

基于5G网络的海关智能视频监管技术研究

李嘉平 陈鹏

(中华人民共和国黄埔海关 广州 510700;
广东省口岸安全智能化检测重点实验室 广州 510700)

摘要 文中介绍了5G技术的原理、特点,探索了5G技术在海关智能视频监管方面的创新应用,并以黄埔海关在5G综合监控指挥平台建设中的研究和探索为例,系统阐述了如何应用5G技术高效传输监管现场的实时视频,并结合AR、图像识别、云计算等技术,推进“视频+数据”的融合应用,全面提升了海关监管的场景化、智能化和实战化水平。

关键词: 5G网络;智能视频;监管技术

中图分类号 TP399

Research on Customs Intelligent Video Supervision Technology Based on 5G Network

LI Jiaping and CHEN Peng

(Huangpu Customs of the People's Republic of China,Guangzhou 510700,China;
Guangdong Provincial Key Laboratory of Port Safety Intelligent Testing,Guangzhou 510700,China)

Abstract This paper introduces the principle and characteristics of 5G technology,explores the innovative application of 5G technology in customs intelligent video supervision, and takes the research and exploration of Whampoa Customs in the construction of 5G comprehensive monitoring and command platform as an example,systematically expounds how to apply 5G technology to efficiently transmit real-time video on the scene of supervision, and combines AR, image recognition, cloud computing and other technologies to promote the integrated application of "video + data",which comprehensively enhances the level of customs supervision scene,intelligence and actual combat.

Key words 5G network,Intelligent video,Regulatory technology

0 引言

近年来,第五代移动通信技术(5G)发展较快,为各行各业的发展提供了动力。我国高度重视5G技术的发展,加快推进5G网络、数据中心等新型基础设施建设,重点支持“两新一重”建设,如2022年政府工作报告明确提出“建设数字信息基础设施,推进5G规模化应用,促进产业数字化转型”。

近年,海关总署积极推动着海关5G技术的应用与发展,《“十四五”海关发展规划》指出,“(要)拓展人工智能、5G、物联网等新技术在智慧海关建设中的应用,强化实用性关键核心技术研发,实现科技装备小型化、便携化、智能化”。《“十四五”海关科技发展规划》指出,“(要)引入5G等技术,规划建立新一代信息化基础网络”。2023年,《海关总署智慧海关建设方案》指出,“加速实现边缘计算、5G、云计算、人工智能、数字孪生、AR/VR、区块链等数

字技术与海关业务的融合,实现智能化升级”。因此,黄埔海关近年来持续加大了对5G技术应用的研究和探索,推动了多个5G技术应用项目的落地,提升了海关监管效能,取得了初步成效。

1 现状分析

2023年,《海关总署智慧海关建设方案》提出,“(要)将数字化、智能化等新技术广泛应用于海关监管服务,实现海关治理体系和治理能力的现代化”,这对口岸监控执法提出了更高的要求。对照新目标、新要求,黄埔海关口岸监控指挥体系仍存在一些不足,如海关现场传统“站桩式”监控效果欠佳,在部份条件较差的业务现场,还存在管道布线困难的问题;新型“移动式”监控受4G网络带宽制约,画面存在卡顿现象,清晰度较低;在一些特殊的监管现场,如监装监卸现场、危化品监管现场等,由于货物堆叠、气温过高、危化

基金项目:2020年度广东省重点领域研发计划:“新一代通信与网络”重大专项广东地区海关于国门安全与通关便利化5G垂直应用示范项目(2020B0101130022)

