

# 区块链技术在分级诊疗中的应用研究<sup>\*</sup>

胡志坚

(福建医科大学附属协和医院信息管理处 福州 350001)

〔摘要〕 介绍区块链技术特点, 提出建立基于区块链的分级诊疗协作平台, 阐述区块链技术在该平台系统建设中的作用以及应用模式, 指出其有助于解决传统中心化部署模式存在的责权不清、监管困难、数据泄露等问题。

〔关键词〕 分级诊疗; 区块链; 去中心化; 联盟链

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2023.01.013

**Study on the Application of Blockchain Technology in Hierarchical Diagnosis and Treatment** HU Zhijian, Department of Information Management, Fujian Union Hospital, Fuzhou 350001, China

〔Abstract〕 The paper introduces the characteristics of blockchain technology, proposes the establishment of a hierarchical diagnosis and treatment collaboration platform based on blockchain, expounds the role and application mode of blockchain technology in the construction of the platform system, and points out that it is helpful to solve the problems of unclear responsibilities and rights, supervision difficulties, data leakage and other problems existing in the traditional centralized deployment mode.

〔Keywords〕 hierarchical diagnosis and treatment; blockchain; decentralization; consortium blockchain

## 1 引言

建立健全的分级诊疗保障机制是实现基本医疗服务均等化、优化医疗资源配置、降低医疗服务成本的有效措施<sup>[1]</sup>, 也是突破医改难点的关键之处, 是缓解看病贵、看病难问题的有效方法<sup>[2]</sup>。各医疗机构之间是一个松散的协作体系, 在分级诊疗系统建设过程中存在责权不清、监管困难、数据泄露、机构互信、难于追溯等问题。对此提出一种无需任

何权威机构背书、点对点交易的加密数字货币——比特币<sup>[3]</sup>, 并由此扩展出区块链技术。借助区块链<sup>[4-5]</sup>去中心化、加密算法以及链式存储等优势, 有助于解决分级诊疗系统建设中的难点以及信息共享的共识互信问题。

## 2 建设要求

### 2.1 现状分析

分级诊疗制度的核心可概括为“基层首诊、双向转诊、急慢分治、上下联动”。按照疾病的轻、重、缓、急及难易程度由不同级别医疗机构进行诊疗, 合理配置医疗资源, 促进基本医疗卫生服务均等化<sup>[6]</sup>。在不同医疗机构间进行分级诊疗, 需解决以下问题: 一是责权与机构互信问题。应有统一的身份认证方法, 出现争议能提供可信可追溯的依

〔修回日期〕 2022-07-24

〔作者简介〕 胡志坚, 高级工程师, 发表论文 3 篇。

〔基金项目〕 国家卫生健康委统计信息中心委托课题“基于分级诊疗的区块链研究与实践项目”(项目编号: 010117702)。

据。传统中心化体系数据存储在某一个单独机构,数据真实性无法保证。二是数据安全问题。医疗数据正快速增长并发挥着越来越重要的作用,由于软硬件、黑客等问题,数据丢失、隐私泄露风险随之增加。三是数据监管问题。患者发生医疗纠纷时的数据取证、行政部门监管时的数据调用和审查、内部精细化管理时数据分析和监控,都要求保证数据有效性,防止被篡改。

## 2.2 区块链技术特点

区块链是一种链式数据结构,以时间顺序将数据块组合在一起,并以密码方式保证数据不可篡改和伪造。用区块结构来存储、校验数据,数据生成和更新则由分布式节点一致性算法来实现,非对称加密技术被用来确保数据传输和访问的安全性,编程和操作数据则使用由自动化脚本代码组成的智能契约来完成<sup>[7]</sup>。具体特点如下:一是去中心化,分布式账本是在去中心化网络成员之间分享、复制、同步的一种数据库,记录着网络参与者之间的信息交换。全体成员节点一起管理、更新账本。账本中的每条记录都有一个时间戳和一个加密签名,保证账本中所有交易记录可信、不变<sup>[8]</sup>。二是共识机制,区块链遵循“少数服从多数”以及“人人平等”的共识机制,所有节点都可提出共识结果,被认同后可成为最终结果。若要改变某个特定区块内的交易信息,需修改该区块和之后所有区块的信息,该机制可避免信息篡改和虚假交易。三是信息不可篡改,在区块链系统中只保留数据新增与查询操作,信息一旦被写入就不能更改或撤销。四是智能合约,由于区块链不可篡改的特性,系统可以自动执行一些预先定义好的规则和条款。五是非对称加密,在加密和解密过程中使用两个不同的密钥对,使交易过程更可信,参与者更容易达成共识,还能实现数据匿名性,保护个人隐私<sup>[9-11]</sup>。六是链式数据结构,全网共识算法统一同步时间,所有交易产生以时间先后相连,数据按时间先后存储,首尾相接链式存储。

