

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2015.01.006

交通物联网的系统架构与技术体系

赖宏图, 朱铨, 蒋新华, 邹复民

(福建工程学院 福建省汽车电子与电驱动技术重点实验室, 福建 福州 350118)

摘要: 综述物联网技术在交通运输行业的研究与应用现状,提出交通物联网的概念、系统架构以及技术体系,探讨当前交通物联网发展中亟需解决的关键技术问题,并以工程项目建设为背景,提出交通物联网建设和发展的参考设计。

关键词: 物联网; 交通信息化; 云计算; 体系架构; 数据服务

中图分类号: TP393.03 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-4348(2015)01-0031-06

The system architecture and technical systems for transportation internet of things (TIOT)

Lai Hongtu, Zhe Quan, Jiang Xinhua, Zou Fumin

(Fujian Provincial Key Laboratory of Automotive Electronics and Electric Drive,
Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: The research and application status of Internet of Things (IOT) technologies in the transportation industry was surveyed. The concepts, system architecture and the technical systems of transportation internet of things (TIOT) was proposed. The key technical problems needed to be solved in the development of TIOT discussed. Some reference designs of construction and development for TIOT were presented.

Keywords: internet of things (IOT); traffic informationization; cloud computing; architecture; data services

物联网被看作是信息领域又一次重大的发展和革命性创新^[1],美日欧等西方发达国家纷纷将物联网发展战略提升到了国家层面,如《美国创新战略》以及“智慧地球”、日本的 I-Japan、欧洲的《未来物联网战略》、韩国的 U-Korea、新加坡的智慧 2015 等。我国于 2009 年 8 月提出了“感知中国”的理念,将物联网作为国家战略性新兴产业予以重点关注和推进。目前,物联网技术在交通运输行业已经得到了一些应用,比如智能公交、电子不停车收费系统 (electronic toll collection, ETC) 等,其在物流方面的应用也在快速发展之中^[2]。

但整体而言,目前物联网的研究和应用都还处于起步阶段,不同领域的专家学者对物联网技术研究的出发点各异,物联网技术的定位和特征还存在一些混乱的概念,其系统架构和技术体系都还缺乏较为清晰的界定^[3],这也使得物联网在交通领域的应用面临巨大挑战^[4]。本文认为交通物联网是物联网技术在交通运输行业的具体应用,通过综合利用云计算、大数据处理等各种信息技术,对交通运输系统中的人、车(船)、路、货、环境等多元交通要素信息进行融合处理,从而实现交通信息的数据采集、传输、处理与服务的综合体系结构。为此,本文综述了物联网技术在交通运

收稿日期: 2014-11-02
基金项目: 福建省省属高校科研专项 (JK2014033); 福建省教育厅科技项目 (JB3213); 福建省科技厅工业科技重点项目 (2014H0008)
第一作者简介: 赖宏图 (1967-),男(汉),副教授,高级工程师,研究方向: 交通信息工程。

输行业的研究与应用现状,并基于交通物联网的应用需求,对交通物联网的系统架构、技术体系等进行全面论述,以进一步探讨交通物联网未来的发展和应用前景。

1 交通物联网应用与研究现状

物联网、云计算和大数据处理等技术的快速发展,给交通信息化提供了良好的发展机遇,催生了交通物联网应用及服务的发展。基于交通物联网技术的智能交通解决方案得到了初步的应用,如美国交通部发布的“智能交通系统战略研究计划:2010—2014”、日本的 VICS 系统以及较为成熟的 ETC 系统等。

在近几年召开的智能交通领域会议,如第 21 届世界智能交通大会(美国底特律,2014-09)、第二届世界大城市交通发展论坛(中国北京,2014-07)和第五届中国智能运输大会(中国深圳,2014-06)等,交通物联网应用均得到了极大的关注,交通物联网技术在减少交通拥堵、降低交通成本等相关方面的探讨成为核心,包含交通大数据处理、精细化管控、人性化服务等诸多方面的内容。