作者简介:李嘉平(1967—),本科,高级工程师,研究方向为国门安全信息技术;陈鹏(1978—),本科,高级工程师,研究方向为国门安全信息技术。

品有害健康等,现场执法人员还面临着安全威胁,这对远程监控提出了更高的要求;对口岸执法情况的监控过于依赖视频,传统采取核实单证流、数据流的监控方式,导致监控目标不明确、效果不理想;原有监控指挥系统功能单一,缺乏系统关联性,协同作业效率较低,利用业务系统和监控系统的数据开展分析、锁定高风险目标的能力不足,监控有效性的波动较大,难以合理评估口岸执法风险。针对上述情况,黄埔海关围绕智慧海关建设,发挥科技的引领与支撑作用,持续深化了口岸综合监控指挥体系建设,以构建“反应灵敏、处置精准、协同有力”的智慧监控指挥平台。

2 5G+智能视频监控

黄埔海关围绕海关总署“智慧海关”建设要求,充分利用5G、AR、VR、云计算等先进技术,打造了信息链、数据链、视频链的“三链合一”全景式监控,结合场所、运输工具、货物“三位一体”智慧监管模式,深入推进口岸监控指挥中心的实体化运作,形成“发现问题、解决问题、处置问题”的完整闭环^[1]。

研发基于5G网络的口岸货物通关智能视频监控技术,可以面向一线现场各类监管设备,提升数据传输处理能力,推进“视频+数据”的融合应用,挖掘各类数据信息的价值,实现全景式、链条式、穿透式的智能监管,助力口岸监控指挥中心的实体化运作。在海关监控指挥中心,可将5G网络回传的高清视频作为底层数据,实现“5G+智能视频监控”的应用。(1)结合AR等技术实现大型现场全景监控,宏观展示监管场所的卡口、泊位、堆场、查验台等区域,管控摄像头、单兵、机器人、H986、辐射探测门等监管资源的分布。(2)与智能通关系统对接,实现可视化物流监控,滚动展示卡口、泊位等实时通关数据,如船泊、集装箱、车牌等,结合高低点立体监控,以画中画、分屏式的形式开展业务动态监控。(3)结合图像识别技术,实现较大区域内的集装箱关联报关单数据查询,如当监控人员发现轨迹、状态异常的集装箱货物时,可直接对其进行聚焦查询,核查报关单的数据信息,辅助进行风险研判。(4)利用便携式的移动摄像机,在关键点位开展快速布控,实现对人、车、物的远程监控,开展机动执法、应急处置和执法监控。(5)整合越界布控、电子围网、摄像头状态侦测等智能视频分析系统,实现异常报警信息汇聚处理,一键发布行动指令,提高风险处置效率。

3 5G网络建设

3.1 5G技术

作为新一代移动通信技术,5G具备高带宽、低时延、高可靠的特点,在行业应用中发挥了重要作用。5G通过超密集组网、频谱效率提升以及使用更宽的频谱,提升了无线空口的速率。通过使用大规模天线技术(Massive MIMO)和新型编码调制技术,相对于4G,5G的频谱效率实现了10倍以上的提升。5G可以使用更宽的频谱来提高空口速率。在6GHz以下频段,5G的可用频率一般为100~200MHz,

在6GHz以上的高频段,可用频率资源更多。通过以上技术,5G可以提供100Mbps~1Gbps的用户体验速率,满足4K全景视频监控、VR摄像机等执法终端对高清视频数据等大数据量的实时传输需求,使云端计算、本地执行成为可能。

3.2 5G海关专网

5G专网服务是一种融合了网络、云计算、边缘计算、应用平台等的综合解决方案,具备部署区域化、网络需求个性化、行业应用场景化等特点。

5G专网通常包括3种类型,即5G虚拟专网、5G混合专网以及5G独立专网。(1)5G虚拟专网模式。专网用户和普通用户共享5G基站、5G核心网(控制面和UPF)和5G承载网,5G MEC通常部署在运营商机房。(2)5G混合专网模式。专网用户和普通用户共享5G基站和5G核心网控制面,5G MEC(包括专用UPF)通常部署在园区机房内,并与海关网络互连。(3)5G独立专网模式。拥有独立的无线频段、独立的基站和独立的无线核心(5G控制面和UPF),所有网络设备均部署在园区内。

