

油田作业现场云端智能监控系统^①



张 蕾¹, 靳泽园², 李婷玉¹, 赵崇志¹, 程有为¹, 田 枫², 刘 芳²

¹(中国石油天然气股份有限公司 冀东油田分公司, 唐山 063004)

²(东北石油大学 计算机与信息技术学院, 大庆 163318)

通信作者: 靳泽园, E-mail: 15227170973@163.com

摘 要: 随着数字化油田建设步伐的不断加快, 云端智能视频监控在油田作业现场的应用成为一个热点问题. 油田作业现场现有的视频监控系统, 架构上存在客户端部署困难、系统扩展性差等缺陷, 智能检测上主要依靠视频监控被动监视的方式来应对现场存在的安全隐患, 对于监控日志数据不能有效的存档管理以及进行综合分析. 本文首先针对油田作业现场实际需求, 考虑了现有监控架构的不足之处, 给出了云端智能监控系统的整体架构设计, 运用智能化视频检测手段开展作业现场危险因素检测和分析, 最后, 对系统产生的危险记录等数据进行管理分析, 以达到为现场安全管理提供决策支持的目的. 目前, 系统已经部署到油田作业现场中, 并成功通过了功能以及性能测试, 对于提升监控系统的有效性和实时性, 提升紧急事件的处理能力, 保障油田现场的作业安全生产具有重要意义.

关键词: 云端监控; 视频监控; 智能检测; 深度学习; 微服务

引用格式: 张蕾, 靳泽园, 李婷玉, 赵崇志, 程有为, 田枫, 刘芳. 油田作业现场云端智能监控系统. 计算机系统应用, 2022, 31(1): 105-110. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/8243.html>

Cloud-based Intelligent Monitoring System for Oilfield Operation Sites

ZHANG Lei¹, JIN Ze-Yuan², LI Ting-Yu¹, ZHAO Chong-Zhi¹, CHENG You-Wei¹, TIAN Feng², LIU Fang²

¹(Jidong Oilfield Branch, PetroChina Co. Ltd., Tangshan 063004, China)

²(School of Computer & Information Technology, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: As the pace of digital oilfield construction continues to accelerate, the application of cloud-based intelligent video monitoring in oilfields has become a hotspot. The existing video monitoring system has the defects of difficult client deployment and poor system expandability, and the intelligent detection mainly relies on passive video monitoring to cope with the potential safety hazards at the operation sites. In addition, the monitoring log data cannot be effectively archived for management and comprehensive analysis. To meet the actual needs of oilfields, this study firstly designs the overall architecture of the cloud-based intelligent monitoring system, with the shortcomings of the existing monitoring architecture taken into consideration. Then, risk factors at the operation sites are detected and analyzed by intelligent video detection means. Finally, the hazard logs and other data generated by the system are managed and analyzed to provide decision support for site safety management. At present, the system has been deployed to an oilfield and has successfully passed the function and performance tests. It is of great significance for the improvement in effectiveness and real-time performance of monitoring, the enhancement of ability to deal with emergency events, and the safe operation and production in oilfields.

Key words: cloud-based surveillance; video surveillance; intelligent detection; deep learning; microservices

^① 基金项目: 黑龙江省省属本科高校基本科研业务费项目 (KYCXTD201903)

收稿时间: 2021-03-21; 修改时间: 2021-04-19; 采用时间: 2021-04-20; csa 在线出版时间: 2021-12-17

随着云平台和微服务技术的不断发展,视频监控技术渐渐向高并发、轻量化发展.而油田作业现场现有的视频监控系统目前仅实现了基本的监控功能,在架构上存在系统响应速度慢、客户端部署困难、系统拓展性差、未与现有办公网络的对接等问题.另外,油田作业现场作为油田生产作业的重要工作环境,存在许多需要重点监视和防范的危险因素,例如火灾、管道油液泄漏、违规抽烟等.面对这些具有突发性、隐蔽性的安全隐患,目前油田并没有有效的应对措施,仍主要依靠人工巡查,以及通过视频监控被动监视的方式应对.针对上述问题,部分作业现场安装了视频监控设备,虽然对解决上述问题起到了一定的作用,也减轻了外出排查的工作量,但本质上是一种被动式监控,无法保证监控的及时性、有效性和系统性,也不利于管理人员实时、准确、全面地掌握安全隐患.

