

基于云边架构的容器应用协同技术研究

许孟豪, 孙 美, 林 静, 王敏红

Container-based application collaboration technology under cloud-edge architecture

XU Menghao, SUN Mei, LIN Jing, and WANG Minhong

引用本文:

许孟豪, 孙美, 林静, 等. 基于云边架构的容器应用协同技术研究[J]. 铁路计算机应用, 2023, 32(4): 7-10.

XU Menghao, SUN Mei, LIN Jing, et al. Container-based application collaboration technology under cloud-edge architecture[J]. [Railway Computer Application](#), 2023, 32(4): 7-10.

在线阅读 View online: <http://tljsjyy.xml-journal.net/2023/14/7>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于Cloud Foundry架构的统一应用开发平台建设方案研究

Construction scheme of unified application development platform based on Cloud Foundry architecture

铁路计算机应用. 2019, 28(8): 10-13

基于Kubernetes的容器云平台设计与实践

Design and practice of container cloud platform based on Kubernetes

铁路计算机应用. 2019, 28(12): 49-53

智慧城市轨道交通云平台建设构想及其架构与应用部署研究

Conception of constructing cloud platform for smart urban rail transit and research on its architecture and application deployment

铁路计算机应用. 2020, 29(11): 66-68, 73

基于云平台的铁路工程监督管理系统的研究与应用

Research and application of railway engineering supervision and management system based on cloud platform

铁路计算机应用. 2020, 29(7): 49-52, 57

铁路运输应用云原生技术优化路线研究

Route optimization of railway transportation based on cloud native technology

铁路计算机应用. 2021, 30(1): 15-18, 23

基于微服务架构的铁路科研协作平台研究与设计

Railway scientific research collaboration platform based on microservice architecture

铁路计算机应用. 2020, 29(4): 13-17



关注微信公众号, 获得更多资讯信息



基于云边架构的容器应用协同技术研究

许孟豪, 孙 美, 林 静, 王敏红

(中国铁路信息科技集团有限公司, 北京 100844)

摘 要: 文章阐述了云边架构下的应用协同架构, 研究了基于容器的应用协同技术, 包括镜像分发和应用管理方面; 解决了云边架构下边缘节点拉取镜像延迟及应用部署的应用协同问题; 介绍了应用协同在铁路的应用场景, 为基于云边架构的铁路生产应用提供参考。

关键词: 云边架构; 应用协同; 镜像分发; 应用管理; 应用调度

中图分类号: U29 : TP39 **文献标识码:** A

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8451.2023.04.02

Container-based application collaboration technology under cloud-edge architecture

XU Menghao, SUN Mei, LIN Jing, WANG Minhong

(China Railway Information Technology Group Co. Ltd, Beijing 100844, China)

Abstract: The paper elaborated on the application collaboration architecture under cloud-edge architecture, and studied container-based application collaboration technology including image distribution and application management, solved the application collaboration issues of edge node pull mirror latency and application deployment under cloud-edge architecture, introduced the application scenarios of application collaboration in railways which provided reference for railway production applications based on cloud edge architecture.

Keywords: cloud-edge architecture; application collaboration; image distribution; application management; application dispatching

随着云计算技术不断发展, 边缘计算技术也愈加受到关注, 将云计算与边缘计算紧密协同, 可更好地满足各种应用场景的需求, 从而最大化体现云计算与边缘计算的应用价值, 因此, 云边协同已成为重要发展趋势^[1]。

铁路行业云由中国国家铁路集团有限公司(简称: 国铁集团)统筹规划, 采用统一的技术架构和标准构建, 覆盖国铁集团、铁路局集团公司和站段3个层级^[2]。铁路行业云分布式部署在国铁集团、铁路局集团公司两级。同时根据需要, 在具备条件的站段建设边缘工作节点, 作为铁路行业云的延伸与补充, 提供低延时、快响应、高可用的应用服务。为使应用能够兼容、适配复杂多样的边缘运行环境, 需要借助容器化技术来实现应用协同^[3]。

云边架构下的应用协同是指用户通过管理界面,

将应用部署到用户指定的边缘节点上运行, 为终端设备提供服务, 且可在云上对边缘应用的生命周期进行管理^[4]。通常边缘工作节点位置分散、硬件架构多样, 且网络连接不稳定, 应用协同在镜像分发和应用管理时面临诸多挑战。为此, 本文研究基于容器的镜像分发和应用管理技术, 用于支撑铁路行业云在云边架构下的应用协同。

