

基于 5G+MEC 的数字化 PaaS 赋能平台 在智慧安防的应用研究 *

王旭亮, 武宇亭, 任宏丹

(中国电信股份有限公司北京研究院, 北京 102209)

摘要: 随着 5G 时代的到来, 边缘计算和物联网引领的新型应用形态成为了全社会关注的焦点。视频安防行业应用因为其核心业务发展趋势及需求与 5G、边缘计算、物联网、云计算、大数据以及人工智能等技术能力的深度匹配, 成为了业界重点关注的应用领域。主要介绍一种基于 5G+MEC 基础设施的云边协同数字化 PaaS 赋能平台和相应技术原型系统, 以及该数字化 PaaS 赋能平台在智慧安防领域的应用实践。

关键词: 5G; 边缘计算; 智慧安防; 云原生; 云边协同

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200379

中文引用格式: 王旭亮, 武宇亭, 任宏丹. 基于 5G+MEC 的数字化 PaaS 赋能平台在智慧安防的应用研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(6): 6-11, 15.

英文引用格式: Wang Xuliang, Wu Yuting, Ren Hongdan. Research on application of digital PaaS enabling platform based on 5G+MEC in intelligent security[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(6): 6-11, 15.

Research on application of digital PaaS enabling platform based on 5G+MEC in intelligent security

Wang Xuliang, Wu Yuting, Ren Hongdan

(China Telecom Beijing Research Institute, Beijing 102209, China)

Abstract: With the advent of 5G, the new application form of edge computing and Internet of Things has become the focus of attention of the whole industry. The video security industry has become a key area of application because its core business trends and needs match the technical capabilities such as 5G, edge computing, Internet of Things, cloud computing, big data, and artificial intelligence deeply. This paper mainly introduces a cloud-side collaborative PaaS and corresponding technology prototype system based on 5G MEC infrastructure, as well as the application practice of the cloud-side collaborative PaaS in the field of intelligent security.

Key words: 5G; MEC; intelligent security; cloud native; cloud-side collaborative

0 引言

传统的视频安防方案按照监控范围主要分为两种:(1)应用在较小地理范围的园区或社区监控场景,一般在本地通过有线网络或无线 Wi-Fi 的方式把摄像采集终端采集到的数据回传到本地部署的视频监控分析平台上;(2)应用在统一监控多个公共场馆、社区或园区的场景,一般通过把终端采集设备用有线网络的方式连接到本地的 IP 路由器设备上后,进一步接入到运营商的数据承载网上(城域网或广域网),进而接入到某个集中部署的云数据中心内进行视频的存储和处理。

受限于上述视频安防方案,带来如下难以解决的问题:(1)从安装部署的角度:传统监控部署采用有线方式,

存在布线成本高、效率低、耗费大量有线网络资源的同时造成组网方式的不灵活。如果是采用 Wi-Fi 回传的方式,Wi-Fi 稳定性较差,覆盖范围较小,需要补充大量路由节点以保证覆盖和稳定性。另外 Wi-Fi 属于非授权无线网络资源,在频谱上也会受到较多的信号干扰。(2)从基础网络角度:需要将监控视频通过运营商的承载网和核心网传输至云端服务器进行存储和处理,不仅加重了网络的负载和成本支出,智慧安防应用所需的端到端低时延业务关键指标也难以得到有效的保障。(3)从安防终端设备性能的角度:在传统方案里,摄像采集终端都必须具备较强的数据采集能力,必然存在性价比的问题。

如图 1 所示,基于 5G+MEC 的智慧安防方案^[1]是在传统视频安防行业的通用解决方案基础上,加入边缘计算(Multi-Access Edge Computing)节点,主要包括:5G 的

* 基金项目:国家科技重大专项课题(2017ZX03001015)

