

基于云平台的城市轨道交通线网 综合指挥调度系统设计

竺方辉¹ 宋真祥² 魏 源² 阎 军²

(1. 宁波市轨道交通集团有限公司建设分公司, 315101, 宁波;

2. 南瑞集团公司(国网电力科学研究院), 210003, 南京//第一作者, 工程师)

摘 要 城市轨道交通在快速发展的过程中也带来了一系列的问题: 每条线路的设备规模庞大, 与地下空间有限的矛盾越来越突出; 硬件资源的有效利用率低下, 特别是各种用于提升系统可靠性的冗余设备; 运维成本高、运维效率低下; 系统每天产生的大量数据并没有挖掘出其中的价值, 从某种意义上来说成为了数据垃圾并占用存储资源等。提出了一种基于云平台的城市轨道交通线网综合指挥调度系统, 旨在高效完成城市轨道交通各项业务的同时, 增加系统可靠性、降低建设及运维成本, 提升城市轨道交通的服务质量。

关键词 城市轨道交通线网; 综合指挥调度系统; 可靠性
中图分类号 U29-39

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2019.04.024

Cloud Platform-based Design of Integrated Command and Dispatch System for Urban Rail Transit Network

ZHU Fanghui, SONG Zhenxiang, WEI Yuan,
LYU Jun

Abstract The rapid development of urban rail transit brings a series of problems, such as the increasingly prominent contradictions between the huge equipment and limited underground space on each line; the increasingly inefficient utilization of hardware resources, especially the redundant equipment used to improve the reliability of the system; the higher maintenance cost and the lower operational efficiency; the vast amount of data produced by the system every day but no value ever being excavated. Or in other words, the vast amount of data garbage have occupied the storage resource. In order to solve the problems existing in the present stage of rail transit development, an integrated command scheduling system for rail transit network based on cloud platform is presented, aiming to complete the all kinds of rail transit business efficiently, increase the system reliability, reduce the construction and operational costs and improve the quality of service level of rail transit at the same time.

Key words urban rail transit network; integrated command and dispatch system; reliability

First-author's address Ningbo Rail Transit Group Co., Ltd., 315101, Ningbo, China

近年来, 国内城市轨道交通行业快速发展, 其线路数量急剧增加, 许多城市由单一化线路逐渐向网络化发展。相应的, 传统独立分离的监控系统也逐渐向统一的综合指挥调度系统发展。以前每条线路都会设置许多控制中心及车站设备室, 并部署大量服务器。不仅设备的资源利用率较低, 而且运维成本也会随线路增多而增加。在新形势下, 城市轨道交通在运营过程中每时每刻都在产生并积累大量的数据, 特别是非结构化数据更是呈现指数级增长, 城市轨道交通的大数据时代正悄然到来。运营方应有效地处理和分析这些结构化和非结构化数据, 挖掘其中有价值的信息, 通过海量数据的采集、整理和分析, 从而提高城市轨道交通的运营水平, 提高科学决策能力, 提升效益降低成本, 提升服务及安全保障能力。这已日益成为业界关注的焦点及急需解决的问题。

近年来, 云计算技术飞速发展, 已经在许多领域得到成功应用, 并形成了公有云、私有云、混合云等不同的云服务。相比较而言, 私有云具有以下优势: ①数据安全性高; ②服务质量高, 不会受到网络不稳定的影响; ③能更好地充分利用现有软硬件资源; ④不影响 IT(信息技术)管理的流程。城市轨道交通安全性等级要求很高, 会涉及到乘客的生命及财产安全, 对数据信息安全性要求极高。本文所述的综合指挥调度系统将架构在私有云之上。

