

新型智慧城市全面感知体系

杨靖^{1,2}, 张祖伟¹, 姚道远³, 胡杨¹, 钱俊江¹, 周哲¹, 胡旭伯¹, 袁宇鹏¹, 李小飞¹

(1.中电科技集团重庆声光电有限公司, 重庆 400060; 2.电子科技大学自动化工程学院, 四川 成都 610054;

3.中电科新型智慧城市研究院有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 针对新型智慧城市的建设需求, 开展城市全面感知体系的基础理论研究。提出全面感知体系架构, 研究城市感知数据体系, 分析了城市感知技术体系, 为新型智慧城市建设提供重要的理论支撑。

关键词: 智慧城市; 全面感知; 数据体系; 技术体系

中图分类号: TP391

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2018.00068

Comprehensive sensing system of new smart city

YANG Jing^{1,2}, ZHANG Zuwei¹, YAO Daoyuan³, HU Yang¹, QIAN Junjiang¹,
ZHOU Zhe¹, HU Xubo¹, YUAN Yupeng¹, LI Xiaofei¹

1.Chongqing Acoustic-Optic-Electronic Co., Ltd., China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China

2. School of Automation Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China

3. The Smart City Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Shenzhen 518000, China

Abstract: Focusing on the demand of building the new smart city, the basic theoretical research on the comprehensive sensing system of cities has been described. Firstly, the system architecture of the comprehensive sensing system was proposed respectively. Then, the data system of the comprehensive sensing system was presented. Finally, the technology system of the comprehensive sensing system was given. The important theoretical support could be provided by the proposed solution for the new smart city construction.

Key words: smart city, comprehensive sensing, data system, technology system

1 引言

新型智慧城市是以为民服务全程全时、城市治理高效有序、数据开放共融共享、经济发展绿色开源、网络空间安全清朗为主要目标, 通过体系规划、信息主导、改革创新, 推进新一代信息技术与城市现代化深度融合、迭代演进, 实现国家与城市协调发展的新生态。其本质是全心全意为人民服务的具体措施与体现, 它是一个系统工程, 涵盖了城市的产业、交通、环境、民生、行政管理、资本配置、防灾减灾、信息共享、系统共生等诸多系统。旨在使用信息化等手段全面感知城市的各个元素或空

间的实时状态、参数和属性等, 结合通信网络技术和数据融合处理等技术, 使得城市管理者能动态感知城市的整体态势, 逐渐将事后事件复核处理模式转换为事前预警消除隐患模式, 获得更加科学性的辅助决策。2015年底召开的中央城市工作会议指出, 发展智慧城市同提升国家治理能力和城市治理水平紧密相关。

从广义角度看, 基于新型智慧城市的全面感知内容应该包括对城市综合管理相关的公共部件和公共环境的信息感知、对家居生活场所和环境的信息感知、对市民教育和健康状况的信息感知、对公众有潜在安全威胁的特殊人群活动的信息感知、对

收稿日期: 2018-06-25; 修回日期: 2018-08-15

基金项目: 重庆市人工智能技术创新重大专项重点研发项目 (No.cstc2017rgzn-zdyfX0041)

Foundation Item: The Major Project of Artificial Intelligence Technology Innovation of Chongqing (No.cstc2017 rgzn-zdyfX0041)

大众网络舆情的信息感知等。从狭义角度看，城市全面感知主要内容包括有关城市公共安全和可持续性发展的人、物、空间环境及事件/事故的综合信息感知。

目前，国内主要城市的感知系统建设远不能满足智慧城市获取城市各类信息的需求。城市各部门的感知网络建设相对独立、专用专建、垂直封闭，网络的覆盖面还存在一些盲区。感知方式不够丰富，感知手段以视频监控为主。城市管理需求的增长，导致感知传输和处理能力不足。感知网络建设需求持续增长，但缺乏统一的规划和建设标准，导致感知网络组网扩展难度大、异种感知网络之间数据融合难度大。因此，研究新型智慧城市的全面感知体系对保证新型智慧城市的建设质量具有重要的意义。

