

基于探针的服务质量监控系统实现及应用

张英辉^{1,2*} 冯凯¹ 高有军^{1,3} 林锋¹

¹(中移物联网有限公司 重庆 401121)

²(中移物联网有限公司成都分公司 四川 成都 610094)

³(中移系统集成有限公司 北京 100052)

摘要 随着物联网平台业务规模的不断增加,实现平台服务质量的实时监测评估,故障快速定位,保证平台的正常运行至关重要。本文提出一种基于探针技术的服务质量监控系统 and 方案,通过采集、处理和分析平台业务数据,实现平台服务质量的可视化展示和全方位监控。在 OneNET 物联网平台的应用结果表明,该系统可以利用探针采集和分析平台各类服务数据,并通过时延、满意度等指标评估和展示服务质量状况,帮助运维人员准确发现异常,显著提升运维管理效率。

关键词 物联网 探针 服务质量 运维监控

中图分类号 TP3

文献标志码 A

DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2024.09.004

IMPLEMENTATION AND APPLICATION OF QOS MONITORING SYSTEM BASED ON PROBE TECHNOLOGY

Zhang Yinghui^{1,2*} Feng Kai¹ Gao Youjun^{1,3} Lin Feng¹

¹(China Mobile IoT Company Limited, Chongqing 401121, China)

²(Chengdu Branch of China Mobile IoT Company Limited, Chengdu 610094, Sichuan, China)

³(China Mobile System Integration Company Limited, Beijing 100052, China)

Abstract As the business scale of the internet of things (IoT) platform continues to increase, it is very essential to monitor and evaluate the quality of service (QoS) for IoT platform, and to quickly locate faults to ensure the normal operation of the IoT platform. This paper proposes a QoS monitoring system and scheme based on probe technology. Through collecting, processing and analyzing platform business data, it realized the visual display and all-round monitoring of QoS for platform. Experimental results on OneNET IoT platform show that the system can gather and analyze various types of service data of OneNET, evaluate and display QoS through indicators such as time delay and satisfaction, give a useful tool for operation and maintenance personnel to find abnormalities accurately, and improve the efficiency of operation and maintenance.

Keywords Internet of things (IoT) Probe Quality of service (QoS) Operation and maintenance monitoring

0 引言

物联网平台作为物联网业务中承上启下的重要角色,近年来随着物联网行业的蓬勃快速发展,承担着接入大规模物联网终端,存储海量物联网数据,赋能多种

物联网应用的作用^[1]。与此同时,在物联网平台的快速演进迭代过程中,平台各项业务的服务质量在资源有限、易遭受外部攻击的情况下,可能会存在网络拥挤、时延过高、稳定性差、成功率低等问题,更严重的将导致平台服务不可用,影响业务的正常开展和运行^[2-4]。因此,如何实时、有效地监控平台服务质量至

关重要。

探针技术作为一种采集、传输、处理和分析数据报文的的手段和工具,在安全态势感知、业务监控,尤其是网络流量检测等方面已有比较广泛的应用。可以通过分布式探针实现电力数据通信网中时延、丢包率等业务的综合监测^[5]。也有采用粒子群向量机算法达到网络攻击趋势的整体感知和评估的方案^[6]。为实现网络流量的精确、完整监测,有学者提出一种网络流量探针框架,快速实现网络流量的计算和统计,达到部署方便、成本低廉的目标^[7]。在移动互联网领域,研究人员通过在 Android 应用中写入探针程序,实现应用性能和用户数据的采集上报,为日常业务评估提供分析数据^[8]。

综上,探针技术的研究与发展在国内外已经具备一定的基础和实践。但是在物联网平台领域,如何通过探针监控各项物联网业务的服务质量,保障平台正常运行等方面,仍有较大的研究空间和研究价值。目前,主流物联网平台如阿里云、华为云、OneNET 等,主要提供设备接入、设备管理、消息通信、应用开发等功能,平台业务独特复杂,业务数据量巨大。以 OneNET 为例,随着平台的快速发展,截至 2020 年 OneNET 设备连接数已突破 1.7 亿^[9],面对接入海量终端和处理海量数据量的严峻挑战,平台服务的质量监控也暴露出以下问题:

(1) 平台采用微服务和分布式技术架构,服务相互之间调用复杂度高,缺少有效的手段准确获取平台服务的性能和运行情况。

(2) 无法及时发现和定位故障,由于缺乏平台服务质量主动监测手段,平台业务故障发现存在一定滞

后性,并且平台业务链条繁多,导致故障出现后,定位时间过长。

(3) 缺少集中统一的可视化监控管理平台,监控对象缺少统一规范的定义,未能最大化地挖掘和发挥运维数据的价值,造成运维人员对于平台不同类型服务的时延、准确率、满意度等性能指标无法直观进行评估,导致故障的发现、处理不可控。

(4) 探针的实现方案门槛较高,开发周期较长,亟需提供一套性能优异、灵活可靠的 SDK。

鉴于此,本文在研究总结国内外相关研究的基础上,以探针技术为基础,提出并设计服务质量监控系统,完成探针 SDK 开发、探针部署、数据采集、数据处理和数据分析等功能,以可视化界面的形式向运维人员提供管理工具,最后在 OneNET 平台进行包括设备接入、命令下发、数据推送等多种业务的监控应用和有效性验证,实现业务故障定位的快速定位,保障平台可靠高效稳定运行,达到提升运维质量、提高运维效率、降低运维成本的目的。

1 系统概述

1.1 OneNET 物联网平台简介

本文系统的主要研究和分析对象为 OneNET 物联网平台^[10],该平台支持包括 MQTT、CoAP、LwM2M 等多种协议的传感器和智能设备终端接入,提供多种设备管理和数据分析处理能力,并开放丰富 API 赋能客户业务应用。OneNET 物联网开放平台架构如图 1 所示。

