

## 基于物联网和边缘计算的智能化建筑管理系统及应用

宋海鹰<sup>1,2</sup>, 陈志文<sup>2,3</sup>, 邱佰平<sup>4</sup>, 匡付华<sup>4</sup>, 邓仕钧<sup>4</sup>

(1. 广东技术师范大学, 广东 广州 510635; 2. 鹏城实验室, 广东 深圳 518052;

3. 中南大学自动化学院, 湖南 长沙 410083; 4. 深圳达实智能股份有限公司, 广东 深圳 518057)

**摘要:** 针对现代商业大厦智能化管理的需求, 应用物联网和边缘计算技术, 利用自行研发的物联网网关, 构建了基于泛在楼宇物联网的智能化建筑管理系统 (IBMS, intelligent building management system), 泛在楼宇物联网消除了楼宇自动化和信息自动化两个系统之间的界限。通过应用边缘计算, IBMS 提高了系统的现场决策能力和响应速度, 同时, 对 IBMS 架构及边缘计算的实现方法进行了探讨。IBMS 在深圳市达实智能大厦的应用验证表明了基于泛在物联网的 IBMS 的可行性和有效性。

**关键词:** 物联网; 边缘计算; 云; 智能化建筑管理系统

**中图分类号:** TP393.0

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.2096-3750.2020.00187

## Building intelligent integrated management system based on Internet of things and edge computing and its application

SONG Haiying<sup>1,2</sup>, CHEN Zhiwen<sup>2,3</sup>, QIU Baiping<sup>4</sup>, KUANG Fuhua<sup>4</sup>, DENG Shijun<sup>4</sup>

1. Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou 510635, China

2. Pengcheng Laboratory, Shenzhen 518052, China

3. College of Automation, Central South University, Changsha 410083, China

4. Shenzhen Dashi Intelligent Co., Ltd., Shenzhen 518057, China

**Abstract:** In order to meet the needs of the intelligent management of modern commercial buildings, with the Internet of things (IoT) and edge computing technology, the intelligent building management system (IBMS) was developed based on ubiquitous building IoT by using the self-developed IoT gateway. The ubiquitous IoT eliminated the boundaries between the traditional building automation and information automation systems. The edge computing technology was used in the integrated management system to enhance the on-site decision-making ability and response speed of IBMS. The architecture of the integrated management system and the implementation of edge computing were discussed. The application of the system in the Shenzhen Dashi intelligent building shows the feasibility and effectiveness of the intelligent integrated management system based on ubiquitous building IoT.

**Key words:** Internet of things, edge computing, cloud, intelligent building integrated management system

### 1 引言

随着建筑信息数字化程度的日益提高, 建筑管理系统在实时性、可靠性、稳定性等方面都达到了很高的水平, 目前已有包括美国江森自控的 Metasys 系统、美国霍尼韦尔的 Comfortpoint、

Excel5000、Webs 三类系统以及德国西门子的 ApogeeS600 系统在内的一系列智能建筑管控系统, 楼宇能源管理系统包括江森自控的合同能源管理系统、霍尼韦尔的能源管理系统、西门子的能源监测和控制系统。上述产品在与现场数据交互等方面均有较好的性能, 但这类产品基本上基于有线网络

收稿日期: 2019-10-29; 修回日期: 2020-03-02

基金项目: 广州市科技计划项目 (No.202002020052)

**Foundation Item:** The Guangzhou Science and Technology Project (No.202002020052)

技术实现。随着楼宇对智能化和绿色化需求的不断增强、人工智能技术及物联网技术的发展等<sup>[1]</sup>，楼宇的建筑管理系统（BMS, building management system）也向智能化、信息化和无线网络化的 IBMS 方向发展，并将能耗计量装置与各种传感器在现场相结合，通过物联网技术，实现对楼宇能量消耗情况的实时掌握。

近年来，工业物联网技术的发展推动着第 4 轮工业革命的发展<sup>[2-7]</sup>。通用电气、西门子等企业分别借助工业互联网平台 Predix 和开放式物联网操作系统 MindSphere，从技术服务企业向数据服务企业转型。