2 全面感知体系总体框架

全面感知体系总体框架包括 7 个层面，自下至上分别为感知要素层、感知层、传输层、数据层、知识层、服务层和应用层，如图 1 所示。主要实现

城市运行和生活的各个重要方面的透彻感知、各种感知工具和数据的互联互通、数据分析和决策的深度智能化。城市感知体系具体由城市感知数据体系、城市感知技术体系和感知应用体系等构成^[1]。

3 城市感知数据体系

城市感知数据体系包括感知对象、感知数据架构、感知数据模型、感知数据治理和数据成熟度评估等。

3.1 感知对象

城市感知对象指的是用于评价和影响城市运行状态的人、物、信息等相关要素。

城市感知对象中的人指的是所有参与城市运行和管理的人员，包括城市活动参与人员、日常运行管理人员、应急状态下的救援人员和受灾人员等，感知内容包括人员的活动轨迹、行为动作、健康状况等。

城市感知对象中的物指的是广义的固态、液态、气态 3 种形态的物质，包括政府部门需要管理的各类城市基础设施、用于城市事故应急处置过程

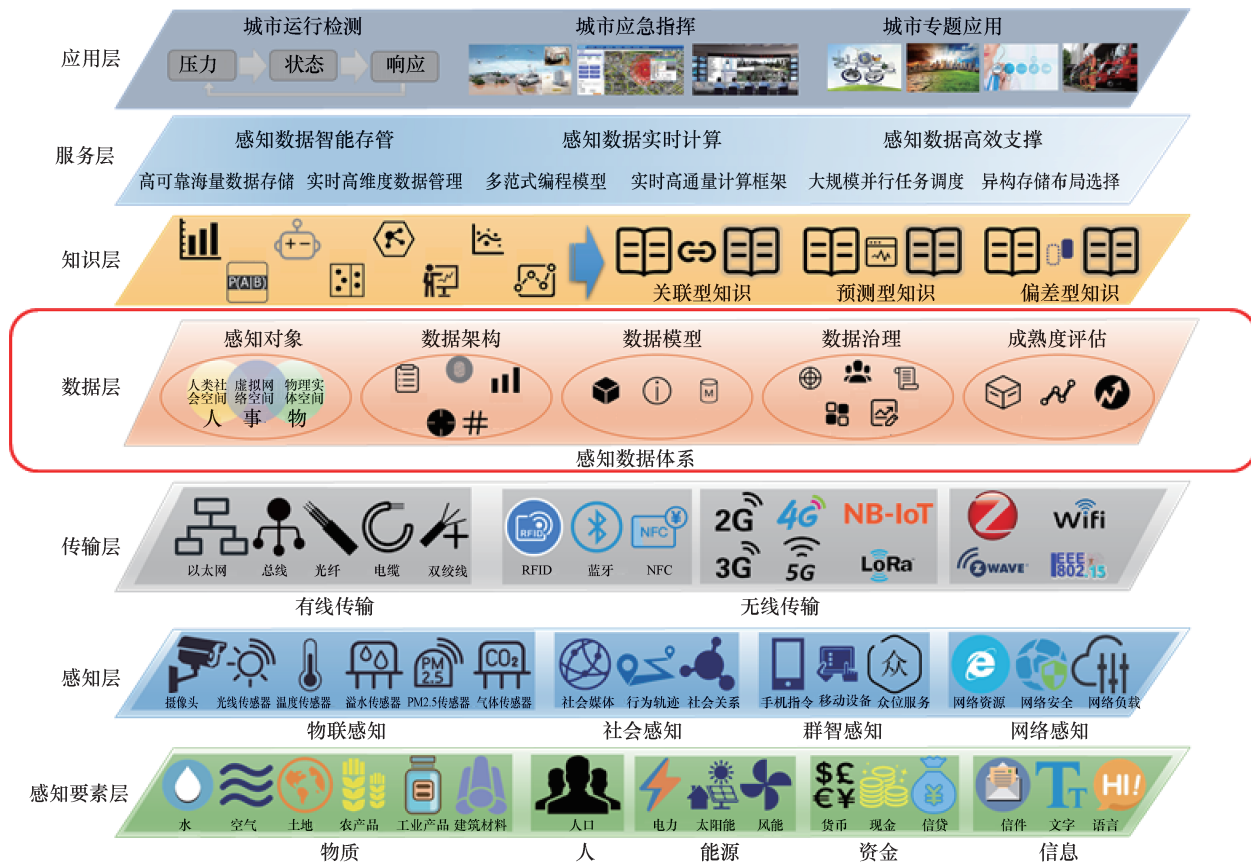


图 1 全面感知体系总体框架

中需要使用的应急物资和救援设施设备、需要监管的易燃、易爆、高温高压、有毒等危险物质及城市各类环境资源。

随着互联网技术和应用的快速发展，人们之间的日常联系、交往、工作和商业关系依赖互联网的程度越来越高，互联网空间是否有序正常运行日益影响城市运行管理的总体态势。因此需要将互联网空间纳入感知对象的范畴，关注与网络安全相关的因素，包括网络流量、媒体文字等，通过技术手段识别出恶意网络攻击行为，汇总市民在网络环境下宣泄的情绪和影响社会舆论的网络言论等。

3.2 感知数据架构

城市感知数据按照城市业务主题进行分类，第一级目录划分为六大主题领域，分别是城市生命线、交通运输、公共安全、生态环境、民生服务和经济发展，如图2所示。第一级主题领域内根据权威的政策或标准规范划分第二级主题目录，譬如城市生命线二级主题划分为水、电、燃气、热能、石油等城市运行所需的关键资源和网络、通信线路；交通运输的二级主题包括交通运输量、交通通行状态、交通通达程度、交通设施状态和交通秩序状况等；公共安全领域依据《国家突发公共事件总体应急预案》的突发公共事件分类方法，将二级主题划分为自然灾害、事故灾难、公共卫生安全和社会安全四大类；生态环境根据环保部门的职责分类可以划分为水环境、大气环境、土壤环境、声环境、辐射环境、卫生环境、生物生态