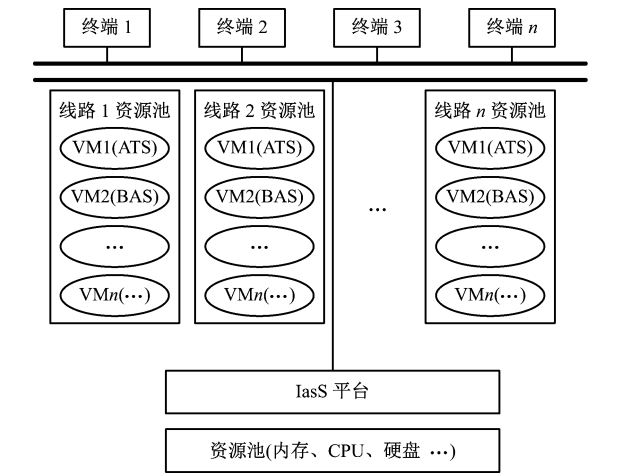
1 综合指挥调度系统总体框架设计

与传统的城市轨道交通监控系统相比, 基于云

平台的城市轨道交通线网综合指挥调度系统(以下简称“综合调度系统”)最大的优势就是能有效减少资源的浪费。

传统模式下,综合调度系统通过冗余备份方式来保证其高可靠性,每条线路需要部署上百台各类服务器及台式计算机。例如,深圳地铁 10 号线有 24 座车站、1 座车辆段、1 座停车场、1 处控制中心,一共配备了服务器 261 台、台式计算机 237 台、存储设备 33 套。而这些设备中,服务器 CPU(中央处理器)利用率不高于 20%,车站级服务器的 CPU 利用率不到 5%,各种备用设备资源得不到很好的利用。当线路增加时,需增加大量的控制中心服务器及车站服务器,还需要大量人力对这些设备进行维护。

综合调度系统,大部分资源都集中在云数据中心。车站级弱电设备占用设备间的面积可减少到传统方案的 1/3,盘箱柜的使用台数减少到传统方案的 2/3,设备利用率可提升到 70%~80%,同时节约 50% 的电能消耗。当需要增加线路或业务系统时,可采用虚拟化技术,分配相应的虚拟机作为服务器,就能满足需求。所有线网的数据将得到统一管理,有利于数据共享及综合分析。综合调度系统的云计算总体构架如图 1 所示。



注:VM 为虚拟机;ATS 为列车自动监控;BAS 为环境与设备监控系统

图 1 综合调度系统的云计算总体构架

综合调度系统的业务系统主要有 PSCADA(电力监控与数据采集)、BAS、CCTV(闭路电视)、PIS(乘客信息系统)、PA(公共广播)、AFC(自动频率控制)等系统,以及列车自动监控(ATS)系统。由于综合调度系统融合的业务众多,各系统数据处理模型及对实时性的需求也存在差异。有的数据需

要实时处理并迅速做出响应(如 ATS 需要对各种底层信号设备的状态信息及列车的实时位置进行实时处理并及时显示等),有的数据则对实时性要求不高(如各种日志信息、各类统计信息、报表信息等)。因此,本文为综合调度系统设计一种分层数据处理架构,以满足不同的实时性需求,提升系统效率。数据处理架构如图 2 所示。

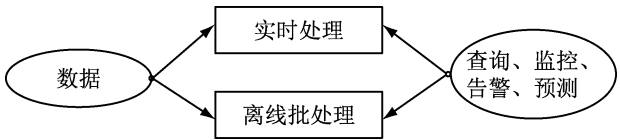


图 2 分层数据处理架构

由图 2 可见,综合调度系统对数据的处理分为实时处理及离线批处理两部分。其中,实时处理主要针对各种设备的实时监控、状态实时显示、实时告警等;离线批处理主要对各种离线日志信息、历史客流信息等进行分析,从中挖掘出具有价值的信息,以优化运营调度、提升运营水平及服务质量。

综合调度系统通过采集外部系统数据、数据清洗、对数据进行实时处理及离线批处理等,最终将结果数据在各种终端进行显示,同时,控制命令通过终端 HMI(人机接口界面)处理后发送到外部系统。综合调度系统的数据流示意图如图 3 所示。

1.1 数据采集

综合调度系统主要通过前置接口机接收信号系统、车载控制系统、PSCADA、FAS(火灾报警系统)、CCTV、BAS、PIS、PA 等外部系统发来的底层设备信息及列车信息等。其中,信号系统及车载系统数据通过 ATS 接入。

1.2 数据清洗

数据清洗是对采集的数据进行预处理,主要包括对数据的审查校验,对无效数据、缺失数据、空值数据、重复数据及过期数据等进行甄别和剔除,从而筛选出有效数据,提高数据处理效率。

1.3 实时计算

城市轨道交通的监控需对多种设备及其状态进行监测,具有持续时间长、数据密集、实时性强等特点。数据按照一定的采集频率流向数据中心。由于各种检测项目不同,监测数据在数据处理中使用的处理模型具有差异性,故各监测数据到达数据中心的时间存在随机性。可见,城市轨道交通监控数据是一种典型的流式数据,具有实时到达、到达

