

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.050

城市地下道路综合管控平台架构设计研究与应用

张海城, 刘艺, 游克思

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:随着大数据、云计算、物联网等新一代信息科技的发展,为城市地下道路运营管控和安全提升提供了更多的智慧化工具,新技术和新手段可以更好地赋能智慧城市地下道路的建设。通过分析常规地下道路综合监控系统功能现状和技术架构存在的问题,探索性的提出一套新一代城市地下道路综合管控平台架构,旨在有效地推动地下道路运营安全和通行效率的提升。

关键词:地下道路;综合管控平台;技术架构;系统架构;功能设计

中图分类号: U495

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)02-0197-05

0 引言

城市地下道路是指地表以下供机动车或兼有非机动车、行人通行的城市道路^[1]。近年来,土地资源紧缺,出于对生态保护、改善环境、提升区域功能以及提高城市综合竞争力等多重因素的考虑,城市地下道路数量越来越多,规模越来越大。

智慧地下道路是采用先进的数据多源采集手段、精准的多源异构数据融合技术、强大的数据挖掘处理算法、高效的云平台架构,引入“动态化、平台化、自动化、智慧化”四化交通思维,挖掘数据信息价值,实现智慧地下道路高效、安全和节能的运营,全面提升地下道路系统运行效率和管理水平,为管理决策、工程建设、运维管理、公众出行等提供信息服务。

近年来,党中央、国务院、相关部委密集出台智慧交通发展、智慧城市战略的相关指导文件,为新时期交通发展提供了新机遇。2022年3月,交通运输部、科学技术部联合发布的《“十四五”交通领域科技创新规划》提出要推动智慧交通与智慧城市协同发展,大力发展智慧交通,推动云计算、大数据、物联网、移动互联网、区块链、人工智能等新一代信息技术与交通运输融合,加快北斗导航技术应用,开展智能交通先导应用试点,逐步为智慧地下道路的建设提供了有力保障。

收稿日期: 2022-08-30

基金项目: 上海市2021年度“科技创新行动计划”(21002410700)

作者简介: 张海城(1990—),男,工程师,工学硕士,从事智慧交通设计工作。

1 地下道路综合监控系统现状调研与问题分析

选取外滩隧道、诸光路通道、军工路隧道、北横通道、苏州中心、港珠澳大桥海底隧道等地下道路进行实地调研。

1.1 现状综合监控系统平台功能分析

目前综合监控系统功能包含视频监控、交通监控、设备环境监控、有线电话及广播、火灾自动报警与消防联动、通信网络,详细功能如表1所示。

表1 综合监控系统现状功能

系统模块	实现功能
视频监控	全方位、全天候监视地下道路内运行状况;监视重要设备机房人员出入等
交通监控	交通流信息采集;断面流量、平均速度 交通事件采集(抛洒、抛锚、车辆事故、倒车等) 交通诱导及控制
设备、环境监控	供电设备、通风设备、照明设备、水泵等 CO/VI、风速风向
有线电话及广播	地下道路内和地下道路出入口的分区语音广播;突发事件火灾或抛锚车辆提供紧急求助
火灾自动报警与消防联动	火灾监测 系统联动报警
通信网络	对地下道路通行车辆、各工作场所以及救援设施之间的无线通信联系

传统地下道路综合监控系统配置了上述六大子系统等相关机电与信息化系统,初步实现了隧道的基础管控功能,如交通流量信息采集系统、交通视频监控、情报板信息发布系统、隧道超高检测系统等^[2-3]。

针对地下道路管理的新需求、精细化管控和服务等,传统监控系统功能存在一定不足。

(1) 交通管控功能需要提升增强

传统地下道路综合监控平台对地下道路内车辆监测颗粒度低,对地下道路的运行状况感知不够全面,导致应急情况下的交通管控功能能力不足,管控策略智能化程度不够。

(2) 应急救援功能不够完善,水灾监测手段不足

传统地下道路综合监控系统现阶段功能无法满足不断新增的业务需求,如水灾、火灾等事件,均未有较为规范的体系和可预知的监测手段。

(3) 运维管理养护不足,人工巡查,需要智能化巡检。

传统地下道路监控系统智能化程度较低,信息处置自动化水平不足,大部分问题是通过人工主动发现,系统无法在第一时间将各类事件推送至运管人员,处置效率低。系统未建立基于数据融合的问题监测发现机制与事件处置机制,联动处置难,不能满足地下道路运行管理联动指挥、决策支撑的需要。