在海关实际应用中,根据监管场所的规模、业务、信息化程度等,应提供差异化、定制化的5G专网方案,同时由于建设成本、建设周期等因素,通常采用5G虚拟专网或5G混合专网方案。例如,可基于5G虚拟专网,开展AR全景展示、机动监控等海关监控指挥应用,利用网络切片保证高清视频流的稳定、高效传输。基于5G混合专网,也可开展旅检AR眼镜、越界布防、电子围网等海关监管应用,实现云边协同、算力下沉,快速响应一线监管需求^[2]。

3.3 关键技术

3.3.1 网络切片

5G网络切片是指在统一的基础设施上分离出多个虚拟的端到端网络,每个网络切片在无线接入网、承载网、核心网上均实现了逻辑隔离,以提供定制化的连接和数据处理能力。每个切片都拥有自己独立的网络资源和管控能力,可根据不同的服务需求(如时延、带宽、安全性和可靠性)进行划分,以灵活地应对不同的网络应用场景。5G网络架构如图1所示。

网络切片按照“横向协同,纵向到底”的原则,实现纵向无线、承载、核心网等3层切片管理功能。横向分为eMBB切片、mMTC切片及uRLLC切片,以实现网络切片内部的业务功能。每种切片可有机整合分配到的各层级网络资源和运维管理资源,构成一个完整的逻辑网络,以独立承担某类业务端到端的网络功能。

(1)无线子切片。主要包括QOS调度、RB资源预留、载波隔离等切片方式。QOS调度方式是指通过配置不同的目标速率,以差异化优先级的方式共享频谱资源,高优先级切片用户可优先占用RB资源。RB资源的预留方式为可根据业务需求配置切片组,将RB资源预留给相应的切片组。载波隔离方式是指将不同业务切片划分到不同的载波承载,通过不同频点的差异化承载能力来实现资源调度。

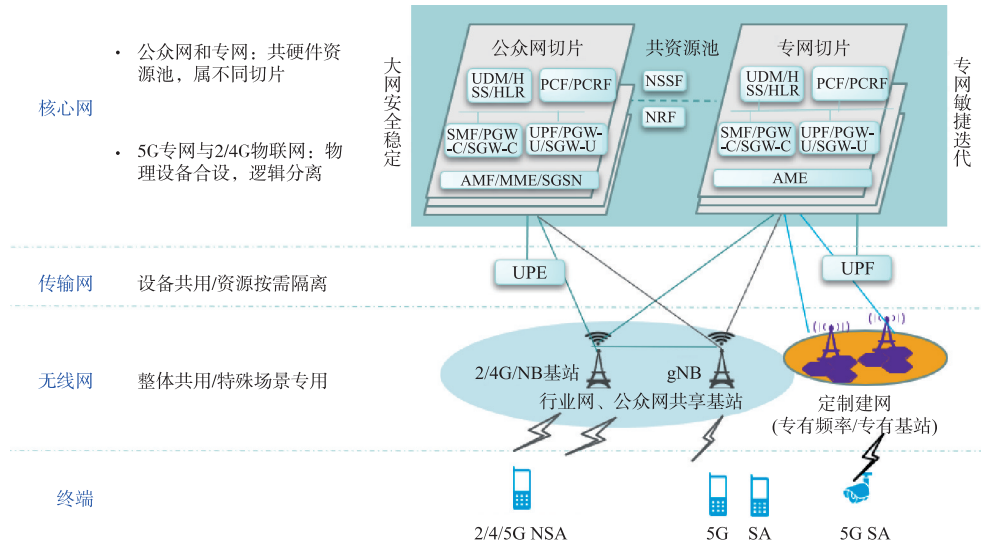


图1 5G网络架构

(2)承载子切片。包括基于支持VPN Qos调度软隔离、FlexE硬隔离等切片方式。VPN Qos调度方式是指在使用VPN承载业务时,为不同业务打上不同的QOS优先级标识,再基于QOS策略实现不同的服务质量。FlexE技术主要用于实现接口分片,即在一个物理接口上分片出多个逻辑接口。对于同一个物理端口,在承载不同的业务时,可通过FlexE Shim层分发到不同的子MAC,实现业务之间的隔离。基于时隙调度的FlexE硬管道实现了严格的带宽分配和隔离,单个FlexE硬管道内的不同用户/业务可使用FlexE子接口实现优先级调度。