随着传统监控系统架构缺点不断放大,人们开始把目光放在“云”这个领域上.近两年,中石油着手建设的“勘探开发梦想云平台”,是在油田数字化方面的重大转型升级,该平台基于 PaaS 云架构,“梦想云”建立统一开放的技术平台,开发容器、微服务、软件开发流水线、企业服务目录、应用商店等主要功能,形成“模块化、迭代式”敏捷开发模式,统一支持上游业务应用的开发、集成、服务^[1].同时,中石油正在架设微服务化云端平台.

微服务^[2]架构方式在监控系统中的应用目前属于探索阶段,在油田监控系统中尚未有应用案例.现为响应数字油田的号召,需要对监控系统升级重构,进行微服务化改造,并与“梦想云”平台对接.

在云平台兴起的时代,视频监控技术已经从网络视频监控迈入智能视频监控时代.智能视频监控技术作为第四代视频监控技术,在国外起步较早,2007年,中佛罗里达大学(University of Central Florida)研发的 Knight 系统是一个全自动的多摄像头监控系统,该系统使用计算机视觉技术对场景中的移动物体进行检测、分类和跟踪^[3].2013年美国ISS公司推出的 SecurOS Face 商业产品在合理的光照情况下能够提取高速运动的人脸图像,并同时多个人脸图像进行检测,自动对最佳定位角度下的人脸图像进行快速采集与搜索^[4].2015年,德国博世公司推出的 IVA4.0 第4代智能视频分析系统,能够适应不同的光照变化和复杂的环境变化,对室内外移动目标进行检测、跟踪与分析^[5].

在国内,智能视频监控技术在近几年才开始研究.大华、海康威视等厂家在视频监控网络化和智能化领域有一定的技术积累,但是其监控对象仅针对一些通用场景,如社区监控、门禁监控、交通监控等.市场上缺乏能够有效集成油田作业现场的业务需求,实现安全生产因素检测的支援平台.现有系统无法实现定制化的作业现场安全检测,且缺乏对上报数据进行按需汇总和专项分析的功能.针对特定场景的智能视频监控产品相对较少,例如本文研究的油田作业现场场景下的智能监控系统.

因此,本文首先针对油田作业现场现有监控中的架构缺陷给出了可行的解决方案,通过对涉及的关键技术进行重点研究,提出了一种方便扩展、调用灵活并可独立部署的云端视频监控架构.然后针对作业现场需要人工被动监控等现状,研究了针对视频流的目标检测算法.最后,对系统产生的危险因素数据进行分析,指导并辅助制定安全政策,以及完成监控系统与办公网的对接组网.云端智能监控系统实现了弹性应对业务规模变化,节省了大量人力成本,指导并辅助制定安全政策,以及完成监控系统与办公网的对接组网,对其他油田场景具有较高的理论研究价值和推广价值.

1 云端智能监控系统架构

油田作业现场云端智能监控系统采用4层架构模式,具体分为存储层、服务层、传输层、应用层四层,具体的系统架构如图1所示.数据存储层包括消息总线、公司文件、系统缓存、数据库数据等,主要为油田作业现场云端智能监控系统提供数据支撑;服务层包括服务通信、Docker^[6]和 Kubernetes^[7]技术、系统基础服务组件等;传输层主要是 API 网关;应用层包括 IOT 设备、移动设备、PC 设备等.当用户在应用层中提出访问请求时,传输层会将用户访问的请求传输给服务层;服务层会对用户的访问请求进行解析并向存储层请求不同类型的数据,在得到存储层的响应后通过传输层返回相应的数据给应用层.

