

支持三模态的城市轨道交通综合监控系统 车站云节点的设计实现^{*}

李 冰^{1,2**} 石 琦^{1,2}

(1. 南瑞轨道交通技术有限公司, 210003, 南京;

2. 国电南瑞科技股份有限公司, 210061, 南京//第一作者, 高级工程师)

摘 要 目的:城市轨道交通云平台的综合监控系统存在服务器资源配置低、运行性能差、车站调试难度大及后期数据同步困难等问题,应深入研究和解决当云平台故障或骨干网中断等情况下,车站降级综合监控系统能够满足地铁正常运营需求的关键技术。方法:针对目前存在的问题,提出了一种特殊的综合监控车站服务器——综合监控车站云节点(以下简称“车站云节点”)。通过对综合监控系统车站降级服务器功能的梳理,设计出满足车站降级功能,且部署在车站地域的车站云节点。车站云节点支持正常、调试及降级等3种模态的运行及切换,满足车站降级综合监控系统正常运行、调试和降级等3种不同的应用场景。以典型的降级场景为例,详细叙述了车站云节点从正常模态切换到降级模态的触发条件、状态切换操作流程及降级模态下的数据流。结果及结论:基于车站云节点的创新设计,降低了云平台故障或者骨干网中断等故障给综合监控系统带来的灾害,极大地提升了基于云平台的综合监控系统的可用性和健壮性。

关键词 城市轨道交通;综合监控系统;车站云节点;三模态;降级;模态转化;数据同步

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.12.039

Design and Implementation of Station Cloud Node for Integrated Monitoring System Supporting Three Modes in Urban Rail Transit

LI Bing, SHI Qi

Abstract Objective: The IMS (integrated monitoring system) of urban rail transit cloud platform faces issues such as low server resource configuration, poor operational performance, difficulty in station debugging, and challenges in subsequent data synchronization. It is essential to conduct in-depth research to address key technologies ensuring that the station downgrade IMS can meet the normal operational requirements

of metro in the event of cloud platform failures or backbone network interruptions. Method: To address the existing issues, a specialized integrated monitoring station server—integrated monitoring station cloud node (hereinafter referred to as 'station cloud node') is proposed. By sorting the functionality of the IMS station downgrade server, a station cloud node is designed to meet the station downgrade functionality and is deployed in the geographical area of the station. The station cloud node supports 3 modes of operation and switching: normal, debugging, and downgrade. It caters to three different application scenarios of the station downgrade IMS, including normal operation, debugging, and downgrade. Taking a typical downgrade scenario as example, the initiative conditions for the station cloud node to switch from normal mode to downgrade mode, the state transition operation process, and the data flow under downgrade mode are detailed. Result & Conclusion: The innovative design of the station cloud node reduces the impact of cloud platform failures or backbone network interruptions on the IMS, significantly enhancing the availability and robustness of the cloud platform-based IMS.

Key words urban rail transit; integrated monitoring system; station cloud node; three modes; downgrade; mode transformation; data synchronization

Author's address NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), 210003, Nanjing, China

0 引言

ISCS(综合监控系统)是城市轨道交通中一种典型的工业控制分布式系统,其包括电力监控、环境与设备监控和站台门控制等,其对安全性、可靠性提出了更高的要求。它由1个运营控制中心(以

^{*} 国家电网公司南瑞集团专项科技项目(524608190072);省重点领域质量攻关项目(苏财工贸[2015]143号)

^{**} 通信作者

下简称“控制中心”)及若干车站分布在不同地域上的节点构成,在控制中心运行 2 台冗余实时节点承载控制中心业务(以下简称“ISCS 中心节点”),在每个车站运行 2 台冗余实时节点承载当前车站业务(以下简称“ISCS 车站节点”)。

