

城轨云平台测试平台的系统功能与性能测试

徐 鹏¹ 王立刚¹ 周晓宇¹ 周驰楠²

(1. 中铁北方投资有限公司, 150006, 哈尔滨; 2. 交控科技股份有限公司, 100070, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘 要 城轨云平台承载多个应用系统, 为保证城轨云平台项目的顺利实施, 先进行多专业全功能系统级城轨云平台测试, 主要验证云平台及云平台承载的列车自动监控系统(ATS)、综合监控系统(ISCS)、乘客信息显示系统(PIS)、门禁系统(ACS)、集中告警系统(CAS)、自动售检票系统(AFC)、公务电话系统(PBE)、大数据挖掘等专业系统接口、功能、性能等指标是否符合要求。验证业务系统在云平台上的兼容性和稳定性、故障场景下数据/应用级灾备的实现及恢复, 以及云平台系统优化升级对业务系统影响, 并动态展示城轨云平台技术及最新成果。

关键词 城市轨道交通; 信息系统; 城轨云; 测试平台

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.09.043

System Function and Performance Test of Urban Rail Transit Cloud Test Platform

XU Peng, WANG Ligang, ZHOU Xiaoyu, ZHOU Chinan

Abstract The cloud platform of urban rail transit carries multiple application systems. To ensure the smooth implementation of the platform, a multi-professional and full-functional system level test is conducted, to verify whether the inspection indexes meet the requirements, including the interface, basic function and performance of automatic train supervision (ATS), integrated supervisory control system (ISCS), passenger information system (PIS), access control system (ACS), centralized alarm system (CAS), automatic fare collection (AFC), private branch exchange (PBE) and big data mining system. Besides, the compatibility and stability of the above systems on the platform, the implementation and recovery of data / application level disaster recovery in fault scenarios, the impact on those systems when the cloud upgrades are evaluated. Finally, urban rail transit cloud technology and the latest achievements are dynamically demonstrated.

Key words urban rail transit; information system; urban rail cloud; test platform

First-author's address China Railway North Investment Co., Ltd., 150006, Harbing, China

随着我国加大推进“互联网+城市轨道交通”战略, 城市轨道交通向着网络化、信息化、智能化的方向发展^[1], 云平台等高新技术逐渐在城市轨道交通行业中得以应用, 城轨云平台应运而生。由于城轨云承载信号、综合监控等众多复杂的业务系统^[2], 搭建城轨云平台测试平台, 以提前验证城轨云软硬件功能和性能, 可有效保证项目的顺利实施。

1 城轨云平台建设

城轨云平台测试平台旨在对云平台安全生产网、内部管理网和外部服务网所承载的列车自动监控系统^[3]、综合监控系统、乘客信息显示系统、自动售检票系统、办公自动化系统等业务系统的功能实现, 与云平台软硬件兼容性、云平台性能及故障场景进行测试。为有序进行城轨云平台建设及测试工作, 城轨云平台测试平台建设分为5个阶段: 测试设计阶段^[4]、云平台自测试阶段、业务系统功能及兼容测试阶段、故障测试阶段和系统性能测试阶段。

测试设计阶段主要进行测试计划编制、测试平台搭建方案规划、云测试平台测试方案规划、测试用例等计划方案编制工作。测试设计完成后调集设备进行平台搭建工作, 根据项目经验可通过临时错峰借用实际项目设备的方式搭建测试平台, 可有效提高项目设备的利用率, 降低搭建云测试平台成本。测试平台搭建完毕具备测试条件后, 进入云平台自测试阶段, 云平台自测试阶段主要对云平台运营管理、云服务、运维管理、云桌面等功能进行测试, 保证云平台功能可用, 为业务系统上云创造条件。云平台自测试完成后, 进入业务系统功能及兼容性测试阶段, 主要验证业务系统的功能是否实现, 业务系统在云平台上运行是否满足兼容性需求。故障测试阶段根据云平台及业务系统软件架构特点, 模拟虚拟机故障、网络故障、业务系统软件故障等场景验证系统响应是否满足设计预期。系统性能测试阶段主要进行云平台与业务系统的性