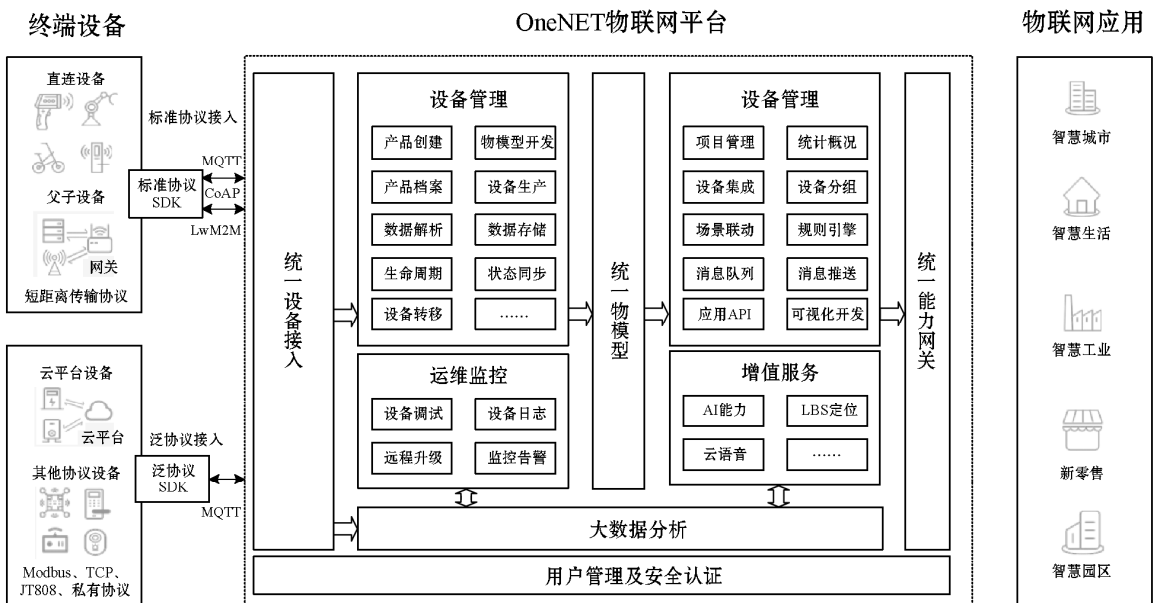


图 1 OneNET 物联网平台架构图

1.2 系统架构

为了实现 OneNET 平台核心业务流程的服务质量监控,本文设计和搭建以探针技术为核心的服务质量监控系统,系统总体架构如图 2 所示。

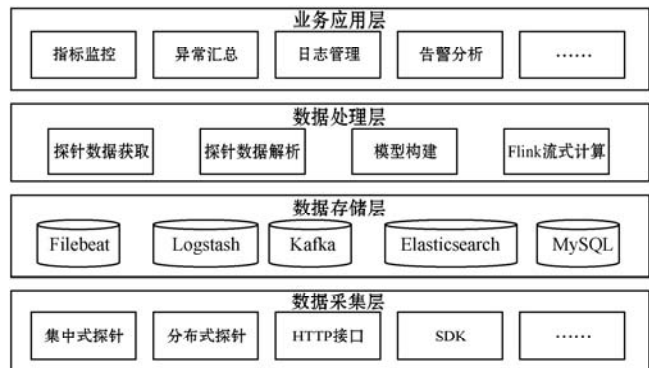


图 2 系统总体架构图

系统总体包括数据采集层、数据存储层、数据处理层和业务应用层四部分。

(1) 数据采集层:数据采集利用分布在内外网等不同区域的探针实现,探针通过周期性地模拟 OneNET 平台真实业务的端到端流程,从多个区域对 OneNET 服务进行访问和数据采集。同时,为了降低业务探针的开发门槛,本系统针对数据采集部分,设计和实现一套高性能(CPU、内存等资源占用少)、高可靠(采集模块不影响业务系统的正常工作)的 SDK 供业务系统方调用。

(2) 数据存储层:系统需要对采集到数据进行存储,主要通过 Kafka、MySQL、Elasticsearch、Logstash 等多种数据库进行存储,其中 Filebeat 存储指标信息;Logstash 收集 Filebeat 中的数据并发送至 Kafka 的不同 topic 中;Elasticsearch 对系统处理的结果进行存储,MySQL 存储系统基础业务数据,如用户信息、告警列表等。

(3) 数据处理层:系统需要在内部调用探针采集存储的数据,并按照规范格式进行解析,构建处理模型,最终通过 Flink 流式计算完成各项指标的计算。

(4) 业务应用层:系统提供 Web 交互界面,用户可实现探针指标监控查看、异常指标分析、日志管理和告警规则设置等。同时,系统可以通过 Open API 等形式将数据开放给第三方应用,发挥数据价值,支持进行运维大屏展示、故障预测分析等场景。

2 系统实现

2.1 系统功能结构

服务质量监控系统功能结构主要包括探针管理模

块、告警管理模块、统计分析模块和系统管理模块,模块之间可最大化解耦,支持灵活裁剪功能和独立部署。系统功能架构如图 3 所示。

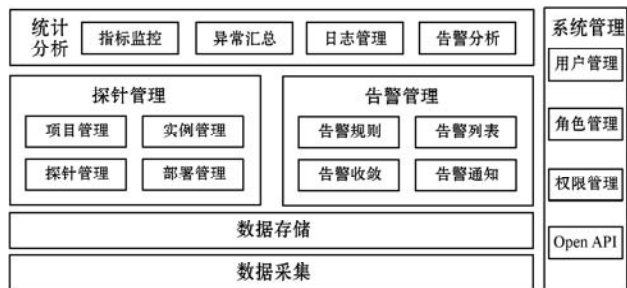


图 3 系统功能结构图

在探针管理模块,系统支持以项目为最小管理单元,实现项目下的探针、实例以及探针部署管理。运维人员可自定义物联网业务探针的监测指标(如 MQTT 命令下发、数据推送等),并支持通过 Kubernetes 容器化部署,实现部署流程自动化,保证各业务探针的可移植性和灵活性。

在告警管理方面,系统可以针对探针所采集到的各项物联网业务指标,自定义告警规则,当满足设定条件后会自动触发告警通知,帮助运维人员快速感知平台业务异常。

针对系统处理、分析和计算的各项物联网平台业务指标,系统提供多条件综合查询、多种形式的可视化报表,支持通过图、表、大屏等样式进行展示,并可以对探针所采集的日志数据进行管理查询,便于运维人员对物联网平台的服务质量进行多维有效分析。