基于物联网的数据信息是海量的，数据信息的处理仅依靠云计算是无法有效完成的，而边缘计算则能有效地解决一些大数据处理问题。边缘计算也是一种计算模式<sup>[8]</sup>，从数据来源到云数据中心之间的具有应用、网络、存储和计算等能力的功能实体都可以作为网络边缘，使得一些云中心的任务可以在网络边缘完成，目前已有的边缘计算包括移动云计算<sup>[9]</sup>、雾计算<sup>[10]</sup>和移动边缘计算<sup>[11]</sup>等。

本文针对目前高层大厦领域智能化、网络化、集成化发展趋势以及深圳市达实智能大厦综合节能优化的实际需求，构建从物联网到互联网、云计算与边缘计算相集成的 IBMS，实现对楼宇数据的实时分析、智能监控、协同优化等策略，推动楼宇

自动化系统的智能化升级。

## 2 基于泛在楼宇物联网的 IBMS

目前，建筑管理系统往往通过现场总线网络（如 Modbus、DeviceNet、Lonworks 等）与集散控制系统（DCS, distributed control system）进行通信，将自身的过程数据、内部设备状态及时发送给 DCS 的主控系统，同时接收 DCS 的主控系统的运行指令。但这样的控制系统往往需要大量的布线以获取传感器的信息，除了布线成本之外，这些信息都需要占用大量的模拟量和开关量通道，因此，受技术和成本等因素的限制，海量有用信息的采集、监视和控制不到位，使高层建筑的 IBMS 难以保持优化运行状态。

另一方面，远程实时监控和移动式办公能有效地解决传统控制系统对工程师站的依赖问题，通过应用的智能终端及云控制方式，管理人员和技术人员能随时随地通过智能终端访问、监视 IBMS 的状态，根据需求修改策略，以保证楼宇综合管控系统连续、稳定运行。

