

基于区块链的众包物流分级多层智能服务交易监管架构

余春堂^{1,2}, 韩志耕³, 李致远^{1,2}, 王良民^{1,2}

(1. 江苏大学计算机科学与通信工程学院, 江苏 镇江 212013;

2. 江苏省工业安全重点实验室, 江苏 镇江 212013;

3. 南京审计大学信息工程学院, 江苏 南京 211815)

摘要: 针对现代服务业的支柱产业众包物流缺乏交易监管致使存在的伪造、欺骗、隐私泄露和不可追溯等安全威胁, 提出了基于区块链的众包物流分级多层智能服务交易监管架构。首先, 该架构采用了国家授权认证中心对物流服务平台监管与物流服务平台对物流参与主体监管的二级监管体系。之后, 在该监管体系架构下, 实现了群智合约、合法匿名的身份认证、智能交易匹配、异常数据分析与检测、隐私保护及可追溯等功能。然后, 通过安全性分析与交易监管构件软件验证交易监管架构的安全可控及运行效率。最后, 在真实的众包物流企业平台上运行该软件构件进行实际测量, 测量结果显示, 所提出的众包物流分级多层智能服务交易监管架构是安全可控的, 能够保障用户和数据的隐私, 防范伪造和欺骗, 实现用户行为和用户数据的可审计和可追溯。

关键词: 众包物流; 分布式交易监管; 群智合约; 区块链

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-109x.2020017

Blockchain-based hierarchical and multi-level smart service transaction supervision framework for crowdsourcing logistics

YU Chuntang^{1,2}, HAN Zhigeng³, LI Zhiyuan^{1,2}, WANG Liangmin^{1,2}

1. School of Computer Science and Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China

2. Jiangsu Key Laboratory of Industrial Safety, Zhenjiang 212013, China

3. School of Information Engineering, Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China

Abstract: In view of the security threats such as forgery, deception, privacy disclosure and non-traceability caused by the lack of transaction supervision for crowdsourcing logistics in the modern service industry, a blockchain-based hierarchical and multi-level smart service transaction supervision framework for crowdsourcing logistics was proposed. Firstly, the framework adopted the two-stage supervision system: one was the National Authorized Certification Center for the supervision of logistics service platform, the other was the logistics service platform for the supervision of crowdsourcing logistics participation. Later, under the framework of the supervision system, the functions

收稿日期: 2019-05-26; 修回日期: 2019-08-11

通信作者: 王良民, wanglm@ujs.edu.cn

基金项目: 国家重点研发计划专项基金 (2017YFB1400700)

Foundation Item: The National Key R&D Program of China (2017YFB1400700)

论文引用格式: 余春堂, 韩志耕, 李致远, 等. 基于区块链的众包物流分级多层智能服务交易监管架构[J]. 网络与信息安全学报, 2020, 6(3): 50-58.

YU C T, HAN Z G, LI Z Y, et al. Blockchain-based hierarchical and multi-level smart service transaction supervision framework for crowdsourcing logistics[J]. Chinese Journal of Network and Information Security, 2020, 6(3): 50-58.

of crowd contract, legal and anonymous identity authentication, intelligent transaction matching, anomaly data analysis and detection, privacy protection and traceability were realized. Then, through the security analysis and transaction supervision component software, the security controllability and operational efficiency of the transaction supervision architecture were verified. Finally, the software component was run on the real crowdsourcing logistics enterprise platform for the actual measurement. The measurement results show that the proposed hierarchical and multi-level smart service transaction supervision framework is safe and controllable. The framework can protect the privacy of users and data, prevent forgery and deception, and realize the auditability and traceability of behaviors and data of users.

