

基于区块链的在线社区知识共享方案研究

谢人强^{1†}, 张文德²

(1. 福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350116;
2. 福州大学 信息管理研究所, 福建 福州 350116)

摘要:随着互联网的快速发展,虚拟社区不断涌现.这些社区在提供创新资源的同时,也存在着诸如用户分享意愿不高、社区缺乏良好激励机制等问题,区块链能够很好地解决这些问题,促进社区的知识共享.本文构建了基于跨链的在线社区知识共享方案,提出了“元数据+云存储”的资源访问与存储模式,详细设计了元数据信息表,设计了知识共享方案的总体框架及部分业务的关键流程,提出了采取“提名权益证明(NPOS)”的共识机制来设计区块链网络,实现了在线社区知识共享的部分功能.经分析与实验,本文的方案具有良好的科学性、安全性和执行效率,对其他相关项目的开展具有重要的参考价值.

关键词:在线社区;知识共享;区块链;跨链;提名权益证明

中图分类号:TP311

文献标志码:A

Research on Online Community Knowledge Sharing Scheme Based on Blockchain

XIE Renqiang^{1†}, ZHANG Wende²

(1. School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;
2. Institute of Information Management, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China)

Abstract: With the rapid development of the Internet, virtual communities are constantly emerging. While these communities provide innovative resources, there are also problems such as the low willingness of users to share and a lack of good incentive mechanisms. Blockchain can better solve these problems and promote community knowledge sharing. This paper constructs an online community knowledge sharing scheme based on Multi Chain, proposes the resource access and storage mode of “metadata & cloud storage”, designs the metadata information table in detail, and designs the overall framework of the knowledge sharing scheme and the key processes of some businesses. Based on the key process, the consensus mechanism of “Nominated Proof of Stake (NPOS)” is proposed to design the blockchain network, which realizes some functions of online community knowledge sharing. Through analysis and experiment, the scheme of this paper has good scientific rationality, safety and execution efficiency, and has good reference value for the development of other related projects.

Key words: online community; knowledge sharing; blockchain; cross chain; nominated proof of stake

* 收稿日期:2021-09-14

基金项目:中国高校产学研创新基金新一代信息技术创新项目(2019ITA01013), The New Generation Information Technology Innovation Project of China University Industry Research Innovation Fund (2019ITA0103)

作者简介:谢人强(1982—),男,福建顺昌人,福州大学博士研究生

† 通信联系人, E-mail: vhope@126.com

根据中国互联网络信息中心(CNNIC)发布的《第49次中国互联网络发展状况统计报告》,截至2021年12月,我国网民规模达10.32亿,互联网普及率为73.0%^[1].在此背景下,基于用户生成内容的网络社区快速发展,大大降低了社交和知识发现成本.然而,这些社区在发展过程中存在着诸多问题,例如社区内容质量得不到保障、平台用户的隐私以及信息的安全经常受到威胁、知识产权没有得到应有的保护、平台缺乏良好激励机制等^[2-4],严重影响用户在社区中的知识分享.如何提高社区成员的积极性,降低获取知识的难度,如何确保分享用户利益不受侵犯、知识产权能够得到有效保障,成为在线社区发展需解决的重要问题.

区块链技术融合了分布式存储、密码学技术、共识机制和智能合约等关键技术^[5-6],为解决在线社区的信任、个人隐私风险和用户知识产权的保障以及权益的激励分配等问题提供了解决方案,能够很好地促进社区的知识共享.

1 相关研究

关于在线社区知识共享行为,学者们进行了较多的研究.周涛等^[7]基于社会认知理论,以假设检验为基本思路,分析了开放式创新社区影响用户知识分享的因素,研究得出创新自我效能、结果期望、社区影响对用户知识分享行为有显著的正向影响.从检索的文献来看,类似该文的思路对在线社区知识共享行为进行分析的文章较多,学者基于社会认知^[7-9]、社会资本^[10-11]、社会交换^[12-13]等不同的理论,来分析识别用户知识共享行为的影响因素.

针对用户知识共享行为的影响因素或在线社区知识共享存在的问题,有学者引入区块链技术,将区块链技术与知识共享相结合,试图找出相应的解决方案.方刚等^[14](2021)基于系统动力学模型,以Stemmit区块链网络社区为研究对象,研究区块链对协同创新中知识共享的影响,并得出区块链技术有助于构建全新协同创新生态系统.施艳萍等^[15]基于人文社科专题数据库协同管理存在的问题,构建了基于区块链的人文社科专题协同管理模型.高锡荣等^[16]设计了在线知识共享侵权问题的技术破解框架,用以解决版权问题.张江甫^[17]提出了分布式创新知识区块链,构建三星公司面向区块链技术的知识服务界面.李志宏^[18]等分析了将区块链技术应用于社区知识分享过程的必要性与可行性,并设计了知识分

享的概念框架.

