

基于区块链架构的医用耗材供应链管理研究

赵 跃 林振威 陆奇鹏 虞丽娟

(中国科学院大学附属肿瘤医院/浙江省肿瘤医院/中国科学院基础医学与肿瘤研究所 杭州 310022)

〔摘要〕 介绍医用耗材物资供应链现状, 阐述基于区块链架构的医用耗材物资供应链的新模型结构、设计及信息流传递过程, 比较区块链下的耗材供应链与传统模式差别, 针对区块链系统整合等问题提出建议。

〔关键词〕 医用耗材供应链; 区块链技术; 信息共享; 物流追溯; 质量监督

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.12.009

Study on the Medical Consumables Supply Chain Management Based on the Blockchain Architecture ZHAO Yue, LIN Zhenwei, LU Qipeng, YU Lijuan, *The Cancer Hospital of the University of Chinese Academy of Sciences, Zhejiang Cancer Hospital, Institute of Basic Medicine and Cancer (IBMC) of Chinese Academy of Sciences, Hangzhou 310022, China*

〔Abstract〕 The paper introduces the status quo of medical consumables supply chain, expounds the structure and design of the new model and the information flow transfer process of medical consumables supply chain based on the blockchain architecture, compares the differences between the medical consumables supply chain based on the blockchain and the traditional mode, and puts forward suggestions for the systematic integration of the blockchain and other issues.

〔Keywords〕 medical consumables supply chain; blockchain technology; information sharing; logistics traceability; quality supervision

1 引言

1.1 研究背景

近年来“互联网+”技术发展满足了医用耗材供应链智能化管理要求, 但未从根本上解决供应链信息不对称的问题, 现阶段复杂的耗材供应链结构阻碍供应链信息传递^[1], 且大部分耗材供应链属于推式供应链, 信息流时效性、透明性影响耗材供应链响应性^[2], 导致耗材供需数据时效性欠佳, 易出现配送不及时、耗材质量缺乏监督机制等问题。随

着医疗改革相关政策推广, 对医院医用耗材精细化管理提出更高要求, 以物联网、云计算为代表的新兴技术在耗材管理中广泛运用, 传统人工供应链管理向着“互联网+”形式转变。

1.2 相关研究

区块链作为一种新型互联网协议, 在供应链上的应用取得进展。胡卿汉、何娟和董青^[3]提出利用区块链技术建立医用防疫紧急物资供应链体系。张森、叶剑和李国刚^[4]研究面向冷链物流的区块链技术方案。Mao D、Wang F和Hao Z等^[5]提出一种基于区块链的信用评估系统, 以加强食品供应链监管有效性。Tseng J H、Liao Y C和Chong B等^[6]建议

〔修回日期〕 2021-04-01

〔作者简介〕 赵跃, 工程师, 发表论文2篇。

以区块链作为药品数据流基础,实现药品交易信息数据共享。区块链技术具有去中心化、不可篡改、可追溯、集体维护的特点,可应用于医用耗材带量采购、物流追踪、质量追溯等方面,从而建立公开透明的医用耗材价格、质量评价体系。本文通过建立区块链架构下的医用耗材供应链管理平台,分析医用耗材供应链现阶段存在的挑战,探讨解决方案,以期为实现耗材从生产到使用的公共监督、提高医疗服务质量提供参考。

2 医用耗材物资供应链现状

2.1 供应链上存在“信息孤岛”

随着互联网技术在医疗机构管理中的广泛运用,“互联网+”技术融入耗材供应链各环节,大部分医疗机构采用HRP资源管理平台实现各信息系统数据的统一、互联互通,改善供应链流程连接性与可视性,提升各节点间信息处理能力。但在医用耗材供应链信息管理过程中,配送企业容易出现对供应链成员以及外部环境信息收集与处理不充分,导致医疗机构与配送企业、生产企业之间信息不对称现象越发普遍,严重影响供应链配送工作效率^[7]。生产企业耗材断货信息传递不及时会导致医疗机构应急措施启动慢、临床耗材供应不足等问题。