Key words: crowdsourcing logistics, distributed transaction supervision, crowd contract, blockchain

1 引言

随着科技的进步和市场经济的深入发展,物流作为现代服务业中的支柱产业得到了快速发展。现代服务业的基本特征是服务交易,交易监管则是现代服务业实施过程中遇到的共性关键技术难题。本文以物流行业为背景,对物流服务平台的发展演化进行分析,面向现代物流行业研究一种新的交易监管理论框架与实施方法。

传统的物流交易服务平台存在3个对象,分别是请求(Requester)节点、服务(Worker)节点和集中式的物流服务平台。Requester节点和Worker节点通过集中式的物流服务平台进行交互。在物流发展的初期,集中式的物流服务平台负责Requester节点和Worker节点之间的任务匹配、物流传递、电子交易及退换货等一切相关的内容。随着电子商务和现代服务业的快速发展,常规派件和退换货导致派件的数量出现指数增长的局面。传统的物流平台、物流运力、人员成本等方面已经无法适应当前电商物流发展的新形势。为了响应国务院办公厅《关于推进电子商务与快递物流协同发展的意见》(国办发(2018)1号文件),物流行业在传统的物流服务平台上引入了外包模式,将大量的物流派件任务外包给可信的企业或团体。但这种物流方式存在严重的返程空置现象,运输效率不高。为了进一步贯彻国办发(2018)1号文件“强化服务创新,提升快递末端服务能力”“强化标准化智能化,提高协同运行效率”“强化绿色理念,发展绿色生态链”的号召,最新的物流外包形式采用了众包(crowdsourcing)模式^[1-3],以下简称众包物流。

众包物流借助于成熟的大数据和移动网络技术,将配送任务以自愿、有偿的方式,通过网络

外包给非特定社会群体,这些社会群体可在自由支配时间段抢单、取货和送货,由此实现了社会闲置资源的最大化利用。当前,以京东众包、达达、人人快递、闪送等为代表的众包物流模式,受到了诸多快递人员与消费者的青睐。这种高效的配线仅3个月,就招募了5万多名快递员。业务覆盖了13个城市,日均派送量超20 000单。达达首席执行官称达达众包98%的订单可以在1 h内妥投,85%的订单可以在30 min内妥投^[4]。此外,众包物流与在线离线或线上到线下(O2O, online to offline)电商平台的对接密切,使物流成本大幅降低。

尽管众包物流存在可用资源多、运输效率高、运输成本低及可扩展性好等优势,但也存在以下几方面的关键问题。

(1) 法律责任大

众包模式下物流服务平台缺乏对众包节点的身份认证,因此众包物流中的节点具有不可信性,致使众包物流服务平台承担比传统物流服务平台更大的法律责任。

(2) Requester节点和Worker节点之间的任务匹配度不高

任务请求节点和任务服务节点之间的匹配是随机化的,缺乏相应的优化机制,导致任务匹配度不高。

(3) 隐私泄露及不可追溯

众包物流交易平台存在交易信息泄露及不可追溯等安全隐患。目前上线的众包物流平台中,对用户信息进行加密和匿名化处理,以下称为隐私面单。据腾讯网相关统计显示,截至2018年6月,快递隐私面单的普及率不足20%。电子商务企业京东目前采用了隐私面单,然而在订单量激增的情况下,隐私面单会失效。例如,2017年5月期间,因订单量激增,京东采用大量众包

运力支持物流业务,由于众包配送员无法登录使用“京牛”,致使京东改为使用普通面单,顾客的个人信 息全部显示在面单上,导致用户信息大面积泄露。

此外,现有的众包物流系统均采用集中式的数据处理方式。这种数据处理架构需要通过可信的第三方保障交易的安全性。然而,可信第三方存在单点失效的问题。一旦可信的第三方遭受网络攻击,将导致众包物流平台变得不可用,无法完成对用户身份的认证且支付活动受到影响。针对上述技术和管理瓶颈,本文基于区块链和智能合约技术提出分级多层分布式智能交易监管架构,主要工作如下。

- 1) 提出分级多层的智能服务交易监管框架。
- 2) 给出基于联盟链的智能服务交易监管实施方法及安全性分析。
- 3) 在所提智能服务交易监管框架下给出相应的技术问题和研究内容。

2 相关工作

本文从集中和分布两个方面分别阐述众包交易平台及其监管方面的研究工作^[4-32]。

2.1 集中式的众包交易平台及其监管

集中式的众包交易系统均采用服务器集中托管的方式运行和维护,如亚马逊旗下网络众包调查平台的 MTurk^[4]、全球最大的自由职业工作社区 Upwork^[5]、全球规模最大的外包服务平台 Freelancer^[6]、众包数据处理工具 CrowdFlower^[7]等。

上述系统作为各领域的典型众包平台,提供了发布任务并收集数据的新途径,起初主要用于训练人工智能,后来越来越广泛地应用于定量研究、市场调查等领域。具有便捷、高效的优点,使其深受 AI 从业者和科研人员的欢迎。