最后,系统提供基础的用户管理、权限管理、Open API 等功能,管控不同用户的访问范围,降低操作风险发生概率,实现用户及其权限的高效管理,提高系统的整体安全性。

2.2 系统核心业务流程

在综合技术选型后,本系统核心业务流程如图 4 所示。

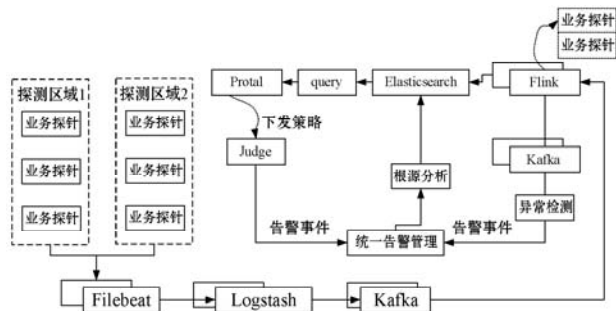


图 4 系统功能流程

系统可将已经开发完成的物联网平台业务探针部署在内网区域节点、外网区域节点,通过不同的区域模拟物联网平台业务。在此过程中,探针首先会收集到

两种类型的业务指标数据存储至 Filebeat,分别是探针数据源和伪造心跳数据源。

(1) 探针数据源:分为分析日志和应用日志。分析日志(数值型日志)存储记录可量化的指标数据,一般是操作的各项时延;应用日志(枚举型日志)存储记录当前操作是否成功,记录和统计各时间窗口的正确率等指标。

(2) 伪造心跳数据源:通过伪造各区域的心跳指标数据,参与系统不可用指标的计算。例如:如果某短时间内,仅有伪造的心跳数据,则可以认为此段时间内数据处理模块未接收到任何探针日志,当前系统处于不可用状态。

在完成上述数据采集后,系统通过 Logstash 获取 Filebeat 中的各项数据,然后传送至 Kafka 的不同 topic 中。为了便于计算探针所采集的数据,系统利用 Flink 流式分析组件,完成业务数据的清洗、聚合指标的计算和数据统计,最后通过 Elasticsearch 存储 Flink 处理后的数据并实现数据的快速检索和分析。对于 Flink 计算的各项聚合指标,系统可以进行告警策略的下发、异常检测,保证业务故障的快速发现。

2.2.1 探针数据采集

探针数据采集模块作为系统的关键模块,其作用在于可作为一个虚拟的真实设备,通过固定周期模拟与物联网平台进行交互,并对采集到的数据进行上报,进而监控平台的各项业务指标是否正常,其内部数据采集流程如图 5 所示。

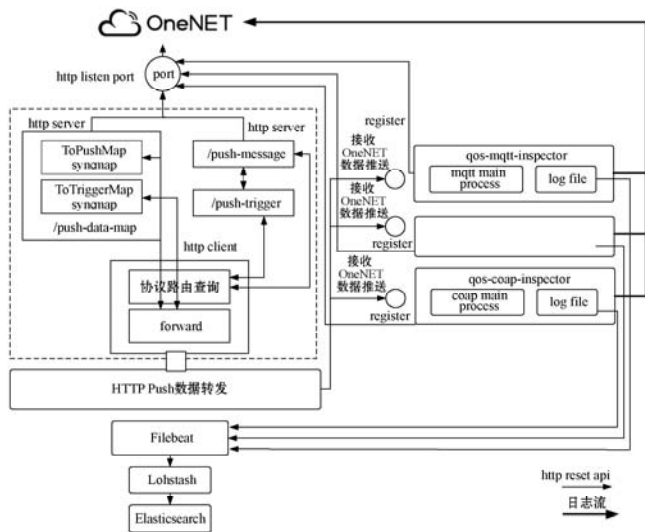


图 5 探针数据采集流程

在探针数据采集模块内部,包含多个 HTTP 客户端和服务端,主要在模拟设备与 OneNET 平台进行业务交互,并实现数据处理和转发。系统在内部定义 3 个主要 HTTP 接口,分别是 /push-data-map、/push-message、/push-trigger。

(1) /push-data-map:通过 < Key, Value > 的形式记录模拟设备产生的数据,其中 Key 映射为 OneNET 平台的设备唯一标识,value 为模拟的业务数据。