基于上述分析，针对达实智能大厦搭建了基于泛在楼宇物联网和阿里云平台的 IBMS，基于云平台和泛在楼宇物联网的达实智能大厦的 IBMS 如图 1 所示。

在图 1 中，该 IBMS 采用了“云+物联网”的

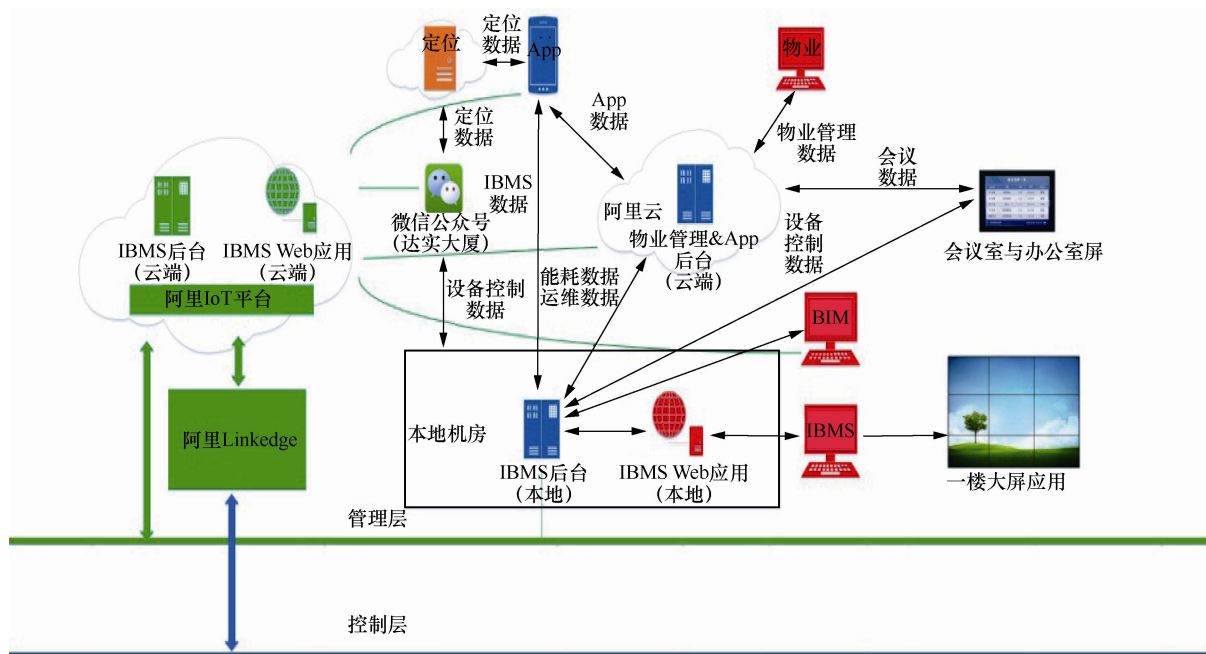


图 1 基于云平台和泛在楼宇物联网的达实智能大厦的 IBMS

网络架构形式，其中企业网直接连接至云平台，物联网通过阿里 Linkedge 连接至云平台。区别于传统 BMS 的多级网络架构，该 IBMS 为扁平化的网络架构形式，可实现云—智能 I/O 的垂直智能管理，具有传统 BMS 无法具备的高智能、大数据的优点。

为了满足日趋增长的移动管理需求，该 IBMS 基于阿里云搭建可满足远程、移动式访问的信息服务模式，基于云的 IBMS 信息服务模式如图 2 所示，以满足管理层对建筑运维情况（如设备控制、能耗等 IBMS 数据）的实时监管需求，支持移动式智能终端访问的 IBMS 远程监控模式如图 3 所示。

IBMS 主要包括机电设备监控系统、能源管理子系统、安防监控子系统和停车场管理子系统，基于泛在物联网的达实智能大厦 IBMS 的中央空调节能监控子系统和能源管理子系统如图 4 所示，基于泛在物联网的达实智能大厦 IBMS 的安防监控子系统和停车场管理子系统如图 5 所示。

### 3 智能化建筑管理系统中的边缘计算

达实智能大厦 IBMS 的泛在物联网包括感知层、数据传输层、数据处理层、应用服务层 4 个部

分。其中，感知层实现对楼宇智能管控系统所需的数据采集，采集的数据包括各设备状态数据和视频数据。

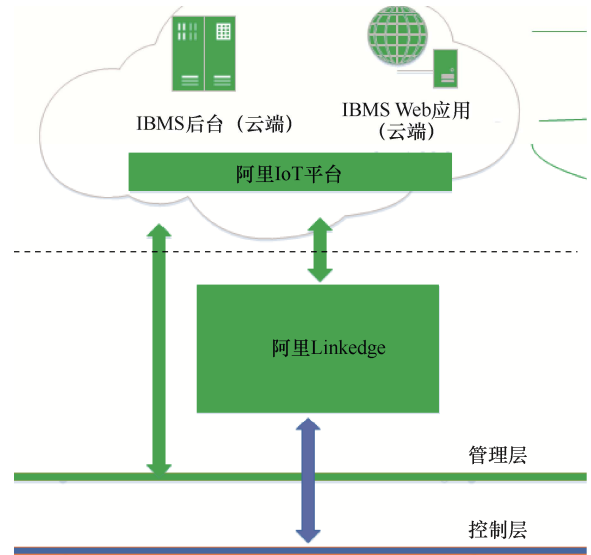


图 2 基于云的 IBMS 信息服务模式

由于物联网的前端设备通常是低功耗的电子设备，不具备大量计算能力，因此，达实大厦智能化项目为 IBMS 研发了具有边缘计算能力的物联网网关。该物联网网关不仅要进行协议的转化，还要