集中式的众包服务平台研究主要集中在激励问题方面。激励策略的目的是鼓励更多的节点主动地参与众包交易,并形成良好的竞争效应。文献[8]设计并评估了一种基于反向拍卖的动态价格激励机制,该激励机制侧重于实现激励成本的最小化和稳定性,然而该机制不能保证交易双方的真诚可信。文献[9-10]分别设计了以平台为中心和以用户为中心的激励模型,目标分别是最大

化平台效用和解决 Worker 节点的可信问题。文献[11]提出一种基于信誉的激励模型,该模型的目标是最小化激励成本,同时解决搭便车和误报问题。文献[12]的激励机制由中标判定算法和关键支付方案组成,诱使智能手机披露其真实成本。针对在线任务分配问题,文献[13]提出了两种激励机制,目标分别是最大化任务分配的数量和最小化支付报酬;在此基础上,文献[14]假定 Worker 节点是同质,针对任务不合理定价导致或者请求者效用低,或者 Worker 效用太低放弃任务的问题,设计了 BP-UCB 机制,实现请求者效用最大化,同时保证 Worker 节点真实可信。

尽管激励机制使众包平台可以提供更多的安全可信资源服务,但由于缺乏有效的监管机制,网络欺骗行为频发。例如,为了金钱奖励,参与者会伪装自己符合当前任务的特定要求,因此,同一个参与者在两个任务中可能呈现出截然相反的特质。参与者的另一种欺骗行为是 Worker 节点可能利用不受 Requester 节点监控的自由而通过第三方获得正确的答案。当答案正确与否和样本报酬相关时,这一情况发生的概率更高。

2.2 分布式的众包交易平台及其监管

与集中式众包交易平台不同,分布式众包交易平台的决策不是由众包服务平台单方面决定的,而是由参与众包服务的节点通过群智群策的方式获得。文献[15-19]利用众包系统中参与节点的社会关系实现任务分配,旨在解决集中式处理中的负载均衡问题。文献[20-24]以分布式的策略完成交易任务的分配,不足之处在于仍然依赖第三方的集中式系统来提供服务。文献[25-28, 30-32]将区块链引入分布式众包交易平台,在对等网络中实现节点通信和资源交换,区块链的优势在于解决了集中式众包交易平台上无法解决的隐私泄露、可追溯及审计等关键技术难题^[29-30]。文献[31-32]基于区块链提出了去中心化众包服务交易框架 CrowdBC 和 ZebraLancer。它们实现了交易用户的签名认证和匿名隐私。与集中式众包交易平台相比,分布式众包交易平台同样缺乏监管,且监管部署和实施的难度更大。

综上所述,当前的集中式和分布式众包交易平台缺乏服务交易监管模型。同时,通过以上分

析发现, 尽管基于区块链技术的分布式众包交易平台可以解决法律责任大、Requester 节点和 Worker 节点之间的任务匹配度不高及隐私泄露、不可追溯等问题, 但平台缺乏监管, 不利于政府相关部门对市场非法交易的监控监管。鉴于此, 本文重点研究智能服务交易的监控、监管理论框架, 并给出相应的实施方法。

3 分级多层智能服务交易监管框架

分级多层智能服务交易监管架构如图 1 所示。该架构采用了联盟链的架构, 链上各个节点通常有与之相对应的行业, 如物流、金融实体机构组织, 参与者通过授权加入网络并组成利益相关联盟, 共同维护区块链的运行。因此, 该框架作为一种通用解决方案, 不仅适用于众包物流领域, 同样适用于普惠金融等其他行业领域。整个交易监管架构部署了两级监管点。其中, 监管点 I 由监管架构的顶层国家授权认证中心向注册登记的联盟链部署实施企业植入监管模块, 国家授权认证中心是智能服务交易监管框架的信任根。所有行业或组织首先向国家授权认证中心申请部署实施联盟链, 申请需提供的准入证明包括企业法人、资质证明等实体信息, 并签署监控植入知情协议书。监控植入知情协议书是联盟链的实施者接受上级主管部门国家授权认证中心监管的具有法律效应的文件, 它表明所有的交易数据和操作日志均授权国家授权认证中心实时访问。