(4) 对数据挖掘分析能力弱,需要大数据分析功能。

地下道路内布设的各个系统作为监测管控的抓手,积累了大量的监测数据,而目前数据标准化程度低、数据可共享水平低、数据深度分析和利用水平低,已开展的数据深度分析和利用工作总体上深度不足,对实际工作的指导作用有限,尚不具备有效支撑地下道路管理运行决策的能力。

(5) 指挥调度手段单一,应急联动处置难

当前,运管中心指挥调度多为电话通知,现场一线处置人员多数未携带手持终端设备,无法第一时间获知事件信息,应急联动处置效率低下。

1.2 现状综合监控系统平台技术架构与问题分析

(1) 常规软件架构分析

常规软件架构基本可满足综合监控平台的功能需求,目前常规地下道路常用软件架构主要为ESB架构等传统架构。常规软件架构ESB主要优点如下:

a. 灵活性

根据需求变化,可重新编排服务或应用程序。

b. 对IT资产的复用

使企业的信息化建设真正以业务或应用为核心,业务人员根据需求编排服务,不需要考虑技术细节。

但传统软件架构在软件接口统一性、服务编排灵活度、IT资源利用方面均存在不足,存在的弊端也不可忽视。

c. 应用复杂度增加,更新、维护困难

简单的应用会随着时间的推移而逐渐变大,那么开发团队将会面临很多问题,其中最主要问题就是这个应用太复杂,以至于任何单个开发者都很难进行二次开发或维护,特别是那些刚加入团队的开发人员,可能难以理解和修改应用程序。

d. 易造成系统资源浪费

虽然使用负载均衡的方式可以对项目中的服务容量进行水平扩展,但是也会导致其他不需要扩展的服务也进行了相应的扩展,这种扩展会极大的浪费资源。

e. 影响开发效率

当应用越大时,启动时间就会越长。开发和调试的过程中,如果有很大一部分时间都要在等待中渡过,那么必然会对开发效率有极大的影响。

f. 应用可靠性低

传统单体应用架构在运行时的可靠性比较低,当所有模块都运行在一个进程中时,如果任何一个模块中出现了一个Bug,可能会导致整个进程崩溃,从而影响到整个应用。

g. 不利于技术的更新

传统单体应用架构一旦选定使用某些技术,则后期的开发和扩展将在这些技术的基础上实现。如果需要更改某种技术,则可能需要将整个应用全部重新开发,这种成本是非常大的。

h. 存储方式单一

传统单体架构所有的模块都共用一个数据库,一旦某个系统存储出现问题,可能会导致整个数据库数据错乱等问题。

本文建议采用的微服务架构,具有以下几个优点:

a. 易于开发和维护

由于微服务单个模块就相当于一个项目,开发这个模块,我们就只需要关心这个模块的逻辑即可,代码量和逻辑复杂度都会降低,从而易于开发和维护。

b. 启动较快

相对单个微服务来说,相比于启动传统单体框架的整个项目,启动某个模块的服务速度明显是要快很多的。

c. 局部修改易部署

在开发中发现问题,如果是传统单体架构,就需要重新发布并启动整个项目,非常耗时间。微服务则不同,可以针对性的对软件模块出现的问题进行修

复,修复后的软件模块部署相对简单,不必重启整个项目从而大大节约时间。

d. 按需伸缩

传统单体架构在想扩展某个模块的性能时不得不考虑到其他的模块的性能会不会受到影响,对于微服务而言,完全不是问题,任何模块通过任何方式来提升本身性能不必考虑其它模块的情况。

此外,相比于ESB来说SOA更加精细,更多的以独立的进程的方式存在,互相之间并无影响;提供的接口方式更加通用化,各种终端都可以调用,无关语言、平台的限制;更倾向于分布式去中心化的部署方式,适用于多隧管理的系统建设,可支持多隧道设施接入和统一中心的区域设施管理。

(2)设备接口不统一、协议不兼容

由于地下道路硬件厂商品牌繁多,会出现各外场终端软件接口不统一、软件协议不兼容、数据格式标准不一致、软件硬件紧密耦合度不高、功能扩充弹性低的问题,难以满足产线升级和重组需求,且整合不易。