环境，并包含气象环境；根据国家“十三五”规划发展纲要文件，将民生服务的二级主题划分为劳动就业服务、社会保险服务、卫生医疗服务、公共教育服务、民政服务、住房保障服务、文化体育服务、专业法律服务和公共信息服务等；根据《2015年中国创新城市评价报告》的描述，经济发展主题包括经济活动、居民收入、对外经济、货币金融、商品价格、人口就业和科技创新等若干二级主题。

3.3 感知数据模型

为确保定义的模型和体系结构足够覆盖不同领域的数据要求和规定，需要一个标准化的过程，因此需要设计、组织信息的抽象模型并规范不同场景下的相互关系，以保证不同应用之间的互操作性，使开发者在将应用复制到其他使用环境的过程中无需做出改变。统一的数据模型意味着要创建一

个共享的术语和关系的词汇表，以提供不同概念的统一表达，如公共交通、天气等。统一的数据模型可保证开发应用在数据级别过程中的可移植性、可复用性。数据模型的设计原则是促进重复使用，因此采纳借鉴已有的词汇表，特别是 schema.org。设计原则同时兼顾灵活性和简易性，使数据开发者可按需使用。

3.4 感知数据治理

参考数据管理协会（DAMA）对数据管理和数据治理的概念定义，感知数据治理可定义为通过明确和制定相关角色、工作职责、工作流程和法律法规等，确保感知数据资产能够长期有序、可持续地得到有效管理的整个过程。数据治理是数据管理中最重要和最显著的领域。需要指出的是，城市感知中的数据是城市大数据的一部分，城市感知数据的治理也是城市大数据治理的一部分，政府与企业通常只需要根据城市运行感知数据区别于其他业务数据的特点提出针对性的治理策略。其基本目标是满足感知数据资源在政府与企业的业务机构和部门之间的交换共享需求，满足城市感知数据的质量持续改善的需求。

3.5 数据成熟度评估

城市感知数据成熟度评估模型（UPDMM, urban perceived data maturity model）划分城市感知数据的发展阶段，建立城市感知数据总体发展水平和应用能力的评价体系和方法。参考政务大数据成熟度模型研究成果^[2]，将UPDMM的测量指标分为3个层次：作用域、关键域和关键变量。根据感知数据的价值实现过程，将其作用域分为数据质量、技术支撑和实施能力。关键域是提升城市感知数据成熟度过程中需要重点关注的方面，如数据质量的关键域包括数据来源、数据属性和数据关联度。关键变量是用于测评城市感知数据发展的各项能力指标，城市感知数据成熟度模型的参考评估指标如表1所示。