综合现有文献,可以发现区块链在虚拟社区领域的研究主要将焦点放在阐述区块链的特性,分析区块链技术解决知识共享问题的可行性,或者设计实施框架上,总体不够深入.因此,该领域仍存在着一些重要问题有待解决.首先,如何借助区块链技术在解决社区知识共享问题的同时,兼顾到知识内容的版权保护.目前尚未发现在虚拟社区中综合考虑知识共享机制设计与侵权问题破解相结合的相关研究,然而在知识共享过程中考虑版权保护是理所当然,也是至关重要的.其次,知识共享及共享过程中的版权保护活动涉及知识提供者/使用者、版权管理部门、仲裁机构等多类别主体参与,在这样的环境下,如何设计比区块链单链或联盟链更适合的方案,值得深入研究.区块链跨链技术更适用于参与主体相对复杂的场景,能够实现多个区块链之间的数字资产转移与信息交互.然而目前尚未发现将区块链跨链技术应用到虚拟社区知识共享中的研究.再次,如何具体实现在线社区知识共享的跨链方案,包括知识内容存储技术、关键业务流程与共识机制设计、主要功能实现等问题都有待进一步解决.

本文将针对上述问题,深入探讨区块链技术在知识共享领域中的应用,结合版权保护设计基于区块链跨链技术的在线社区知识共享方案,对涉及知识内容的存储方案、知识共享的业务流程与总体框架、共识机制、具体功能模块等进行设计与实现,并对整体方案进行科学合理的分析与检验.

2 区块链在线社区知识共享方案

2.1 资源存储方案设计

在虚拟社区知识共享过程中,创作传播的知识文件往往较大.由于区块链全节点备份、高冗余的特性,若将知识资源全部通过区块链网络来存储传输,将会严重影响区块链的性能,甚至可能导致网络瘫痪.本方案采取“元数据+云存储”的方案来解决上述问题,即将知识资源的元数据Hash值存储在区块链上,而将知识资源的具体内容通过链下云服务的方式进行存储.链上用户通过元数据了解知识资源的基本信息,通过元数据对应的云存储来获取知识资源的具体内容^[19-20].

元数据主要是描述数据属性的信息,用来支持如指示存储位置、历史数据、资源查找、文件记录等功能.本文的知识资源元数据主要是通过区块链

上描述数据属性,让其他用户知悉相应的知识资源信息.参考都柏林描述性元数据核心元素集^[21-23]以及借鉴 PREMIS 保存性元数据设计思路^[24-25],设计知识资源链上的元数据信息如表 1 所示.

表 1 知识资源元数据

Tab.1 Metadata of knowledge resources

元数据项	备注
Identifier	资源的唯一标识
Title	资源的名称
Creator	创建资源内容的主要责任者
Subject	资源内容的主题描述
Description	资源内容的描述
Contributor	资源的其他贡献者
Rights	资源的版权所有
Date	资源产生时间
Publisher	资源可能出版的实体名称
Type	资源所属的类别
Language	描述资源知识内容的语种
Source	资源的来源
Storage	资源的存储位置
Format	资源的物理或数字表现
Coverage	资源应用的范围
Price	资源转让的价格
Relation	与其他资源的索引关系

其中,Identifier是资源的唯一标识,如URI(统一资源标识符)、URL(统一资源定位符)、DOI(数字对象标识符)、ISBN(国际标准书号)、ISSN(国际标准刊号)等;Storage是资源存储的服务器;Format表示资源的格式,包括媒体类型或资源容量(数字资源所占空间的大小);Price表示资源价格,若免费资源则其值为0.

2.2 知识共享框架设计

2.2.1 总体框架

在线社区知识共享涉及知识提供者、知识使用者,同时也涉及版权的行政管理机构及司法机构.本文设计知识共享框架采取跨链的方式,主体部分包含在线社区区块链、版权监管区块链、版权仲裁区块链,具体如图 1 所示.

其中,A为在线社区区块链,它由知识提供者、知识使用者等用户参与,在一定的共识机制下形成知识共享节点数据.B为版权管理区块链,它由版权的行政管理机构参与,负责版权登记、管理等工作.C为版权仲裁区块链,它由司法机构参与,负责处理版权的维权工作.A、B、C为三条平行链,它们之间的信息交互通过中继链R来进行.采取这种“平行链-中

继链”形式的跨链结构,使得各平行链能够更多地处理与自身密切相关的业务.它们仅在需要信息交互时,才通过中继链跨链传递消息,这样的方式更符合实际情况.

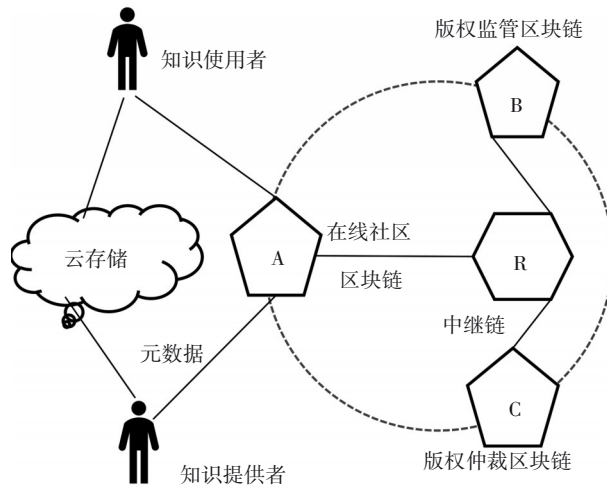


图 1 知识共享总体框架

Fig.1 Overall framework of knowledge sharing

2.2.2 框架进一步细化

对图 1 的总框架进一步细化,对在线社区区块链部分,可将其划分为知识上传与存储、知识共享、授权验证与访问控制、智能合约等几个部分,具体步骤说明如下:

(1)知识提供者创作知识,将加密后的原始知识和提取签名一并上传至云设备中,并将原始知识的元数据上传到区块链中.知识提供者能够决定是否允许社区中其他人使用其知识.