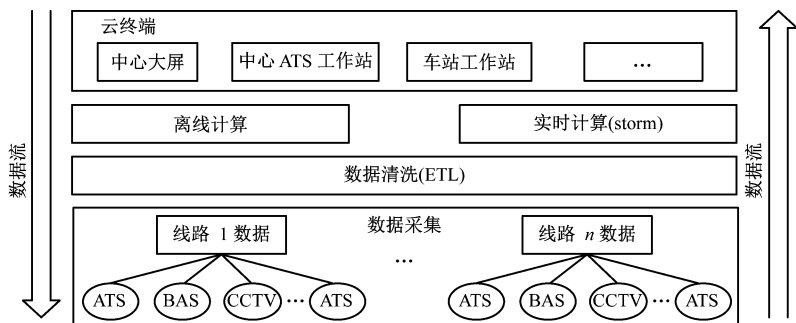


图3 综合调度系统数据流图

次序独立、规模大且不能预知等特点。

本文采用 Storm 软件实时计算框架完成综合调度系统的实时计算。Storm 软件是开源的分布式实时数据流计算软件,具有良好的容错性、兼容性和可扩展性。数据经流处理系统处理之后,可根据情况进行存储,以便再进行分析处理。

1.4 离线计算

城市轨道交通各系统每天都产生大量的数据(如客流信息、票务信息、日志信息、操作记录、视频监控信息、列车早晚点状态、每日运营报表等)。目前,这些海量数据大致都是经过简单分析处理后,在本地磁盘上存储一段时间视作为过期数据进行丢弃,并没有分析挖掘出数据中的价值。综合调度系统可通过离线批处理,对每天产生的海量数据进行分析,从中挖掘出有用信息(如列车早晚点规律、客流分布规律等),从而更好地规划行车调度、对旅客进行准确引导等,提升服务质量与水平。

1.5 应用层

综合调度系统除了满足传统的综合监控功能及 ATS 功能外,借助平台数据共享等优势,可从海量数据中挖掘出数据的潜在价值,提供更好的服务:

(1) 借助流计算的实时性,根据线网客流量信息,通过 PA 及 CCTV 等系统向乘客实时发布线路拥堵状况,以方便旅客安排出行计划,提升服务质量。

(2) 根据历史数据分析,可对未来线路客流量进行预告。

(3) 向站台乘客告知即将进站列车的客流分布情况,方便乘客选择乘客较少的车厢处候车。

(4) 根据历史数据,可不断优化各条线路的列车发车间隔。

(5) 提供城市轨道交通出行导航等服务。

1.6 网络方案设计

综合调度系统需要稳定高效的网络系统的支

撑。随着线网数据量的增加,以及云平台本身对带宽占用的需求,传统的 FE(Fast Ethernet)接口已不能满足城市轨道交通云架构的需求,尤其是大量 CCTV 视频流的接入,对带宽的要求大幅提高。例如,深圳地铁 10 号线全线车站、车辆段及停车场共有摄像机超过 4 000 台,每个 1 080 p(200 万像素)的摄像头码率平均为 4 Mbit/s,全线视频存储的传输带宽需求约为 16 Gbit/s,其数据传输采用双环网设计,仅仅 CCTV 需要单环的传输带宽就在 8 Gbit/s 以上。

RPR 弹性分组环应用了统计空间复用技术、环级汇聚技术、拓扑自动识别技术及消除备份带宽技术等,能大大提高带宽的利用率和有效带宽,还能快速恢复网络,保障网络 50 ms 的故障倒换时间要求。RPR 的技术特点能满足云平台的城市轨道交通线网对数据的传输效率及安全性的需求。线网各线路采用 RPR 双环网及双节点网络技术,线网中心核心交换机采用高性能 CDN 装置并与各个线路进行双节点接入,可有效增加综合调度系统的可靠性。

2 虚拟化资源调度

负载均衡是云计算的关键技术之一,可把云负载动态均衡地分配到云系统所有的节点中。有效的负载均衡算法在提高用户满意度、提高资源利用率和避免虚拟机频繁迁移等方面起着重要的作用。通过负载均衡,可实现综合调度系统的资源调度。资源调度是指通过指定方式为指定线程分配计算完成所需的资源,是保证作业完成的重要工作。不同的调度算法有着不同的资源调度标准和参数。有效的资源调度不仅能降低执行成本、时间花销以及能耗等问题,还能考虑综合调度系统的可靠性、安全性、可用性及可扩展性等关乎服务质量的要求。资源调度的主要目标如下:

(1) 为不同的作业选择合适的资源以保证作业的顺利执行,并且提高资源的利用率,即要以最小的资源量来保证完成作业,并且尽可能地减少作业完成所需时间的花销(或最大化吞吐量)。

(2) 确定合适的负载,使综合调度系统在多作业环境下,保证各作业在满足各项服务质量(如CPU利用率,可用性,可靠性,安全性等)要求,减小各作业的执行时间,并保证系统的总花销最小。

线网中各条线路间均存在差异(如线路长度差异、车站数量差异、线路客流量差异、行车时间间隔差异、底层设备安置数量差异、运营时间差异等),即使同一条线路,在不同时段也会存在客流大小及行车密度的差异。这些差异最直接的表现是产生的数据量大小实时变化。数据流量的大小能从一定程度上反映对物理资源的需求。因此,可通过监控各线路、各系统之间的数据流量,动态地对各虚拟机的资源进行资源调度,以提高资源的利用率。

3 结语

综合调度系统基于云平台,采用了分层数据处理架构,在满足实时性需求的同时,还能从大量历史数据中挖掘有用的价值。综合调度系统采用云计算技术,对资源进行集中管理,虚拟化资源调度,能有效提高资源利用率。其采用分布式存储技术,将数据分片在资源池内打散,在硬盘发生故障后,可在全资源池范围内自动并行重建,能保障数据可靠性。当物理节点发生故障时,物理机可自动迁移并重新启动,大大缩短恢复时间、减少人工干预。控制中心采用集中式的运营维护,减少了车站的工作量及资源投入。此外,综合调度系统还对线路及业务具有很强的拓展性。

(上接第93页)

为提高工程建设科学管理水平提供了有效的技术手段。

参考文献

- [1] 邓世军,朱卓娃,江宇,等.基于激光点云数据的三维建模技术研究[J].科技资讯,2015,10(32):1672.
- [2] 陈华菊,师旭超.深基坑工程的风险分析[J].铜业工程,2008,1(1):71.
- [3] 任一兵,李振中.地下公用设施管线切改案例分析[C]//中国

云技术作为一种新兴技术,已经在许多领域成功应用,但由于城市轨道交通行业的特殊性,目前云技术在城市轨道交通领域尚未发展成熟,仍面临诸多问题。例如:①云技术需满足轨道交通安全运行等级的要求;②带宽需满足 CCTV 数据流的要求;③对于一些目前尚未建设轨道交通的三四线城市,可以直接实践云构架的技术模式;但是,对于既有的线路,如何在不影响运行的情况下对既有线路进行升级及迁移,将面临巨大挑战;④许多传统工作站都配备3个显示器终端,但是目前主流的云桌面不支持3个显示器终端,等等。不过随着信息化水平的不断发展,云技术与轨道交通监控领域的融合必将成为一种主流,云计算的众多优势必将在城市轨道交通领域得到发挥。

参考文献

- [1] 中国国家标准化管理委员会.城市轨道交通运营管理规范:GB/T 30012—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 张辉.云计算技术城市轨道交通运营指挥管理系统中的应用[J].城市轨道交通研究,2016(10):5.
- [3] 梁奕.基于分布式流计算的路网指挥中心系统数据处理技术[J].城市轨道交通研究,2016(3):41.
- [4] 殷家琪.基于虚拟机的快速故障恢复技术的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [5] 陈波.云计算环境下负载均衡技术的研究[D].无锡:江南大学,2014.
- [6] 何霖,姚世峰.城市轨道交通云建设探讨[J].都市快轨交通,2016,29(2):37.
- [7] 王宏博.云计算在城市轨道交通综合监控系统的应用研究[J].工程技术(文摘版),2016(6):280.
- [8] 孟蒙.基于云计算的负载均衡技术的研究[D].南京:南京邮电大学,2014.

(收稿日期:2017-12-05)

城市规划学会.多元与包容——2012中国城市规划年会论文集.昆明:云南科技出版社,2012:187.

- [4] 李南江,刘少华.空间数据插值算法设计[J].科技信息,2009,16(1):70.
- [5] 李淑,张顶立,房倩,等.北京地铁车站深基坑地表变形特性研究[J].岩石力学与工程学报,2012,31(1):189.
- [6] LUO H B, GONG P S. A BIM-based Code Compliance Checking Process of Deep Foundation Construction Plans[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2015, 79(3):549.

(收稿日期:2018-05-30)