2.2 采购平台信息交互机制不健全

新医改以来,制定一套减少中间环节、降低采购成本的医用耗材采购方案成为研究热点。目前多数省份对医用耗材进行“限价挂网”,是现行采购方案的主要措施,一定程度压低了耗材价格。但现阶段省级药械采购平台软硬件难以满足集中采购的技术要求,无法避免医疗机构私下议价的成交价低于平台挂网价。信息交互机制不健全、数据信息不对称导致制定限价来源不可靠^[8]。随着各地对医用耗材集带量采购的探索推进,医保局更需准确统计各医疗机构采购量,用量价挂钩,以量制价,因此供需关系数据传递的准确性、时效性影响耗材采购与配送工作效率。

2.3 不良事件上报缺乏监督机制

医院医疗器械不良事件上报机制主要是指在诊疗活动中发现不良事件的医务人员主动上报,由医疗设备科等职能科室进行收集和处理^[9],最后将不良事件反馈给生产企业的机制。不良事件归档主要是基于内部文件记录或数据库信息存储的方式,上报机制与操作不够简单方便,造成不必要的时间花费,导致医疗器械召回速度慢,质量问题无法得到有效关注,产品召回及质量监督仅靠生产企业自觉进行。

3 基于区块链视角的医用耗材物资供应链新模型

3.1 概述

区块链技术核心是建立物流数据的分布式存储,可实现点对点(Peer-to-Peer, P2P)传输、大数据加密等数据应用模式^[10]。本文针对国内医用耗材采购模式,探索区块链视角下医用耗材供应链的管理模式。通过区块链技术所打造的耗材供应链体系建立新的耗材监管模型,避免信息不对称所导致的医疗服务质量不高问题,为耗材配送、质量、价格监管提供新思路。

3.2 耗材供应链信息流层次模型设计

区块链下耗材供应链信息流层次模型可分为5个部分。应用层包括区块链上的参与者,接收方对发送方提交信息进行分析、处理、决策,实现信息可视化;协同层负责区块链数据处理与记录,根据使用方需求,可与云平台、第3方网络处理平台对供应链上大量数据进行分析与管理。网络层负责数据传播,是连接各节点参与者的中间桥梁,采用P2P协议广播消息以实现路由发现、节点识别、传播交易数据与区块数据^[11]以及对数据的共识认证;核心层包括智能合约、哈希函数、加密机制等算法脚本,对耗材流通过程中产生的数据进行加密转化;物理层将供应链企业的供应数据及医疗机构和监督单位的需求数据信息化,作为整个区块链的数据基础,见图1。