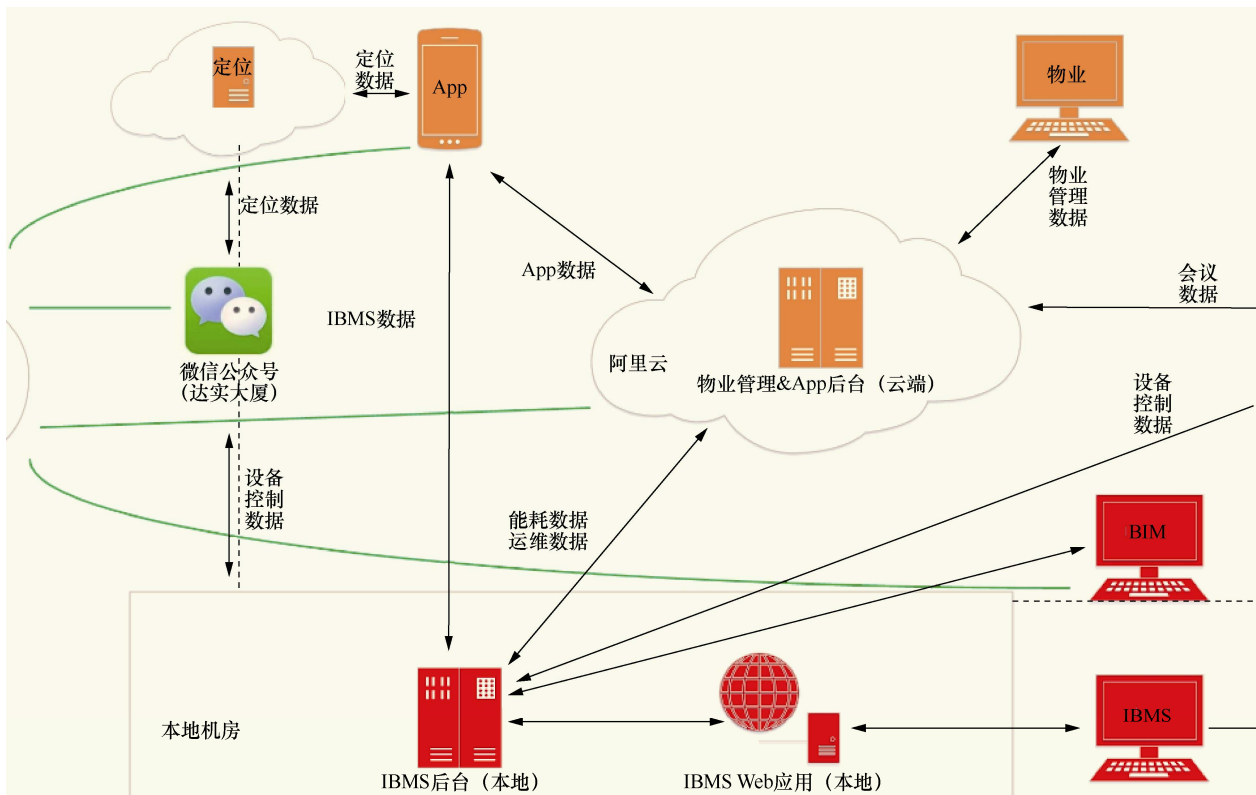


图 3 支持移动式智能终端访问的 IBMS 远程监控模式

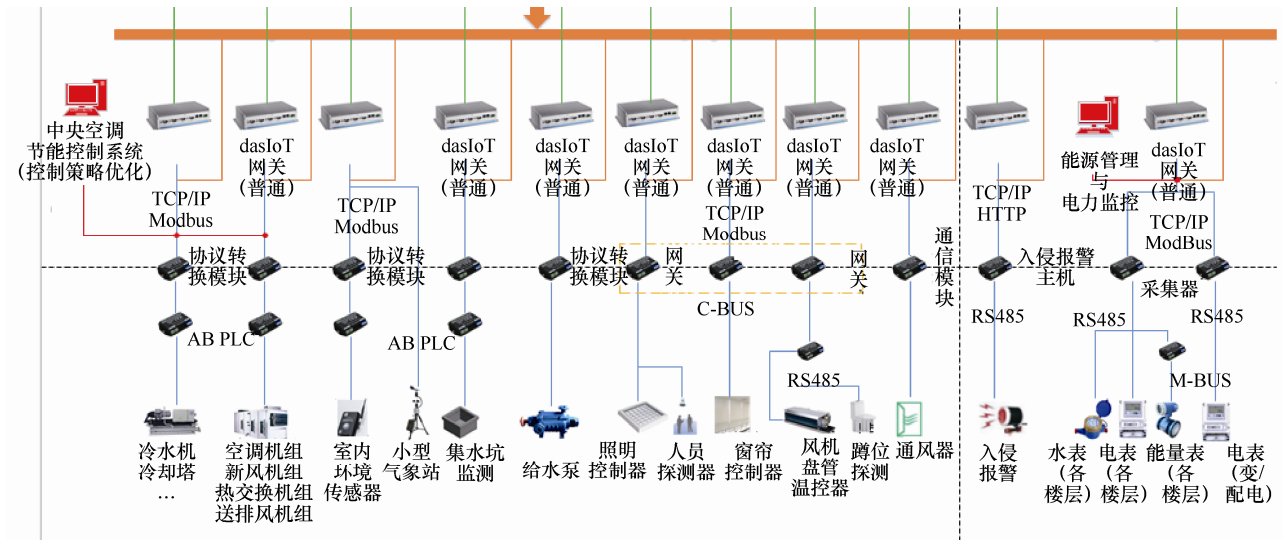


图 4 基于泛在物联网的达实智能大厦 IBMS 的中央空调节能监控子系统和能源管理子系统

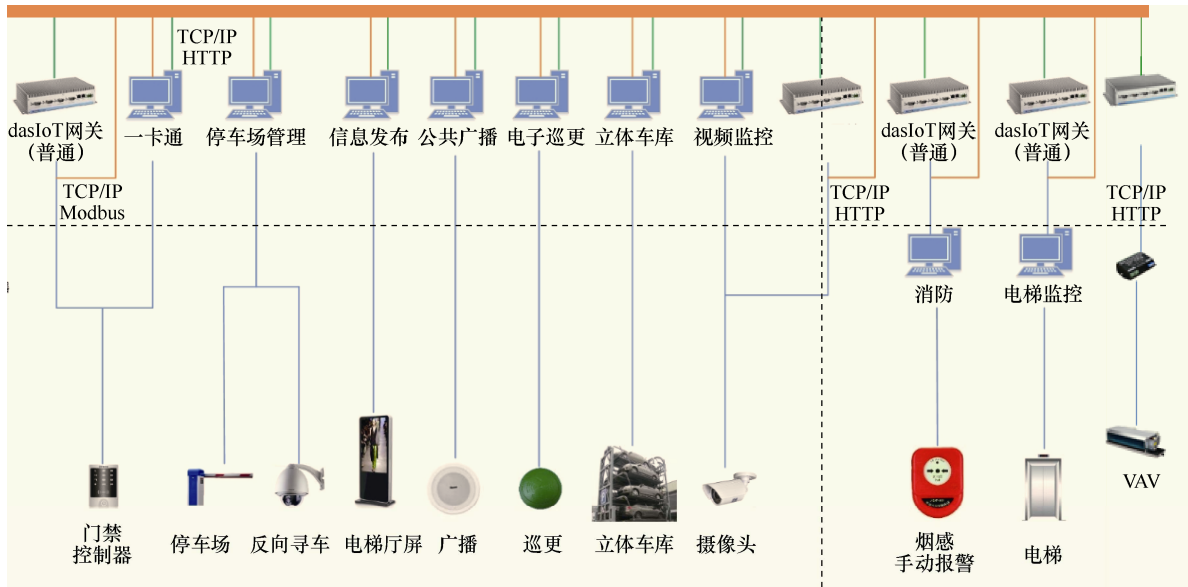


图 5 基于泛在物联网的达实智能大厦 IBMS 的安防监控子系统和停车场管理子系统

尽量不依赖云端，自行处理一些较复杂的场景功能。该泛在物联网网关选用了 OpenWrt 作为底层操作系统，基于所研发的泛在物联网网关搭建了 IBMS 的 3 层网络结构（包括集中式云数据中心、边缘计算层、用户端），基于边缘计算的 IBMS 网络结构如图 6 所示。

为了应对云计算能力无法匹配爆炸式增长的海量物联网数据，达实智能大厦 IBMS 的边缘计算层可对办公、消防、安防、空调、照明、电梯等产生的业务数据进行分流，将对时延要求较高或数据量大的业务卸载到本地边缘计算层，将对时延不敏感的业务传输到集中式云数据中心，以满足建筑管

理过程中对实时控制、业务智能、数据聚合与互操作、安全与隐私保护等方面的关键需求。

边缘计算是由多个边缘分析单元组成的集群，边缘分析单元是一个独立计算节点，运行在不同的容器中。不同的容器具有不同的分析功能，采用容器技术隔离，并通过容器通信机制互相通信，形成完整的分析服务。控制编排层包含应用程序控制器和容器编排器，应用程序控制器承担各种分析任务所需的功能模块和计算资源需求，并将分析任务划分为多个子任务。通过对容器的轻量级虚拟化，将边缘分析单元的计算、网络和存储资源进行抽象，以屏蔽硬件设施，达实智能大厦 IBMS 边缘计算的实现方式如图 7 所示。