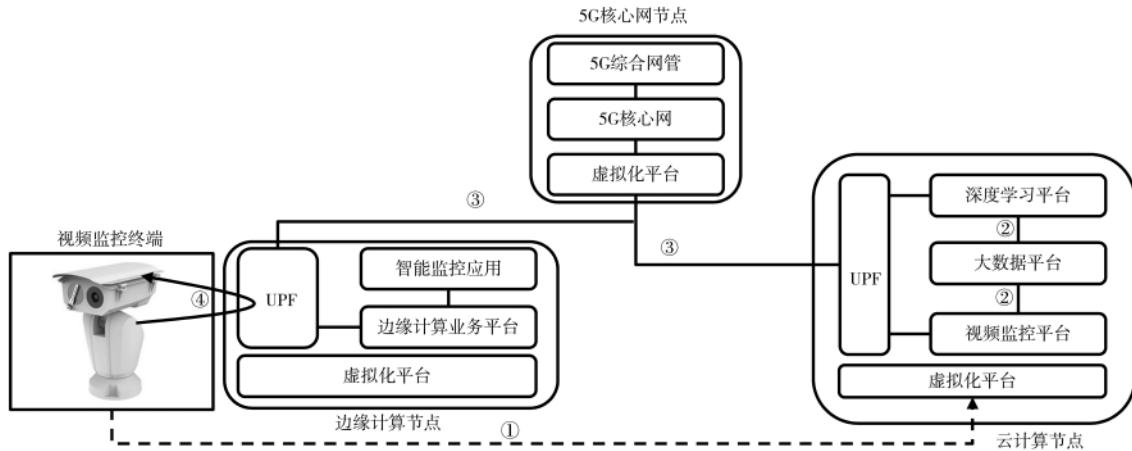


图 1 视频智慧安防的云边协同工作基本流程

用户面网元(UPF)、边缘计算业务平台(Multi-Access Edge Computing Platform, MEP)和智能监控应用。具体工作流程是：客户现场侧的视频终端设备通过 5G 无线网络接入到边缘计算平台上的 5G UPF 设备，终端设备通过多种网络协议与物联网网关设备连接，在该平台上实现视频前端感知、视频数据的采样与压缩，进一步通过 5G UPF 设备把采样和压缩后的视频数据通过 5G 回传网传输到远端的云计算数据中心内进行存储。在云计算数据中心内，这些业务视频数据通过部署的大数据与人工智能平台，对视频帧进行标记和人工智能模型训练。然后基于这些训练模型封装成为智能监控应用，最后把应用推送部署到边缘计算节点上的 MEP 上^[2]。从这时候开始，来自视频采集终端的视频业务流直接与智能监控应用交互，该应用会对视频业务流进行分析研判和预测预警等业务操作，最终实现边缘实时的智能监控能力。

上述方案虽然加入了 5G、云计算、大数据和人工智能的能力解决了传统安防方案中存在的大部分问题，但在实际部署中依然存在如下的问题：

(1) 5G 与云网基础设施融合与协同：为了实现 5G 能力开放、部署灵活性以及网元功能的逻辑切片，5G 核心网采纳了许多云计算中以容器为代表的虚拟化技术，例如 5G UPF 的部署形态之一就是基于 x86 虚拟机，更多的 AMF、SMF 组件更是基于容器来部署的。按照图 1 方案，需要 5G 综合网管系统在边缘计算节点和云计算节点内创建 5G UPF 网元，同时完成 5G 无线网络到边缘计算节点 UPF 之间和边缘计算节点与云计算节点之间的业务配置。这些 5G 网元的生命周期管理和业务配置都需要 5G 基础设施与分布在边缘计算和云计算节点的云网基础设施进行管理面和业务面上的融合与协同，从而实现大量终端设备与边缘计算平台之间的低时延、高可靠和灵活的边缘组网方案。

(2) 云边能力交互与协同：云数据中心的大数据平台、深度学习平台和边缘计算平台需要具备云边协同的能力^[3]，以满足智慧安防应用所需的云计算节点人工智

能模型训练、云边节点之间的应用交付、边缘端智能推理应用的能力迭代等技术要求。根据文献[4]的分析，云边协同可以分为三方面的协同：①资源的协同；②数据协同、智能协同、应用管理协同、业务管理协同；③服务的协同。

本文提出一种旨在解决云边能力协同的数字化 PaaS 平台来解决上述的云边能力协同的问题。该数字化 PaaS 平台位于多种云计算和边缘计算 IaaS 资源层和多场景 SaaS 应用之间。该平台可以在多种云网融合基础设施之上，为智能安防应用提供云边协同的业务数据收集与存储、基于业务数据的人工智能模型训练、云边之间智能应用的交付等能力。该数字化 PaaS 赋能平台将极大地增强企业的数字化转型能力，它不仅考虑了企业用云形式由单云向边缘云、混合云、多云转变的趋势，同时考虑了企业对于新兴技术，包括人工智能、大数据等专业领域的支持能力，可以很好地满足需要云边协同的智慧安防场景的业务诉求。

1 整体架构

数字化 PaaS 赋能平台整体架构如图 2 所示，其向下支持对接边缘云、私有云、公有云等各种 IaaS 云平台资源，向上可以承载各种企业、家庭、个人 SaaS 应用。数字化 PaaS 赋能平台位于 IaaS 和 SaaS 之间，其功能架构设计主要考虑如下几个原则：(1) 分层解耦的原则：将不同的功能划分在不同的层次实现，各层次之间保持明确边界，通过 API 或 SDK 进行交互，各层次功能可以保持相对独立，不互相耦合；(2) 开放与集成的原则：随着企业业务以及技术不断发展，企业需求不断变化，可能需要引入新的 IaaS 供应商或技术框架，为了应对这种情况，数字化 PaaS 赋能平台，基于开放的原则支持不断集成新的技术能力；(3) 云原生原则：即基于该平台的应用支持弹性能力，可以根据应用需求来进行动态伸缩，同时又与 IaaS 层物理资源解耦，保证可以在多云环境自由迁移。