1 应用协同架构

依据铁路行业云数据中心规划, 云边架构下的应用协同架构包括云、边、端3层, 如图1所示。

1.1 云端

云端分为中心云和区域云两级, 分别由国铁集团和铁路局集团公司进行管理。其中, 中心云主要侧重应用构建与编排、调度策略和应用分发, 区域云主要侧重应用调度、容器管理和应用路由, 在中心云与区域云之间需要进行镜像同步和全局的应用调度。

收稿日期: 2022-09-23

基金项目: 中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划(P2021S005)

作者简介: 许孟豪, 助理工程师; 孙 美, 正高级工程师。

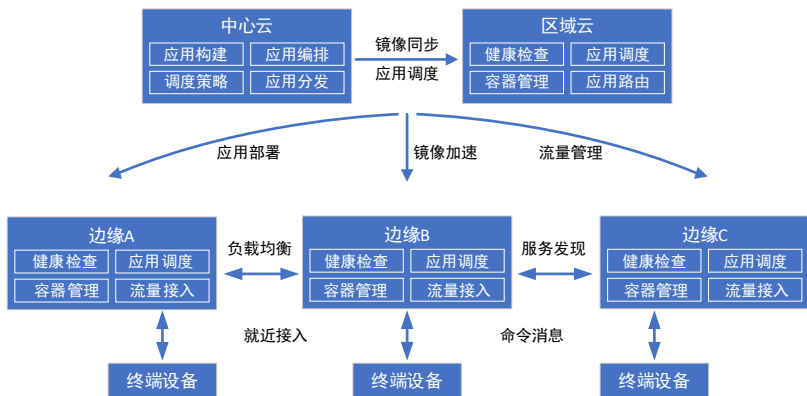


图1 云边架构下的应用协同架构

1.2 边缘端

边缘端由若干个边缘集群和边缘工作节点组成，边缘集群由多个边缘工作节点组成。边缘端主要进行容器管理、健康检查和流量接入，边缘集群还存在集群内的应用调度。在云端和边缘端间主要进行应用部署、流量管理和镜像加速。在边缘之间需要将工作负载进行均衡分配，且需要能够互相发现服务并访问。此外，边缘端的应用和服务需要对终端设备提供就近接入，从而支持向终端设备下发命令或采集状态信息。

1.3 终端

终端一般由数量极多的小型传感器、可编程逻辑控制器（PLC，Programmable Logic Controller）、模组等组成，它们一般只执行单一任务，可从云端对其进行远程管理^[5]。终端的主要作用是获取目标物上的数据，并发送至边缘端，同时接收并执行边缘端下发的指令。

2 关键技术

在云边架构下，基于容器的应用协同技术主要为镜像分发和应用管理。镜像分发包括镜像同步和镜像加速；应用管理包括应用编排、应用调度、应用升级和应用自愈。

2.1 镜像分发

镜像仓库部署在中心云和区域云两级，镜像加速站点部署在部分边缘集群，镜像仓库和镜像加速站点间通过镜像分发来保持同步。镜像分发包括镜像同步和镜像加速，镜像同步作用在区域云与中心

云之间，镜像加速作用在边缘集群与云之间。镜像分发架构如图2所示。

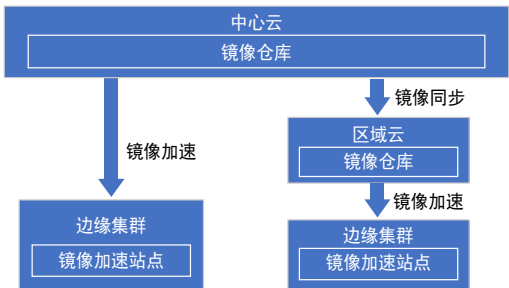


图2 镜像分发架构

2.1.1 镜像同步

在云边架构下，单个镜像仓库通常无法满足大规模集群对容器镜像的下载需求，通常有两种解决方案：（1）将容器镜像的下载请求负载均衡到多个镜像仓库实例上去；（2）将镜像仓库设计为多层级。结合铁路行业云3级架构的特性，选择使用多层级的镜像仓库。

镜像同步主要发生在中心云与区域云之间，由中心云向区域云推送或区域云向中心云拉取镜像。在镜像同步的过程中，如遇网络问题或其他错误，系统会自动进行重试^[6]。镜像仓库兼容不同硬件架构的镜像，边缘设备只请求适合自身架构的镜像。镜像同步技术经常会与镜像加速技术配合使用，从而更好地提供镜像服务。