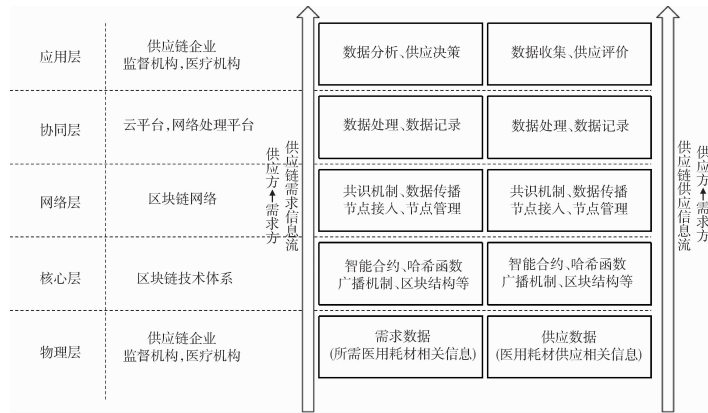


图1 区块链系统框架

3.3 供应链上的信息流传递过程

3.3.1 概述 医用耗材从生产到使用主要过程包

括供需信息传递、物流配送、验收入库、使用信息反馈。其中所涉及关键主体包括生产企业、配送企业、监督机构、医疗机构，见图2。

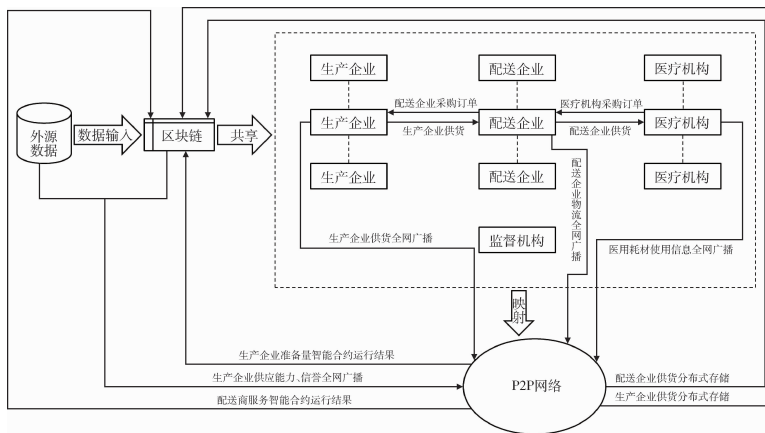


图2 区块链下的耗材供应链

3.3.2 供需信息传递过程 在区块链中以联盟链技术作为底层信息技术，医疗机构在平台上发布需求信息，通过 P2P 网络方式构建信息传递过程。利用区块链加密保护技术可以实现任何人随时随地查看信息目标，每个节点都可以记录、获取信息，无需第 3 方介入^[12]。这种传播形式整合了供应链资源，提高供应链决策准确度，解决医用耗材供应链管理中因突然断货、滞销积压等造成的采购与库存“牛鞭效应”问题^[13]，监督机构还可对供应链上各环节中的参与主体进行活动监督和记录，实现对医用耗材的管理与溯源^[14]。

3.3.3 物流配送 医用耗材物流配送主要是指对配送耗材信息的传递与处理，物流配送是联系供应链上各业务主体的枢纽，是构建耗材供应链的必要

过程。生产企业、配送企业、医疗机构共同维护试剂物流信息，业务主体通过医疗器械唯一识别码 (Unique Device Identification, UDI) 进行耗材身份识别和确认，在区块链网上对产品所有处理信息进行广播，针对具有特殊配送要求的耗材，与物联网进行联接，通过区块链系统记录其温度、湿度等状态数据，实现产品配送全过程透明，为使用者和监督者提供简单有效的追踪工具^[15]。

3.3.4 耗材验收入库 生产企业与配送企业需提供企业资质证件以及耗材名称、规格、生产日期、有效期等^[16]，区块链智能合约是一种执行合同条款的计算机化交易协议，任何情况下区块链系统都将执行以实现预定行动^[17]。利用智能合约的自动化完成、

不可更改、低成本等特点,医疗机构可设置对配送企业的合约机制,例如耗材有效期范围、配送时间、配送数量、资质证明等信息,基于区块链智能合约可代替人工计算完成供应链上各环节审核并提供分析结果。当条件不满足合约时,医用耗材将不能进行验收入库,对配送企业生成评价记录,医疗机构可查看记录信息,建立配送企业服务评价体系。

3.3.5 使用信息反馈过程 监督机构可获得医疗机构采购订单信息及配送企业配送信息并发布策略在区块链上,所有主体可见^[18],从而统计各医疗机构耗材采购数量及监督价格等信息。供应链中的医疗机构可及时收到供应链系统中耗材的流通信息,对使用端出现的医疗器械不良事件进行广播,各业

务主体可接收信息,实现对医用耗材质量的公共监督,从而督促生产企业对耗材质量进行监管。利用区块链、数据库和非对称加密等技术可以实现一种基于区块链的个人隐私数据保护解决方案框架^[19],保障医疗器械不良事件匿名化管理。

4 传统模式与新模式比较分析

区块链技术包含分布式记账、点对点传输、密码学、智能合约、共识算法等一系列复杂技术,运用区块链技术在医用耗材成本、效率、信息传递等方面具有较大优势,区块链模式下的耗材供应链与传统模式比较,见表1。