(2) /push-message:接收 OneNET 平台数据推送业务转发的数据。

(3) /push-trigger:与 OneNET 平台命令下发业务进行对接,并对平台下发的命令进行响应。

除定义接口外,模块中的协议路由查询用于在接收到业务数据后,可以查询和判别不同的协议类型,并经 HTTP Push 实现业务数据的流转,其通过暴露一个 HTTP Server 地址接收 OneNET 推送的数据点、设备上下线信息、事件推送等业务数据,并根据推送的数据信息判断推送的协议类型,然后将数据转发给指定的协议模块。

探针数据采集模块支持包括 MQTT、CoAP、TCP 等不同协议类型探针的独立部署,探针需要在 OneNET 注册完成,并接收 OneNET 推送的数据,进行实际业务的模拟,达到持续探测平台服务质量的目的。

2.2.2 Flink 流式计算

在分析评估 OneNET 物联网平台各项业务的服务质量时,本系统综合考虑了时延、正确率、满意度、TP 指标等 4 类评价指标,各指标含义如表 1 所示。

表 1 服务质量评价指标

指标名称	含义
时延	网络报文从发送方到接收方所需要的时间
正确率	某一时间周期内所有接口调用成功所占的比例
满意度	服务性能满意度,范围为 0~1,数值越大表示满意度越高
TP99	完成 99% 服务请求所需要的时间
TP90	完成 90% 服务请求所需要的时间
TP50	完成 50% 服务请求所需要的时间

上述指标均为连续有序的聚合型数据,为了提升指标的计算效率,本系统应用大数据流式计算框架 Flink 来完成各项指标的统计分析。

图 6 为系统流式计算的流程图,Flink 从 Kafka 中获取对应的数据后,首先设置水位线 Watermarks 确定数据所取计算时间的范围,由于原始数据可能存在脏数据、数据不完整等情况,系统进行了数据清洗、组合等操作,保证数据质量和可用性。在完成数据清洗后,系统设置了以 10 分钟、30 分钟、1 小时为周期的滑动窗口,进行各项指标的聚合计算和汇总,并将计算后的数据存放到 Elasticsearch 数据库中,供前端页面进行

调用和展示。

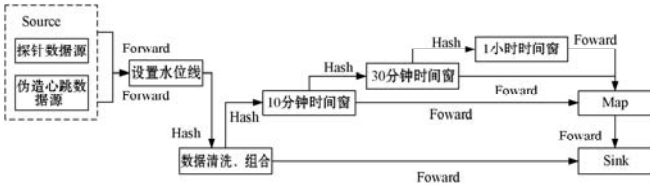


图 6 系统 Flink 流式计算流程

3 系统验证与应用

在 OneNET 平台进行了提出机制和方案系统测试和验证,目前已经实现包括 OneNET 平台 MQTT、CoAP、TCP 等协议接入等服务的全方位监控。本文以 MQTT 协议接入为主,简述服务质量监控系统的应用效果。

图 7 为 MQTT 协议接入探针的业务调用流程,覆盖从设备接入(设备上线、设备下线)、设备数据点上报、设备数据点推送、命令下发等关键链路节点的数据采集和业务模拟,保证平台核心业务和服务的监控状态一目了然。