4 城市感知技术体系

数据支撑体系包括感知数据的支撑技术集合和管理保障机制两大部分。感知数据的支撑技术包括以传感器节点和智能手机为终端代表的数据采集技术、以NB-IoT和5G为代表的数据传输技术、规范化数据存储技术、以数据共享和质量提升为重点的数据治理技术以及感知大数据挖掘等数据知

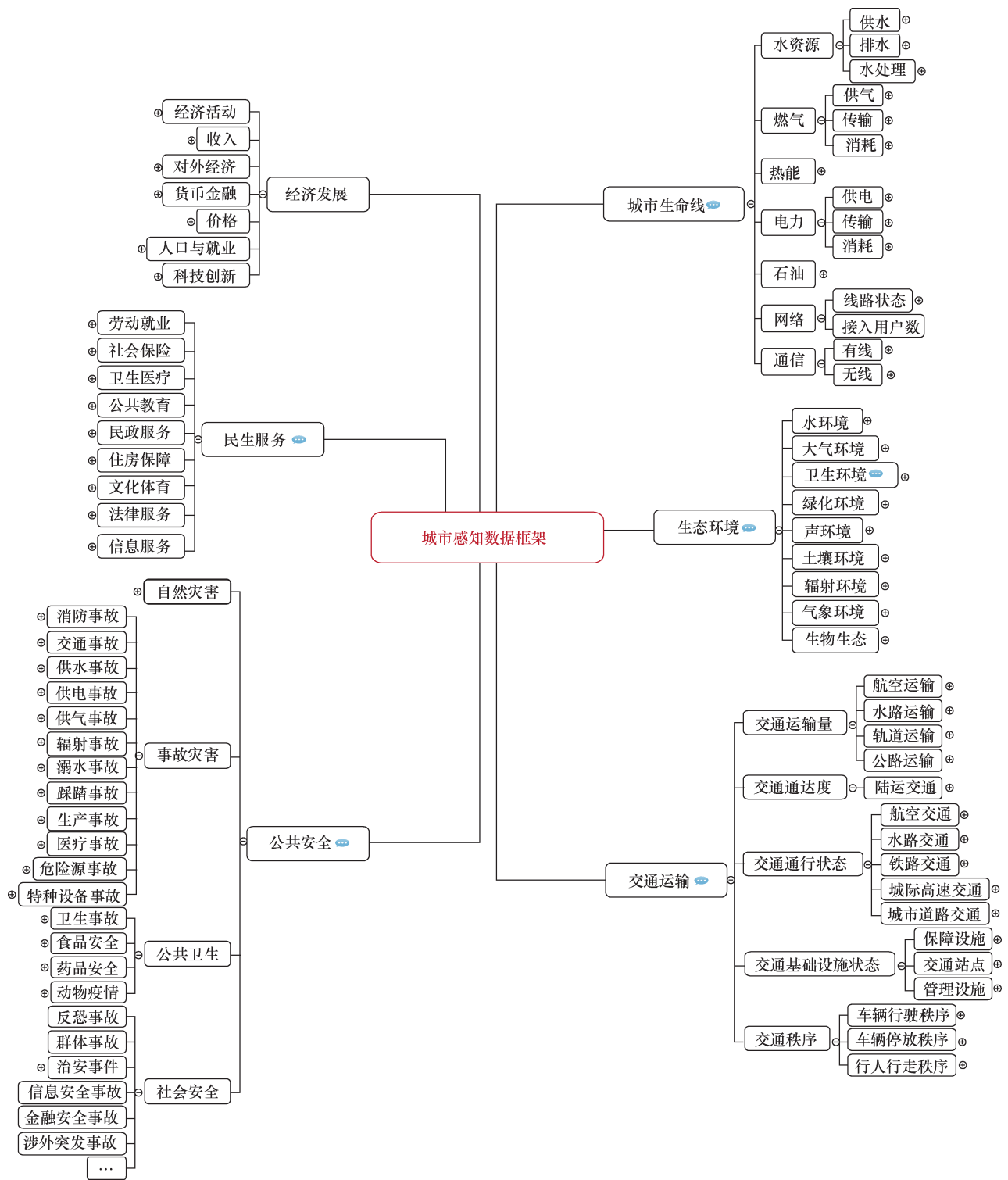


图2 进行城市感知数据目录框架结构

识发现技术等。感知数据的管理保障机制主要指的是，针对感知数据的采集、传输、存储、修改、融合、汇聚、挖掘、使用、销毁等全生命周期的综合管理策略与安全保障机制。

4.1 数据采集

感知方式是根据被感知的信息类型，继而采取相对应的感知技术及方法。传统的数据采集方法主要是通过人工采样、统计、遥感、GPS 定位等方式

获得城市运行的动态数据。随着移动互联网、物联网、人工智能和云计算等先进信息化技术的高速发展以及社交平台的广泛应用,使得感知数据的采集方式发生了巨大变化。目前城市数据采集范围已经扩展到包括物理实体空间、人类社会空间和虚拟网络空间的三元空间。

表1 城市感知数据成熟度模型参考评估指标

作用域	关键域	关键变量
数据质量	数据来源	数据来源可靠性
		数据来源广泛性
	数据属性	数据一致性
		数据准确性
		数据完整性
数据关联度	数据实时性	
	数据聚集度	
技术支持	平台产品	数据目录覆盖率
		数据平均共享次数
	数据处理	数据采集能力
		知识发现能力
		态势感知能力
	数据安全	安全防护能力
		应急处置能力
	基础设施	设施稳定性
		设施安全性
		需求梳理能力
实施能力	实施规划	顶层设计能力
		方案可行性
	实施效果	数据开放比例
		数据服务比例

物联感知是城市感知的主要手段之一,根据物联网数据采集的设备类型,可以将数据采集方式分为传感器(或传感网)、RFID设备、视频设备、无线信令等类型。采集的数据涵盖人员、物体的身份、位置、影像和状态等信息。