标准体系结构的逐步完善是加快交通物联网技术研究与推广的关键,目前这方面的工作已经得到了国家发改委、交通运输部和标准委等相关部门的高度重视。国家标准委先后发文批准了国家物联网基础标准工作组和六大行业物联网应用标准工作组,并在 2012 年 1 月率先成立了物联网交通领域应用标准工作组,工作组包括了地方政府、行业主管部门以及相关企业在内的约 40 家成员单位,关注于交通运输行业物联网应用标准体系建设,覆盖了包括道路、水路、民航、铁路等在内的整个大交通领域,为交通运输行业物联网应用标准提供技术支撑。为有效推进交通物联网标准体系建设,研究并设计一个更为清晰明确的交通物联网体系架构已成为迫切的需求。

2 交通物联网系统架构

2.1 需求与系统功能模型

要深入研究交通物联网的系统架构,必须首先了解和分析交通物联网的实际应用需求。在国家《公路水路交通运输信息化“十二五”发展规划》等相关规划文件中,对交通基础设施(运输设

备)监测、交通信息资源整合、公众服务能力、行业管理与决策支持等方面提出了具体的建设目标,从国家层面上提出了交通物联网应用的建设需求^[5]。其中,核心的需求是通过开展交通物联网应用建设,制定交通信息资源共享与交换规范,充分利用和整合已有的物联网信息服务资源,建立人、车(船)、路、货、环境一体的自主采集与服务模型,为信息服务或信息开发企业提供数据资源服务,衍生更多的交通物联网应用,为政府、行业以及公众用户提供服务,推动交通运输信息化基础设施进一步完善,显著提升交通信息服务水平,形成共生共赢的信息化服务产业链,促进交通信息化建设的可持续发展。

由此可见,交通物联网的根本目标是数据服务,核心是围绕交通信息数据的采集、传输、处理和服务过程,其系统功能模型可定义如图 1 所示。

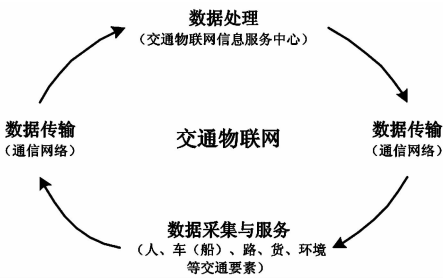


图 1 交通物联网系统功能模型
Fig.1 The system function model of TIOT

综上所述,交通物联网是一个以数据为核心,综合利用各种信息技术,有效集成各交通要素的数据采集、传输、处理与服务,并形成数据流的正向反馈的闭环系统。基于其数据流的正向反馈特性,可以预见交通物联网技术的研究与应用推广即将迎来快速的、可持续的增长。其中,全面感知、泛在网络和云计算等新兴信息技术将为交通物联网的应用推广提供全面的技术支撑。

2.2 交通物联网系统架构

基于交通物联网功能模型,结合目前在业界公认的物联网三层体系架构^[6],交通物联网系统的系统架构可定义如图 2 所示。

在该体系架构中,感知层由各种传感器以及传感器网关构成,包括温度传感器、湿度传感器、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、地感线圈等感知终端,其主要功能是交通信息数据的全面感知与采集。

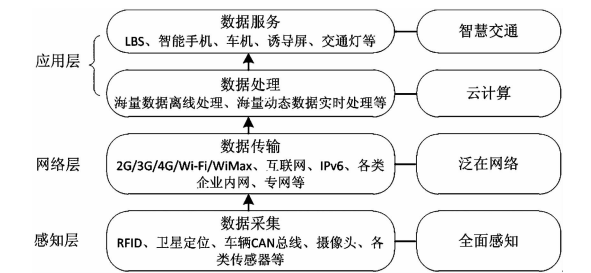


图 2 交通物联网系统架构

Fig. 2 The system architecture of TIOT

网络层由各种私有网络、互联网、移动通信网、网络管理系统等组成,其主要功能是负责采集数据和服务数据无处不在的双向传输。

云计算平台作为应用层的支撑平台,主要负责数据信息的汇集整合,并根据不同业务需求提供弹性处理能力,进行各种实时/离线的数据分析处理,生成各业务系统的服务数据。

应用层是物联网和用户(包括人、组织和其他系统)的接口,它与行业需求结合,利用云计算平台提供的各种服务数据实现行业监管、政府决策、应急处置、公众服务等应用,并最终实现“智慧交通”。