表1 区块链模式下的耗材供应链与传统模式比较

项目	传统模式	区块链模式
物流成本	配送企业往返医疗机构间存在空运情况,未有效运用单车运力,导致物流成本上升	区块链各节点能够更好地解决效率和信任等合作问题 ^[20] ,及时了解物流状态,实现车辆合理调度以及货物集散,最大程度发挥运力,减少配送企业物流运输成本
信息传递	由于各信息平台间交互机制不健全,易出现信息不对称情况,医疗机构会因生产企业临时性缺货而准备不足,监督机构收集耗材价格、用量等数据需医疗机构逐级进行信息上传,存在人为疏漏	区块链具有去中心化分布式账本特点,减少信息不对称性与不完全性带来的风险 ^[21] ,区块链上节点可以进行业务活动的发布、广播、收集,满足现阶段省级药械采购平台对医用耗材集中采购的技术要求,便于带量采购数据的收集
验收效率	需核对医用耗材数量、规格、有效期等信息,对配送企业、生产企业资质证明进行存档查验,易出现人为失误导致入库账物不符的情况,较难实现自动化入库	可将医用耗材进行验收入库时的相关信息及配送企业资质证明写入共识机制,使得本地数据与整个分布式网络达到一致 ^[22] ,保证用户之间交易。基于区块链的数字化智能合约解决恶意破坏合约行为,提高合约执行效率 ^[23]
质量追溯	耗材质量追溯主要是通过诊疗活动中发现不良事件的医务人员主动上报,导致医疗器械召回速度较慢,质量问题无法得到公众的有效关注,产品召回及质量监督仅靠生产企业自觉	区块链中的每个节点既是参与者,又是监管者,可以实现医用耗材从生产到使用的信息公开与透明。利用去中心化特点,各节点可对医疗器械不良事件进行上报并整合到同一系统中相互监督,实现医疗机构对耗材质量信息的共享,避免因医疗器械召回速度慢造成其他不良事件发生。这种医疗器械不良事件监督模式从单方面生产企业或政府部门参与,转变为每个医疗机构或使用者参与以提高生产企业对器械质量管控
数据安全	医疗机构完成耗材入库过程中所经的信息化物流平台较多,存在数据泄露风险。在耗材使用过程中易泄露使用者信息	允许授权用户上传和查看特定通道中的数据信息,保证记录原创性和真实性,任何用户不能在其他用户不知情的情况下修改历史数据 ^[24] ,由于供应链上的数据完整可信,在医用耗材的召回过程中可以防止任何医疗机构及企业篡改记录、逃避责任,为医用耗材实现全程追溯提供有力证据

5 区块链视角下医用耗材物资供应链面临的挑战

5.1 区块链系统整合问题

目前大多数医院的医用耗材供应链已建立私有

信息化管理体系,如果采用区块供应链则需要将数据和业务迁移到新系统中,其中数据格式匹配、业务流程安排等对接集成问题是转型升级的重点和难点^[25]。建议由各省医疗保障局牵头对省集中采购平台进行信息整合,各医院参与完成与平台对接工作,保障系统统一性,以实现信息互联互通。

5.2 法律法规层面风险

区块链作为一项新技术,在医用耗材管理上缺乏与之匹配的相关规章制度,区块链下耗材使用流通过程中如出现系统漏洞、信息泄露等意外,针对此类问题,需在现有医疗器械管理办法基础上完善耗材供应相关规章建设,制定安全保密条款及有关处罚办法并写入合同中,同时附加必要的访问权限。

5.3 透明性与隐私性博弈

因区块链去中心化技术特点,联盟链上的业务主体都可以获取节点上的信息,但信息传递机制影响隐私性,可能存在利用区块链中的公开交易信息反推出用户真实身份的问题,该问题在健康医疗等隐私敏感应用场景中更突出^[26]。目前区块链隐私性保护可以通过密码学实现,任何公钥地址下的信息内容仅私钥持有者才能解读或者进行解读授权,从而在信息开放共享情况下增强信息共享可控性。

6 结语

通过区块链技术能更高效、便捷地对医用耗材流通数据进行访问并监督,避免供应链节点间信息不对称造成耗材供应不及时现象,有助于实现对医用耗材价格、质量的公共监督,以提高医疗服务质量。物联网、云平台等技术在供应链方面不断发展与运用并与区块链技术相结合从而减少信息技术成本开支,对耗材价格与质量管理具有研究价值。