群智感知是指通过人们已有的移动设备形成交互式的、参与式的感知网络,并将感知任务发布给网络中的个体或群体来完成,从而帮助专业人员或公众收集数据、分析信息和共享知识^[3]。随着各种各样的移动便携设备的普及和广泛使用,如智能手机、平板电脑、可穿戴设备等,群智感知提供了一种新的感知环境、收集数据和提供信息服务的模式。

在新的社会生活方式下,每个漫游于互联网和移动网络的网民,都是一个潜在的具备高度智能的

传感器终端^[4]。他们在社会和自然环境中自主移动、参与各项活动,并通过感觉器官对周围环境中发生的一切进行全面的感知与信息收集,利用自主智能进行分析与解读,最后利用网络信息平台的文本、图像、视频等形式,分发所知、所想、所感,同时与其他传感器(网民)进行实时互动。由此,亿万网民群体则可以构成一个极其庞大的社会传感网络,其探测事物对象特征、活动及运行规律的能力、广度和深度都是传统监测手段所无法企及的。

4.2 数据传输

互联网是城市感知体系的骨干网络,城市范围内需要采集的各类感知数据绝大多数都需要通过逻辑网关将数据上传至互联网的应用系统。充当逻辑网关的网络设备可以是家居的Wi-Fi网关或ZigBee网关、工业领域的M2M网关、使用LoRa标准的专业网关、4G或NB-IoT甚至未来的5G标准的基站等。

根据国际标准组织3GPP和ITU的时间表,2018年6月有了第一个正式的5G标准版本R15出现,2019年年底将完成5G标准的最后版本R1。根据目前各国研究情况,5G技术相比4G技术,其峰值速率将从100 Mbit/s提高到10 Gbit/s,可支持的用户连接数增加到100万户/km²,可以更好地满足物联网的海量接入需求。5G网络一旦应用,目前仍然停留在实验室阶段的车联网、无人机网络、远程医疗等概念将逐渐变为现实。在一些信号干扰比较强或者QoS要求苛刻的应用场景,仍然广泛使用有线传输手段,诸如Ethernet、PLC通信、光纤通信等。