2 地下道路新综合管控平台设计

本文提出云-边-端的架构,本系统架构具备

可扩展性,能打通系统数据壁垒,在构建大数据分析等方面具有天然优势,部分上云,云控平台,节约化建设^[4]。

“云”指的是中心计算、存储的节点,“边”指的是部分业务,如融合多重算法模型于一体的边缘工控机等边缘计算节点,能实现智能设备诊断、智能视频识别、预测性维护等功能,“端”指的是交通视频监控、交通流量采集、信号控制、信息发布、位置服务、火灾探测等外场终端设备。

首先从系统架构层面,提出了基于驱动级物联接入总线的云边端架构,从底层技术架构解决目前平台的存在不足。系统统一标准、统一协议、统一管理、数据共享、实现业务互联。

2.1 系统架构设计

主要包含感知层、基础资源层、传输层、数据支撑层、应用层、交互层^[5-7],详见系统架构见图1。

感知层:主要包括交通视频监控设备、交通流量采集设备、信号控制设备、信息发布设备、位置服务设备、紧急呼叫设备、火灾探测设备等。负责地下环路和地下道路内各类数据的采集,是地下道路建设的基础。通过智能化外场设备的布设,实现对环路和地下道路人、车、路和环境信息的全息感知。

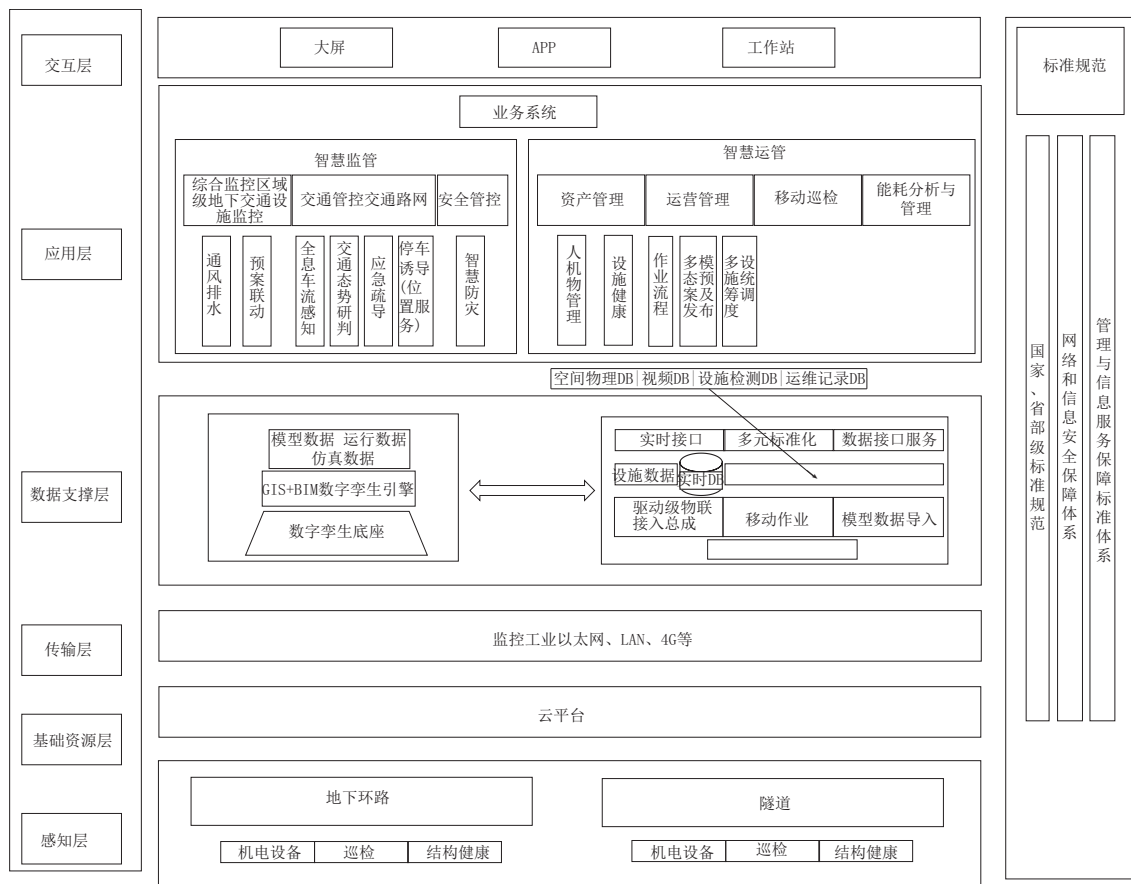


图1 系统架构图

基础资源层:包括基础云平台感知,规范地整合了基础硬件资源等底层资源,在物理硬件设施的基础上采用虚拟化云技术,实现存储运算等硬件资源的虚拟化服务,为上层提供具备弹性伸缩能力、负载均衡、高可用性的基础设施,从而提升硬件设施的利用效率,并提供相关的运行监控及资源调度功能。