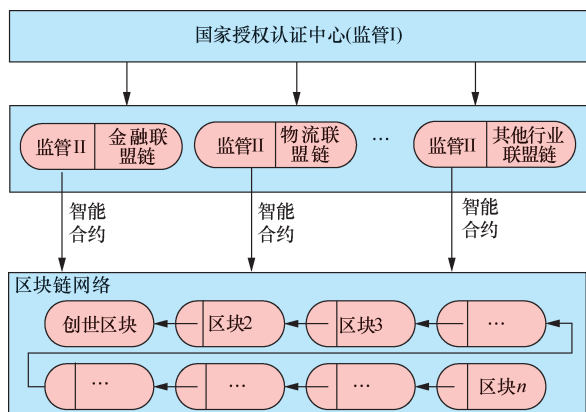


图 1 分级多层智能服务交易监管架构

Figure 1 Hierarchical and multi-level smart service transaction supervision framework

监管架构的中间层为联盟链中的实施管理和监管部分。该层的部署和实施单位为相应行业的

实体组织结构, 该层的主要任务是设计和实现服务交易及其监管平台。其中的监管模块是整个架构中的第二个监管点, 以下称之为监管 II。与监管 I 的作用不同, 监管 II 更加侧重对用户的认证和管理以及编写智能合约实现对底层区块链数据的操作和分析。具体研究内容如下。

1) Requester 节点和 Worker 节点注册进入系统时, 通过合法匿名的方法实现对用户身份在联盟链中的认证。

2) Requester 节点和 Worker 节点注册进入系统时, 还需缴纳一定的保证金。

3) 异常数据检测与审计, 即通过机器学习方法对读取的区块链数据进行审计, 对于异常行为、异常得分的节点及其产生的异常数据, 采取隔离审查的策略, 审查期间该节点及其产生的数据进入黑名单。

4) 惩罚措施, 即通过审计后确定 Requester 节点或 Worker 节点从事异常行为或某种网络攻击后, 按照对行业或个人的影响程度, 扣除其相应数额的保证金并列入其诚信记录。

监管架构的最底层为所监管的交易数据, 采用区块链结构对交易数据进行加密签名存储, 交易数据的实际存储则通过 P2P 网络协议实现, 见图 1 中的区块链网络部分。监管架构的中间层通过编写智能合约实现与区块链网络的交互, 交互内容主要是读写操作。

4 基于联盟链的智能服务交易监管方法

本节以现代物流服务业升级为例, 介绍分级多层智能服务交易监管架构支撑下的基于联盟链的智能服务交易监管方法。

如图 2 所示 (图中增加了 19 个标记), 整个方法的实施涉及两个方面。

(1) 国家授权认证中心对物流服务平台的监管

1) 资质申请: 智能服务平台方首先需要向国家授权认证中心 (AC) 提交资质申请 (见图 2 中 a1); 国家授权认证中心在对物流服务平台方进行必要身份、资质和信誉检索后, 对其是否具备资质进行综合评估; 若具备服务准入资质, 则向其颁发相应的授权许可证 (牌照), 使其成为合法的智能交易服务节点 (见图 2 中 a2)。持有牌

进行排序,并将排序结果提交给 Requester 供其选择(见图2中p5)。由于服务平台只提供物流方案的匹配而不是最终选择,使平台法律风险降到最低。

3) 物流实施: Requester 将选择结果反馈给物流服务平台(见图2中p6),平台将任务派送给选定的 Worker(见图2中p7),其在完成任务后将任务结果反馈给平台(见图2中p8),如货物接收方已签收。

4) 服务评价: 服务平台依据物流任务完成情况(包括来自 Requester 的评价)(见图2中p9)给予 Worker 奖惩(见图2中p10);同时,Requester 可以依据自己的体验和来自 Miner 的匹配评分对 Miner 的可信度进行评价,为后期监管 Miner(见图2中p11)提供依据。

5) 异常追溯: 一旦发生物流异议,如 Requester 宣称物流对象遗失,而 Worker 宣称对方已签收,则双方将证据(如签收信息、物流轨迹数据)提交给服务平台(见图2中p12),服务平台对结果进行仲裁,并将仲裁结果以信誉度的形式反馈给国家信誉中心(见图2中a6)。