能指标及稳定性测试,判断分配给各业务系统的云平台计算、网络、存储资源是否合理。

业务系统功能及兼容测试方式是采用各个业务系统同时并行测试,通过云平台向每个业务系统分配一定数量的云计算、网络、存储资源^[5],对功能和兼容性进行验证。云测试平台提供的资源容量约是线网云平台资源容量的 1/3,故每个业务系统通过搭建一部分典型集中区车站配置或者分配的虚拟机压缩单机资源,这样比现场实际配置的资源缩减至 1/2~1/3 进行测试,以达到满足验证业务系统功能和兼容性要求。

在功能及兼容性测试阶段,由于每个业务系统没有搭建全线所有集中区,或者分配的计算存储资源存在压缩,因此将增加若干天的性能测试(根据项目经验时间定为 7 d),将云测试平台资源全部给单个业务系统使用,以保证单个业务系统按照项目规划使用的计算存储资源配置进行性能验证。

为保证测试的有效和客观^[6],城轨云测试平台(见图 1)与实际项目城轨云主中心网络架构、部署方式、业务系统软硬件均须保持一致:均具备生产中心和灾备中心双中心结构;生产中心安全生产网核心交换机及防火墙均采用冗余配置;测试平台网络架构基本与实际主中心一致;测试平台 VDC(虚拟数据中心)划分原则与实际生产中心一致;资源分配与实际生产中心一致;IP 配置与实际生产中心一致;ATS(列车自动监控)、ISCS(综合监控系统)、

AFC(自动售检票)、PIS(乘客信息显示系统)、ACS(门禁系统)、CAS(集中告警系统)、大数据挖掘等业务系统均上云部署测试;部署的业务系统为正式生产中心使用的业务软件及数据。

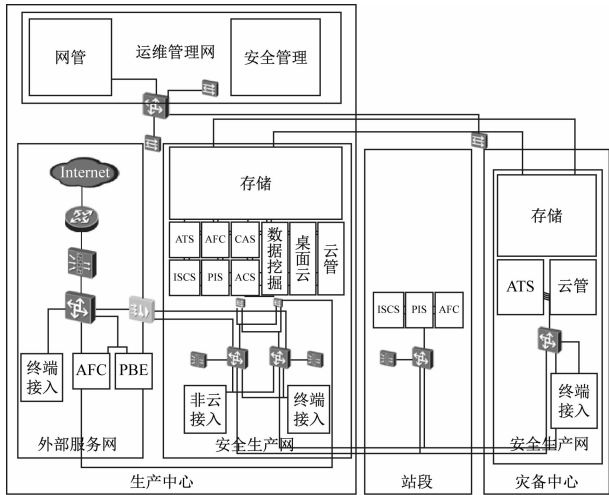


图 1 云测试平台架构

2 城轨云测试平台的测试

云测试平台 VDC 遵循中国城市轨道交通云平台构建技术规范进行划分,安全生产网划为一级 VDC,ATS、ISCS、PIS、ACS、CAS、AFC、数据挖掘等业务系统划为线网级二级 VDC,在二级 VDC 下创建部署 1、2 号线业务系统(见图 2),对业务系统弹性云服务器、云桌面及虚拟化服务器进行管理。

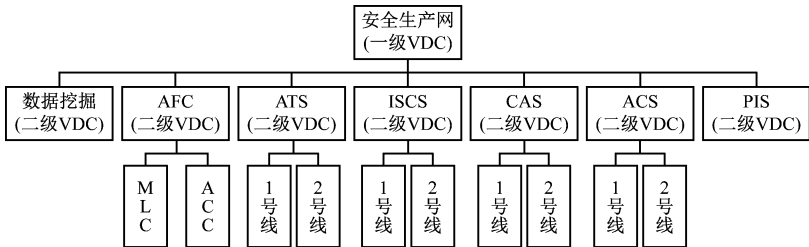


图 2 云测试平台 VDC 划分

2.1 云平台自测试

云平台自测试内容主要包含运营管理、云服务、运维管理、云桌面 4 个方面,并进行云平台故障类测试、灾备测试,验证搭建完成的云测试平台 VDC 创建、用户创建、子网创建、申请弹性云服务器、注册镜像、云硬盘服务、系统资源监控、报表查询、云桌面等各项功能实现情况,以保证具备业务系统上云部署测试的条件。

2.2 业务系统功能及兼容性测试

进行了业务系统功能及兼容性测试,测试结果验证了业务系统部署至云平台后各项功能满足设计要求,业务系统在云平台运行正常。

对于信号系统 ATS 测试的内容,是执行 ATS 界面元素显示、进路办理、运营计划加载、自动分配车次、列车详细信息显示、站遥控控制功能、扣车跳停、主备切换等功能测试。测试结果显示 ATS 软件在云平台运行正常,与平台兼容性满足要求,如图 3 所示。