随着“城轨云”在城市轨道交通行业的广泛应用,本着集约化的要求,在线路控制中心地域内搭建云平台构建数据中心,集中部署 ISCS 中心节点和所有车站的 ISCS 车站节点。同时,在车站地域保留 1 台 ISCS 车站节点(一般情况下,从节约成本的角度出发,会采用虚拟化的方式或者使用 PC(个人电脑)工作站替代),以确保能够满足控制中心与车站通信故障或者云平台故障和调试的需求。由于车站地域的 ISCS 车站节点与控制中心云平台中的 ISCS 车站节点之间无本质区别,因此,在正常运行情况下,车站地域的 ISCS 车站节点可能会运行主用服务。由于此机器性能较差(一般是控制中心地域 ISCS 车站实时节点资源的一半甚至更少),无法长时间运行满足业务需求;另外,由于调试模态与正常运行差异较大,需手动修改配置才能转换生效,且在调试模态下的模型数据需要手动同步至控制中心地域的 ISCS 车站节点,工作繁琐且量大,存在较大的出错概率,这会造成数据不一致的安全

隐患。

鉴于此,本文设计出一种特殊的 ISCS 车站节点,将其部署在车站地域。此节点跟控制中心地域的 ISCS 车站节点业务逻辑不完全一致,其可运行多种模态并能自由切换模式,满足正常运行、调试和降级等 3 种不同需求场景^[14]。

1 ISCS 车站云节点

1.1 ISCS 车站云节点定义

目前,城市轨道交通领域的“城轨云”项目都把原各生产系统部署在车站地域的车站级服务器进行核减,都集中在数据中心云平台中通过虚拟化的方式进行部署。同时,为解决云平台故障或骨干网通信中断的问题,在车站地域设置 1 台物理服务器进行虚拟化,并配置相应交换机、防火墙和桌面云等硬件设施;通过环网由中心云平台统一管理,供 PIS(乘客信息系统)、安防、ISCS 等系统的车站级业务部署;由于运行 ISCS 业务的节点运行在车站云平台虚拟化环境中,故称之为车站云节点。图 1 为 ISCS 人机界面云节点管理示意图截图。由图 1 可知,调度员可从中心工作站人机界面查看每个站车站云节点的运行状态,并能进行如降级、回收等操作。



图 1 ISCS 人机界面云节点管理示意图截图

Fig. 1 Screenshot of cloud node management diagram in human-machine interface of ISCS

1.2 车站云节点 3 种模态

在 ISCS 中,车站应用服务器分为 ISCS 车站主节点和车站云节点 2 类。ISCS 车站主节点部署在控制中心地域,车站云节点部署在车站地域,两者

通过通信环网进行连接。车站云节点可按照正常模态、降级模态和调试模态等3种方式运行,其能分别满足不同的应用场景。正常模态下,车站云节点作为车站主节点的应用备机,其提供备用服务;当

云平台故障或控制中心和车站通信发生故障的情况下,车站云节点将自动切换至降级模式,为本车站提供主用服务;当车站主节点未配置完成时(云平台未配置完成或通信骨干网未施工完成),车站云节点可运行调试模式,作为调试主机完成当前车站所有调试工作。

1.2.1 车站云节点正常模式

正常模式下,车站云节点实时与车站主节点进行通信,与车站主节点形成主备冗余,作为应用备机,提供应用备用服务。图 2 为数据中心和车站云节点正常运行时的值班任务分配,其显示正常运行情况下车站云节点和控制中心地域 ISCS 车站节点各应用主备值班情况。

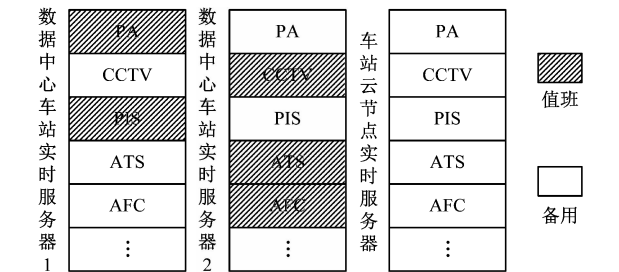


图 2 数据中心和车站云节点正常运行时的值班任务分配
Fig. 2 Duty task allocation during normal operation of data center and station cloud nodes