基于以上原则，数字化 PaaS 赋能平台管理功能架构可以分为 3 层：(1) 最底层的是 I-PaaS 层，这一层主要用

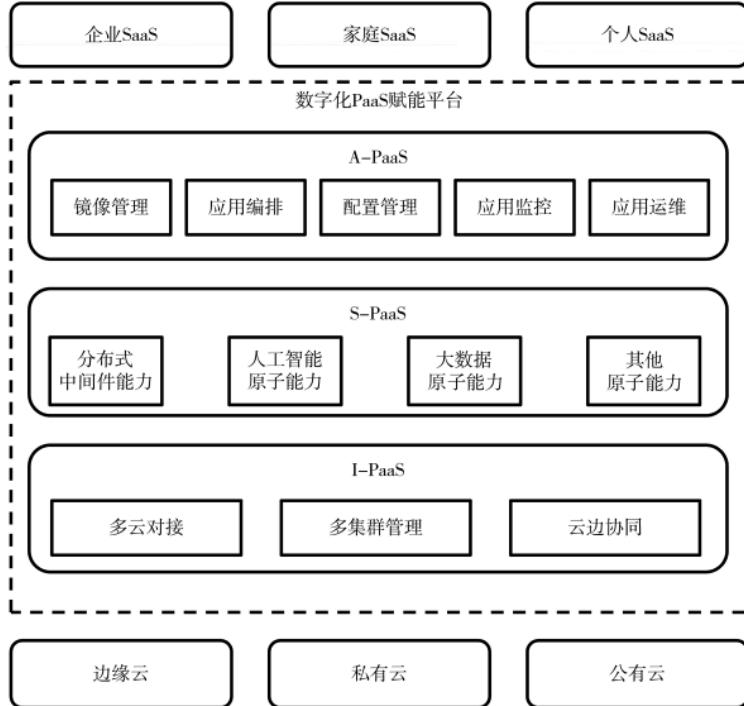


图 2 数字化 PaaS 能平台功能架构

于多云适配以及多 Kubernetes^[5]集群管理,保证上层 PaaS 能力和提供资源的 IaaS 层解耦,不存在特定依赖。(2)中间层是 S-PaaS 层,这一层主要用于 PaaS 原子能力的集成、扩展和接入,这里的原子能力可以是上层应用所需要的各种系统软件。基于开放和集成的原则,通过扩展可以支持新的原子能力。(3)最上层是 A-PaaS 层,这一层向用户提供应用的编排、调度、监控等能力。

不同的管理功能对应不同的业务层,业务层架构如图 3 所示。在 I-PaaS 层主要有两种业务资源,一种是通

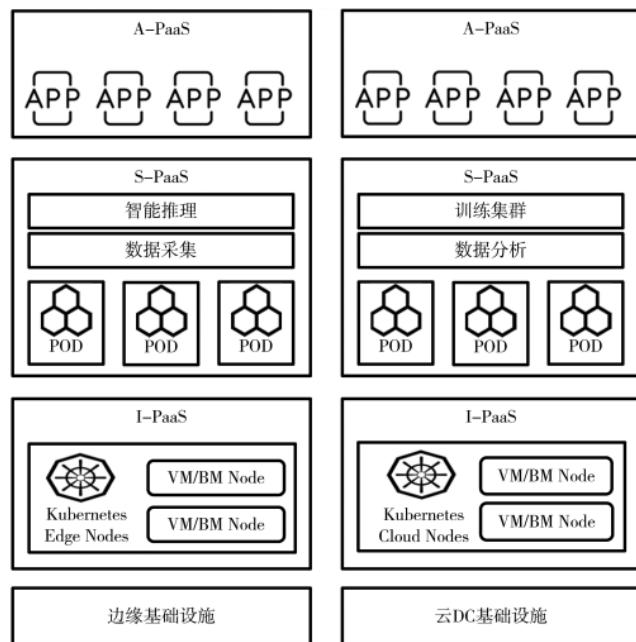


图 3 数字化赋能 PaaS 平台业务架构

过调用 IaaS 平台创建的 VM/BM;另一种是运行于 VM/BM 上并且支持包含边缘节点的 Kubernetes 集群。在 S-PaaS 层则是由各原子能力支持的系统软件,如云端的人工智能训练集群、大数据分析套件等;在 A-PaaS 层,则主要是由用户创建的各种应用。

2 I-PaaS 模块

随着 IoT、边缘计算、多云技术的发展,PaaS 依赖的 IaaS 资源及多 Kubernetes 集群管理的问题变得越来越复杂。I-PaaS 模块通过屏蔽不同 IaaS 层差异,提供一致的资源使用体验,同时提供对于多 Kubernetes 集群及云边协同能力的支持。其主要功能架构如下所述。

2.1 多云管理

多云管理主要功能是通过与各种 IaaS 平台进行对接,在 IaaS 平台上完成运行 Kubernetes 集群所需的 VM 或 BM 的创建、销毁等生命周期管理。为了实现该功能,采用了驱动机制,也就是图 4 中的 IaaS 适配器,每一种适配器对应一种 IaaS 平台。这些适配器通过调用 IaaS 厂商提供的 API 或者 SDK 即可实现相关资源的管理。