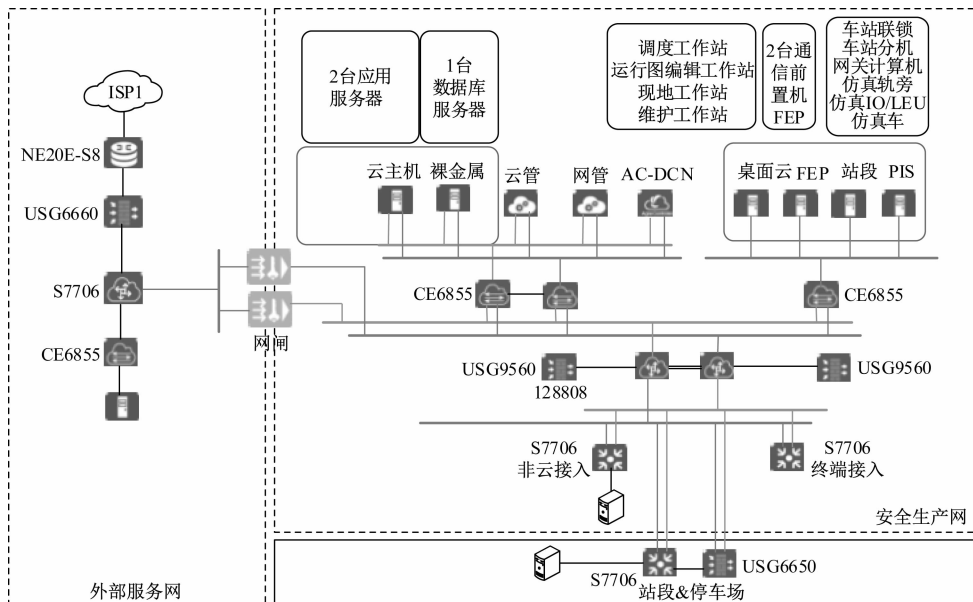


图 3 ATS 上云部署架构

对于综合监控 ISCS 系统,执行综合监控通用功能、控制权移交、单遥功能、顺控功能及与其他业务系统交互功能,进行 ISCS 能源管理和信息安全功能模块测试。测试结果显示,ISCS 在云平台上运行稳定,与云平台兼容性满足要求。

自动售检票 AFC 主要执行 AFC 通信连接、控制命令、账户管理、状态上传、模式下发、参数同步等功能测试。测试结果显示,AFC 软件功能具备,与云平台兼容性正常。

门禁系统 ACS 执行线网平台登录、操作员管理、线路接入、数据接入、持卡人管理、远程控制等相关功能测试。测试结果显示,本线网云平台 ACS 系统各项功能需求及与云平台兼容性满足要求。

乘客信息 PIS 系统执行设备监测、系统管理相关测试、播表软件功能测试、组播功能测试、与综合监控功能测试、与信号系统功能测试、与集中告警功能测试。测试结果显示,PIS 与云平台功能点具备。

公务电话执行综合接入设备测试、网管功能测试、计费功能测试、PBE(公共测试服务器)-CAS 接口测试。测试结果表明,PBE 功能测试通过,与云平台兼容性符合技术标准及相关文件要求。

集中告警系统执行故障管理功能测试、故障分析功能测试、安全管理功能测试、配置管理功能测试、拓扑管理功能测试、告警通信测试。测试结果显示,云平台测试验证功能点具备。

2.3 系统性能测试

系统性能测试包含两部分:云平台虚拟机性能测

试和业务系统性能测试。云平台虚拟机性能测试针对云平台内分配的虚拟机进行磁盘读写、网络带宽、丢包率等性能指标进行测试,判断云平台自身是否满足性能要求。业务系统性能测试主要针对业务系统压力测试时系统运行状态及分配资源使用情况进行确认,判断资源分配是否满足业务系统需求。

2.3.1 云平台虚拟机性能测试

云平台虚拟机性能通过如下手段进行:对云上虚拟机进行 IO 读写测试;通过 iperf 软件持续运行 180 s,测试网络带宽;通过两个虚拟机间传输大块数据测试虚拟机间传输速度;Windows 系统启动 mtr 丢包测试工具,持续 180 s 向服务器发送数据包测试丢包率。云平台性能参数测试结果如表 1 所示。

