

T/ITS

中国智能交通产业联盟标准

T/ITS 0061—2016

交通基础设施结构监测系统平台技术标准

Transportation infrastructure structure monitoring system platform-
technology specification

2016- 11- 23 发布

2017 - 01-01 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言.....II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 缩略语..... 3

5 系统参考架构..... 3

6 主要支持的业务..... 10

7 技术要求..... 10

8 安全要求..... 13

前 言

本标准按照T/ITS0061-2016给出的规则起草。

本标准由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本标准于2016年12月首次发布，本次为首次发布。

本标准起草单位：南京智行信息科技有限公司、交通运输部公路科学研究院、南京大学、上海交通大学、同济大学、河海大学、北京市交通信息中心、四川省交通运输厅、江苏交通控股有限公司、江苏省交通运输厅公路局、江苏省南京市公路管理处。

本标准主要起草人：洪卫星、陈贵海、张全庚、贝新林、李利军、方成、杨海霞、鲁威、李斌、焦伟赟、宋向辉、张云、刘建峰、范双成、吴赞平、徐海虹、茅荃、徐泽敏、张兵、汪峰、闵剑勇、薛海、姜培源、刘云波、杨融、姚海波、李家伟、徐灵灵、晏新宇、陈婷、许海燕、陈俊、于海燕、赵颖。

引 言

为使交通基础设施结构监测系统平台技术能够按统一的标准进行说明和描述，特制定本标准。

为了保持标准的适用性与可操作性，各使用者在采标过程中，及时将对本标准规范的意见及建议函告南京智行信息科技有限公司，以便修订时研用。

地址：江苏省南京市雨花台区安德门大街 57 号，邮编：210012，电话：+86（25）5221 3978。

交通基础设施结构监测系统平台技术标准

1 范围

本标准规定了交通基础设施监测系统平台的参考架构，主要支持的业务，各个层次的技术要求，安全要求。

本标准适用于交通基础设施结构（包括桥梁、隧道、边坡、路基）监测系统平台建设。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 50283 公路工程结构可靠度设计统一标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG H10 公路养护技术规范
- JTG H11 公路桥涵养护规范
- JTG H12 公路隧道养护技术规范
- JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
- JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG D70 公路隧道设计规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- 20051294-T-339 信息技术元模型互操作性框架第1部分：参考模型
- 20051295-T-339 信息技术元模型互操作性框架第2部分：核心模型
- GB/T 20009-2005 信息安全技术数据库管理系统安全评估准则
- GB/T 22080-2008 信息技术安全技术信息安全管理体系要求
- 20100283-T-469 信息技术安全技术信息安全管理体系实施指南
- GB/T 29263-2012 信息技术面向服务的体系（SOA）应用的总体技术要求
- 20120569-T-469 信息技术云数据存储和管理第5部分：基于KV的云数据管理应用接口

GB/T 31915-2015 信息技术 弹性计算应用接口

GB/T 31916.1-2015 信息技术 云数据存储和管理第 1 部分：总则

GB/T 31916.2-2015 信息技术 云数据存储和管理第 2 部分：基于对象的云存储应用接口

3 术语和定义

3.1

无线网关 wireless gateway

无线网关是指集成有简单路由功能的无线 AP，即无线网关通过不同设置可完成无线网桥和无线路由器的功能，也可以直接连接外部网络。

3.2

数据可视化 data visualization

数据可视化是关于数据视觉表现形式的科学技术研究。其中，这种数据的视觉表现形式被定义为一种以某种概要形式抽提出来的信息，包括相应信息单位的各种属性和变量。

3.3

数据挖掘 data mining

数据挖掘一般是指从大量的数据中通过算法搜索隐藏于其中信息的过程。

3.4

服务器虚拟化 server virtualization

将服务器物理资源抽象成逻辑资源，让一台服务器变成几台甚至上百台相互隔离的虚拟服务器，不再受限于物理上的界限，而是让 CPU、内存、磁盘、I/O 等硬件变成可以动态管理的“资源池”。