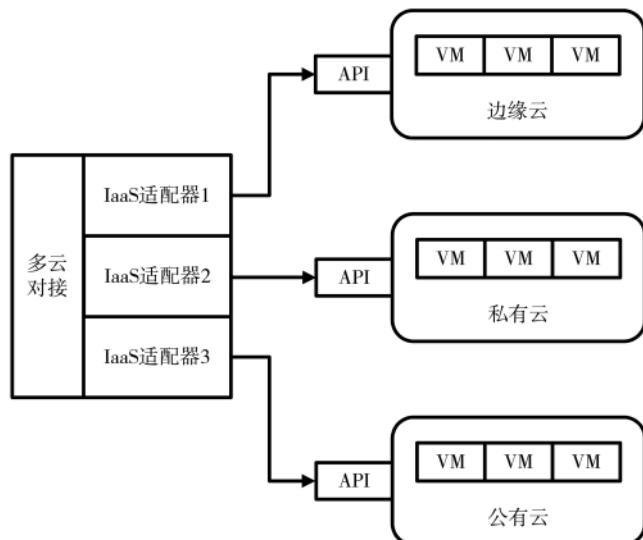


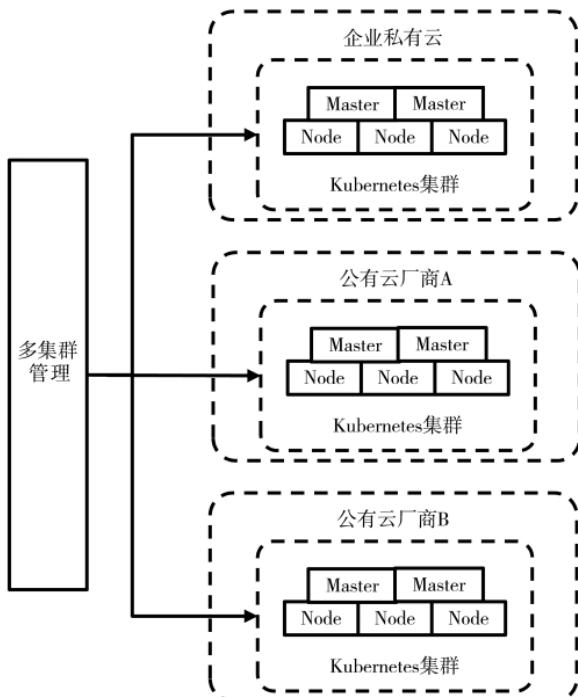
图 4 多云管理功能架构

得益于基础架构即代码的流程,业界涌现出一些非常优秀的针对各种 IaaS 资源进行配置管理的工具,其中 Terraform^[6]对主流 IaaS 平台都能支持。I-PaaS 可以直接集成 Terraform 实现对多云 IaaS 资源的配置管理能力。

2.2 多集群管理

Kubernetes 作为容器调度编排的事实标准,是 PaaS 平台不可或缺的一部分。多集群管理,主要功能就是实现对多 Kubernetes 集群的生命周期管理,其架构如图 5 所示。

多集群管理实现上首先需要通过多云管理获取 IaaS VM/BM 资源的连接信息,然后通过远程方式在这



些 VM/BM 上实现 Kubernetes 集群的部署。最后多集群管理还可以获取每个 Kubernetes 集群的访问 API，通过这些 API 可以实现对集群更细粒度的控制。