2 云端智能监控系统微服务设计方案研究

2.1 监控系统服务节点及节点间的调用关系设计

结合现场软硬件环境及具体需求,设计了监控探头节点、流媒体服务节点、智能检测节点、异常统计

节点和前端节点 5 大部分. 每个节点包括一个或多个微服务, 节点服务之间的通信交互式是通过轻量级的

HTTP 协议进行. 要完成一个具体的任务需要多个节点的多个服务共同配合完成. 服务节点架构如图 2 所示.

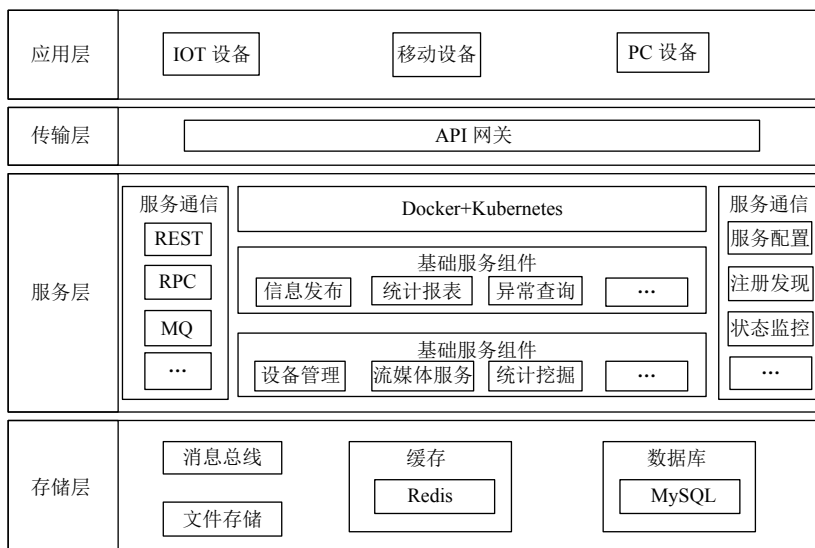


图 1 云端智能监控系统总体架构图

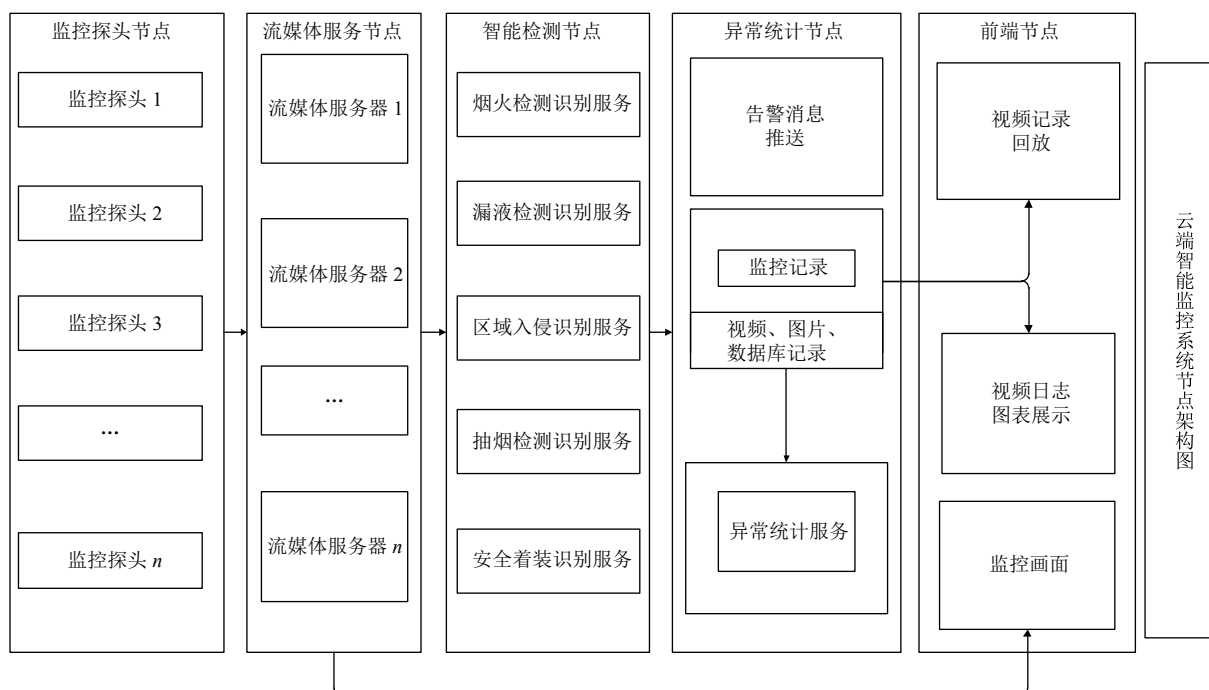


图 2 云端智能监控系统服务节点架构图

2.2 微服务系统详细设计

本文主要使用阿里巴巴公司基于 Spring Cloud^[8]所开发的一站式解决方案 SpringCloud Alibaba 进行了系统的架构实现. 整体的微服务系统架构分为业务服

务部分和基础服务部分, 其中业务服务部分由摄像头管理服务、流媒体服务、智能检测服务、异常统计服务、文件管理服务、认证鉴权服务、系统服务构成. 基础服务部分由服务注册与发现服务、API 网关服务