3.5

分布式存储 distributed storage

通过网络使用企业中的每台机器上的磁盘空间，并将这些分散的存储资源构成一个虚拟的存储设

备，数据分散的存储在企业的各个角落。

3.6

双向无线通讯技术 ZigBee

ZigBee 是一种低速短距离传输的无线网络协议，底层是采用 IEEE 802.15.4 标准规范的媒体访问层与物理层。是 HomeRF Lite，RF-EasyLink 或者 fireFly 无线电技术的统称。

4 缩略语

Wi-Fi	Wireless Fidelity 无线局域网
BT	Bluetooth 蓝牙
6LoWPAN	IPv6 over low power Wireless Personal Area Networks 低速无线个人域网标准
IPv6	Internet Protocol version 6 第六版 IP 协议
CoAP	Constrained Application Protocol 受限制的应用协议
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport 消息队列遥测传输
Web3D	Web three Dimensions 网络三维

5 系统参考架构

5.1 参考组网

基础设施监控系统应由无线传感器网络、承载网、云平台、用户接入设备组成，其中承载网沿用运营商现有网络或自建网络，数据通过移动通信网络和固网传输。

交通基础设施结构安全系统物理架构，见图 1。

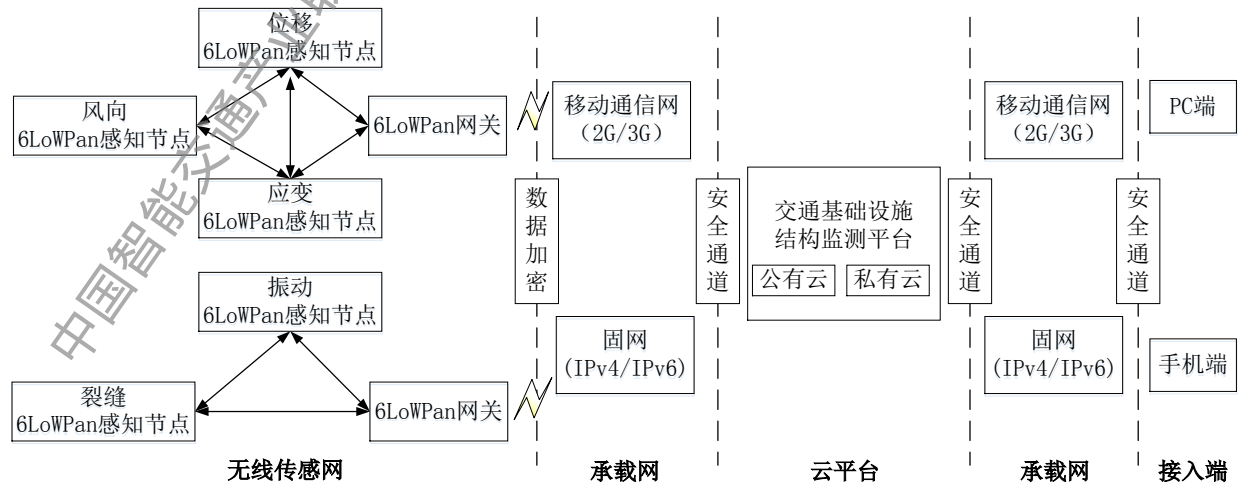


图 1 交通基础设施结构安全系统物理架构

5.1.1 无线传感器网络

无线传感器网络负责数据的最后一公里采集和传输,它利用先进的传感器获取基础设施不同形式物理量(如位移、应变、振动、温度、风力等)的实时监测数据,感知层由基本的感应器件(例如 RFID 标签和读写器、各类传感器、摄像头、GPS、二维码标签和识读器等基本标识和传感器件组成)以及感应器组成的网络(例如 RFID 网络、传感器网络等)两大部分组成。该层的核心技术包括射频技术、新兴传感技术、无线网络组网技术、现场总线控制技术(FCS)等,涉及的核心产品包括传感器、电子标签、传感器节点、无线路由器、无线网关等。

5.1.2 承载网络

物联网的网络层将建立在现有的移动通信网和互联网基础上。物联网通过各种接入设备与移动通信网和互联网相连,网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术,包括传感网数据的存储、查询、分析、挖掘和理解,以及基于感知数据决策的理论与技术。

