但对基站整体带宽的占用影响不大,且在现场采用双发选收方式后进行测试,全程无丢包现象及跳控现象,能满足 PLC 远程控制的需求。

3.3 业务测试情况

5G+智慧港口场景除了关注覆盖等性能指标外,更加聚焦业务的可用性,包括容量和业务质量等。

3.3.1 覆盖测试

测试结果显示,整个港口区域无线覆盖率达到 99.97%,平均 SINR 为 14.5 dB,其中 RSRP 大于 -85 dBm 以上的比例达到 99.48%,SINR 大于 5 dB 以上的比例达到 92.8%,整个港区达到优质覆盖。

3.3.2 容量测试

在港口各区域内选择多个点位进行测试,4 台终端同时做 FTP 上行业务,保持 1 min 以上,取 4 台终端的平均速率为该点位速率。经测试,各区域单用户带宽和总带宽需求都满足港口各业务上行容量需求。

3.3.3 时延测试

在港区各区域测试的平均时延为 26 ms,满足港区远程控制小于 30 ms 的时延要求。

4 结束语

本文研究的某码头智慧港口 5G SA 网络部署方案,基于 5G+智慧港口行业应用场景,构建 5G+网络切片专网,融合 5G 龙门吊远控、5G 智能集卡等典型应用,形成满足智慧港口应用需求的 5G SA 网络方案,树立了 5G 智慧港口行业应用示范标杆。在现阶段智慧港口融合应用平台成熟运营的基础上,未来还可以融合智能理货、360°作业综合调度等典型应用。

参考文献:

- [1] 纪蓉. 新基建助力智慧港口高质量发展的思路和方案[J]. 通信世界,2022(8):44-45.
- [2] 杜晓明,叶美灵. 5G 等信息化技术助力打造智慧港口[J]. 数字通信世界,2022(1):4-6.
- [3] 袁玉祥,随振营. 新兴技术在智慧港口的应用现状及发展趋势[J]. 中国水运,2022(3):60-62.
- [4] 董月滋,毛斌宏. 5G 网络切片在智慧港口的应用研究[J]. 广东通信技术,2022(3):56-59.
- [5] 陈大明,但德东. 基于 5G 切片技术的智慧港口物联技术探索与应用[J]. 数字通信世界,2022(1):120-122.
- [6] 王东,张龙,程锦霞,等. 5G 网络助力下的中国智慧港口发展探析[J]. 水道港口,2021(5):695-700.
- [7] 薄明霞,白冰. 5G 智慧港口行业应用安全解决方案[J]. 信息安全研究,2021(5):428-435.
- [8] 朱峥,苏玮. 5G 智慧港口的设计与实现[J]. 智能建筑与智慧城市,2021(4):81-82,86.
- [9] 苏超. 基于物联网的智慧港口建设方案[J]. 数字通信世界,2021(3):188-189.
- [10] 施展,张炜,赵建. 智慧港口物联网建设技术研究[J]. 中国高新技术,2021(23):49-50.
- [11] 王信龙,王子萌. 基于 5G 的智慧港口应用研究[J]. 数据通信,2021(5):4-6.
- [12] 陈浩. 5G 智慧港口行业应用解决方案[J]. 通讯世界,2021(11):182-184.
- [13] 罗新军,许步扬. 面向智慧港口的广电 5G 专网解决方案[J]. 通信电源技术,2021(11):112-114.
- [14] 吴建雄. 5G 定制网在智慧港口领域的应用研究[J]. 通讯世界,2021(7):141-142.
- [15] 王东,张龙,程锦霞,等. 基于运营商专网的 5G 智慧港口解决方案[J]. 移动通信,2019(9):53-61.

作者简介:

陈云,高级工程师,主要从事移动网络规划设计及软课题研究工作;刘之光,高级工程师,主要从事无线网络研究工作;陶伟宜,正高级工程师,主要从事核心网网络规划设计及软课题研究工作。