从交通物联网的功能和本质上看,其关键点在于有机集成海量交通信息数据的采集、传输、处理和服务过程,并对各交通要素实施智能化的控制,进而提供车载信息服务(TSP)、车载互联网应用等应用服务,实现“智慧交通”的发展目标。其中,海量数据的分析、处理是重点和难点,而云计算技术的弹性处理能力为其提供了必要的技术支撑^[7-8]。

3 交通物联网技术体系

参照交通物联网的体系架构,对交通物联网涉及的核心技术进行归类 and 梳理,可以形成如图 3 所示的交通物联网技术体系模型。

3.1 传感与识别技术

传感和识别技术是交通物联网的基础,主要负责采集各种交通信息数据,包括传感器、RFID、GPS、条码等^[9-10]。

1) 传感技术 传感技术主要通过各种类型的传感器协作感知和采集交通运输系统中各交通要素的基础信息,目前这方面的研究热点包括信息采集、数据传输机制、网络通信协议、网络安全

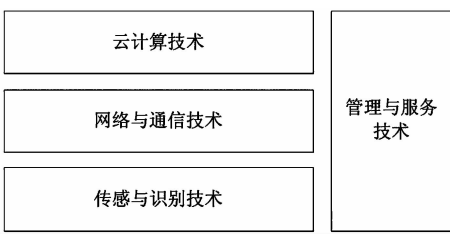


图 3 交通物联网的技术体系模型

ig. 3 The technology system model of TIOT

机制等^[11],基于 IP 的上下文网络聚合、基于多宿主的网络传输也是未来的发展趋势^[12]。

2) 识别技术 识别技术涵盖物体识别、位置识别和地理识别等诸多方面,以 RFID、二维码标识为主要基础,是实现交通物联网全面感知的技术基础。以 RFID 为例,其融合了信息技术、计算机技术、网络技术、射频技术等 IT 技术,利用射频信号或空间耦合(电感或电磁耦合)的传输特性,实现对交通各要素的自动识别。目前,识别技术在交通运输行业已有了广泛的应用,如交通物流领域,典型应用包括道路/水路运政管理、港口管理及海事管理、高速公路联网收费与不停车收费、多路径识别、车辆管理、集装箱管理、船舶管理、货物管理、站场管理等。而随着标签技术的不断发展以及行业的应用规模不断扩大,其安全性正成为大家关注的重点^[13]。

3.2 网络与通信技术

网络是交通物联网信息传递和服务支撑的基础设施平台,涵盖泛在接入和骨干传输等多个层面的内容,主要有 Internet、3G/4G 移动通信网络、WiFi/WiMAX 等。通信网络方面我国具有较强的基础,下一代互联网关键技术 IPv6 的开发进展与世界同步,拥有自主知识产权标准的第三代移动通信标准 TD-SCDMA 已经在全国乃至世界范围内推广,目前已被国际上广泛接受和认可。2012-01-20,我国提出的 TD-LTE 正式成为 4G 标准之一,目前已在国内进行大规模网络部署。

文献[14]中研发的 Multi-Radio 高性能网关,支持 802.11n 和 IPv6 协议,且可同时支持三个嵌入式 WiFi 模块的操作,实验测试结果也表明其完全能够满足交通物联网的网络传输需求。而以传感器网络为代表的末梢网络在规模化应用后,面对与骨干网络的接入问题,并且需要与骨干网络进行充分协同,这些都将面临着新的挑战,需要研

究有线、无线和移动网及 Ad-hoc 网技术、自治计算与连网技术等^[12]。

3.3 云计算及大数据处理技术

云计算是一种新兴的计算模型和商业模式,但其本质上并非一个全新的概念,它是由集群计算、效用计算、网格计算、服务计算等技术发展而来,主要关键技术包括:数据存储技术、数据管理技术、编程模型和任务调度模型、安全与隐私保护等^[15]。从交通物联网系统架构中可以看到,云计算技术为交通物联网提供了重要的支撑平台,交通物联网依赖于云计算技术为其提供“智慧交通”服务的处理能力。

针对交通运输行业数据信息量大、信息实时处理要求性高、数据共享的高可用性以及高稳定性等需求,需要通过云计算技术搭建统一的数据处理平台,实现数据信息的共享与协同,并通过大数据挖掘技术实现对海量多源交通信息数据的动态、实时处理^[7,16]。同时云计算平台通过虚拟化等技术,整合服务器、存储、网络等硬件资源,优化系统资源配置比例,为交通大数据处理提供弹性可扩展的处理平台,实现应用部署的灵活性;同时也能提升资源利用率,降低总能耗以及运维成本^[17]。