目前,传输信息应用的网络先进技术包括 IPv6、新型无线通信网(4G、5G、ZIGBEE、6LoWPAN、MQTT 等)、自组网技术等,正在向更快的传输速度、更宽的传输带宽、更高的频谱利用率、更智能化的接入和网络管理发展。

5.1.3 云平台

云平台作为海量感知数据的存储、分析平台,将是物联网重要组成部分,也是应用层众多应用的基础。它主要提供基础设施监测系统的计算服务和存储服务,计算服务是提供监测维护平台系统的运行环境,此环境包含约定 CPU、内存和基本存储空间虚拟机环境,也可以是一台或多台物理服务器。可根据基础设施监测系统对应数据规模、用户访问量,动态部署负载均衡服务器、WEB 服务器、应用服务器等。存储资源是提供大容量、可伸缩的分布式存储空间,根据业务需求不同可以提供块存储服务,文件存储服务,记录存储服务,对象存储服务。

5.2 参考架构

交通基础设施监测系统作为一种形式多样的聚合性复杂系统,涉及了信息技术自上而下的每一个层面,其体系架构可分为四层,分别是感知层、网络层、平台层、应用层,为使产业体系满足可执行性,构建物联网标准体系框架,见图 2。



图 2 交通基础设施结构监测系统逻辑架构

5.2.1 感知层

5.2.1.1 数据采集

感知层解决的是人类世界和物理世界的的数据获取问题。监测目标主要是交通基础设施相关的结构对象，感知范围涵盖物理状态、气象环境、设备状态信息以及外部信息。它首先通过传感器设备，采集外部物理世界的的数据，经过一定的分类和预处理，然后通过 RFID、条码、工业现场总线、蓝牙、红外等短距离传输技术传递数据。

感知层所需要的关键技术包括检测技术、短距离无线通信技术，该层网络是一种由传感器节点组成网络，其中每个传感器节点都具有传感器、微处理器、以及通信单元。节点间通过通信网络组成传感器网络，共同协作来感知和采集环境或物体的准确信息。

5.2.1.2 网络组织

该层网络作为一种分布式网络应是一种自治、多跳网络，能够在不能利用或者不便利用现有网络基础设施的情况下，提供终端之间的相互通信。由于终端的发射功率和无线覆盖范围有限，因此距离较远的两个终端如果要进行通信就必须借助于其它节点进行分组转发，这样节点之间构成了一种无线多跳网络。

无线连接装置的可选方式有很多，最流行的包括 Wi-Fi、Bluetooth、ZigBee、6LoWPAN 和基于 sub-GHz 技术的解决方案。基于每种无线方案都有优缺点，在系统中以上无线技术将会共存。

5.2.2 网络层

5.2.2.1 承载支撑技术

承载网络是物联网的神经中枢和大脑-用于传递信息和处理信息，包括通信网与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。解决的是感知层所获得的数据在一定范围内，通常是长距离的传输问题。

5.2.2.2 接入管理

该层实现协议适配、数据转换、认证鉴权、接入策略管理、远程故障诊断、远程配置，是传感器网络与管理平台进行信息交互的重要接口。

为了适配底层多种无线技术该模块应进行协议适配，需提供南向 SDK，对多点接入进行策略控制、队列管理，并提供对设备管理的能力。

数据接入协议基本需分两个层次，在通讯层次上，支持 TCP、UDP、COAP、MQTT、HTTP 和 WEBSOCKET 等通讯协议；在数据协议层次上，支持 XML、JSON、BSON 和自定义二进制等协议。通过这两个层次的互相搭配，可以轻松实现任何物联网终端、任何协议的数据接入。