参考文献

- 1 李格林. 医药电商模式对我国医药供应链的优化作用分析[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2015, 12 (3): 304-307.
- 2 方佳, 丁保扬, 臧恒昌. 基于智能供应链视角下药品流通环节的挑战研究[J]. 中国药事, 2019, 33 (4): 391-398.
- 3 胡卿汉, 何娟, 董青. 区块链架构下医用防疫紧急物资供应信息管理研究——以我国新型冠状病毒肺炎防疫物资定向捐赠为例[J]. 卫生经济研究, 2020, 37 (4): 10-14.
- 4 张森, 叶剑, 李国刚. 面向冷链物流的区块链技术方案

- 研究与实现[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56 (3): 19-27.
- 5 Mao D, Wang F, Hao Z, et al. Credit Evaluation System Based on Blockchain for Multiple Stakeholders in the Food Supply Chain [J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15 (8): 1627.
- 6 Tseng J H, Liao Y C, Chong B, et al. Governance on the Drug Supply Chain via Gcoin Blockchain [J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15 (6): 1055.
- 7 郑秀恋, 葛宝山. 信息环境下中国供应链信息管理的演进趋势[J]. 情报科学, 2016, 34 (10): 128-133.
- 8 魏广, 胡剑, 袁鹏. 安徽省高值医用耗材带量采购谈判议价分析和思考[J]. 安徽医学, 2020, 41 (2): 214-217.
- 9 高婧颖, 陆银春, 卫蕾. 医疗器械不良事件案例分析与管理改进探讨[J]. 医疗卫生装备, 2017, 38 (1): 140-141, 145.
- 10 杨丽君, 蔡亚永. 基于区块链技术的物流大数据可视化平台构建[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (5): 204-208.
- 11 邵奇峰, 张召, 朱燕超, 等. 企业级区块链技术综述[J]. 软件学报, 2019, 30 (9): 2571-2592.
- 12 赵胜利, 师宁, 李泽萍, 等. “互联网+”背景下现代物流网络体系构建[J]. 科技管理研究, 2019, 39 (13): 205-210.
- 13 张珏, 张凤勤. 现代供应链管理在医用高值耗材管理中实施的可行性[J]. 中国医学装备, 2017, 14 (1): 122-124.
- 14 曹允春, 林浩楠. 区块链视角下过期药品逆向供应链构建研究[J]. 中国药房, 2019, 30 (24): 3342-3349.
- 15 周杰, 李文敬. 基于云计算的物流区块链共识算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54 (19): 237-242.
- 16 仵冀颖, 杜聪, 马志远, 等. 应用于食品追溯体系的区块链架构设计[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36 (12): 46-50, 86.
- 17 张馨. 新型物流产业供应链体系建设研究——基于区块链技术的分析[J]. 技术经济与管理研究, 2019 (7): 103-107.
- 18 刘放迪, 杜学绘, 王娜, 等. 区块链技术及其在信息安全领域的研究进展[J]. 软件学报, 2018, 29 (7): 2092-2115.
- 19 谭海波, 周桐, 赵赫, 等. 基于区块链的档案数据保护与共享方法[J]. 软件学报, 2019, 30 (9): 2620-2635.

(下转第60页)