传输层:通过监控工业以太网、LAN、4G 打通外场设施设备与管理中心的网络,实现一张网的传输。

数据支撑层:采用先进的数据采集、精准的多源异构数据融合技术以及强大的数据挖掘分析等手段构建具备数据共享与交互、数据管理与服务以及数据的融合共享等功能的数据中台。建设基于 BIM+GIS+ 数字孪生引擎的数字孪生底座,通过数字孪生底座和数据中台的融合应用,实现数据综合应用和分析研判等功能。

业务层:主要包括智慧监管和智慧运营模块,智慧监管模块包含综合监控-区域级地下交通设施监控、交通管控交通路网、安全管控等子模块,智慧运营模块包含资产管理、运营管理、移动巡检、能耗分析与管理等子模块。通过搭建应用分析模型,实现地下空间综合应用业务智慧化、综合管理智能精细一体化、指挥调度应急指挥精准化。

交互层:通过 APP、工作站、大屏等多种渠道,加强智慧地下道路平台的运营,提升包括公众、领导、运维人员等不同用户的参与感、认同感和获得感。

2.2 平台功能模块完善

(1)交通管控功能

交通管控功能包括交通运行状态全息感知、交通态势研判、交通管控与引导,能够提供交通事故预警、周边交通状态信息及交通灯信息等实时信息。从而实现接入本平台的地下道路设施的区域级交通路网管控,实时掌握区域路网交通运行状况,保障行车通畅、减少事故并在事件发生后及时做出反应。

(2)智慧防灾功能

a. 智慧消防

系统能实现对环境参数感知及报警、预警,减少误报漏报率;实现地下道路温度场、烟气场的重构;构建动态建立疏散预案,并进行实时评估;能实现对消防系统评估。

b. 智慧防汛

平台模块能实现对地下道路防洪相关参数的感知,包括外场积水相关传感器数据接入、外部天气预警信息接入。

c. 联动预案功能

预案联动模块分为日常运营控制管理模块和应急预案控制管理模块。

(3)应急联动功能

a. 日常运营控制管理

日常运营控制管理模块应具有方案编辑功能,系统管理员可以对已有的方案进行修改,也可制作新方案,添加到系统中。日常管理模块应包括交通控制、通风控制、照明控制、给排水控制等不同工况的要求。

b. 应急预案控制管理

应急预案控制管理模块应能够具备对交通事故、火灾、水灾、环境异常、断电、恶劣天气、地质灾害、特殊事件等突发工况的管理,此外还应包括对地下环路交通影响较大的计划性维修养护和突发灾害后的维修养护工况的管理。

(4)智慧运营功能

地下道路智慧运营模块是一套针对地下道路管养系统的综合服务模块。主要功能包括人员及组织结构管理、资产管理、养护规范管理、作业排班管理、检查管理、清洗养护管理、机电设备报警管理等核心业务功能。

2.3 与传统综合监控系统平台系统比较分析

(1)与传统综合监控系统平台功能对比

通过在感知层、基础资源层、数据支撑层、应用层、展示支撑层、安全合规等方面比较,在各层级均有显著的补充完善和提升,详见表 2。

(2)与传统综合监控系统平台性能对比

通过对平台的可拓展性、安全性、可靠性、升级成本、容错能力、可用性、服务的稳定性等方面进行对比,详见表 3,采用云架构的构建,不仅可以降低信息化构建成本和生产运营成本,提高资源配置效率、提升智慧交通管理水平、提高平台安全性,还可以实现数据与业务的融合,为数据价值的提升奠定基础,通过数据分析、人工智能等技术的加持,提供更加高阶的场景化服务。

3 结论

地下道路运行是城市安全有序运行的重要基础,是城市高质量发展的重要内容。“向地下要空间”成为城市发展的重要方向。以地下道路建设为契机,基于智能化技术建立智慧地下道路综合管控平台,能够有效推进地下道路基础设施智慧化提升,提高