组成. 微服务系统结构如图3所示.

整个系统由多个具有独立功能的微服务构成, 各个微服务之间通过轻量级 HTTP 或 RPC 协议进行通信, 服务通过组合来完成一个完整功能的实现. 其中智能检测功能的实现, 首先经过摄像头管理服务将视频流传输给流媒体服务, 流媒体服务将流分发给智能检测服务, 然后由智能检测服务完成检测并完成对检测记录 (包括视频、图片、数据库日志) 的保存.

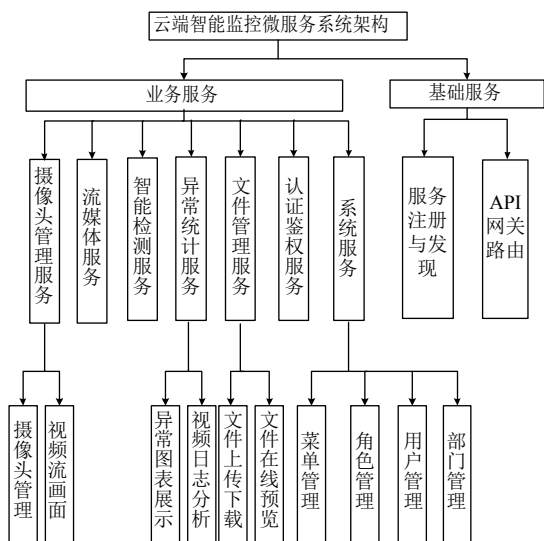


图3 云端智能监控系统微服务架构图

3 油田作业现场危险因素智能识别模型设计

油田作业现场是油田安全生产的重地, 一些危险因素, 例如发生火灾、管道油液泄漏、现场工人抽烟、着装不规范等都会造成严重的经济损失和人员伤亡. 针对以上状况, 目前油田采取的方案是由人工巡视和派专人监视中控室大屏的方式. 这就造成人工巡视不能及时发现问题, 以及人工监视会由于人的注意力不集中导致错过发现危险因素的最佳时机. 近几年, 随着深度学习的快速发展, 以及深度学习在针对图像方面表现出的良好的检测性能, 将深度学习的研究成果应用到对视频中危险因素的检测中将极具价值.