6) 数据上链: 物流服务平台对本次物流服务数据进行背书,并写入其所在的行业联盟链(见图2中p13),用于后期的检索与分析。

智能服务交易状态变迁如图3所示,上述智能服务交易监管方法的实施使智能服务交易从最初的交易初始态,经由若干交易干扰态和交易监管态,最终回归到交易稳定态。整个交易监管以闭环形式自适应地运行,满足了对现代智能服务可信、无异常的安全需求。

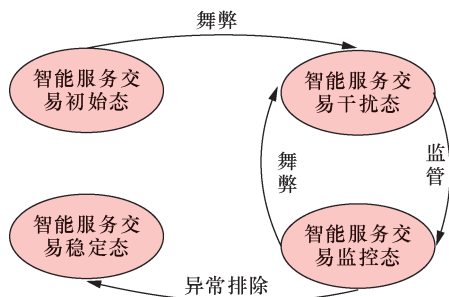


图3 智能服务交易状态变迁

Figure 3 Transaction state transition of intelligent services

5 智能服务交易监管框架的实现与部署

智能服务交易监管框架的软件架构如图4所

示。其中,中间部分为智能服务交易分布式分中心监管框架,它分为整体架构设计、分级多层监管设计及监管节点功能设计。

软件整体架构设计包括以下功能和研究内容。① 监管区域划分与节点部署,即制定智能服务监管区域划分策略和分布式分中心监管机构部署方案,旨在提高监管的效率、准确性和可扩展性。② 面向智能服务交易的监管接口设计,即针对智能服务交易系统的不同类型,采取不同的监管接入方式。

分级多层监管设计包括以下功能和研究内容。① 通过对动态交易数据的分析制定一系列准入准出规则。② 以区块链技术为基础构建交易日志、审计系统。③ 使用随机森林等方法提取异常交易的特征,用相关的智能分类和聚类算法实现异常检测。④ 对异常交易和交易主体采取奖惩机制。

监管节点功能主要包括客体身份认证、交易记录存储、异常行为检测、监管动作实施、监管日志记录等功能。

软件架构中基于群智合约的服务交易实施与监管技术和面向多模态交易客体的追溯技术为众包物流的业务逻辑、监管和可追溯方面的实现,主要采用渗透测试等技术对运行在区块链上的群智合约进行安全管控,在智能合约注册和运行前进行风险探测。此外,对群智合约中产生的海量数据采用大数据技术加以分析,提取异常交易特征,结合人工智能技术快速识别异常交易的发生,不断提升监管的时效性和准确性。采用智能合约、公钥密码学和大数据分析等技术研究面向多模态交易客体的追溯技术。结合完备的智能服务交易登记体系,为交易客体的追踪提供保证。利用区块链的可追溯性对智能服务交易的各个环节进行跟踪,构建细粒度的面向多模态交易客体的追踪系统。在多模态交易产生大规模交易数据上应用大数据分析技术,识别、定位异常交易的发生,发起追溯指令,提升交易客体追踪的效率。建立面向多模态交易的征信机制和交易客体信用数据库,以支撑交易客体的追踪。