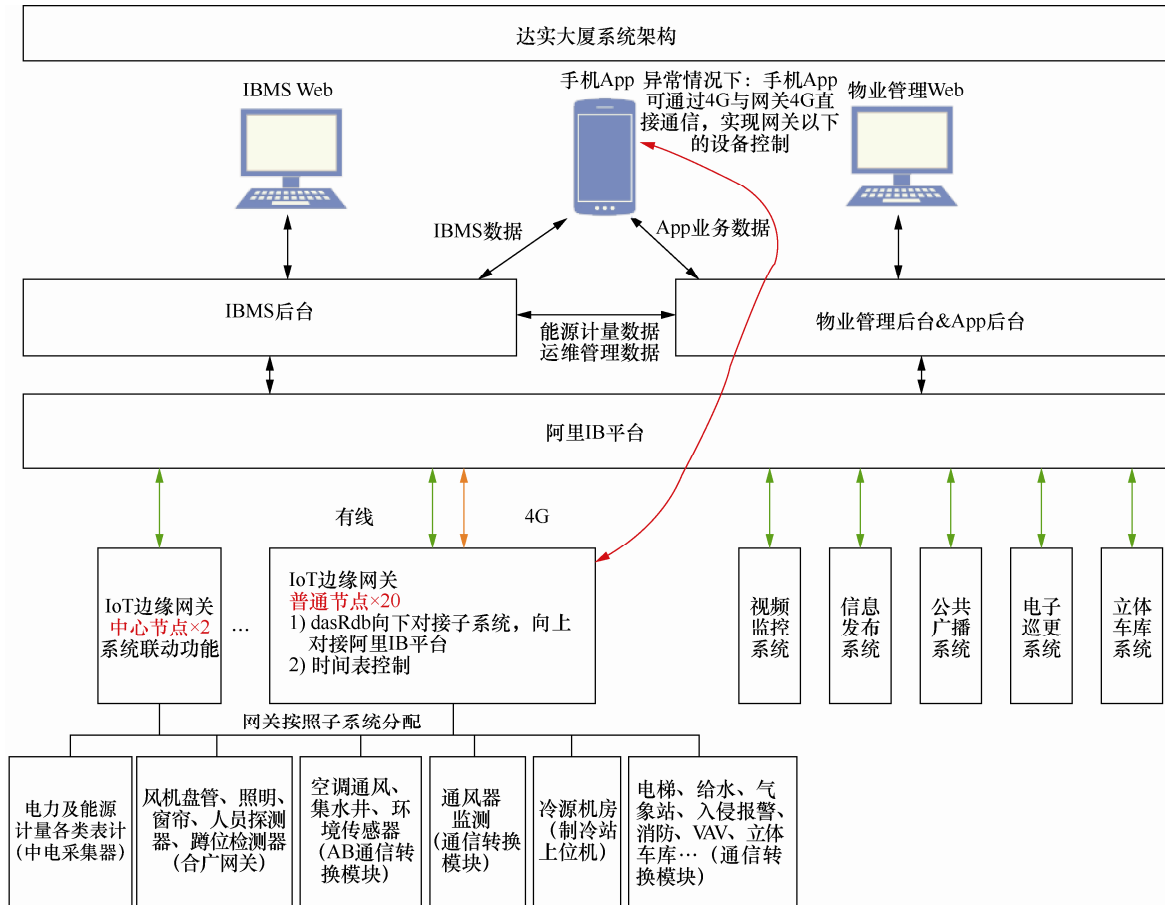


图6 基于边缘计算的IBMS网络结构

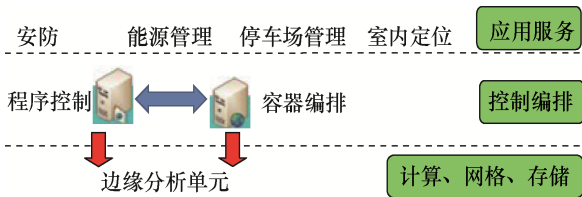


图7 达实智能大厦IBMS边缘计算的实现方式

### 4 基于物联网边缘计算的IBMS应用

采用建筑信息模型 (BIM, building information modeling) 技术的达实智能大厦 IBMS 监控主画面如图 8 所示, 基于泛在物联网的 IBMS 实施途径如图 9 所示。图 9 所示为物联网层的设备连接关系, 为图 6 所示的总体网络系统的子网络部分。