3.1 构建危险因素图像数据集

一个合适的数据集对于目标检测或识别算法来说是相当重要的. 在目标检测任务中, 一个恰当的数据集不仅可以测试和评估算法的性能, 还能推进目标检测相关领域的研究. 本文根据油田作业现场具体要检测的危险因素类型, 依据具体使用场景, 实现例如火焰、

漏液、抽烟、着装等数据集的收集和标注.

3.2 设计针对监控视频的危险因素智能识别模型

目标检测作为计算机视觉领域的核心任务之一, 在车辆自动驾驶、自动化监测、数字媒体技术等领域得到了广泛应用. 近些年来, 随着计算机计算能力的不断提高以及深度学习的快速发展, 基于深度卷积神经网络的目标检测算法逐渐代替了传统的基于特征的目标检测算法, 成为了目标检测领域的主流算法. 基于深度卷积神经网络的目标检测算法根据是否有候选区域生成分为双阶段目标检测算法 (基于分类的目标检测算法) 和单阶段目标检测算法 (基于回归的目标检测算法).

双阶段目标检测算法 (基于分类的目标检测算法) 首先选取输入图像的候选框, 然后对候选框进行分类和位置回归, 从而输出最终的检测结果^[9].

单阶段目标检测算法省略了候选框的生成阶段, 将目标检测阶段简化为端对端的回归问题, 并且可以直接得到目标的位置和类别信息^[10].

通过对比分析, 基于回归的单阶段目标检测算法, 检测速度较快, 实时性较好, 准确率也满足油田作业现场需求, 同时这类检测算法的检测精度在不断提高. 具体的单阶段与双阶段算法在测试集 VOC 2007 的性能对比如表1所示. 本文的目标检测识别模型是针对实时视频流, 对速度要求相对较高, 所以拟采用一阶段目标检测模型, 并在此基础上设计针对监控视频的危险因素智能识别模型, 提出危险因素视频检测网络的设计方法, 实现真实监控场景下 (天气等自然原因导致的低质量图像) 的作业现场烟火检测识别、作业现场漏液检测识别、作业现场抽烟检测识别、安全作业着装智能识别及区域入侵智能识别等现场不安全因素算法模型. 部分算法模型效果如图4和图5所示.

表1 单阶段与双阶段目标检测实验比较

算法	mAP (%)	检测速度 (帧/s)	阶段划分
R-CNN	66	0.5	双
Fast R-CNN	70	7	双
Faster R-CNN	73.3	7	双
YOLOv1	66.4	45	单
YOLOv2	78.7	40	单
YOLO9000	72.6	40	单

4 云端智能监控系统实现

4.1 系统主页面展示

系统功能主要分为权限管理、系统管理、视频监

控画面、摄像头配置、异常信息查询、文件管理、异常报表等,分别与文中的微服务架构对应.具体的系统主界面如图6所示.



图4 安全作业着装智能识别算法模型效果图



图5 区域入侵智能识别算法模型效果图

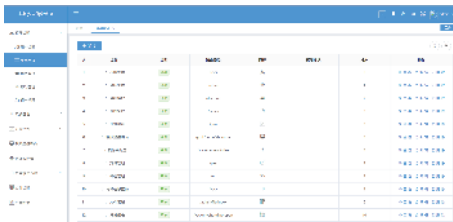


图6 系统菜单主界面

4.2 文件管理页面展示

文件管理主要以表格的形式展示,具有模糊查询、分页查询、文件预览,文件下载、文件关联的功能.文件管理主要是通过员工的不安全行为关联公司关于此不安全行为的惩罚措施,起到方便管理者决策的作用.具体的文件管理界面如图7所示.



图7 文件管理界面

4.3 异常信息查询页面展示

异常信息查询界面主要包括烟火智能检测、漏液智能检测、抽烟智能检测、着装智能识别及区域入侵智能识别.当油田作业现场发生不安全行为时,系统会通过油田内的网络发送报警消息到工作人员的手机,实现监控系统与办公网的联动,并且将不安全行为的类型,时间,地点,实时画面(图片或视频的形式)存储在数据库中.具体的异常信息查询界面及报警消息如图8和图9所示.