(3)核心子切片。按AMF,SMF,UPF等网元部署的不同,分为网元完全共享、部分共享、完全独立等方式。

在海关业务高度集中的场所进行大量高清视频的无线回传,可以采用QOS调度、RB资源预留、基于FlexE的切片等方式,采用定制化的切片组合方案,保障高清视频的回传需求。

3.3.2 上行增强

5G的主流商用频段在3GPP中被定义为时分双工模式(TDD),即基站与终端之间的数据收发采用相同的频点进行联通,但通过时间来区分上下行的收发。TDD-NR基站

一般采用大规模天线阵列,为传播信道提供更多的复用增益和分集增益,让系统在下行方向的数据速率、链路可靠性和覆盖上拥有更好的性能;但对于上行方向,终端发射功率限制了5G上行的覆盖,且TDD上下时隙配比的差异也扩大了上下行覆盖的差距。

上行采集类应用,如视频监控、传感器等,对网络上带宽能力要求较高,而上行增强技术则为这类应用提供了上行覆盖保障。目前,常用的上行增强技术包括双连接技术、载波聚合技术、补充上行链路技术等。在海关高清视频回传应用中,还可以通过调高上行子帧配比,如7U3D和3U1D,提高上行传输能力。

在海关一线复杂工作环境中,针对现场4G和5G的覆盖情况,综合应用多种上行增强技术,能更好地实现上行覆盖,以保证数据回传过程的不间断性,高效接入海关监控指挥中心的后台系统。

3.3.3 移动边缘计算

移动边缘计算(Mobile Edge Computing, MEC)可以在海关业务现场部署边缘计算资源,如融合网络、计算、存储、应用支撑等,就近提供应用服务,优化网络传输性能,提高系统处理能力,其整体架构如图2所示。

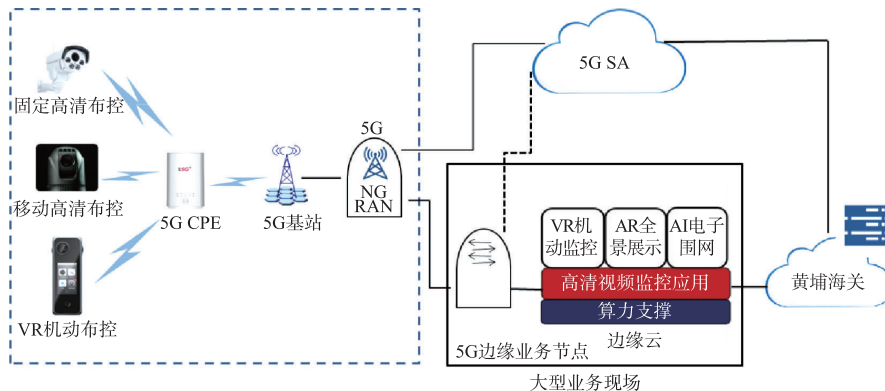


图2 边缘计算的架构示意图

引入边缘计算,可以优化现有的网络架构、提高算力资源效率,更好地响应一线现场的应用需求。在海关行业应用中,可以根据现场对时延、安全性要求的差异开展边缘计算的试点应用。首先,可以利用运营商机房部署的UPF(用户面功能),实现对现场各监管设备的联网集成、数据共享和综合应用,提高网络化、智能化水平。其次,针对海关部分大型业务现场,在对实时反馈、数据安全要求高、传输成本高的场景中,可以将UPF(用户面功能)下沉到现场,使算力资源进一步靠近数据源头,释放有限的骨干网带宽资源,提高一线业务的需求响应速度,满足实时数据分析和处理要求,快速响应现场音视频通信、远程控制等应用需求,同时更好地保障网络安全和数据安全。