2.3 云边协同

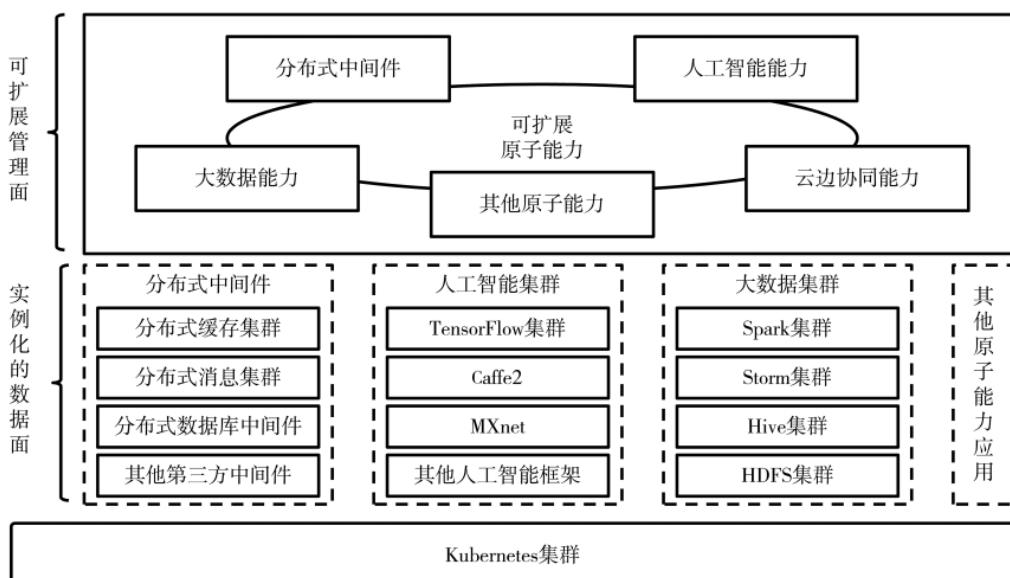
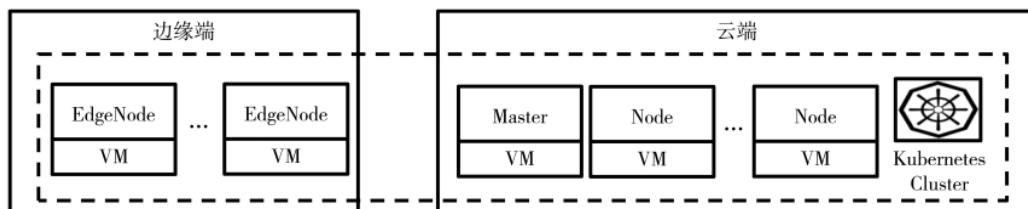
云边协同功能是将云端的容器化应用编排管理能力扩展到边缘端。其功能架构如图 6 所示，通过云端节点和边端节点共同组成 Kubernetes 集群，进而在边端支持容器应用。在这种架构模式下，云端和边端公用云端的 Kubernetes 管理面，在云端节点和边端节点共存的情况下，向用户呈现为一套 Kubernetes 集群。在部署应用时，用户只需要按需将应用调度到云端或者边端即可。

在实现上，需要解决的核心问题是云边通信的问题。可以在云端和边端分别实现专门的通信模块，云端作为通信服务端，边端作为通信客户端，边端主动连接云端获取指令信息，从而在边端实现应用的生命周期管理。

3 S-PaaS 模块

企业要实现数字化转型，需要各种新兴技术(包括云计算、边缘计算、大数据、人工智能等)的支撑，并且未来技术不断更迭发展，还会产生其他很多新的技术。为了保持对这些新能力的支持，并且保持良好的扩展能力，在数字化 PaaS 平台中引入了 S-PaaS 层，该层通过对各种原子能力平台的集成，满足上层 A-PaaS 的业务需求。其整体架构如图 7 所示。

S-PaaS 架构分为两大部分，一个是管理面，一个是数据面。管理面由各种原子能力的控制器组成，并且管理面是可扩展的，当有新的原子能力产生时，可以在管



理面进行集成。每一种原子能力都提供 API 调用，并由各原子能力控制器实现对应数据面的实例化。为了满足上层应用各种中间件、人工智能框架、大数据工具等系统软件的诉求，S-PaaS 需要集成分布式中间件、人工智能、大数据几个原子能力控制器。

管理面提供了各原子能力的调用接口和控制逻辑，各原子能力真正实现是由数据面进行承载。以分布式中间件为例，用户通过 API 接口调用分布式中间件原子能力，提出对于分布式缓存的需求，分布式中间件原子能力管理面控制器会按照客户要求的参数实例化一个分布式缓存集群，并将集群的访问信息反馈给用户。对于其他原子能力也是类似的，管理面接收并处理请求，而由数据面承载具体业务。

S-PaaS 的实现关键在于各种原子能力的封装，即每项原子能力需要实现对应的数据结构和控制器。数据结构决定了 API 调用，控制面对请求进行响应，在数据面对原子能力进行实例化。Kubernetes 提供了良好的扩展机制，每项原子能力的数据结构可以通过 Kubernetes 的 CRD 实现；而控制器则可以通过 Kubernetes Operator 实现。各种原子能力的实例化直接由 Kubernetes 集群承载。

4 A-PaaS 模块

数字化 PaaS 平台的最顶层是 A-PaaS 模块，该模块面向企业开发与运维人员，支持各种企业应用的编排与管理，提升企业应用管理能力。A-PaaS 功能架构如图 8 所示，主要功能介绍如下。

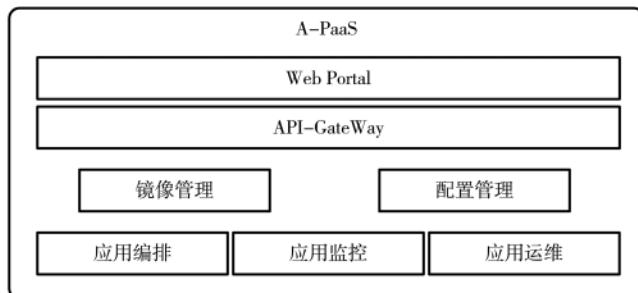


图 8 A-PaaS 模块整体架构

镜像管理：现代应用多以容器镜像方式进行交付，随着应用的迭代开发，同一应用必然产生多个镜像版本，镜像管理模块支持用户导镜像并可以实现对这些应用镜像的有序管理。

配置管理：容器化应用多采用配置与应用分离的模式，配置管理模块提供对于各种应用配置的统一管理，并提供配置与应用的关联信息，应用部署时直接选取配置即可，大大提升应用部署效率。