## 3 功能设计

为发挥福建医科大学附属协和医院的区域龙头作用,带动医联体成员单位协同发展,提高基层医疗机构服务水平,更好地促进分级诊疗,实现有序就医,需建设分级诊疗体系,在医疗机构间建设医联体信息平台<sup>[12-13]</sup>。数据共享与双向转诊是平台核心功能。

### 3.1 数据共享

传统患者数据分散在各医院业务信息系统中,医务人员无法快速了解患者完整诊疗信息。通过建立数据中心,形成患者电子病历档案,包括主页、入出院记录、病程记录、护理记录、医嘱单、处方、诊断、体温单、检验报告、检查报告、各种治疗结果等,根据业务需要,从时间、事件等多个维度集中展现电子病历数据,完整描述患者病史、门诊就诊视图、住院就诊视图,通过电子病历共享浏览器的使用,使医护人员全面、多角度地了解患者病情,从而提供更精准的诊断和治疗,有利于提高医疗水平、降低医疗风险、控制医疗质量。基于区块链的患者诊疗信息共享,通过构建区块链层次模型的数据层、网络层、共识层、合约层、应用层,对电子病历进行动态化管理<sup>[14]</sup>,见图 1。数据层将患者诊疗过程中形成的电子病历信息,按照约定好的区块链数据块格式进行封装,然后对数据块进行加密并加入时间戳,链接到区块链中;网络层通过多签名机制对网络接入进行管理,且负责传递分布在不同网络节点数据库的数据;成员节点按照一定共识机制引入到区块链中,共识层负责封装网络节点的各种共识算法,以确保达成共识信任;合约层主要用于将相关政策法规、行业标准内容嵌入到区块链中以实现电子病历的标准化、规范化管理;应用层通过电子病历动态管理平台,依照权限向各类机构、医生、患者提供数据共享、数据录入等服务。该模型通过以上算法与机制来确保电子病历标

准安全化管理。



图 1 基于区块链的医疗数据共享

3.2 双向转诊

3.2.1 双向转诊服务流程（图 2） （1）转诊数据准备。转诊患者数据存储在待转诊医院内部（前置服务），转诊患者数据索引注册到区块链上，同时针对患者基本信息创建患者关系合约。（2）转诊预约服务。医院开放号源，通过转诊服务，直接为患者完成转入医院的线上预约。（3）入院就诊服务。患者到转诊医院就诊，该医院可调阅其已上链的报告及病历信息。（4）转诊反馈。诊疗结束后，将治疗结果信息上链，转诊患者可调阅其在医联体

医院内的诊疗信息。

3.2.2 转诊中数据安全保障 保障互联网转诊数据完整性，通过区块链技术将转诊过程信息上链，记录的内容有防篡改功能。确保互联网预约诊疗参与角色的身份真实性。建立医院信息系统中的责任认定机制，保障医疗数据明确的责任归属以及医疗行为的时间可信。对所有关键行为操作进行时间戳处理并记录，确保提供可信的时间服务。

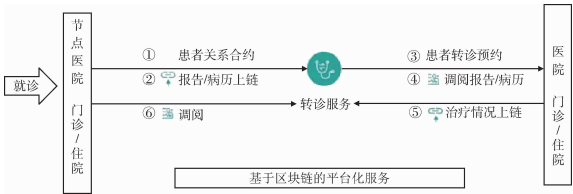


图 2 基于区块链的双向转诊服务流程

4 系统架构

4.1 总体架构

医联体信息平台是在统一电子病历数据标准、互联互通网络环境以及公用信息资源业务模式的基础上支撑各医院现有信息系统，为医院各异构系统提供数据共享、业务协同等应用服务，为患者、医务人员、管理者提供医疗信息统计、查询等服务，形成以电子病历为基础，信息共享、互联互通的跨院、跨部门联动协同服务机制。系统总体架构，见图 3。