传统医疗废物监管模式进行转型升级。

参考文献

- 1 胡凯, 白晓敏, 高灵超, 等. 智能合约的形式化验证方法 [J]. 信息安全研究, 2016, 2 (12): 1080 - 1089.
- 2 黄涵禧. 应用智能合约的简易承兑汇票实践 [J]. 金融科技时代, 2017 (2): 38 - 44.
- 3 Christidis K, Devetsikiotis M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things [J]. IEEE Access, 2016 (4): 2292 - 2303.
- 4 陈志东, 董爱强, 孙赫, 等. 基于众筹业务的私有区块链研究 [J]. 信息安全研究, 2017, 3 (3): 227 - 236.
- 5 Kosba A, Miller A, Shi E, et al. Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy - preserving Smart Contracts [C]. San Jose: Proc. of the 2016 IEEE Symp. on Security and Privacy (SP), 2016.
- 6 蔡维德, 郁莲, 王荣, 等. 基于区块链的应用系统开发方法研究 [J]. 软件学报, 2017, 28 (6): 1474 - 1487.
- 7 工业和信息化部信息化和软件服务业司, 中国区块链技术和产业发展论坛. 中国区块链技术和应用发展白皮书 (2016) [EB/OL]. [2016 - 10 - 18]. <http://www.cbdforum.cn/index/dd/7>. do.
- 8 李春晓, 陈胜, 郑龙帅, 等. 响应式许可链基础组件——RepChain [J]. 软件学报, 2019, 30 (6): 1670 - 1680.
- 9 Neisse R, Steri G, Nai - Fovino I. A Blockchain - based Approach for Data Accountability and Provenance Tracking [C]. Reggio Calabria: Proc. of the 12th Int' l Conf. on Availability, Reliability and Security, 2017.
- 10 Micheler E, Von Der Heyde L. Holding, Clearing and Settling Securities through Blockchain/Distributed Ledger Technology: Creating an Efficient System by Empowering Investors [EB/OL]. [2021 - 05 - 01]. http://www.onacademic.com/detail/journal_1000040514042610_dcfd.html.
- 11 Jang H, Lee J. An Empirical Study on Modeling and Prediction of Bitcoin Prices with Bayesian Neural Networks Based on Blockchain Information [J]. IEEE Access, 2018 (6): 5427 - 5437.
- 12 陈扬扬, 宓永迪. 二维码与 RFID 和 NFC 技术在图书馆中的应用 [J]. 科技情报开发与经济, 2013, 23 (5): 46 - 48.
- 13 文斌, 梁鹏, 罗自强. 基于 QR 二维码和数据聚合的农业产品追溯服务系统设计 [J]. 小型微型计算机系统, 2014, 35 (2): 261 - 265.
- 14 王卉. 基于 RFID 的蔬菜质量追溯系统的设计与实现 [D]. 南京: 南京农业大学信息科学技术学院, 2013.
- 15 颜波, 石平, 黄广文. 基于 RFID 和 EPC 物联网的水产品供应链可追溯平台开发 [J]. 农业工程学报, 2013, 29 (15): 172 - 183.
- 16 林宇洪, 林敏敏, 林承操, 等. 基于物联网的肉产品质量安全信息的追溯 [J]. 华北科技学院学报, 2015, 12 (5): 98 - 102.
- 17 刘凯, 吕璐. 基于物联网技术的产品可追溯系统研究 [J]. 湖北理工学院学报, 2015, 31 (2): 27 - 30.
- 18 赵震, 张龙昌, 韩汝军. 基于物联网的食品安全追溯研究 [J]. 计算机技术与发展, 2015, 25 (12): 152 - 155.
- 19 张丽, 杨怀卿, 刘晓亮. 基于物联网技术的化肥质量安全追溯系统 [J]. 物流技术, 2015, 34 (15): 244 - 246.
- 20 张亮, 刘百祥, 张如意, 等. 区块链技术综述 [J]. 计算机工程, 2019, 45 (5): 1 - 12.
- 21 付永贵. 基于区块链的供应链信息共享机制与管理模式研究 [D]. 北京: 中央财经大学, 2018.
- 22 陈伟利, 郑子彬. 区块链数据分析: 现状、趋势与挑战 [J]. 计算机研究与发展, 2018, 55 (9): 1853 - 1870.
- 23 杨扬, 石相团. 基于区块链技术的“澜湄区域”跨境物流运作模型设计 [J]. 科技管理研究, 2020, 40 (5): 139 - 145.
- 24 Duan J, Zhang C, Gong Y, et al. A Content - Analysis Based Literature Review in Blockchain Adoption within Food Supply Chain [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17 (5): 1784.
- 25 贺超, 刘一锋. 融合区块链的新型供应链模式研究 [J]. 管理现代化, 2020, 40 (1): 84 - 87.
- 26 李志宏, 乔贵鸿, 唐洪婷, 等. 区块链技术与社区知识分享 [J]. 科技管理研究, 2020, 40 (15): 199 - 208.

(上接第 54 页)