应用编排：一个应用往往包含多个容器，通过应用编排用户可以很方便地指定多个容器之间的关联和依赖关系以及相关的配置，简化了用户应用部署的复杂度。

应用监控：监控是了解应用运行状态的重要手段，

应用监控可以提供应用运行的各种指标情况，并提供可视化的查看手段，使用户能及时发现应用运行的异常。

应用运维：运维是应用生命周期中重要的一环。通过应用运维模块，用户可以轻松实现应用的扩容、缩容与升级等操作。

A-PaaS 作为用户使用入口，主要提供用户使用界面。其中镜像管理功能可以通过集成 Docker-register^[7]来实现，而其他功能本质上都是通过调用 I-PaaS、S-PaaS 和 Kubernetes 的 API 实现。

5 数字化 PaaS 赋能平台在智慧安防上的应用

本节主要结合智慧安防应用的业务流程，对数字化 PaaS 赋能平台如何支撑进行详解。

以智慧安防场景中智慧视频监控业务为例，可将支撑时涉及的模块分为云端存储模块、数字化 PaaS 赋能平台模块、数字化 PaaS 赋能平台在边缘端部署的业务节点模块、边缘端设备。其中数字化 PaaS 赋能平台各层为业务提供如下支撑：

(1)I-PaaS 层：提供云边协同、多集群管理功能，为云端、边缘端应用协同部署提供支撑；

(2)S-PaaS 层：大数据原子能力平台为边缘端业务节点提供数据采集应用、数据处理应用；人工智能原子能力平台为云侧 AI 模型训练优化提供 AI 训练环境，为模型开发提供支撑；