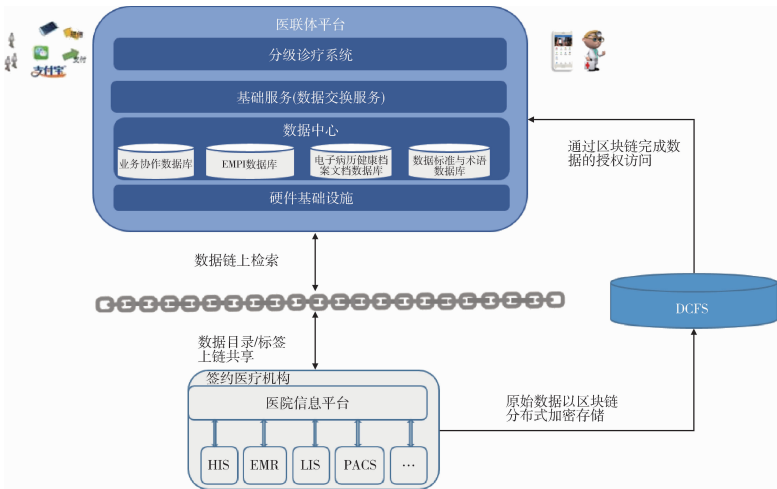


图 3 基于区块链的分级诊疗系统总体架构

4.2 接口架构

医联体信息平台基于面向服务的体系架构（service oriented architecture，SOA）进行搭建，采用开放的信息技术标准，所有应用将以服务方式进行统一封装，以此屏蔽医疗业务系统接口异构性，实现整个医疗信息系统规范化。接口平台共分 3 层，分别为基础技术层、数据层、应用层。基础技术层通过企业服务总线（enterprise service bus，ESB）完成医院内部业务系统与医联体平台的数据交互、医疗信息共享。数据层存储与医联体平台进行交换的缓存数据。应用层提供医院内部系统调用的服务流程及接口平台服务监控功能，见图 4。

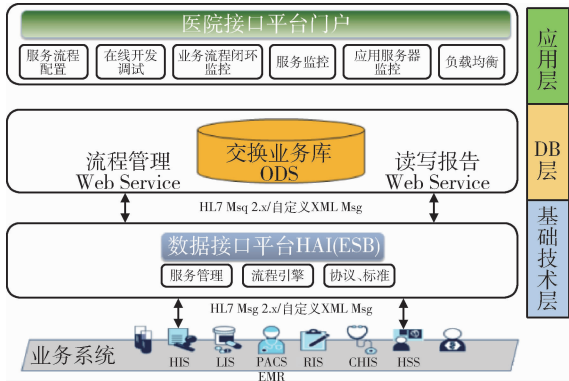


图 4 系统接口平台架构

5 区块链技术实现

5.1 区块链类型选择

公有链具有开放性特点，其不对任何外部结点的加入进行限制，信息在系统中的传播是公开、不受限的；联盟链则只对经认证的机构开放，交易信息根据协商一致的共识机制进行局部公开；私有链一般只用于某个特定机构内部，应用范围较窄。考虑到分级诊疗的实际，选择联盟链更合适，而对授权个人健康管理，可采用公有链，个人可自由加入和退出公有链。

5.2 区块链模型构建

区块链的不可篡改性是由其独特的区块结构来

实现的。每一个区块都有一个唯一哈希值，依据上一个区块的头哈希 + 数据块哈希 + 时间戳生成。一个区块是由区块头和区块体组成。区块体存储具体数据，如比特币区块链中是交易数据，以 Key - Value 的结构进行存储。区块的大小主要取决于区块体的大小，以及数据的平均大小。区块体所存储的数据可依具体需求而定，但受限与区块链的分布式冗余存储方式，一般只存储哈希值和交易过程等字节级别数据。区块头是描述区块的部分，是区块最重要的组成部分。区块头的具体内容根据业务需求而定，但最少应包括 Merkle 根、时间戳、上一个区块哈希值。每个区块产生时会被打上时间戳。该时间戳参照产生区块的节点时间，被同步到其他节点之前会被检验，时间差异过大将不被接受，以此保证时间不可伪造。通过链表将区块链接在一起，组成“块链式”结构，并用时间戳对凭证进行固化，从而形成一环扣一环、不可篡改的可信数据集。用户删除和修改本地数据，不影响全网共识后的数据一致性。

5.3 分布式存储与分布式网络应用

区块链数据分布式存储在不同机构中，具有高冗余、去中心化、高安全性等优点，使其适于存储和保护重要的数据，如患者隐私等。区块链通过分布式网络来维持其健壮性，能避免单个节点所发生的宕机及易受攻击的风险。由于每个节点都存留全量数据，区块链存储方式是高度冗余的，且需要时刻保持各节点的共识，各节点之间需要不断进行通信，使利益相关各方对数据一致性和安全性达成共识。在实际应用中，将节点部署于不同组织，任何人无法轻易掌控区块链网络。任何单节点的篡改、删除都会被其他节点否决，只要有足够数量的节点在正确运行，区块链的分布式网络就能保证区块链数据的完整性和真实性。