表 1 云平台性能参数测试结果

测试项	测试结果
IO 吞吐/(Mbit/s)	1 465.17
网络 IO/(Mbit/s)	949
传输速率(云上虚拟机间)/(Mbit/s)	536
传输速率(云上桌面间)/(Mbit/s)	647
丢包率/%	<0.001

2.3.2 业务系统性能验证

ATS 业务系统性能测试采取模拟实际工程项目全部列车(1 号线初期列车数量 24 列,2 号线初期列车数量 30 列)进行 2 min 间隔跑图,系统按运营场景加载计划运行图连续运行 10 h 以上并绘制实际运行图,确认各列车进路自动触发正常,列车靠站停车站台开关门作业正常,停站时间响应及发

车提示正常,列车区间追踪及折返换端运行正常。ATS 性能测试架构如图 4 所示。

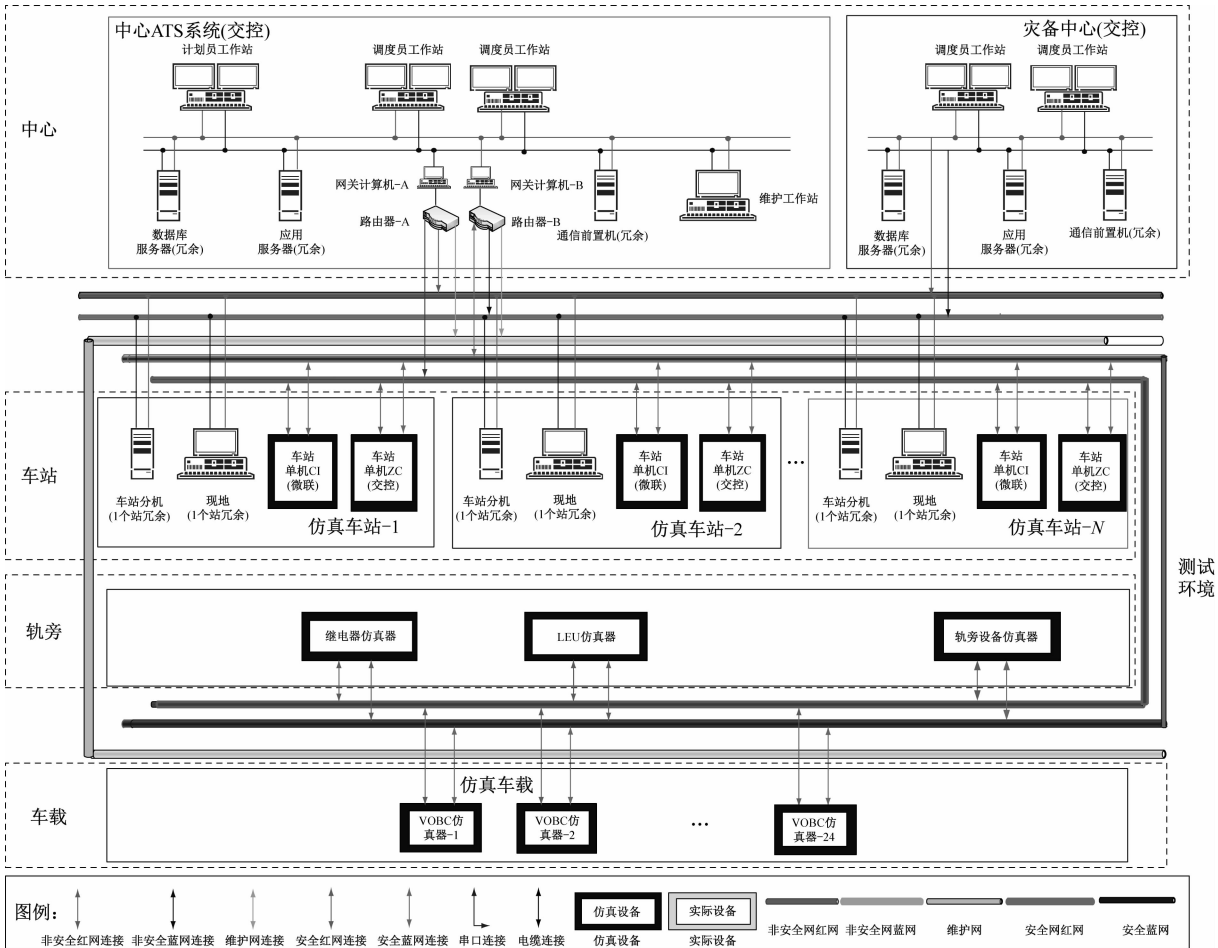


图 4 ATS 性能测试架构