图8 异常信息查询界面

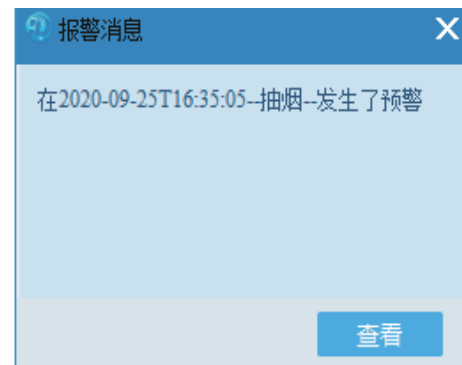


图9 报警消息界面

4.4 异常报表界面展示

驾驶舱(如图10所示)整体色调采用灰蓝色,利用模块化设计模式,通过年份和季度将不安全行为按照地点、类型、摄像头名称等多方面进行统计,具有简洁、直观、多维性的特点.



图10 异常报表界面

5 结论与展望

本文设计与实现了油田作业现场云端智能监控系统. 针对现有监控系统架构方面的不足, 本系统分为监控探头节点、流媒体服务节点、智能检测节点、异常统计节点和前端节点 5 大节点, 并根据现场需求为每个节点设计相应的微服务, 使之能够适应高并发、弹性拓展等能力, 降低了系统的维护风险. 针对于监控中缺少智能检测自动识别模块的问题, 本系统提供标准的无差别的监控视频流服务, 使之能够在不同的终端进行调阅播放, 并在标准视频流的基础上引入基于深度学习的目标检测模型, 从而能够对监控视频中的目标进行自动检测和识别, 解决人力资源浪费的问题. 未来将从系统流畅性、智能检测算法的准确性等方面进行改进.

参考文献

- 1 郭栋, 王伟, 曾国荪. 一种基于微服务架构的新型云件 PaaS 平台. 信息安全, 2015, (11): 15–20. [doi: 10.3969/j.issn.1671-1122.2015.11.003]
- 2 徐代刚, 姜磊, 梅君君. 面向视频云微服务系统的智能运维技术. 中兴通讯技术, 27(1): 68–76.
- 3 Shah M, Javed O, Shafique K. Automated visual surveillance in realistic scenarios. *IEEE Multimedia*, 2007, 14(1): 30–39. [doi: 10.1109/MMUL.2007.3]
- 4 Kim J, Park N. A face image virtualization mechanism for privacy intrusion prevention in healthcare video surveillance systems. *Symmetry*, 2020, 12(6): 891. [doi: 10.3390/sym12060891]
- 5 de Diego IM, San Román I, Montero JC, *et al.* Scalable and flexible wireless distributed architecture for intelligent video surveillance systems. *Multimedia Tools and Applications*, 2019, 78(13): 17437–17459.
- 6 刘思尧, 李强, 李斌. 基于 Docker 技术的容器隔离性研究. 软件, 2015, 36(4): 110–113. [doi: 10.3969/j.issn.1003-6970.2015.04.025]
- 7 赵旭杰, 梁正和. Kubernetes 可视化管理平台. *计算机技术与发展*, 2021, 31(2): 106–110.
- 8 王方旭. 基于 Spring Cloud 实现业务系统微服务化的设计与实现. *电子技术与软件工程*, 2018, (8): 60–61.
- 9 刘俊明, 孟卫华. 基于深度学习的单阶段目标检测算法研究综述. *航空兵器*, 2020, 27(3): 44–53. [doi: 10.12132/ISSN.1673-5048.2019.0100]
- 10 张索非, 冯焯, 吴晓富. 基于深度卷积神经网络的目标检测算法进展. *南京邮电大学学报 (自然科学版)*, 2019, 39(5): 72–80.