数据接入协议，见图 3。

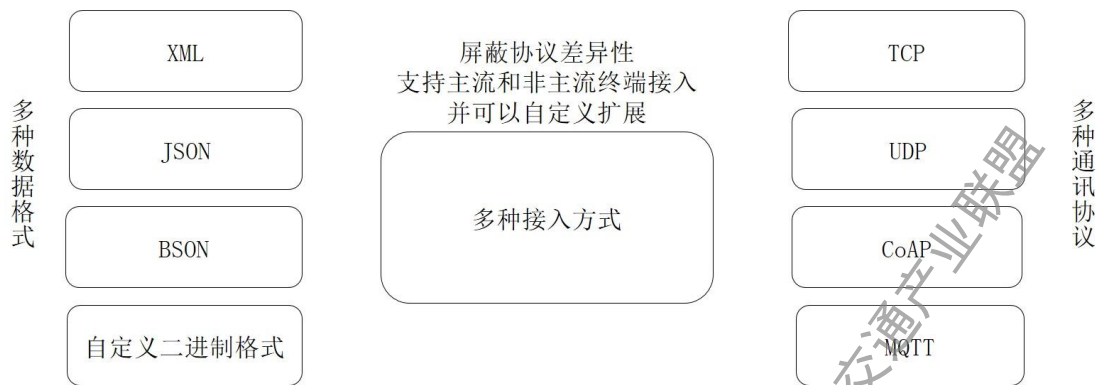


图 3 数据接入协议

为保证系统充分解耦平台应引入中间件，可使用消息中间件，网关接收到数据，并完成解包之后，将数据包发送到消息中间件中，可以有效地应对“井喷流量”和下游服务短暂不可用的问题。消息中间件应支持可扩展性，能根据容量变化，进行分布式部署，并且支持持久化和订阅/发布的功能。

数据接入时，传感器或者采集终端通过无线或者有线的方式发送到平台端，考虑到物联网传感器数量多，采集频率高，大规模网络中的实时数据汇聚意味着“大数据”，平台端应通过软负载均衡或者硬负载均衡将传感器流量均匀的负载到各个可水平扩展的接入网关，每个接入网关应是实现多种协议的高性能的网络接入程序。

交通基础设施结构接入管理，见图 4。

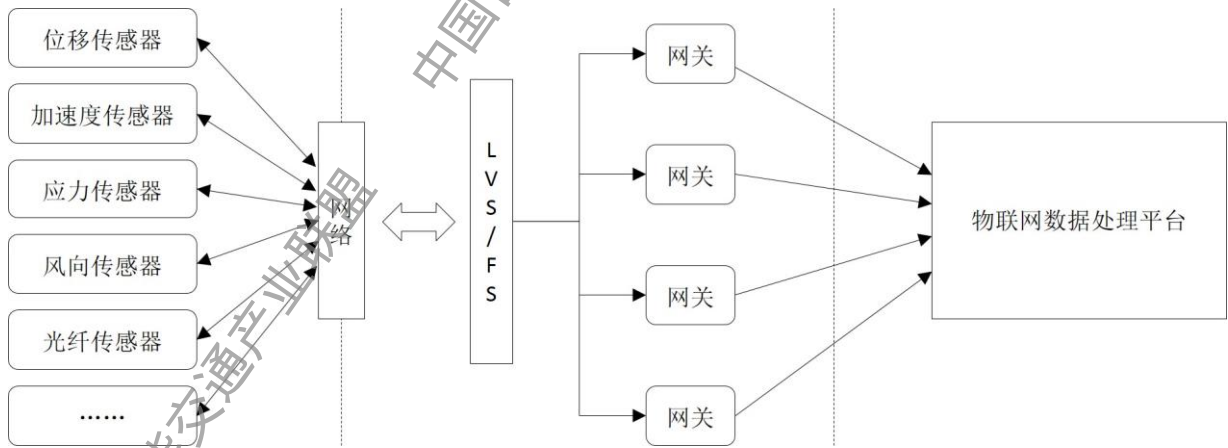


图 4 交通基础设施结构接入管理

5.2.3 平台层

5.2.3.1 数据存储

交通基础设施结构监测中的传感器数据量更大、数据速率更高、数据更加多样化、对数据真实性的

要求更高，因此大数据是平台中的关键技术，需要利用大数据技术从海量数据中进行规律预测、情境分析、串并侦查、时空分析等。

交通基础设施结构数据存储类型，见图 5。



图 5 交通基础设施结构数据存储类型

桥梁检测传感器类型众多，参数、采集数据多种多样，平台需针对此特点提供多种存储方式，包括结构化存储、非结构化存储、半结构化存储、In-memory 存储等多种存储方式。