表2 传统平台与新一代综合管控平台功能对比表

比较层级平台版本	传统平台	新一代的综合管控平台
感知层	主要包含常规感知终端,如交通视频监控设备、交通流量采集设备、信号控制设备、信息发布设备	在常规感知设施的基础上新增位置服务设备、洞口/闸道管控设备、智能化消防联动设备等
基础资源层	单独物理服务器,单点设备居多,无冗余功能	采用云平台化的方式,可靠性强,可满足城市管理不同层级的数据共享,数据发掘,决策支撑,联动等要求
数据支撑层	数据库	采用先进的数据采集、精准的多源异构数据融合技术以及强大的数据挖掘分析等手段构建数据中台,建设基于BIM+GIS+数字孪生引擎的数字孪生底座
应用系统层	主要为常规的业务系统	新增交通管控交通路网、安全管控、位置服务、资产管理、运营管理、移动巡检、能耗分析与管理等模块
展示支撑层	主要二维展示画面,未结合地图实现可视化	结合仪表盘综合展示、视频资源一张图、数字孪生引擎、道路、综合态势、交通态势监测等技术实现可视化
安全合规	防火墙	防火墙等安全设备、二级等保及相关行业规范

表3 传统平台与新一代综合管控平台性能对比表

平台版本指标	可拓展性	安全性	可靠性	升级成本	容错能力	可用性	服务的稳定性
新一代的综合管控平台	可监测带宽、连接数、磁盘使用率等指标,了解云服务现状,在业务量变大后及时收到报警通知进行服务扩容	云平台需通过国际国内安全标准认证,这些安全合规,能保护用户数据的私密性、用户信息的私密性以及用户隐私	通常采用双机主从架构,高可用HA模块侦测到主节点故障时,会自动进行主从切换,可靠性高	云平台支持自动升级,不影响业务使用,成本较低	云平台具备自动化容错算法RAM技术,容错性高	云服务器使用更严格的IDC标准、服务器准入标准以及运维标准	系统性能稳定,资源利用率高,可确保服务相对稳定
传统平台	相对较差	常规平台一般仅通过部署防火墙实现部分信息安全	平台出故障后系统无法正常运转	扩容升级成本相对较高,工程实施复杂	相对云平台容错能力较低	物理机房建设标准相对较低	受资源利用影响,应急情况下的系统服务稳定性待验证

地下道路运行效率和事件处置能力,维护城市基础设施有序运行。基于统一的智慧地下道路综合管控平台,实现运行管理与预警预测全面监管,是推动城市地下道路管理手段、管理模式、管理理念创新的重要举措。

参考文献:

[1] 蔡文海.智慧交通实践[M].北京:人民邮电出版社,2018.
 [2] 陈署鑫.高速公路隧道机电工程设计的重点及应注意的问题[J].交通世界,2019.

[3] 郑军.高速公路隧道机电系统现状及问题[J].黑龙江交通科技,2017.
 [4] 金鑫,韩风,邹阳.基于“云边端”的业务信息系统构建技术研究[J].信息化研究,2021(6).
 [5] 曾磊,王少飞,何旭春,等.智慧型隧道的概念、架构及其关键技术[J].现代隧道技术,2016,53(4):1-8.
 [6] 唐维,申丽萍.高速公路隧道智能管控平台探究[J].中国交通信息化,2018(S1).
 [7] 王伟华.高速公路隧道智慧一体化管控系统研究[J].机电信息,2021(18).
 [8] GB/T 22239—2019,信息安全技术网络安全等级保护基本要求[S].

(上接第192页)

参考文献:

[1] 李钟.深基坑支护技术现状及发展趋势(一)[J].岩土工程界,2001(1):42-45.
 [2] 陈建国,胡文发.深基坑支护技术的现状及其应用前景[J].城市道桥与防洪,2011(1):91-94.

[3] 张世雄.劲性水泥土桩嵌合钻孔桩软基支护系统的稳定性研究[D].武汉理工大学,2011.
 [4] 蒋洪胜,曹怀武,张建国.多种支护结构形式在深基坑工程中的应用[J].施工技术,2003(8):12-13,17.
 [5] 曾光华.分段多种支护形式在深基坑工程中的应用[J].工程建设,2008,40(6):43-45,48.