ATS 业务系统在云平台测试环境下进行业务系统性能测试,CPU (中央处理器)最大使用率在 15% 以内,内存使用率在 30% 以内,网络流入流出

量在 200 kbit/s 以内,云平台分配资源满足 ATS 系统需求。ATS 性能测试资源使用情况如图 5 所示。

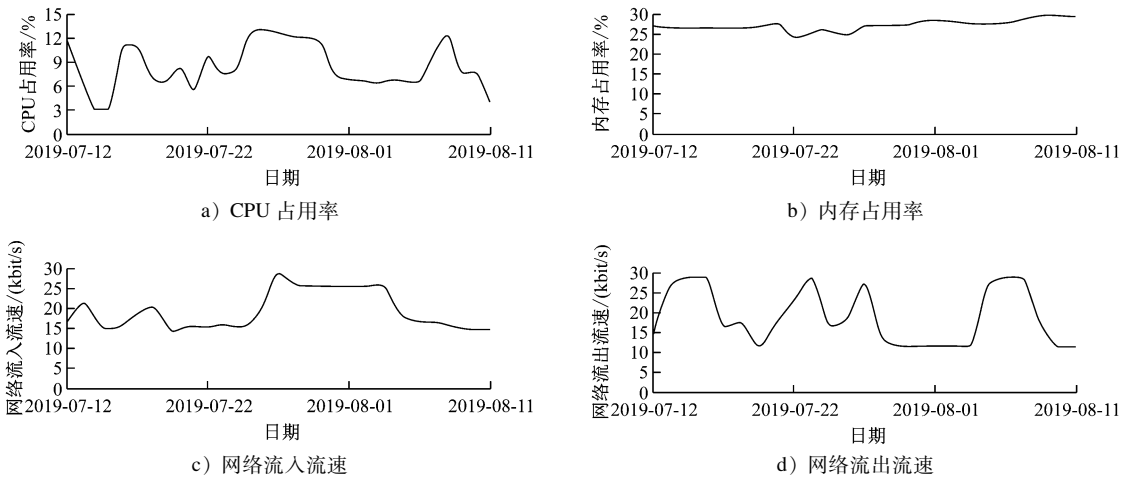


图 5 ATS 性能测试资源使用情况

ISCS 性能测试基于实际工程数据组态 50 万 I/O 点,中心服务器部署 20 万点,车站服务器部署

10 万点,FEP(前端处理器)部署 1 万点,对 HMI(人机接口)和实时服务启动时间、切图时间、HMI 读写

数据时间等性能指标进行测试。通过全线系统设备模拟在线空闲态、20%、40% 和 80% 数据点随机模拟的服务性能,测试结果显示:服务器在线空闲态时 CPU 使用率在 10% 以内,内存使用率在 25% 以内,CPU 及内存使用率随数据点比例增加而增加,服务器在 80% 数据点时,CPU 使用率在 35% 以