5.2.3.2 数据处理

交通基础设施结构检测传感器数据属于流式大数据，呈现出的实时性、易失性、突发性、无序性、无限性等特征，平台需提供实时计算和离线计算两种。

基于实时计算服务可以很容易实现对物联网数据的清洗、解析、报警等实时的处理。因此需可采用流式处理引擎，流式处理引擎需要满足毫秒级别的实时计算，并能支持物联网的场景中对终端数据的全局分组，可以支持应用层的调度和管理。

离线计算需支持大数据分布式计算和数据创库，并能利用机器学习的中间件对离线数据进行分析，分析可主要用于对物联网数据做日/周/月/年等多个时间维度做报表分析和数据挖掘，并将结果输出到关系数据库中。

5.2.3.3 数据交换

数据交换接口主要是为了简化应用层与平台层之间的数据访问而抽象了一层访问接口，有了这层接口，应用层就不需要直接调用分布式存储系统、结构化以及非结构化等原生的应用程序接口，可以快速地进行应用开发。

数据交换接口可考虑支持：SQL、Restful、Thrift 和 Java API 等，用户可以根据实际情况灵活选择数据交换的方式。

数据交换的内容包括：物联网终端的当前状态、物联网终端的历史状态/轨迹、指令下发、数据订

阅与发布等等。

5.2.4 应用层

5.2.4.1 结构数据可视化

平台提供二维、三维数据可视化人机交互接口，展示基础设施附属传感器采集的实时数据、历史数据、分析数据、结构本身空间数据。

实时数据网关接收到数据后进行公共协议解析，然后把解析后的数据发给消息队列，消息队列中存放在原始数据主题，实时计算任务从原始数据主题中读取数据经过数据清洗进行可视化展示。

应用层通过平台提供的数据交换接口查询分布式存储系统中历史数据，根据历史特点，从多种存储方式中获取数据，历史输出存储方式包括文档型、列型、非结构化型数据。

采用多种形式展示，包括时序图、热力图、仪表盘、文本等多种形式，结构件空间数据采用基于三维方式展示。

5.2.4.2 构件管理

针对交通基础设施监测对象，进行结构建模，平台提供通用构件建模方式，利用数据交换结构查询数据，进行结构形态的还原。

平台对监测对象的主要构件进行索引，方便人机接口查询。

5.2.4.3 多级预警

安全预警的基本原理就是通过收集基础设施基本状况数据、安全监测数据，维修历史数据，建立预警数据库(包括数据库、图像库和图形库)，实时采集安全监测数据,判断安全等级、病害程度、病害范围等,然后发布预报,职能部门采取相应措施，最终达到预防安全事故的目的。

原始数据解析模块将解析出来数据发送到消息队列，流式处理引擎获取主题中数据，然后将解析后的数据发送至报警判断模块；报警判断模块根据已有规则进行多级预警，并将产生的结果分别发送到消息队列的不同报警数据主题。

5.2.4.4 巡检业务编排

通过巡检业务编排，可以对接管理、预警、安全评估、报告等业务单元，流程化地处理各个业务单元操作，并提供回退、逻辑判断等能力，从而快速提供各种巡检服务，同时协助消除人工错误。服务编排方案能够各自独立，使不同系统的组织部门，对流程进行定义、自动化和编排，因而有助于提高工作效率，并强制推行标准。

5.2.4.5 结构安全评估

通过数据交换模块提供的能力开放接口，获取离线分析、在线分析数据，分析结构当前的工作状态，并与相应的临界状态进行比较分析，评价结构的安全等级。

5.2.4.6 结构健康报告

通过平台提供的接口，该模块根据预制各种结构健康报告模版定时输出维修和养护决策报告。

6 主要支持的业务

- (1) 养护决策；
- (2) 巡检建议；
- (3) 结构分析；
- (4) 报警联动；
- (5) 传感器适配；
- (6) 基础设施信息管理；
- (7) 结构件管理。
- (8) 在线监测
- (9) 指挥调度
- (10) 预案管理
- (11) 统计决策