其中,海量交通信息数据的分析与处理技术是交通物联网应用大规模发展面临的主要挑战之一,目前普遍采用的是类似 MapReduce 的分布式处理开发框架以解决海量数据处理问题的伸缩性需求,研究方向包括 MapReduce 应用领域的扩展、MapReduce 性能的提升、MapReduce 易用性的改进以及 MapReduce 实时数据流处理能力的增强等^[21-23]。

针对大数据处理的时效性问题,传统的磁盘 I/O 成为影响处理性能的瓶颈,内存数据库通过将数据在内存中进行运算,避免了 I/O 操作,从而获得了优于传统磁盘数据库的处理性能。同时,分布式数据处理技术通过将海量数据分散在云平台的多个服务器节点上,并执行数据运算任务,将能进一步提高交通物联网应用系统的处理性能。基于此,分布式内存数据库非常适合海量交通数据的实时处理^[21],有望解决交通物联网的海量交通信息数据计算的瓶颈问题^[22]。

3.4 管理与服务技术

1) 系统管理 随着交通物联网网络规模的

扩大、承载业务的多元化和服务质量要求的提高以及影响网络正常运行因素的增多,管理与支撑技术是保证交通物联网系统实现“可运行、可管理、可控制”的关键,包括运维保障体系、标准规范保障体系、网络管理和安全保障等方面^[23]。

2) 应用服务 随着无线通信技术和智能移动终端的快速发展,基于位置的服务(location based service, LBS)在交通、物流领域得到了广泛应用,它能够根据移动对象的位置信息提供个性化服务^[24]。但 LBS 不仅仅局限在交通行业,它几乎涵盖了生活中的所有方面。其在移动互联网时代勿容置疑是座巨大的金矿,各大厂商都在发力。LBS 是交通物联网提供按需服务的核心技术之一,其主要是通过获取用户的当前动态位置信息,在地理信息系统(geographic information system, GIS)平台的支撑下,为用户提供更为智能化服务的一种增值业务。LBS 包括两层含义:首先是确定移动设备或用户所在的地理位置,其次是提供与位置相关的各类信息服务。而在云计算的背景下,LBS 面临着诸多挑战,包括海量移动对象当前/将来位置索引、隐私保护等^[25]。

4 交通物联网参考设计

4.1 交通物联网应用系统架构

交通物联网转变了传统的交通信息化建设发展方式,在充分利用前期建设成果的同时,通过物联网和云计算等信息技术,对接/整合交通行业主管部门及各社会力量已经建成并正在投入使用中的交通信息系统,将其可向公众、企业、政府部门和开发人员开放的应用服务进行统一的建设和应用推广,从而充分地挖掘既有系统的应用潜力,显著提升交通信息服务水平,并促进交通信息化建设的可持续发展。交通物联网应用的一般系统架构如图 4 所示。

在该系统架构中,IaaS 层主要提供弹性可扩展的云服务,包括硬件资源(服务器、存储、网络等)、软件资源(操作系统、ArcGIS 等行业应用软件)以及地图数据资源等;PaaS 层将建设交通运输行业物联网应用整合与服务平台,通过封装的 API 接口等模式为政府部门、企业、开发者等提供数据服务,这里仅初步列出了 12 类数据信息,通过这些数据信息进而可以开发出更多的数据服务;基于 PaaS 层的数据信息,将在 SaaS 层开展应

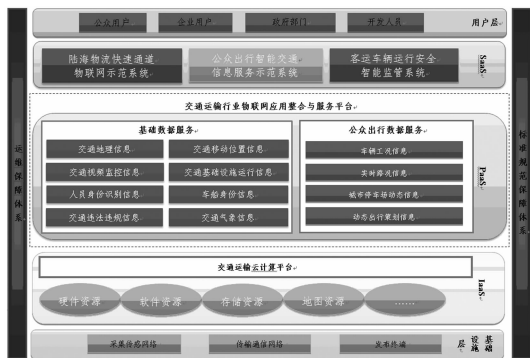


图4 交通物联网应用工程系统架构

ig.4 The engineering system architecture of TIOT

用示范系统建设,同时也可以为其他用户提供应用示范系统建设的平台。

4.2 交通物联网应用系统实例

交通物联网应用系统其实质是一个以数据为中心的包括采集、传输、处理和服务 4 个环节的应用系统。其中,每个交通要素通常既是交通物联网的数据采集源,也同时是交通物联网的数据服务对象。以车载信息服务应用系统为例,其系统架构可设计如图 5 所示。