由图 9 可见, 达实大厦智能化项目研发的 IBMS 能兼容目前的一些主流通信协议, 本系统的泛在物联网通过窄带物联网技术, 能够克服采用传统通信协议的网络设备功耗高、通信距离受限等不利因素。



图8 采用 BIM 技术的达实智能大厦 IBMS 监控主画面

基于边缘计算技术的、具有生物识别功能的智能门禁系统, 可实现无时延人工智能 (AI, artificial intelligence) 人脸识别, 即使在断网的情况下也能顺利开锁, 基于边缘技术的智能门禁系统工作界面如图 10 所示, 该智能门禁系统与采用传统通信技术的人脸识别门禁系统相比, 识别出人脸的时间约快 5 s。

通过云与边缘计算方式协同, 可实现对停车场车位的智能调度管理, 云与边缘计算协同实现停车

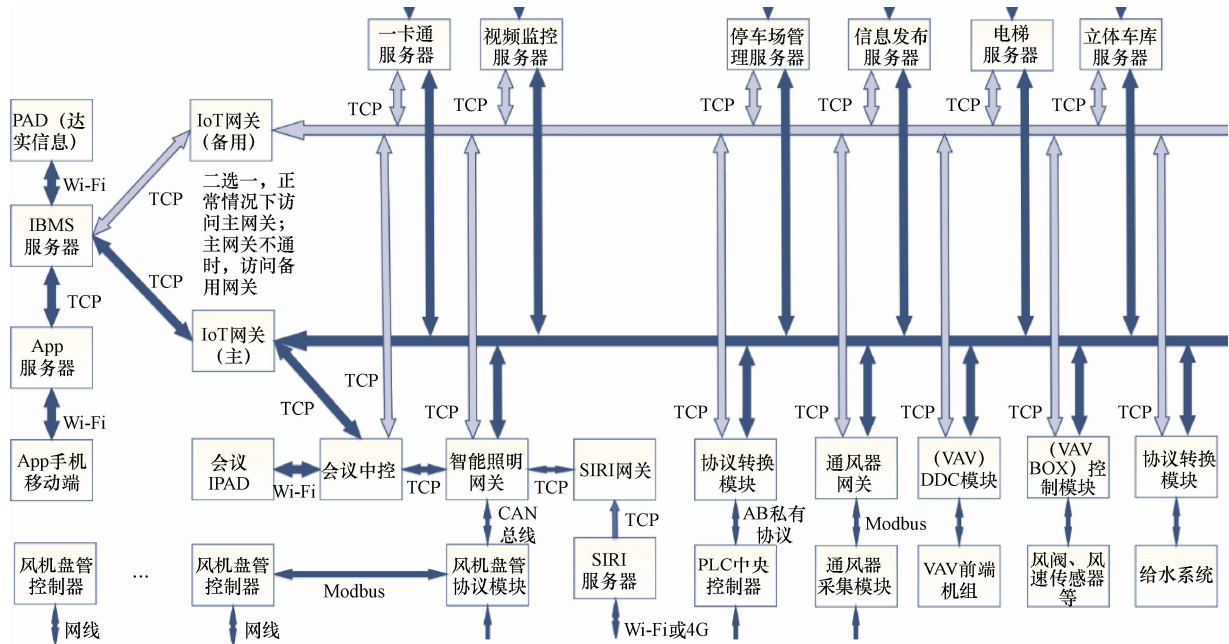


图 9 基于泛在物联网的 IBMS 实施途径

位智能管理与进出检验如图 11 所示。本地边缘计算可以实现车辆进出的车牌快速识别，使得车辆在闸道处的通行时间少于 1 s。



图 10 基于边缘技术的智能门禁系统工作界面



图 12 基于边缘计算的 IBMS 室内导航功能

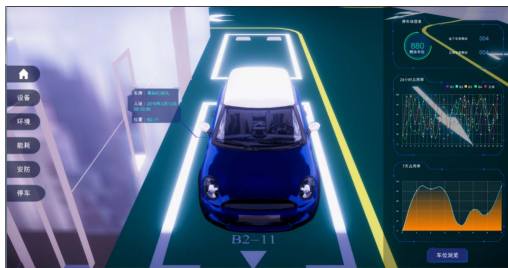


图 11 云与边缘计算协同实现停车位智能管理与进出检验

基于边缘计算技术，该 IBMS 具备室内导航功能，基于边缘计算的 IBMS 室内导航功能如图 12 所示，可实现室内定位精确至 1 m，使得 IBMS 可根据定位信息自动关联被控设备，真正实现人与设备的实时互动。