4.3 数据存储

随着感知应用的深入和感知网络规模的不断扩大,海量网络数据的存储面临严峻的挑战。有研究者提出了一些以数据为中心的数据组织和存储方法^[5],即按照某种规则将数据分布式保存在网络中的某些节点上。实现以数据为中心的数据存储要根据数据的网络分布特性,设计便于数据管理和查询的网内数据存储规则。该技术已成为无线感知网络数据存储和管理的主流技术,并在一些较小规模的无线传感器网络上得到了应用,但对于大规模感知应用而言,这些理论和方法还缺乏实践的检验。

4.4 数据处理

城市感知数据,尤其是通过传感器网络等手段获取的原始数据具有显著的不确定性和高度的冗余性。不确定性主要表现在不统一性、不一致性、不准确性、

不连续性、不全面性和不完整性。感知数据的冗余性来源于数据的时空相关性,而大量冗余信息对资源受限的感知网络在信息传输、存储和处理以及能量供给方面提出了极大的挑战。因此,一方面,需要研究信息感知的有效方法,对不确定信息进行数据清洗,将其整合为应用服务所需要的确定信息;另一方面,需要研究信息感知的高效方法,通过数据压缩和数据融合等网内数据处理方法实现信息的高效感知。

4.5 数据共享

政府部门和企事业单位负责采集各自业务范围内的感知数据,并在城市各级数据共享平台的支撑下实现原始数据或知识发现数据的共享。城市感知信息共享交换平台作为连接城市运行感知系统的中枢节点,在智慧城市建设中,具有基础性地位的作用,现有的城市感知体系设备,如公安、环保等部门的感知系统,也可纳入信息共享交换平台充分利用,提高资源利用效率。收集的城市感知数据必须通过数据处理和交换,以服务形式提供给智慧城市的应用服务。城市感知信息共享交换平台可以与城市应急指挥中心按照需求对接,相互支撑,确保城市的健康、安全、平稳运行。

4.6 支撑技术

数据知识发现技术主要有两大分支,基于数据库的知识发现(KDD, knowledge discovery in database)和基于文献的知识发现^[6]。数据库知识发现主要针对结构化数据,是城市感知数据的知识发现主要技术。它可以在海量的城市多源异构感知数据中提取关键性数据并进行内在规律的探索,实现数据的小型化、轻量化和知识化的过程。知识发现的知识类型包括广义型知识、分类型知识、关联型知识、预测型知识和偏差型知识,城市感知数据体系中的知识类型主要指的是关联型知识、预测型知识和偏差型知识。

边缘计算是在靠近数据源头的网络边缘侧,融合网络、存储、计算、应用核心能力的开放平台,就近提供边缘智能服务,满足行业数字化在业务实时、业务智能、数据聚合与互操作、安全与因素保护等方面的关键需求。边缘计算犹如人类的神经末梢,对简单的刺激进行自处理并将处理的特征信息反馈给云端大脑^[7]。

情景感知技术的核心思想是:通过传感器采集城市的情境信息,根据情境信息分析判断服务对象当前的状况,然后选择并提供适当的业务服务。现

在流行的获取情境做法是通过实地研究去了解用户情境,然而这种方法存在成本过高且样本选择具有偏向性的情况^[8]。随着现代信息技术水平的提高,城市感知手段越来越先进,可以实现对城市静态组件和城市动态运行状况的数字化和智能化,比如将城市地理信息、市民和法人的活动信息、城市生态信息、城市基础设施信息等综合城市信息全面数字化,将感知技术、传输技术、存储技术等信息技术与城市管理技术进行紧密结合,构成人与人、人与物、物与物相联的网络,动态、详尽地描述城市运行的全过程,从而实现对城市感知范围覆盖的面积越来越大,服务对象越来越多。

5 结束语

本文研究了新型智慧城市的关键基础:城市感知体系的基础理论,指出该体系的核心内容是城市感知数据体系,研究了城市感知数据体系的组成部分:数据架构、模型、治理、知识发现和成熟度评估,阐述了支撑城市感知数据的关键技术,为践行统分结合、集约建设、迭代演进的新型智慧城市建设理念与思路提供理论基础。