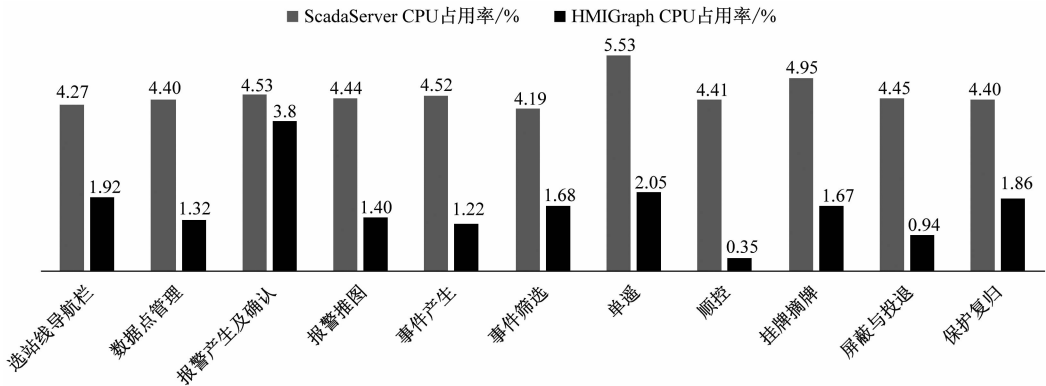


图 6 ISCS 拷机场景 CPU 占用率

自动售检票 AFC 性能测试根据估算每日的客流量及早晚高峰数据,根据实际业务需求,模拟业务场景对各项业务进行高低并发压力测试,分析各设备性能、数据吞吐量以及稳定性。测试结果显示,SLE(空间链路扩展)到服务器之间的带宽为 940 ~ 1 010 Mbit/s,SLE 终端设备到服务器之间的丢包率为 0,目标磁盘最大 IOPS(每秒读写次数)为 149 708.92 s⁻¹,平均响应时间位 0.217 3 ms,CPU 利用率为 1.39%,均已达到预期硬件性能指标。AFC 虚拟机性能指标如图 7 所示。

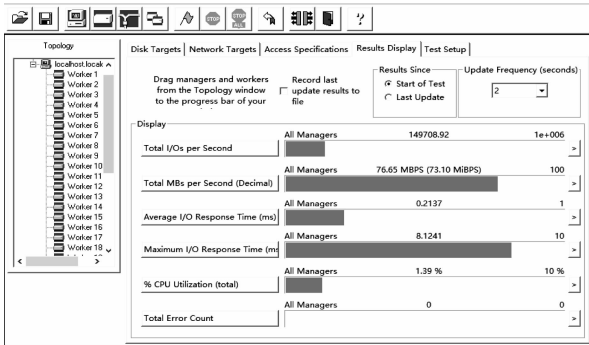


图 7 AFC 虚拟机性能指标截图

MLC/ACC MQ 系统消息分发/分拣的业务分别进行全部业务持续发布、单一业务持续发布和文件传输业务测试。硬件监测显示,某时间点瞬间压力下 CPU 利用率会达到 70%,而常态客流情况下 CPU 利用率一直维持在 45%。MLC/ACC 服务器 CPU 使用情况如图 8 所示。

内,内存使用率在 60% 以内。
实时服务器 ScadaServer 进程 CPU 使用率在 5% 左右,内存平均使用率在 13% 左右,工作站 HMIGraph 进程 CPU 使用率在 2% 左右。ISCS 拷机场景 CPU 占用率如图 6 所示。

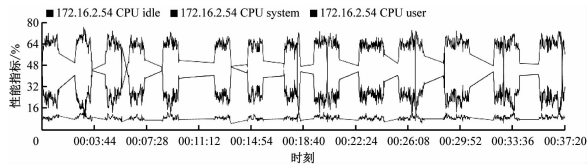


图 8 MLC/ACC 服务器 CPU 使用情况

ACS 平台下发 1 万个以上持卡人到线路服务器,查看每台服务器的运行情况,具体 CPU、内存、网络资源使用情况如表 2 所示。

表 2 ACS 性能测试结果统计

设备	CPU 核心数	内存/GB	网络速率/(kbit/s)	内存使用率/%	CPU 使用率/%
应用服务器 A	8	16	143	14	1
应用服务器 B	8	16	125	14	1
应用服务器 C	8	16	37	14	1
负载均衡服务器 A	4	8	10	12	1
负载均衡服务器 B	4	8	2	14	1
数据库服务器 A	4	8	69	27	2
数据库服务器 B	4	8	269	26	2

PIS 系统性能测试,是通过在 ISCS、ATS 进行性能测试时,将数据同步接入 PIS,测试编播中心、线网中心、车站、车载各功能正常运行,统计各设备资源利用情况。PIS 性能测试结果统计如表 3 所示。

表 3 PIS 性能测试结果统计

设备名称	虚拟机 CPU 内存规格	CPU 使用率/%	内存使用率/%	网络流入速率/(kbit/s)	网络流出速率/(kbit/s)
应用服务器	64 位 128 G	0.62	7.00	50	10
编播工作站	32 位 32 G	10.00	10.50	400	52
数据库服务器	64 位 128 G	4.57	15.50	260	1 000
接口服务器	32 位 32 G	14.00	7.00	50	100
车站服务器	32 位 32 G	13.00	11.20	51	390
灾备-数据库服务器	64 位 128 G	3.57	11.00	210	500