3.3.4 网络安全防护

5G可以采用多重防护机制保障接入安全,包括双向认证、访问控制等,并基于统一认证框架,灵活应对不同应用场景下的接入认证。

在网络安全方面,针对VNF/MANO、虚拟机、容器及SDN网络的安全威胁,需采取相应的防护措施,按需划分安全域,实现域间隔离。对E2E网络切片进行分层隔离,为不同安全性需求的网络切片提供独立硬件或逻辑隔离。在管理安全方面,可提供统一的安全接入门户、集中的日志与审计服务,结合业务安全需求、网络提供的安全服务、终端的安全能力等,按需定制,提供差异化的安全服务。在能力开放方面,开放的网络能力必须经过运营商授权,并为不同的角色授予不同的权限,在访问网络能力之前,必须进行接入认证和能力访问授权。在数据安全方面,可从终端、网络、业务提供商等各个层面,对信息的请求、提交、传输、存储、处理、使用操作等,采用相应的技术和管理手段,保护关键信息和数据的安全性。

4 5G 智能视频应用

4.1 总体架构

建设面向业务执法一线的综合监控指挥平台,利用5G泛在化、大带宽、低时延的特点,解决部分监控点位部署难、网速慢等难点。同时,需促进业务现场移动摄像机、VR摄

像机、智能单兵、PAD等设备的部署,实现前端采集数据的高效回传,并结合AR、图像识别、云计算等技术,推进“视频+数据”的融合应用,提升海关的实际监管能力。

对于各类前端设备采集的高清视频,通过内置5G物联网卡或5G CPE接入5G网络,经基站、5G承载网、5G核心网(UPF),传送至海关公有云。在部分大型海运通关现场,可通过UPF下沉海关本地,使算力资源向现场靠近,开展电子围网、越界布防等智能视频应用。同时,可利用专线联接海关,对外接入局域网,对接海关业务支撑系统,实现与主题视频系统、智能通关系统、通关管理系统、关港信息平台等的互联互通。

4.2 结构化视频解析

基于5G网络回传现场全景高清视频,结合AR增强现实技术,根据监管作业场所的特点,构建面向一线业务的实景视频地图,立体展示监管资源状态及业务动态。在实景视频地图上,对场所相关区域进行结构化标识,如卡口、泊位、堆场、地磅、查验台等,宏观展示监管场所的业务分布,同时实时标注摄像头、单兵、H986机检、辐射探测门、机器人等监管资源,便于决策指挥人员掌握态势、调度资源、化解风险。

增强现实技术(Augmented Reality, AR)是一种可以实时计算摄像机视频的位置及角度,并叠加相应图像的技术。AR的实现方法是通过SURF,ORB,FERN等算法,在全景画面中提取、记录、学习特征点,如同将一个Marker(标识)放到现实空间中,确定一个现实场景中的平面,然后通过摄像机对Marker(标识)进行识别和姿态评估,并确定其位置,再将以此Marker(标识)中心为原点的坐标系作为模板坐标系,通过矩阵运算将其旋转、平移到摄像机坐标系中,最后映射到屏幕坐标系上。

通过对摄像机空间数据的采集、整理、存储,形成数字化的空间数据档案,挖掘摄像机之间、摄像机与标签对象之间、摄像机与地理空间之间的关联关系。系统能实时、动态地感知摄像机的姿态、位置、可视域信息,利用摄像机的空间数据档案,建立转换视频图像像素坐标和地理坐标的数学模型,使单一的视频图像加上了一层隐形的、可计算的空间“轴线”(见图3)。



图3 视频像素与地理坐标转换示意图(电子版为彩图)