7 技术要求

7.1 感知层设备要求

- (1) 应具有心跳功能，并可根据系统要求动态调整心跳间隔；

- (2) 应能响应平台参数设置和查询命令，并可进行现场参数设置和查询；
- (3) 应能响应平台的时钟召测和对时命令，响应本地时钟设置。对时误差应小于 2s，时钟的 24h 内走时误差应小于 1s；
- (4) 集中管理平台与网关节点进行双向通信，通讯方式应采用 4G/3G/GPRS；
- (5) 能够随时通过互联网访问 WSN 节点信息；
- (6) 网关节点与感知节点（监测终端）之间的通讯方式采用 6LoWPAN 无线通信方式，通信应具备自动路由组网功能，路由建立时间不超过 2 分钟；
- (7) 应采用高性能数字信号处理技术；具备高效率纠错能力；
- (8) 应采用合理高效的算法，确保通讯能力与稳定性；
- (9) 网关应具有数据掉电保护功能，具有电源指示功能；
- (10) 具有 6LoWPAN 网络层，并能够完成精简 IPv4/IPv6 协议和 IEEE 802.15.4 协议之间的转换；
- (11) 能够对 IPv6 完整协议进行精简，简化的 IPv6 协议，以适应硬件资源有限的嵌入式设备；
- (12) 单节点支持 200 个感知节点接入；
- (13) 200 节点重新组网时间不大于 2 分钟。

7.2 网络层技术要求

- (1) 可适配不同无线网关协议；
- (2) 采用标准物联网 MQTT、CoAP 协议，利用其 Restful 风格的 API，增加系统兼容性；
- (3) 具备横向扩展性，支持动态增加网关。

7.3 平台层技术要求

- (1) 系统支持 32 位、64 位 CPU 服务器虚拟化；
- (2) 系统支持主流服务器厂商的主流 X86 服务器；
- (3) 虚拟机可以实现物理机的全部功能，如具有自己的资源（内存、CPU、网卡、存储），可以指定单独的 IP 地址、MAC 地址等；
- (4) 每个虚拟机可以支持虚拟多路 CPU 技术，以满足高负载应用环境的要求；
- (5) 虚拟机不但可以通过文件系统访问存储设备，而且支持直接访问裸设备；
- (6) 业务部署在一台或多台虚拟机上，实现负载均衡、冗余；
- (7) 支持 TB 级别的传感器数据存储；

- (8) 支持多级存储机制，对于数据查询要求及时响应的数据存储于缓存中；
- (9) 具备数据库的 ACID 特性，解决分布式事务的一致性和隔离性问题；
- (10) 支持集群的高可用，包括无单点故障和系统容灾；
- (11) 支持数据备份与恢复，且具备数据高一致性；
- (12) 具备的节点水平扩展能力；
- (13) 支持数据重分布策略，且能根据业务实际负载情况制定和实施合适的定制化重分布策略；
- (14) 具备基于规则和代价的 SQL 优化，支持存储过程；
- (15) 对各业务透明，在物理层各业务隔离；
- (16) 数据收集可采用 Splunk、Sqoop、Flume、Logstash、Kettle 以及各种网络爬虫、如 Heritrix、Nutch 等；
- (17) 数据预处理形式上需要包括数据清理、数据集成、数据归约与数据转化等阶段；
- (18) 数据清理技术包括数据不一致性检测技术、脏数据识别技术、数据过滤技术、数据修正技术、数据噪声的识别与平滑技术等；
- (19) 数据集成把来自多个数据源的数据进行集成，缩短数据之间的物理距离，形成一个集中统一的（同构/异构）数据库、数据立方体、数据宽表与文件等；
- (20) 数据归约技术要在不损害挖掘结果准确性的前提下、降低数据集的规模，得到简化的数据集。归约策略与技术包括维归约技术、数值归约技术、数据抽样技术等；
- (21) 平台可采用常用的分布式磁盘文件系统有 HDFS、GFS、KFS 等，并结合场景考虑使用分布式内存文件系统如 Tachyon、Alluxio 等；
- (22) 对于基础设施建设中传感器信息可以考虑使用主流的文档数据库，例如 MongoDB、CouchDB、Terrastore、RavenDB 等；
- (23) 经过分析清洗后的数据建议使用列式存储的数据库产品，如 Sybase IQ、InfiniDB、Vertica、Hbase、Infobright 等；
- (24) 实时数据对性能要求较高，可考虑使用 Key-Value 型内存数据库存储，如 TimesTen、Altibase、extremeDB、Redis、RaptorDB、MemCached 等产品；
- (25) 针对海量数据分析考虑采用目前主流的数据处理计算模型，包括 MapReduce 计算模型、DAG 计算模型、BSP 计算模型等；
- (26) 数据可视化技术可使用 Tableau、Datawatch、Platfora、R、D3.js、Processing.js、Gephi、ECharts 以及商业的大数据挖掘和分析软件也包括了数据可视化功能，如 IBM SPSS、SAS Enterprise