1.2.2 车站云节点降级模式

综上所述,车站云节点的实际配置差,正常运行情况下作为应用备机,不对外提供应用服务;但当其进入降级模式时,车站云节点将切换为应用主机,需对外提供应用主用服务,这时实际配置的资源不能够正常提供所有的主用服务。因此,在降级情况下,车站云节点只需保留部分重要功能,即只配置主要应用或者主要服务即可。

在实际项目的实施中,对资源损耗高的高级应用一般会停用或不配置如趋势、报表、联动和统计等服务,只保留故障情况下应急使用的基本重要服务,如消息转发、进程管理、冗余管理、报警、数据库读写、数据采集和遥控等,以保障其在降级情况下系统能够按照最小配置运行,并能完成应急调度及操作。

1.2.3 车站云节点调试模式

当云平台未完成配置或骨干网未完成施工使车站与控制中心无法通信时,车站云节点可运行调

试模式,作为调试主机完成当前车站所有调试工作。此时,车站云节点可进行模型录入,存入其数据库;当网络恢复后,自动同步至控制中心云平台数据库。

1.3 车站云节点 3 种模式切换

车站云节点支持多种模式,且可在不同模式间进行自由转换。车站云节点实际的应用主要有以下 3 种模式切换场景^[5]:

1) 车站云节点由正常模式转换为降级模式。正常模式下,车站云节点实时与车站主节点进行通信,与车站主节点形成主备冗余,作为应用备机,提供应用备用服务;当云平台故障或者控制中心和车站通信故障情况下,车站云节点收不到车站主节点通信,车站云节点自动切换成降级模式,此时其切换为应用主机,提供应用主用服务,所有的历史数据均保存在车站云节点本地数据库中。

2) 车站云节点由降级模式恢复为正常模式。车站云节点在降级模式下运行,当控制中心和车站通信恢复情况下,车站云节点恢复与车站主节点通信,但车站云节点仍然保持应用主机,提供应用主用服务。只有通过人工确认后,车站云节点才能恢复成正常模式;此时车站云节点应用主机切换成应用备机,提供应用备用服务;而车站主节点升为应用主机,提供应用主用服务。此时车站云节点在降级模式下存储的历史数据自动同步至车站主节点。

3) 车站云节点运行调试模式。车站云节点启动调试模式,判断控制中心当前车站主节点和控制中心主节点是否在线。若是,则不允许启动调试模式;若否,则可启动调试模式;当运行调试模式时,可录制模型数据,存入车站云节点数据库。