基于以上功能需求,对智能服务交易监管架构进行平台开发,验证搭建的智能服务交易监管平台

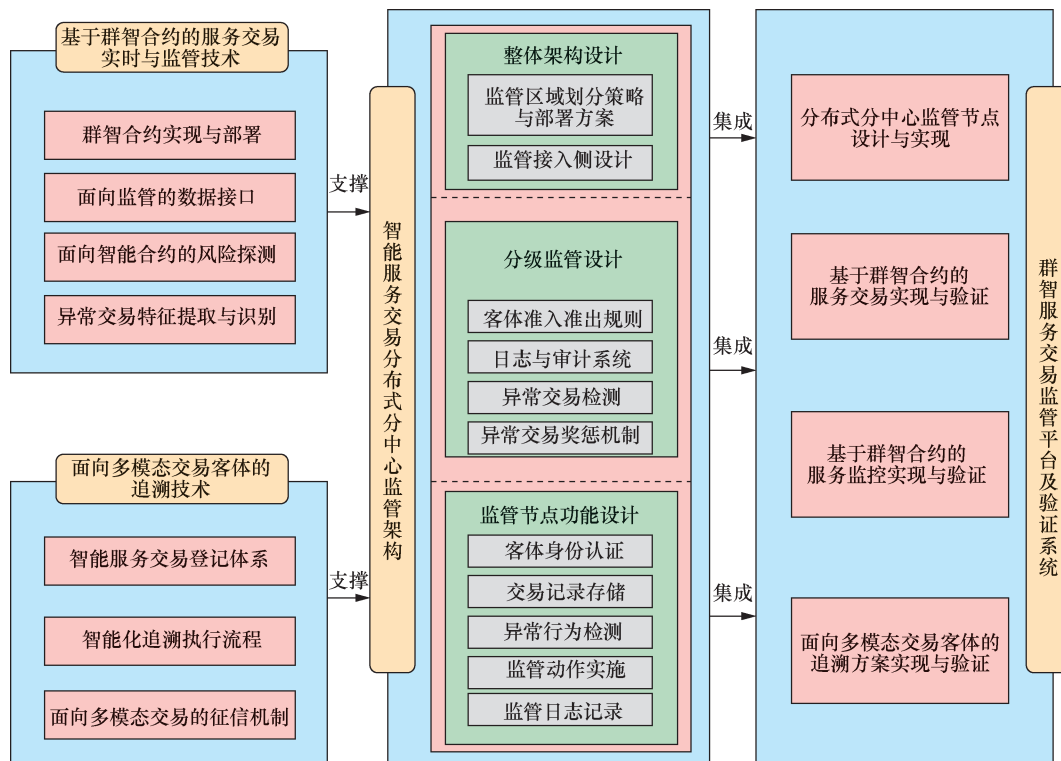


图 4 智能服务交易监管框架的软件架构

Figure 4 Software architecture of the intelligent service transaction supervision framework

的可用性和效率；同时验证集中在该平台上基于群智合约的服务交易运行与监管方案及面向多模态交易客体的追溯方案的可用性和效率，之后综合验证智能服务交易监管平台的稳定性、实时性与准确性。

系统的开发平台采用行业联盟链开发架构 Hyperledger Fabric。在 Fabric 中，选用 Node.js 来编写链码，采用 Kafka 分布式队列共识机制。数据录入时，使用 POST 函数将填写的表单放入特定的网址，然后调用 chaincode shim 包中的 PutState 函数来获取表单所填信息并对所获取的数据用 Unmarshal 函数转化为二进制，再将二进制数据存入区块链，使在网页上面所添加的物流信息可以存入区块链。对于数据获取，使用 GET 函数来获取数据信息并上传到特定的网址，GET 函数中调用了 chaincode shim 包中的 GetState 函数来获取区块链中所存储的数据，之后用 Marshal 函数将区块链中的二进制数据转化为 JSON 数据，再将 JSON 数据返回给 GET 函数，使网页上可以查询到区块链中存储的数据。

整个软件系统的部署实施在惠龙易通国际物流管理平台上运行。惠龙易通是本系统合作单位，

是一家国际物流股份有限公司。该公司在国内首创无车无船主承运人的货物运输场内交易电商新模式，提出了互联网多式联运、交易与智能优化算法，优化运输路径，优化运输方式的理念。图 5 为惠龙易通的系统登录界面，它是通过启动 Fabric-ca 服务端完成的。Fabric-ca 服务端包括 Fabric-ca-server 和 fabric-ca-server-config.yaml 组件，启动 Fabric-ca 的作用是绑定用户到当前行业联盟中。



图 5 系统登录界面

Figure 5 System login interface

图 6 为物流订单动态页面，这些信息是通过 GetState 函数来获取区块链中所存储的数据的，

之后用 Marshal 函数将区块链中的二进制数据转化为 JSON 数据, 再将 JSON 数据返回给 GET 函数, 使网页上可以查询到区块链中存储的数据。这种采用联盟链的处理方式, 既可以保障数据内容的安全, 又便于实施安全交易的监管。