6 结语

基于区块链的分级诊疗体系建设，不仅能实现区域内医疗数据和资源共享、业务流程优化等，而

且能给医疗机构、患者、监管机构、信息管理部门带来不少益处。医疗机构方面,区域医疗信息平台将患者就诊信息通过 HASH 算法生成摘要储存在链上,医师可以第一时间了解患者诊疗信息,避免患者跨院就医时,医师重复录入病史信息,降低出错概率,提高医疗质量与效率。患者方面,基于区块链的分级诊疗平台中,病历信息以分布式方式加密存储在平台内各个医疗机构中,每位平台用户都有一份“账本”,通过“账本”用户可对病历信息进行分享甚至出售,让用户真正掌握自身信息使用权。医疗监管部门方面,患者在诊疗过程中所有相关数据,包括病历和收费记录等都可实时记录在链上,便于对医疗敏感数据的流转全过程进行监控。信息管理部门方面,在联盟链内数据都是以密文形式进行存储与流转,即便数据被窃取也无法被破解。通过协议和证书,可灵活设置各用户访问和操作权限。区块链分级诊疗平台可灵活扩展,连接多家医疗卫生机构,实现机构之间信息系统互联,确保区域内医疗数据共享。依托联盟链灵活、可编程的技术特性,协助医院解决异构系统多、难集成的问题,拓展应用范围<sup>[15]</sup>。下一步将继续探索区块链技术在药品、耗材、疫苗等全流程追溯管理中的应用<sup>[16]</sup>。

## 参考文献

- 1 李珍,赵青.制度变迁视角下的城镇职工基本医疗保险公平性评估[J].北京社会科学,2014(7):31-37.
- 2 付强.促进分级诊疗模式建立的策略选择[J].中国卫生经济,2015,34(2):28-31.
- 3 NAKAMOTO S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system [EB/OL]. [2021-08-20]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 李菲.我国医疗服务分级诊疗的具体路径及实践程度分析[J].中州学刊,2014(11):90-95.
- 7 袁勇,王飞跃.区块链技术发展现状与展望[J].自动化学报,2016,42(4):481.
- 8 钱卫宁,邵奇峰,朱燕超,等.区块链与可信数据管理:问题与方法[J].软件学报,2018,29(1):150-159.
- 9 田海博,何杰杰,付利青.基于公开区块链的隐私保护公平合同签署协议[J].密码学报,2017,4(2):187-198.
- 10 ESPOSITO C, SANTIS D A, TORTORA G, et al. Blockchain: a panacea for healthcare cloud-based data security and privacy[J]. IEEE cloud computing, 2018, 5(1): 31-37.
- 11 YUE X, WANG H, JIN D, et al. Healthcare data gateways: found health care intelligence on blockchain with novel privacy risk control[J]. Journal of medical systems, 2016, 40(10): 218.
- 12 吴华丽,李婧,张红.基于分级诊疗的双向转诊服务模式设计与实现[J].中国数字医学,2018,13(6):16-18.
- 13 王晓东,王呼生,左风云,等.分级诊疗模式下双向转诊管理系统设计与实现[J].医学信息学杂志,2019,40(11):36-40.
- 14 谢辉.区块链技术及其应用研究[C].厦门:中国计算机学会第31次全国计算机安全学术交流会,2016.
- 15 HOY M B. An introduction to the blockchain and its implications for libraries and medicine[J]. Medical reference services quarterly, 2017, 36(3): 273-279.
- 16 禹忠,郭畅,谢永斌,等.基于区块链的医药防伪溯源系统研究[J].计算机工程与应用,2020,56(3):35-41.

## 关于《医学信息学杂志》启用 “科技期刊学术不端文献检测系统”的启事

为了提高编辑部对于学术不端文献的辨别能力,端正学风,维护作者权益,《医学信息学杂志》已正式启用“科技期刊学术不端文献检测系统”,对来稿进行逐篇检查。该系统以《中国学术文献网络出版总库》为全文比对数据库,可检测抄袭与剽窃、伪造、篡改、不当署名、一稿多投等学术不端文献。如查出作者所投稿件存在上述学术不端行为,本刊将立即做退稿处理并予以警告。希望广大作者在论文撰写中保持严谨、谨慎、端正的态度,自觉抵制任何有损学术声誉的行为。

《医学信息学杂志》编辑部