2.1.2 镜像加速

镜像加速主要用于解决容器冷启动慢的问题^[7]，该问题可从两方面进行优化：（1）在存储方面，可使用块存储设备或网络附属存储等方式保存镜像，

以实现镜像的快速读取；（2）在网络方面，使用网络分发相关技术，实现从多个镜像源头同时下载，或将镜像提前分发到边缘上，从而缩短镜像获取的时间。

本文通过在镜像加速站点配备专用存储设备和使用网络分发技术来实现镜像加速。同时，镜像加速站点兼容不同硬件架构的边缘设备，边缘工作节点可从中拉取适合自身架构的镜像。

2.2 应用管理

2.2.1 应用编排

应用编排由中心云发起，具体步骤为：（1）由人工编排部署配置，指定应用组件在中心云、区域云和边缘工作节点中的具体部署位置，以及应用组件的资源用量、弹性策略、调度策略等；（2）通过管理界面或清单文件的方式，指定应用组件的拓扑关系，并根据业务场景，为应用组件和云服务器节点、边缘集群和边缘工作节点打标签；（3）使用应用编排完成应用的部署。当边缘归属中心云管理时，由中心云负责发起应用部署；当边缘归属区域云管理时，需要把应用编排由中心云分发到区域云，并由区域云发起应用部署。

2.2.2 应用调度

应用调度的策略有选择调度、亲和调度、反亲和调度。应用内组件可根据业务场景选择或组合不同的调度策略。

（1）选择调度策略。该策略将应用从中心云调度到指定范围内的边缘集群或工作节点，还可将应用从中心云调度到指定的某一个或多个区域云，并由区域云二次调度到所属的边缘集群或工作节点上。

选择调度策略基于给边缘集群或工作节点打标签的方式来实现。在应用编排时，为每个应用组件指定目标标签。应用调度时，限制带有目标标签的应用组件，使其只能被调度到目标边缘集群或工作节点，从而使得应用内组件运行在被指定的边缘集群或工作节点上。

（2）亲和调度策略。该策略非强制性地应用组件调度到目标边缘工作节点。优先选择带有目标标签的边缘工作节点执行应用调度，当这些边缘工

作节点无法满足调度需求时，再在无目标标签的边缘工作节点中选择调度目标，从而实现指定应用优先调度到符合指定特点的边缘工作节点。亲和调度策略可将计算密集型应用调度到处理器配置较高的边缘工作节点，将 I/O 密集型应用调度到磁盘性能较高的边缘工作节点。

（3）反亲和调度策略。该策略给应用组件打标签，并检查目标边缘工作节点上是否已运行了带有相同标签的应用组件，并优先选择未运行指定标签应用组件的边缘工作节点，从而将应用组件分散地调度到边缘集群中不同的边缘工作节点，以此降低应用的故障率，并实现边缘集群中多个边缘工作节点间的高可用性。

2.2.3 应用升级

应用升级要尽可能地减少变更范围，对只更新配置的应用组件，仅下发配置，并通知组件进行配置更新；对需要更新镜像的应用组件，执行与应用部署相同的拉起过程；对没有更改的应用组件，不执行操作。

（1）滚动更新策略。应用升级时，需要尽可能降低对业务的影响，通常不会对所有应用组件同时进行升级，而是采用滚动更新策略，进行渐进式升级，按照比例或区域对部分应用组件进行升级，待其操作成功并对外提供服务后，再执行下一批升级操作，重复此过程直至完成升级。

（2）灰度发布策略。对于提供对外服务接口的应用，除采取滚动更新策略外，还可执行灰度发布策略。该策略先启动一个新版本应用，将少量用户流量导入到新版本上，并观察运行状态。确认新版本运行良好后，再逐步将更多的流量导入至新版本，在此期间，可不断地调整新旧两个版本的运行服务器副本数量，使得新版本能够承受越来越大的流量压力，直到将全部流量切换到新版本上，从而完成灰度发布。该策略会出现同一接口新、旧两个版本同时提供服务的情况，若出现异常情况，可立即回退。