图6 物流订单动态页面

Figure 6 Logistics order status window

6 结束语

本文针对现代服务业中的典型行业众包物流, 提出了分级多层分布式智能服务交易监管架构。而该架构不仅适用于众包物流, 同样适用于其他现代服务业。分级多层分布式智能服务交易监管架构采用了两级监管的模式: 第一级监管为国家授权中心对物流服务平台的监管, 第二级监管为物流服务平台对物流参与主体的监管。之后, 以众包物流的业务逻辑为参照, 详细地阐述了基于联盟链的智能服务交易监管架构的实施方法, 并对该方案按照时间顺序进行了事前、事中和事后的闭环安全性分析。分析结果显示, 所提出的分级多层分布式智能服务交易监管架构是安全可控的。最后, 提出了相应的软件设计体系结构, 该软件体系实现了节点异常检测、评分数据异常检测、基于群智合约的服务交易实施与监管和面向多模态交易客体的追溯等功能。该软件系统在惠龙易通的货物运输场内交易电商平台上得到了部署和运行。运行结果显示所提出的分级多层分布式智能服务交易监管架构是安全可控的, 能够实现交易安全、Requester 节点和 Worker 节点之间的最优匹配、Requester 节点和 Worker 节点之间的匿名及交易的可追溯性。下一步将重点研究如下方面: ① 智能

合约风险探测技术、群智合约异常交易识别技术; ② 客体追溯技术、多模态交易征信技术; ③ 访问控制、交易记录存储; ④ 异常行为检测、监管日志存储和监管动作实施; ⑤ 监管服务系统集成。

参考文献:

- [1] DOAN A H, RAMAKRISHNAN R, HALEVY A Y. Crowdsourcing systems on the world-wide Web[J]. Communications of the ACM, 2011, 54(4): 86-96.
- [2] ZHAO Y, ZHU Q. Evaluation on crowdsourcing research: current status and future direction[J]. Information Systems Frontiers, 2014, 16(3): 417-434.
- [3] CAI H, ZHU Y, FENG Z. A truthful incentive mechanism for mobile crowd sensing with location-sensitive weighted tasks [J]. Computer Networks, 2018, 132: 1-14.
- [4] DERLIN M, FRANCISCO E, DARWIN A, et al. State of the art: humans performance contributions in signature recognition via crowdsourcing and manual annotation[C]//IEEE Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment. Piscataway: IEEE Press, 2017: 23-31.
- [5] DUBEY A, ABHINAV K, TANEJA S, et al. Dynamics of software development crowdsourcing[C]//IEEE 11th International Conference on Global Software Engineering (ICGSE). Piscataway, NJ: IEEE Press, 2016: 49-58.
- [6] TU Z, LIU Z, XU X, et al. Freelancer influence evaluation and gig service quality prediction in fiverr[C]//IEEE International Conference on Web Services. Piscataway: IEEE Press, 2017: 89-96.
- [7] CHEN X. A real time anti-spamming system in crowdsourcing platform[C]//IEEE International Conference on Software Engineering & Service Science, Piscataway: IEEE Press, 2017: 981-984.
- [8] YANG D, XUE G, FANG X, et al. Incentive mechanisms for crowdsensing: crowdsourcing with smartphones[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2016, 24(3): 1732-1744.
- [9] ZHANG Y, VAN D S M. Reputation-based incentive protocols in crowdsourcing applications[C]//IEEE Infocom. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2012: 2140-2148.
- [10] SINGER Y, MITTAL M. Pricing mechanisms for crowdsourcing markets[C]//IEEE International Conference on World Wide Web. New York: ACM, 2013: 1157-1166.
- [11] SINGLA A, KRAUSE A. Truthful incentives in crowdsourcing tasks using regret minimization mechanisms[C]//ACM International Conference on World Wide Web. New York: ACM, 2013: 1167-1178.
- [12] HO C J, VAUGHAN J W. Online task assignment in crowdsourcing markets[C]//Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2012: 45-51.
- [13] GOEL G, NIKZAD A, SINGLA A. Mechanism design for on crowdsourcing markets with heterogeneous tasks[C]//3rd AAAI Conf. on Human Comput. Crowdsourcing Pittsburgh. 2014: 77-86.
- [14] CUI J, SUN Y, HUANG H, et al. TCAM: a truthful combinatorial auction mechanism for crowdsourcing systems[C]//IEEE Confe-