### 5 结束语

建筑行业正在向智能化和绿色化方向发展，针对建筑 BMS 对海量信息处理能力的需求以及在此基础上对信息进行实时分析、动态监控和智能优化决策的要求，本文提出了一种具备边缘计算技术的基于泛在物联网的 IBMS 的构造方法，并对该 IBMS 的架构、边缘计算的实现方法进行了较深入的阐述。

通过 IBMS 在深圳达实大厦的实施应用，检验了其实用性和有效性，为现代楼宇的智能化管理提供了一种实用可行的解决方案。

## 参考文献:

- [1] 吴飞, 阳春华, 兰旭光, 等. 人工智能的回顾与展望[J]. 中国科学基金, 2018, 3: 243-250.  
WU F, YANG C H, LAN X G, et al. Review and prospect of artificial intelligence[J]. China Science Foundation, 2018, 3: 243-250.
- [2] 李志刚, 周兴社. 物联网软件平台及其智能化发展[J]. 物联网学报, 2017, 1(1): 40-49.  
LI Z G, ZHOU X S. Internet of things software platform and its intelligent development[J]. Journal of Internet of Things, 2017, 1(1): 40-49.
- [3] GALANOPOULOS A, SALONIDIS T, IOSIFIDIS G. Cooperative edge computing of data analytics for the Internet of things[J]. IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking, 2020(99): 1.
- [4] 丁恩杰, 胡青松. 矿山物联网顶层设计思路[J]. 物联网学报, 2018, 2(1): 69-75.  
DING E J, HU Q S. Top level design idea of mine IoT[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2018, 2(1): 69-75.
- [5] 周鹏, 徐金城, 杨博. 工业物联网中基于边缘计算的跨域计算资源分配与任务卸载[J]. 物联网学报, 2020, 4(1): 1-7.  
ZHOU P, XU J C, YANG B. Resource allocation and task unloading of cross domain computing based on edge computing in industrial Internet of things[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2020, 14(1): 1-7.
- [6] 张秋萍, 王熙灶, 沈思远, 等. 面向事件驱动智能家居物联网系统的自动化配置、仿真与验证平台[J]. 物联网学报, 2019, 3(3): 90-101.  
ZHANG Q P, WANG X Z, SHEN S Y, et al. Automated configuration, simulation and verification platform for event-driven home automation IoT system[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2019, 3(3): 90-101.
- [7] SARANYA N, GEETHA K, RAJAN C. Data replication in mobile edge computing systems to reduce latency in Internet of things[J]. Wireless Personal Communications, 2020, 112(4): 2643-2662.
- [8] MACH P, BECVAR Z. Mobile edge computing: a survey on architecture and computation offloading[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, 19(3): 1628-1656.
- [9] DINH H T, LEE C, NIYATO D, et al. A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches[J]. Wireless Communications & Mobile Computing, 2013, 13(18): 1587-1611.
- [10] DURRESI M, SUBASHI A, DURRESI A, et al. Secure communication architecture for Internet of things using smartphones and multi-access edge computing in environment monitoring[J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2019, 10(4): 1631-1640.
- [11] REKHA G, TYAGI A K, ANURADHA N. Integration of fog computing and Internet of things: an useful overview, lecture notes in elec-

trical engineering[C]//ICRIC 2019-Recent Innovations in Computing. 2019, 597: 91-102.

## [作者简介]



宋海鹰 (1975- ), 男, 江苏泰州人, 广东技术师范大学副教授, 主要研究方向为复杂系统建模与优化。



陈志文 (1986- ), 男, 湖南永州人, 中南大学副教授, 主要研究方向为基于数据驱动的复杂系统建模与优化。



邱佰平 (1980- ), 男, 湖南常德人, 深圳达实智能股份有限公司工程总监, 主要研究方向为智慧建筑机电系统。



匡付华 (1974- ), 男, 湖南衡阳人, 深圳达实智能股份有限公司高级工程师, 主要研究方向为建筑智慧化。



邓仕钧 (1987- ), 男, 湖南娄底人, 深圳达实智能股份有限公司国家博士后工作站在站博士后, 主要研究方向为建筑智慧化。