2.2.4 应用自愈

在应用运行期间，由于部分边缘工作节点的运行条件较差，可能存在网络或电源不稳定的情况。例如，大部分的 Kubernetes 发行版本不支持离线运行，

而边缘工作节点的离线是常态^[8]。为保障应用稳定运行,边缘上的每个应用组件都应该具备自愈和可替代的能力,包括以下两个方面。

(1) 应用清单文件的缓存。在应用发生部署、升级等变更行为时,云端通过网络将目标状态以清单文件的形式下发到边缘端。边缘端运行的作业编排器将清单文件在本地缓存,以应对网络状态不稳定的情况,在网络恢复后,重新从中心云或区域云获取最新的清单文件。边缘工作节点重启后,根据配置决定是否在本地按照缓存的清单文件恢复应用组件。在恢复应用时,依托本地缓存的容器镜像可直接执行应用容器拉起动作,从而快速实现应用自愈。

(2) 应用数据的一致性。边缘工作节点在本地恢复应用时,将原有数据卷挂载到重新拉起的容器中,基于容器镜像不可变和数据持久化技术,保证应用组件恢复前后的状态连续性和数据一致性。

3 场景应用

3.1 铁路施工现场智能视频监控

铁路施工的安全管理主要包括监督施工人员佩戴安全帽、制止不合规的施工操作和禁止危险物品堆放等。终端摄像头实时采集视频数据并上传至边缘端,边缘端根据云端训练好的模型对视频进行分析。每当视频分析服务升级时,需要借助应用调度将新版本的应用服务升级到指定的边缘上,同时,应用运行所需要的容器镜像也会借助镜像同步和镜像加速,从云端的镜像仓库分发到边缘工作节点。

3.2 铁路沿线风雨雪防灾

铁路自然灾害及监测系统在铁路沿线部署风、雨、雪传感器,并将传感器的监测数据汇聚至铁路局集团公司的中心系统,对沿线自然状态进行综合分析和实时防灾预警。在云边架构下,铁路沿线传感器作为终端接入,将采集的数据就近上传至边缘工作节点,在边缘工作节点上对数据进行格式及协议的转换等处理后,上传到云端,并在云端进行分析处理。在该场景中,一个边缘可就近为多个终端

设备提供服务,借助不同的应用调度策略,可将应用调度到特定的边缘。例如,将适合处理降雨数据的应用调度到降雨频繁的地带,将适合处理霜冻数据的应用调度到降雪频繁地带等。还可避免在同一个边缘工作节点上运行同样的服务,使应用服务分散到不同的边缘工作节点上,在降低资源占用率的同时,为更多终端设备提供服务。

4 结束语

本文深入研究了基于云边架构下的应用协同架构,详细阐述了基于容器的应用协同技术,包括镜像同步、镜像加速、应用编排、应用调度、应用升级和应用自愈等。最后,给出了应用协同技术在铁路施工现场智能视频监控和铁路沿线风雨雪防灾等场景下的应用情况。本文的研究内容可为基于云边架构的铁路生产应用提供参考。

参考文献

- [1] 云边协同产业方阵,云计算开源产业联盟.云边协同关键技术态势研究报告(2021年)[R/OL].(2021-09-14)[2022-09-23].<https://www.xdyanbao.com/doc/9iwoaioviy>.
- [2] 施卫忠.铁路数据中心建设与规划研究[J].中国铁路,2021(1):1-7.
- [3] 张向阳,朱建生,朱韦桥.基于微服务的铁路企业协同办公系统研究与实现[J].铁路计算机应用,2021,30(3):50-54.
- [4] 边缘计算产业联盟,工业互联网产业联盟.边缘计算与云计算协同白皮书2.0[R/OL].(2020-12-16)[2022-09-23].<https://www.bianyuanyun.com/archives/1346>.
- [5] VMware中国研发中心.系列文章(八)|企业环境内的云边协同[EB/OL].(2020-07-20)[2022-09-23].<https://blog.csdn.net/q42906753/article/details/107470098>.
- [6] 隔壁老汪.Harbor实现容器镜像仓库的管理和运维[EB/OL].(2022-06-23)[2022-09-23].<https://bbs.huaweicloud.com/blogs/361081>.
- [7] 陈博.阿里巴巴开源容器镜像加速技术[EB/OL].(2021-04-06)[2022-09-23].<https://developer.aliyun.com/article/783355>.
- [8] 陈卫,郑炜,汤毅.基于kubededge的云边协同技术架构的探索[J].微型电脑应用,2020,36(7):155-157.

责任编辑 李依诺