城轨云平台及云平台承载的业务系统性能测试结果表明,城轨云平台架构设计满足城市轨道交通需求,为业务系统分配的计算、网络、存储资源满足业务系统需求,部分业务系统分配的资源仍存在较大压缩空间,随着城轨云平台的建设及普及,可极大地提升资源利用率。

2.4 灾备测试

城轨云平台架构设计分为生产中心和灾备中心^[7],如图 9 所示,云测试平台灾备测试验证生产中心故障后,灾备中心满足不同业务系统应用级灾备及数据级灾备需求。

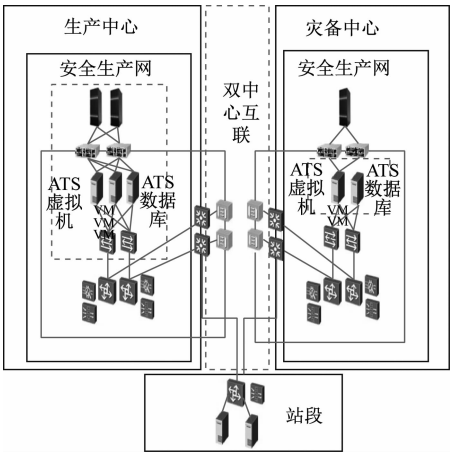


图 9 生产、灾备双中心互联架构

2.4.1 应用级灾备测试

云平台承载的信号系统 ATS(1、2 号线)采用应用级灾备,验证在主中心不可用的情况下,灾备中心可接管 ATS 业务。测试结果,ATS 系统实现应用无感知、秒级切换至备控中心,通过备控中心实现 ATS 操作控制功能。

2.4.2 数据级灾备测试

云平台承载的 ISCS(1、2 号线)、AFC(2 号线 MLC + ACC)、PIS(1、2 号线)、ACS(2 号线)采用数据级灾备,云测试平台通过 3 种方式进行测试:方式 1,利用备份实现数据灾备;方式 2,利用数据库同步软件实现数据库数据级灾备^[8];方式 3,利用云平台 CSDR(生产存储/容灾存储)技术实现数据级灾备。

测试结果,3 种方式均可实现数据级灾备,需根据业务系统不同特性研究评估数据级灾备实现方式。

灾备测试结果表明:灾备中心可为信号系统 ATS 提供应用级灾备,生产中心故障瘫痪,可无缝切换至灾备中心继续使用。灾备中心可为综合监控、自动售检票、门禁、乘客信息等系统提供数据级灾备,保证生产中心故障后重要数据的读取。

3 结语

城轨云测试平台测试结果表明:云平台可满足城市轨道交通业务系统需求,通过云平台资源灵活调配可提升 50% 以上的硬件资源利用率,节省 40% 左右资金投入,节省 30% 以上人力成本投入;利用生产中心、站段云和灾备中心节点形成三层系统保障机制,提升城轨业务 50% 以上服务的可靠性,不仅给城轨云自身的兴建、运营、维护带来显著的经济效益,也为推动城轨云平台行业的信息化、智能化标准的制定及实践作出贡献^[10]。

参考文献

[1] 刘芽,刘占英,麻永华,等.基于云计算技术的城市轨道交通信息化平台发展探索[J].现代城市轨道交通,2019(9):121.
[2] 蔡国强.城市轨道交通信息技术[M].北京:北京交通大学出版社,2012.
[3] 李中浩,朱东飞,邢智明.以信息化助推城市轨道交通快速发展的思考[J].城市轨道交通研究,2017(5):1.
[4] 马娟.云计算中计算机软件的测试技术探讨[J].电子世界,2019(14):142.
[5] 孙晓霞.云计算环境下的软件测试服务研究[J].信息化建设,2016(2):63.
[6] 何宁,卓春英.云计算环境下软件测试研究进展[J].电脑知识与技术,2016(22):64.
[7] 王彪.城轨云架构下灾备方案研究[J].都市轨道交通,2019(3):25.
[8] 陈宏,郭素芹,罗顺辉,等.信息系统灾难备份策略及关键技术研究[J].电力信息化,2011(10):8.
[9] 袁钊.浅谈云计算在城市轨道交通领域的发展[J].通讯世界,2017(21):35.

(收稿日期:2020-05-25)