(3)A-PaaS 层：镜像管理、应用编排模块为模型封装为应用提供支撑；应用监控、应用运维模块为应用管理、运维提供支撑。

整体架构组成如图 9 所示。

业务流程如下所示(以视频监控业务中人脸识别项目为例)：

(1)边缘端应用部署：通过云端数字化 PaaS 赋能平台统一管理并部署下发相关应用至边缘端，包括数据采集应用、数据处理应用、人脸识别应用等；

(2)边缘端数据收集、存储，如图 10 所示：

①边缘端数据采集应用收集边缘端数据，传送至数据处理应用进行预处理；

②处理后的数据传送到人脸识别应用中，应用将数据与边缘端本地数据库进行对比，将计算结果返回到前端；

③将预处理后的特征数据等重要数据信息上传至云端中心数据库进行存储及多地信息同步；

(3)云端模型训练：用户应用程序通过集成 SDK 或客户端从云端存储系统中获取数据，调用平台提供的 AI 训练环境进行模型训练；

(4)云端模型交付：完成训练的模型以 API 的形式交付给镜像管理模块、应用编排模块；在镜像管理模块中进行封装，在应用编排模块中进行交付的指定；

(5)云端模型下发：云边协同功能模块将应用镜像下

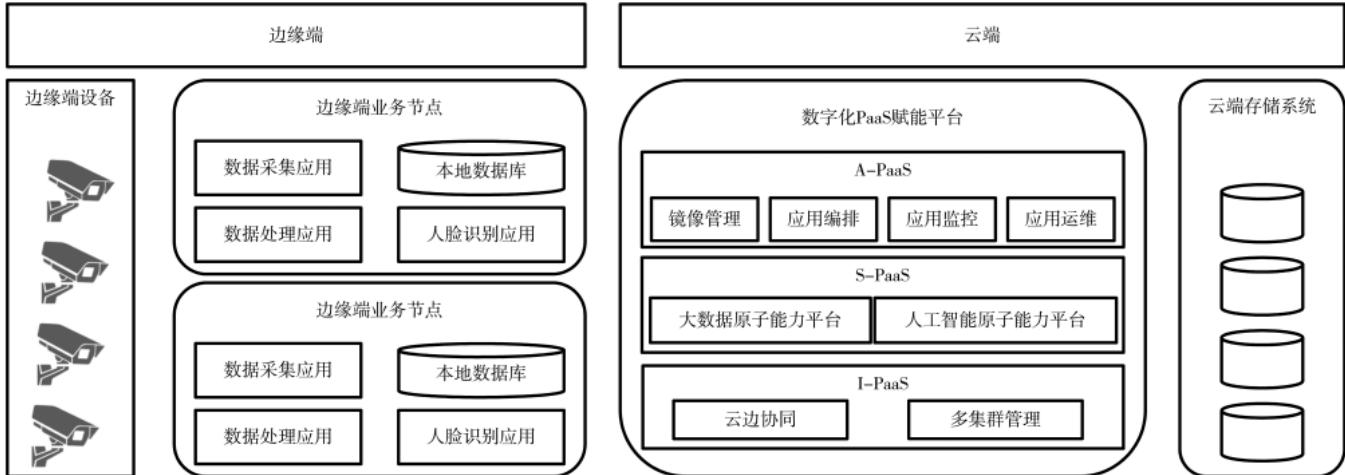


图 9 支撑架构图

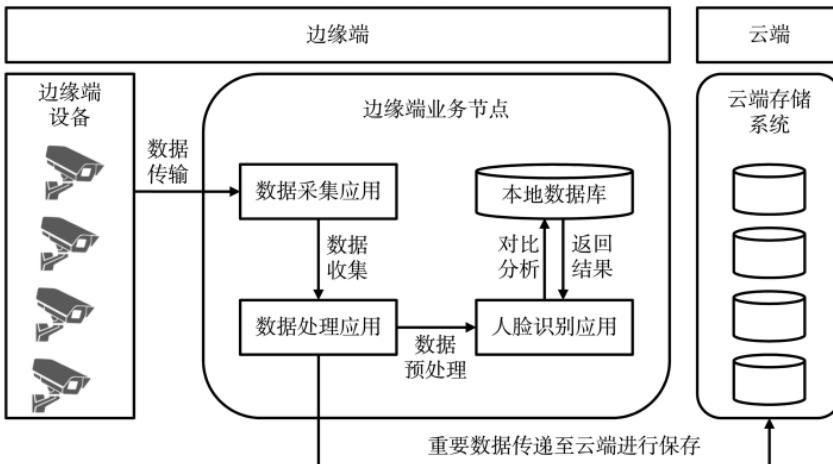


图 10 边缘端数据业务流程

发给边缘业务节点；

(6) 应用管理、运维：应用监控、应用运维模块对云端、边缘端应用进行统一管理监控、运维，确保云边应用的一致性及高可用性。

云端模型训练至应用交付、管理运维流程如图 11 所示。

6 结论

本文提出的数字化 PaaS 赋能平台可在广泛的多种异构云网基础设施之上，提供面向租户的云边协同多集群的容器弹性计算能力；同时，平台之上集成的大数据、人工智能等原子能力可完成对云边业务数据的收集、处理、智慧分析与分发部署。此外，平台对智慧安防业务的持续开发、运维、管理工作也能提供有力支撑。

参考文献

- [1] 云计算开源产业联盟.云计算与边缘计算协同九大应用场景[Z].2019.
- [2] 吕华章,陈丹,王友祥.运营商边缘云平台建设和典型案例分析[J].电信科学,2019,35(3):6-17.
- [3] 薛浩,英林海,王鹏,等.云边协同的 5G PaaS 平台关键技术研究[J].电信科学,2019,35(S2):89-97.

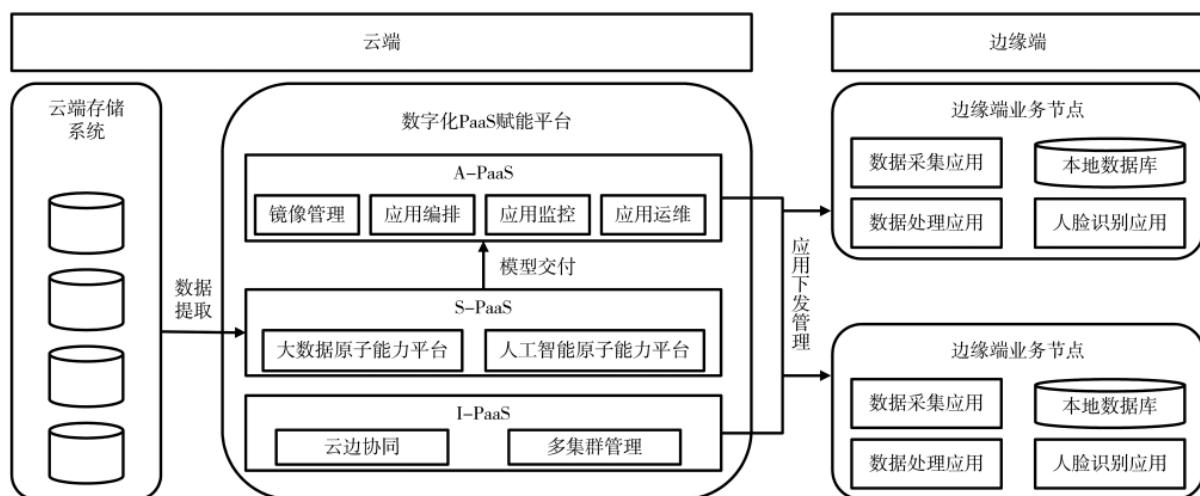


图 11 模型训练交付流程

(下转第 15 页)

本文提出的基于 MEC 的边缘 CDN 业务调度方法由用户主动发起 MEC 位置查询请求,本地 MEP 根据用户请求可以便捷快速地响应用户请求,从而实现边缘 CDN 精准、迅速调度。与业界其他 EDNS 调度及 HTTP 头增强调度方案相比^[6],本文提出的方案可适用于 HTTP 调度和 DNS 调度,且不影响 HTTP 转发性能。同时,对网络改动较小,无需 DNS 修改配合,方案具备通用性。