Miner 等;

(27) 数据挖掘应采用标准开源数据挖掘引擎,利用机器学习语言进行数据分析、挖掘;

(28) 建立适合桥梁结构件健康状态数据挖掘领域的算法库,至少包括回归、FFT、聚类、概率分布等算法。

7.4 应用层技术要求

(1) 包括但不限于以下监测内容:荷载监测、表面形貌监测、结构的强度监测、振动监测、性能趋向监测、非结构部件及辅助设施;

(2) 结合理论分析模型、专家经验、基础设施本身特点以及相关的规范文件,应用各种有效的评估手段对结构的健康状态做出评估,评价结构的强度储备和可靠度,预测结构的剩余寿命;

(3) 根据预设模板和报表生成时间,自动生成传感器数据报表、桥梁健康状态评估报表、维修和养护建议报表;

(4) 对基础设施各个主要部件和整体结构进行二维、三维建模,通过模型展示各个结构部件物理尺寸及其变化情况;

(5) 根据预设的处理流程自动安排人员处理,编排系统可以适应不同项目场景自由切换流程,实现巡检流程自定义。

8 安全要求

物联网安全也日益重要,平台需从物理链路、接入安全、网络安全、系统安全、应用安全、数据存储安全和数据防篡改等方面来保证物联网安全。

8.1 物理安全

物理安全是指为了保证计算机系统安全、可靠地运行,确保系统在对信息进行采集、传输、存储、处理、显示、分发和利用的过程中不会受到人为或自然因素的危害而使信息丢失、泄漏和破坏,对计算机设施设备、通信与网络设备、存储媒体设备和人员所采取的安全技术措施。实体安全包括环境安全,设备安全和媒体安全三个方面。

环境安全包括受灾防护、区域防护;设备安全包括设备防盗、设备防毁、防止电磁信息泄露、防止线路截获、抗电磁干扰、电源保护等;媒体安全是媒体数据和媒体本身

8.2 网络安全

网络安全是指网络系统的硬件、软件及其系统中的数据受到保护，不因偶然的或者恶意的原因而遭到破坏、更改、泄露，系统连续可靠正常地运行，网络服务不中断。

需要建立完善的网络安全机制，保障传感器接入、移动终端接入安全，这些安全机制有：SSL 和 TLS、VPN、防火墙系统、入侵检测、病毒防范系统等。

8.3 系统安全

通过防病毒、管理员权限控制、操作日志记录等功能来保证系统的安全性。

8.4 应用安全

应用安全是指系统提供的管理员权限控制、操作日志记录等功能保证软件本身的安全性，通过容灾备份等方式保证系统数据的安全性。

8.5 数据安全

采取必要的访问控制、机密控制和完整性验证等措施，确保数据在存储和传输过程中不会被窃取、伪造、篡改或破坏。可以通过每字节进行 CRC 校验的机制保证数据的防篡改。

中国智能交通产业联盟
标准

交通基础设施结构监测系统平台技术规范

T/ITS 0061-2016

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org>

2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月第一次印刷