参考文献:

- [1] 康子路,李强,王萌萌,等.城市数据体系研究[J].电信网络技术,2017(5):40-46.
KANG Z L, LI Q, WANG M M, et al. The research of urban data system[J]. Telecommunication Network Technology, 2017(5):40-46.
- [2] 吴志刚,廖昕,朱胜,等.政务大数据成熟度模型研究与应用[J].中国科技产业,2016(8):77-80.
WU Z G, LIAO X, ZHU S, et al. The research and application of government big data maturity model[J]. Science and Technology Industry of China, 2016(8): 77-80.
- [3] 吴焱,曾菊儒,彭辉,等.群智感知激励机制研究综述[J].软件学报,2016,27(8):2025-2047.
WU Y, ZENG J R, PENG H, et al. Survey on incentive mechanisms for crowd sensing[J]. Journal of Software, 2016, 27(8):2025-2047.
- [4] 於志文,於志勇,周兴社.社会感知计算:概念、问题及其研究进展[J].计算机学报,2012,35(1):16-26.
YU Z W, YU Z Y, ZHOU X S. Socially aware computing[J]. Journal of Computers, 2012, 35(1): 16-26.
- [5] 杨圣洪,贾焰,周四望.无线传感器网络基于虚拟节点的小波压缩方法[J].软件学报,2013,24(3):557-563.
YANG S H, JIA Y, ZHOU S W. Virtual nodes-based wavelet compression algorithm for wireless sensor networks[J]. Journal of Software, 2013, 24(3): 557-563.
- [6] 崔家旺,李春旺.基于关联数据的知识发现技术述评[J].图书与情报,2016(5):119-125.
CUI J W, LI C W. Review on the knowledge discovery technology based on linked data[J]. Library & Information, 2016(5): 119-125.
- [7] 刘俊奇,范明翔,李潇.大数据时代下的新型计算模型——边缘计算[J].电脑知识与技术,2017,13(19):182-183.

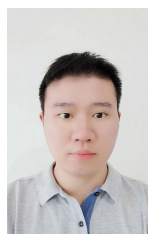
LIU J Q, FAN M X, LI X. New computing model in the era of big data-edge computing[J]. Computer Knowledge and Technology, 2017, 13(19):182-183.

- [8] SCHILIT B, ADAMS N, WANT R. Context-aware computing applications[C]//WMCSA '94 Proceedings of the 1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, December 08-09, 1994, CA, USA. New Piscataway: IEEE Press, 2002: 85-90.

[作者简介]



杨靖（1981-），男，中电科技集团重庆声光电有限公司传感器技术研发中心副主任，主要研究方向为通信工程、无线传感网络、物联网。



钱俊江（1985-），男，中电科技集团重庆声光电有限公司工程师，主要研究方向为物联网技术、传感器技术、大数据分析、嵌入式系统、信号与信息处理。



周哲（1983-），男，中电科技集团重庆声光电有限公司高级工程师，主要研究方向为新型智慧城市中各类传感器的应用。



张祖伟（1982-），男，博士，中电科技集团重庆声光电有限公司高级工程师，主要研究方向为 MEMS、传感器、物联网。



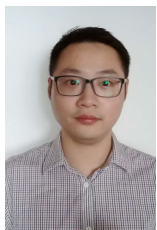
胡旭伯（1981-），男，中电科技集团重庆声光电有限公司高级工程师，主要研究方向为物联网平台架构。



姚道远（1982-），男，博士，中电科新型智慧城市研究院有限公司架构师，主要研究方向为物联网、智慧城市。



袁宇鹏（1989-），男，博士，中电科技集团重庆声光电有限公司工程师，主要研究方向为智能感知与控制。



胡杨（1987-），男，中电科技集团重庆声光电有限公司工程师，主要研究方向为智能传感及系统集成。



李小飞（1993-），女，中电科技集团重庆声光电有限公司工程师，主要研究方向为 MEMS 传感器、智能感知与控制。