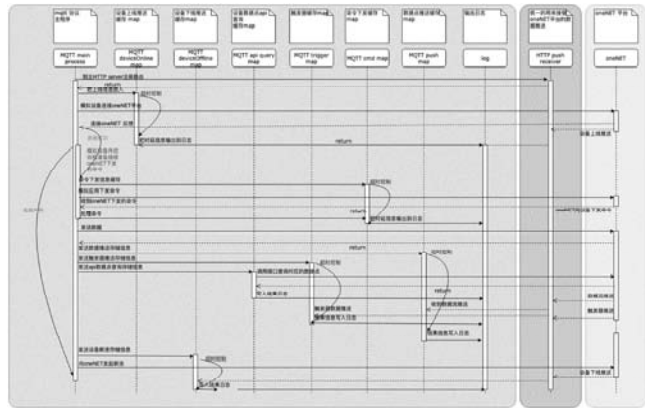


图 7 MQTT 协议探针业务调用流程

为方便运维工作人员监测各模块的实时服务质量,本系统通过可视化界面展示 OneNET 物联网平台实时服务质量状况,图 8 和图 9 为系统监测指标页面。



图 8 系统 MQTT 探针监测指标页面



图 9 系统 MQTT 探针异常汇总页面

同时,运维人员可在系统查看某一段时间内 OneNET 物联网平台的延迟、满意度、准确率、TP 指标等,及时发现和定位故障,减少平台业务损失。

以图 10MQTT 探针时延指标为例,系统监测到 MQTT 业务时延在 180 ms 以内,运维人员可以根据历史趋势,判断平台 MQTT 接入服务处于正常运转状态。

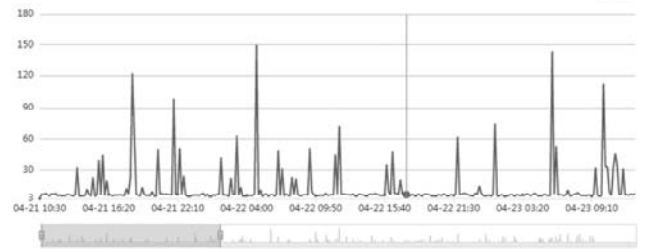


图 10 MQTT 探针时延指标趋势

而在满意度指标方面, MQTT 协议接入服务整体准确率为 1,表示服务性能稳定,图 11 为 MQTT 探针准确率趋势图。

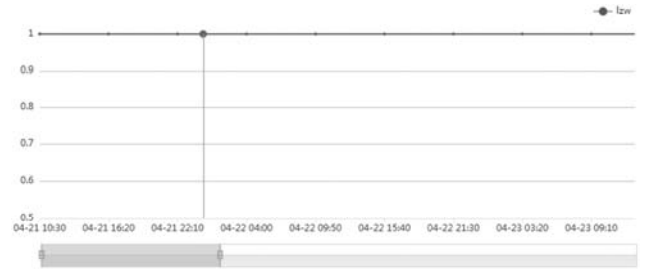


图 11 MQTT 探针准确率指标趋势

同样的,运维人员可以在系统内查看满意度指标、TP99\TP90\TP50 等指标,获取平台服务的实时状况,能够对故障做到及时响应和处置。图 12 - 图 13 为 MQTT 探针满意度、TP 99\TP90\TP50 指标趋势。



图 12 MQTT 探针满意度指标趋势

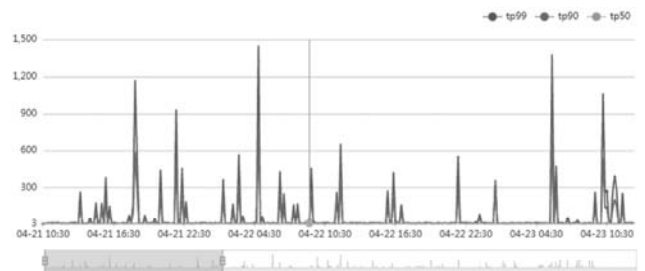


图 13 MQTT 探针 TP99、TP90、TP50 指标趋势

经在 OneNET 平台进行上述测试和验证,服务质量监控系统可用于物联网平台的业务质量监控,应用效果主要体现在以下:

- (1) 系统上线后,运维工作人员日常业务检查工作量减少 70%,运维工作效率得到提升。

(2) 系统提供的各项指标计算、异常日志等能力,进一步减少运维工作人员的故障排查时间,将故障定位耗时由平均 3 小时降低至 1 小时,大幅度提高故障处置水平。

4 结 语

本文介绍了以探针技术为基础,创新设计并实现了一套服务质量监控系统,并在 OneNET 物联网平台进行了应用,系统能够完成不同协议类型探针的管理,如 MQTT、CoAP、TCP 接入等,并且通过可视化页面实现各项业务监控指标的展示和分析,一定程度上降低运维人员的工作量。本课题在物联网平台服务质量监控方面实现了一定的成果,但本系统暂未对探针采集到的数据进行足够深入的挖掘和分析,接下来将重点实现对探针数据分析,利用卷积神经网络等深度学习方法,实现服务质量的预测分析,实现智能化运维,进一步提升运维业务的效率和质量。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] Li H, Tong J, Weng S, et al. Detecting a business anomaly based on QoS benchmarks of resource-service chains for collaborative tasks in the IoT[J]. IEEE Access, 2019,7(99): 165509-165519.
- [3] Mineraud J, Mazhelis O, Su X, et al. A gap analysis of Internet-of-Things platforms[J]. Computer communications, 2016, 89/90(1):5-16.
- [4] Eleonora B. The internet of things vision: Key features, applications and open issues[J]. Computer Communications, 2014, 54:1-31.
- [5] 邢宇哲,纪雨彤. 基于分布式探针的电力数据通信网综合监测方法[J]. 电力信息与通信技术,2016,14(1):38-43.
- [6] 尹隆波. 基于网络探针采集数据,采用粒子群 SVM 实现网络安全态势感知[J]. 电脑知识与技术,2020,16(33): 64-65.
- [7] 殷泰辉. 网络流量探针的关键技术研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2007.
- [8] 马思峻,肖荣,成江伟. Android 应用性能数据采集探针研究[J]. 计算机应用与软件,2017,34(7):192-197.
- [9] 中移物联网乔辉:OneNET 已累计设备连接数超过 1.7 亿将发布 5.0 版本[EB/OL]. [2020-07-01]. <http://finance.sina.com.cn/stock/relnews/hk/2020-07-01/doc-iiircuyvk1461030.shtml>.
- [10] OneNET. 中国移动物联网开放平台[EB/OL]. [2021-04-29]. <https://open.iot.10086.cn/>.

(上接第 16 页)

- [7] Soares D, Júnior M, Plastino A, et al. What factors influence the reviewer assignment to pull requests? [J]. Information and Software Technology,2018,98:32-43.
- [8] Jiang J, Yang Y, He J, et al. Who should comment on this pull request? Analyzing attributes for more accurate commenter recommendation in pull-based development[J]. Information and Software Technology,2017,84:48-62.
- [9] Soares D, Júnior M, Murta L, et al. Acceptance factors of pull requests in open-source projects [C]//30th Annual ACM Symposium on Applied Computing,2015:1541-1546.
- [10] Yu Y, Wang H, Filkov V, et al. Wait for it: Determinants of pull request evaluation latency on GitHub [C]//2015 IEEE/ACM 12th Working Conference on Mining Software Repositories,2015:367-371.
- [11] Li L, Goethals F, Baesens B, et al. Predicting software revision outcomes on GitHub using structural holes theory[J]. Computer Networks,2016,114:114-124.
- [12] Hu D, Zhang Y, Chang J, et al. Multi-reviewing pull-requests: An exploratory study on GitHub OSS projects[J]. Information and Software Technology,2019,115:1-4.
- [13] 杨波,于茜,张伟,等. GitHub 开源软件开发过程中影响因素的相关性分析[J]. 软件学报,2017,28(6):1330-1342.
- [14] Rodriguez P, Jurado F. Sentiment analysis in monitoring software development processes: an exploratory case study on GitHub's project issues [J]. Journal of Systems and Software, 2015,104:82-89.
- [15] Hu Y, Wang S, Ren Y, et al. User influence analysis for Github developer social networks [J]. Expert Systems with Applications,2018,108:108-118.
- [16] Vasilescu B, Filkov V, Serebrenik A. Perceptions of diversity on GitHub: A user survey [C]//2015 IEEE/ACM 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering,2015:50-56.
- [17] Ehls D. Open source project collapse-sources and patterns of failure [C]//Hawaii International Conference on System Sciences,2017:5327-5336.
- [18] 郑丽伟,金芝. 需求驱动的主动网构实体聚合[J]. 软件学报,2008(5):1083-1098.
- [19] Braggion E, Gatti N, Lucchetti R, et al. Strong Nash equilibria and mixed strategies [J]. International Journal of Game Theory,2020,49:699-710.
- [20] Conitzer V, Sandholm T. Complexity of mechanism design [C]//18th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence,2002:103-110.
- [21] Balcan M, Sandholm T, Vitercik E. Sample complexity of automated mechanism design [C]//30th International Conference on Neural Information Processing Systems, 2016: 2091-2099.