- rence on Wireless Communications & Networking (WCNC' 2020). Piscataway: IEEE Press, 2018: 97-102.
- [15] FAN Z P, LI M Y, ZHANG X. Satisfied two-sided matching: a method considering elation and disappointment of agents[J]. Soft Computing, 2017 (1):1-15.
- [16] CHEN Y, YIN X. Stable job assignment for crowdsourcing[C]// IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2017). Piscataway: IEEE Press, 2017: 1-6.
- [17] WANG L, YU Z, HAN Q, et al. Multi-objective optimization based allocation of heterogeneous spatial crowdsourcing tasks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2018, 17(7):1637-1650.
- [18] QIN H, ZHANG Y, LI B. Truthful mechanism for crowdsourcing task assignment[C]//IEEE International Conference on Cloud Computing. Piscataway: IEEE Press, 2017: 520-527.
- [19] WEN Y, SHI J, ZHANG Q, et al. Quality-driven auction-based incentive mechanism for mobile crowd sensing[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2015, 64(9): 4203-4214.
- [20] LI Q, MA F, GAO J, et al. Crowdsourcing high quality labels with a tight budget[C]//The Ninth ACM International Conference on Web Search and Data Mining (WSDM). New York: ACM, 2016: 237-246.
- [21] WANG H, GUO S, CAO J, et al. MeLoDy: a long-term dynamic quality-aware incentive mechanism for crowdsourcing[J]. IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, 2018, 29(4): 901-914.
- [22] WU Y, HUANG T, ZHAO D, et al. PIN: potential wise crowd from million grassroots[C]//The 14th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services. New York: ACM, 2017: 186-195.
- [23] LI Q, YANG P, YAN Y, et al. Friend is treasure: exploring and exploiting mobile social contacts for efficient task offloading[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2015, 65(7): 35-48.
- [24] CHEUNG M H, HOU S R F, HUANG J. Distributed time-sensitive task selection in mobile crowdsensing[C]//The 16th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. New York: ACM, 2015: 157-166.
- [25] TARA S, MAEDE Z, ALMAN E, et al. Security services using blockchains: a state of the art survey[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018: 15-28.
- [26] VIKTOR J, ADRIAN C, SAMER H, et al. Betfunding: a distributed bounty-based crowdfunding platform over Ethereum[C]//13th International Conference on Distributed Computing and Artificial Intelligence. Berlin: Springer, 2016: 403-411.
- [27] ZHU H, ZHOU Z Z. Analysis and outlook of applications of blockchain technology to equity crowdfunding in China[J]. Financial Innovation, 2016, 2(1): 29.
- [28] BUCCAFURRI F, LAX G, NICOLAZZO S, et al. Tweetchain: an alternative to blockchain for crowd-based applications[C]// International Conference on Web Engineering. Berlin: Springer, 2017: 386-393.
- [29] 刘湘雯, 王良民. 数据发布匿名技术进展[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2016, 37(5): 562-571.
- LIU X W, WANG L M. Advancement of anonymity technique for data publishing[J]. Journal of Jiangsu University(Natural Science Edition), 2016, 37(5): 562-571.
- [30] 丁庆洋, 朱建明, 张瑾, 等. 基于双层架构的溯源许可链共识机制[J]. 网络与信息安全学报, 2019, 5(2): 1-12.
- DING Q Y, ZHU J M, ZHANG J, et al. Traceability permissioned chain consensus mechanism based on double-layer architecture [J]. Chinese Journal of Network and Information Security, 2019, 5(2): 1-12.
- [31] LI M, WENG J, YANG A, et al. CrowdBC: a blockchain-based decentralized framework for crowdsourcing[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2018: 1-15.
- [32] LU Y, TANG Q, WANG G L. ZebraLancer: private and anonymous crowdsourcing system atop open blockchain[C]//IEEE 38th International Conference on Distributed Computing Systems. Piscataway: IEEE Press, 2018: 853-865.

[作者简介]



余春堂 (1978-), 男, 湖北枝江人, 江苏大学讲师, 主要研究方向为区块链技术、大数据分析。



韩志耕 (1976-), 男, 江苏东台人, 博士, 南京审计大学副教授, 主要研究方向为网络安全。



李致远 (1981-), 男, 河南开封人, 博士, 江苏大学副教授、硕士生导师, 主要研究方向为区块链、智能交易监管及其安全保障机制。



王良民 (1977-), 男, 安徽潜山人, 博士, 江苏大学教授、博士生导师, 主要研究方向为密码学与安全协议、物联网安全、大数据安全及区块链技术。