本文提出方案需应用提供商在客户端 APP 进行相应开发配合。同时,本方案中,用户首先发起位置查询服务请求,此位置服务 IP 需提前在 UPF 中进行分流配置,并且在全国范围进行推广时,需考虑不同省份、地市的位置服务 IP 有可能不同,由此可能会产生不同地区用户端 APP 需进行不同配置。未来需考虑全国设置统一域名或 IP 提供位置查询服务以解决此问题。

4 测试分析

为了验证基于 5G MEC 的边缘 CDN 业务调度方案,本文基于 5G SA 网络建设了一套 MEC 系统,通过和 5G 核心网交互并借助边缘 UPF 下沉,支持本地分流等灵活路由能力。同时,在 MEC 平台部署了 vCDN 应用进行边缘 CDN 业务的测试验证,通过专用测试工具对基于公有云和 MEC 的 CDN 调度业务进行测试。

通过专用测试工具,分别对公有云 CDN 节点和边缘 CDN 节点进行业务调度测试,记录首包时延、最高下载速率及平均下载速率等性能指标,测试数据如表 1、表 2 所示。

表 1 基于公有云的 CDN 业务测试结果

序号	首包时延/ms	最高下载速度/(Mb/s)	平均下载速度/(Mb/s)
1	99	106.25	90.12
2	71	106.25	75.51
3	95	105	80.5
平均	88.333 33	105.833 3	82.043 33

由表 1 和表 2 可知,与访问公有云 CDN 节点相比,基于 MEC 的边缘 CDN 业务访问平均首包时延由 88.3 ms 降低到 19.3 ms,降低 83%;平均下载速度由 82.04 Mb/s 提高到 169.07 Mb/s,提升一倍。因此,本文提出的基于 MEC 的边缘 CDN 业务调度可以极大地降低首包时延,

表 2 基于 MEC 的 CDN 业务测试结果

序号	首包时延/ms	最高下载速度/(Mb/s)	平均下载速度/(Mb/s)
1	20	225	171.85
2	19	218.75	169.06
3	19	200	166.3
平均	19.333 33	214.583 3	169.07

提高下载速率,明显改善用户的业务体验。

5 结论

本文提出了一种基于 MEC 的边缘 CDN 业务调度方案,由用户主动发起边缘 MEC 位置查询请求,本地 MEP 根据用户请求可以便捷快速地响应用户请求,从而实现边缘 CDN 精准、迅速调度。同时,基于 5G SA 试验网搭建相关测试环境进行实际测试。测试结果表明,本文提出的方案可以极大地降低 CDN 业务访问的首包时延并提高下载速率,明显改善用户的业务体验。

参考文献

- [1] 张建敏,谢伟良,杨峰义,等.移动边缘计算技术及其本地分流方案[J].电信科学,2017,32(7):132-143.
- [2] 张建敏,谢伟良,杨峰义,等.基于 MEC 的 LTE 本地分流技术[J].电信科学,2017,33(6):154-163.
- [3] 刘云毅,张建敏,杨峰义.基于 MEC 的移动网络 CDN 增强及部署场景建议[J].电信科学,2019,35(S2):36-43.
- [4] 张建敏,谢伟良,杨峰义,等.5G MEC 融合架构及部署策略[J].电信科学,2018,34(4):109-117.
- [5] 张建敏,杨峰义,武洲云,等.多接入边缘计算(MEC)及关键技术[M].北京:人民邮电出版社,2019.
- [6] 果振波,彭加林.基于 MEC 的边缘 CDN 解决方案[J].电信科学,2019,35(S2):31-35.

(收稿日期:2020-05-12)

作者简介:

刘云毅(1993-),男,硕士,主要研究方向:5G 边缘计算技术。

张蕾(1993-),女,硕士,主要研究方向:网络架构、边缘计算等 5G 关键技术。

张建敏(1983-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:移动通信技术、5G 边缘计算技术。

docs.docker.com/registry/.

(收稿日期:2020-05-12)

作者简介:

王旭亮(1986-),男,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:SDN、NFV、云计算以及边缘计算。

武宇亭(1986-),男,硕士研究生,工程师,主要研究方向:云计算、边缘计算、分布式存储。

任宏丹(1995-),女,硕士研究生,工程师,主要研究方向:云计算、大数据、人工智能。

(上接第 11 页)

- [4] 边缘计算产业联盟与工业互联网产业联盟.边缘计算与云计算协同白皮书[Z].2018.
- [5] Cloud Native Computing.What is Kubernetes[EB/OL].(2020-03-31)[2020-05-12].<https://kubernetes.io/>.
- [6] HashiCorp, Inc.Introduction to terraform[EB/OL].[2020-05-12].<https://www.terraform.io/>.
- [7] Docker, Inc.About register[EB/OL].[2020-05-12].<https://docs.docker.com/registry/>.

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所