以摄像机拍摄的视频画面中心为原点,形成空间坐标X/Y/Z的值,再通过算法模型计算标签运动轨迹: $R_x=X \cdot \cos(t) / 2 \tan(h/2) \cdot \cot(t-T)$; $R_y=X \cdot \cos(t) \cdot \sin(h/2) / 2 \tan(h/2) \cdot \cot(t-T)$ 。

(1)摄像机参数。通过SDK方式获取前端摄像机PTZ

信息(Pan是云台左右移动,Tilt是云台上下移动,Zoom是镜头的放大缩小倍数),以确定摄像机P值、T值、水平视场角h。(2)显示设备参数。包括分辨率长像素X值和宽像素Y值、运动轨迹所对应的时间t值。

4.3 可视化物流监控

应用AI图像识别技术,可基于视频信息查询业务数据。在视频检查工作中,业务人员可通过全景摄像机聚焦业务风险区域,如堆场、查验台,再结合AI图像识别技术,自动识别相关集装箱的箱号。通过输入集装箱的原始图片,使用图像语义分割模型进行箱面粗定位,分割出图像中

的集装箱,进行图像预处理后,得到完整、清晰的箱型图像,并采用CPTN模型对箱型图像进行文本检测,采用CRNN模型对文本检测结果进行OCR识别。最后,按照箱号格式对识别结果进行正则化,输出最终的箱号。通过与海关通关管理系统的对接,还可直接查询该集装箱的报关单数据,如图4所示。



图4 箱号识别关联报关单查询示意图(电子版为彩图)

在全景业务监控中,业务人员可以对关注的集装箱号进行查询,通过与港区信息化平台的对接,查询该报关单所属的堆位信息,再结合全景摄像机中的预置区域,自动聚焦该堆位视频画面,以便业务人员视频检查该集装箱的实时状态。通过与海关24小时通关系统对接,可以实时接收智能卡口、智能地磅、智能装卸等通关信息,使业务人员掌握业务实时动态。通过消息队列MQ传递的业务数据,可将信息展示在全景地图上的滚动框内,如集装箱过卡、过磅、装卸等关键事件与信息,同时将相关数据输入后台数据库,以便客户端也可以查询数据库,获取历史报表。

4.4 单兵智能调度

在原有“金二”音视频单兵管理平台的基础上,按照“综合调度、快速机动”的要求,引入5G音视频执法记录仪,实现音频、视频、文本、地理信息等的综合调度。在5G综合监控指挥平台的视频地图上,当指挥人员发现业务异常时,只需用鼠标点击地图上的相应位置,即可发布一键集结指令,此时该范围内或最近的5G音视频执法记录仪可以收到指令内容,包括显示集结地点的地图图片、时间、任务内容等。在执行任务的过程中,记录仪还可实现与监控指挥中心的双向多媒体通信。

在5G综合监控指挥平台上,可实现与主题视频、智能

通关、监控运维系统的对接,统一汇聚人员和车辆异常入侵、越界告警、摄像头遮挡与位移等信息,并将其发送至消息管理模块进行分类处理。对于较为敏感的异常情况,可发到相应的5G音视频执法记录仪上,辅助关员现场查看、处置,从而形成“发现问题、分析问题、解决问题”的完整闭环,提高行动处置效率。

5 结语

随着5G网络覆盖的不断完善及5G技术的持续发展,可为海关高清视频等应用提供有力的网络支撑,不断丰富5G技术的应用场景。在海关监控指挥系统的建设中,应结合实际需求定制5G网,提升网络传输、数据处理能力,推动各业务系统的协同作业、集成应用,打造新型的人机交互模式、指挥调度模式、业务感知模式,助力海关口岸业务运行监控体系的建设。

参考文献

- [1] 吴俊卿,张智群,李保昱,等.5G系统技术原理与实现[M].北京:人民邮电出版社,2021.
- [2] 何汉武,吴悦明,陈和恩.增强现实交互方法与实现[M].武汉:华中科技大学出版社,2019.