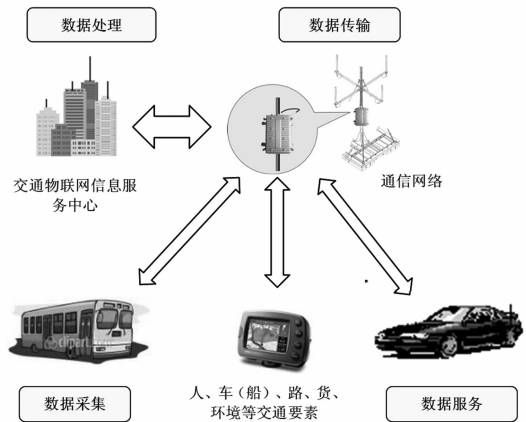


图5 车载信息服务应用系统架构

Fig. 5 The system architecture of Telematics

系统可通过车辆 CAN 总线、各类传感器以及摄像头等动态采集车辆身份信息、车身工况信息、

驾驶员操作信息、载乘与载货信息、位置速度信息以及车辆周边的各种传感信息等数据,这些信息可通过各种通信技术如 3G、4G 和 WiFi 等实时传送到交通物联网信息服务中心,服务中心通过云计算数据分析与处理技术,实现对海量动态交通数据的实时处理和挖掘,形成包括车辆工况信息服务、实时路况信息服务、交通地理信息服务、交通移动位置信息服务、交通基础设施运行信息服务、交通视频监控信息服务、公众驾车出行交通信息服务、出行策划信息服务等覆盖人、车(船)、路、货、环境等交通要素全方位的交通物联网信息服务,并进而通过各种通信技术提供交通物联网信息的按需服务。例如对于公众驾车出行交通信息服务,基于该系统架构,交通物联网信息服务中心将可根据用户当前的车辆工况、驾驶速度、当前所在位置的道路健康状态与周边环境以及前方道路的实时拥堵状态等信息,智能地按需提供危险驾驶行为预警、谨慎驾驶路段提醒、实时路况语音提示、周边配套信息友情服务等交通信息服务。

交通物联网的具体应用还包括车联网等多个方面,实现车联网的未来城市交通将告别交通拥堵、交通事故和停车难等一系列问题,并实现驾驶自动化,目前这方面的研究工作正在积极开展和部署,交通物联网系统的大规模推广应用已越来越接近。

5 结语

通过对交通物联网发展现状的深入调研与分析,发现包括政府部门、企业、公众等各方面用户对交通物联网技术均有较为迫切的应用需求。为此,本文首先对交通物联网的概念、体系架构以及技术体系等进行较为全面的论述,并同时探讨了当前交通物联网发展的若干关键技术和尚需研究的问题,包括传感与识别技术、网络与通信技术、云计算及大数据处理技术、管理与服务技术等。最后以实际工程项目为背景,提出交通物联网建设、发展的参考设计,期待能为我国交通物联网建设和发展提供参考。

参考文献:

[1] Xu L D, He W, Li S. Internet of things in industries: A survey[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2014, 10(4): 2233–2243.