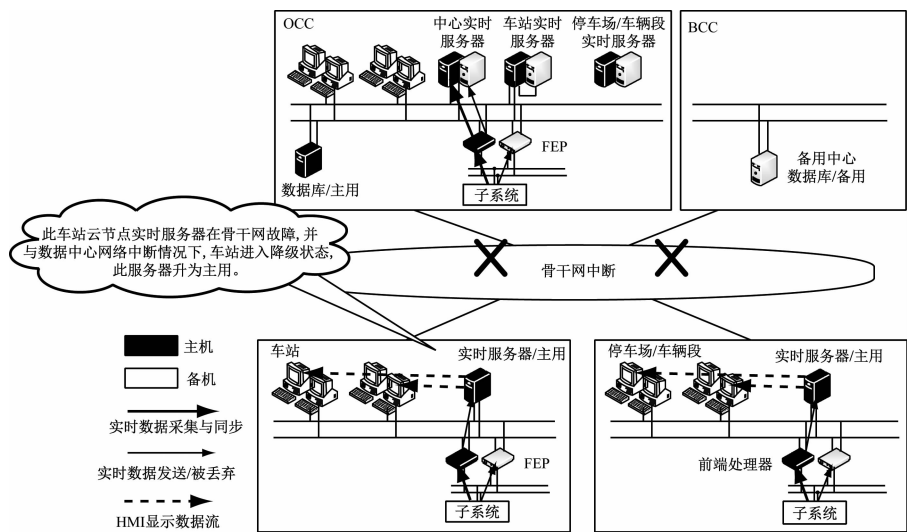
2 车站降级及恢复

2.1 车站降级

在骨干网中断或云平台故障情况下,车站级工作站的用户(考虑到 ISCS 实时性的要求,车站级工作站一般采用物理工作站)需用手动模式进入降级模式。车站值班员可通过此车站工作站的远程桌面访问车站云节点的车站实时服务器,以完成降级操作。

当骨干网中断或者云平台故障时,车站云节点切换为应用主机,提供应用主用服务,车站前端处理器仍与车站云节点保持通信状态,但其已停止

向控制中心进行数据同步^[6]。骨干网故障中断后 数据采集过程如图 3 所示。



注:OCC—运营控制中心;BCC—备用控制中心;FEP—前端处理器。

图 3 骨干网中断后数据采集过程示意图

Fig. 3 Schematic diagram of data collection process during backbone network interruption

2.2 车站恢复

当骨干网故障恢复后,在数据中心正常情况下,控制中心工作站可一键回收所有进入降级站控模式的车站权限。

控制中心工作站通过发送消息,通知所有节点进入回收降级操作,车站云节点服务收到此消息

后,把本节点从降级服务改为正常,即车站云节点降为备机,并且数据库也更改目标库地址。当骨干网故障恢复后,车站云节点会自动向控制中心地域车站实时服务器进行实时数据采集及同步,同时开始将故障期间产生的历史数据向控制中心历史数据库进行复制,其过程如图 4 所示。

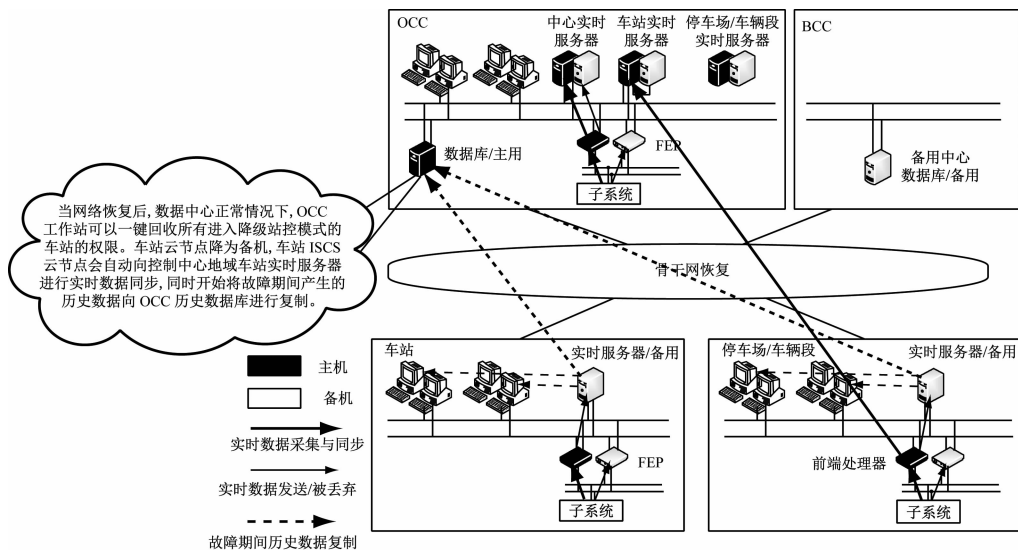


图 4 骨干网中断故障恢复后数据采集及同步和故障期间历史数据复制过程示意图

Fig. 4 Schematic diagram of data collection and synchronization after backbone network interruption fault recovery and historical data replication process during the fault period

(下转第 232 页)