[2] Liu C, Li Y, Ji S. Application of the Internet of things technology in explosive dangerous goods transport[C]// 2nd Inter-

- national Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials, CEABM 2012. Yantai, China: Trans Tech Publications, 2012: 1725 – 1728.
- [3] 陈海明, 崔莉, 谢开斌. 物联网体系结构与实现方法的比较研究[J]. 计算机学报, 2013, 36(1): 168 – 188.
- [4] Wang Y, Cao K. A proactive complex event processing method for large-scale transportation internet of things[J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2014, 2014(1): 1 – 8.
- [5] 中华人民共和国交通运输部规划司. 公路水路交通运输信息化“十二五”发展规划[EB/OL]. <http://www.moc.gov.cn/zhuzhan/xiazaizhongxin/ziliao/xiazai/guihuatongji/201105/P020110516379012274071.doc>. 2014 – 05 – 18.
- [6] 钱志鸿, 王义君. 物联网技术与应用研究[J]. 电子学报, 2012, 40(5): 1023 – 1029.
- [7] Tsai C, Lai C, Chiang M, et al. Data mining for internet of things: A survey[J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2014, 16(1): 77 – 97.
- [8] 罗军舟, 金嘉晖, 宋爱波, 等. 云计算: 体系架构与关键技术[J]. 通信学报, 2011, 32(7): 3 – 21.
- [9] Liu V Y, Yu Z. Wireless sensor networks for internet of things: A systematic review and classification[J]. Information Technology Journal, 2013, 12(16): 3581 – 3585.
- [10] 胡永利, 孙艳丰, 尹宝才. 物联网信息感知与交互技术[J]. 计算机学报, 2012, 35(6): 1147 – 1163.
- [11] Soumyasri S M, Ballal R. A review: Preserving privacy in wireless sensor networks[C]// National Conference on Challenges in Research & Technology in the Coming Decades(CRT 2013). Ujire: IET, 2013: 1 – 7.
- [12] 钱志鸿, 王义君. 面向物联网的无线传感器网络综述[J]. 电子与信息学报, 2013, 35(1): 215 – 227.
- [13] Chukwunonyerem J, Aibinu A M, Onwuka E N. Review on security of wireless body area sensor network[C]// 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation(ICECCO). Abuja: IEEE, 2014: 1 – 10.
- [14] 朱铨, 蒋新华, 邹复民. 交通干线无线宽带覆盖网络传输性能研究[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(9): 15 – 17.
- [15] Behl A, Behl K. An analysis of cloud computing security issues[C]// 2012 World Congress on Information and Communication Technologies (WICT). Trivandrum: IEEE, 2012: 109 – 114.
- [16] Zhang Xiaomin, Song Wei, Liu Liming. An implementation approach to store GIS spatial data on NoSQL database[C]// 2014 22nd International Conference on Geoinformatics(GeoInformatics). Kaohsiung: IEEE, 2014: 1 – 5.
- [17] 邓维, 刘方明, 金海, 等. 云计算数据中心的新能源应用: 研究现状与趋势[J]. 计算机学报, 2013, 36(3): 582 – 598.
- [18] 覃雄派, 王会举, 李芙蓉, 等. 数据管理技术的新格局[J]. 软件学报, 2013, 24(2): 175 – 197.
- [19] 申德荣, 于戈, 王习特, 等. 支持大数据管理的 NoSQL 系统研究综述[J]. 软件学报, 2013, 24(8): 1786 – 1803.
- [20] Jing H, Hailong C, Guan I, et al. Survey on NoSQL database[C]// 2011 6th International Conference on Pervasive Computing and Applications (ICPCA). Port Elizabeth: IEEE, 2011: 363 – 366.
- [21] Iwazume M, Iwase t, Tanaka K, et al. Big data in memory: Benchmarking in memory database using the distributed key-value store for machine to machine communication[C]// 2014 15th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD). Sanya, China: IEEE, 2014: 1 – 7.
- [22] 徐翔, 邹复民, 廖律超, 等. 基于 GemFire 的海量数据计算性能实验分析[J]. 计算机应用, 2013, 33(1): 226 – 229.
- [23] Da Silva C A, Ferreira A S, de Geus P L. A methodology for management of cloud computing using security criteria[C]// Cloud Computing and Communications (LATIN CLOUD), 2012 IEEE Latin America Conference. Porto Alegre: IEEE, 2012: 49 – 54.
- [24] 周傲英, 杨彬, 金澈清, 等. 基于位置的服务: 架构与进展[J]. 计算机学报, 2011, 34(7): 1155 – 1171.
- [25] Abbas F, Hussain R, Juggab S, et al. Privacy preserving cloud-based computing platform (PPCCP) for using location based services[C]// 2013 IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing(UCC). Dresden: IEEE, 2013: 60 – 66.

(责任编辑: 肖锡湘)