(2)知识使用者需要访问知识时,会先向知识提供者请求访问授权.若获批准,知识使用者将会得到原始知识的验证签名,然后通过验证签名去获取云存储中的知识.若验证签名与存储在云设备中的提取签名一致,则可获得原始数据资源.

若知识需要付费,则使用者首先需要购买付费,转账完成后可获得知识资源访问授权或获得所有权.

需特别说明的是,上述步骤(2)将通过智能合约来实现,当知识使用者向区块链发出访问请求,区块链节点会验证知识使用者是否符合访问条件.若符合,智能合约会自动触发执行,否则系统不会执行任何操作.同样,付费知识的交易双方,当满足交易智能合约的触发条件时,会自动实现买方转账付款,进而获得知识访问权或实现版权变更.在线社区区块链细化框架如图 2 所示.

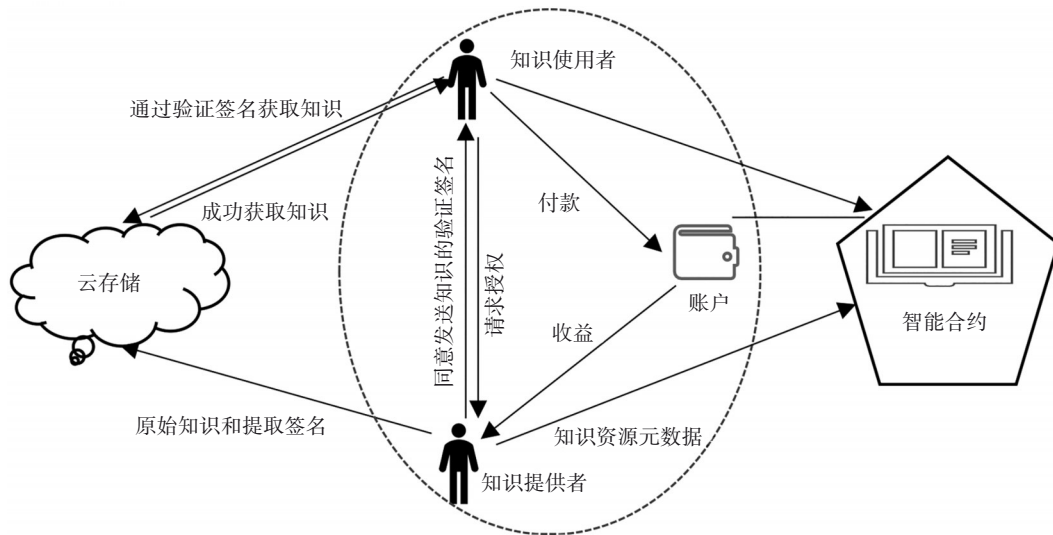


图2 在线社区区块链细化框架

Fig.2 Detailed framework of online community blockchain

版权监管区块链可以实现在线社区知识资源的版权管理.首先,实现版权登记业务.版权登记的流程为:(1)设定一个判断原创性的阈值,其含义是欲登记的作品与已有作品相似程度的最高值.(2)知识提供者通过中继链向版权监管区块链节点申请版权登记,当得到同意后,即启动申请者的身份验证和知识资源的相似度检验的智能合约.在进行相似度检验时,区块链会调用链下存储资源数据库与当前的申请版权登记的资源进行相似性比对,得出相似度的值.(3)将获得的相似度值与预先设定的原创性阈值进行比较,当相似度值高于原创性阈值时,判定知识资源不具有原创性,驳回版权登记申请.否则,版权登记申请成功,将知识资源的Hash值及申请者身份信息一同存储在版权监管区块链中.其次,实现知识产权的交易转让业务.当购买者需要购买知识资源时,若资源的所有人不明确,可通过版权监管区块链进行查询.资源交易将触发版权交易智能合约,实现交易金额的转账及版权登记的变更.

版权仲裁区块链主要实现对知识资源在共享、交易或转让过程中出现的侵权行为的处理.当作品版权所有人发现被侵权后,通过中继链向版权仲裁区块链提交侵权人及侵权作品信息.仲裁部门核实申请人身份后,通过中继链向在线社区区块链、版权监管区块链核实侵权行为是否存在.若属实,则触发侵权处理智能合约,判定侵权程度,结算赔偿数额,发起全网共识,更新版权登记账本.版权监管与版权仲裁区块链细化框架如图3所示^[26-27].

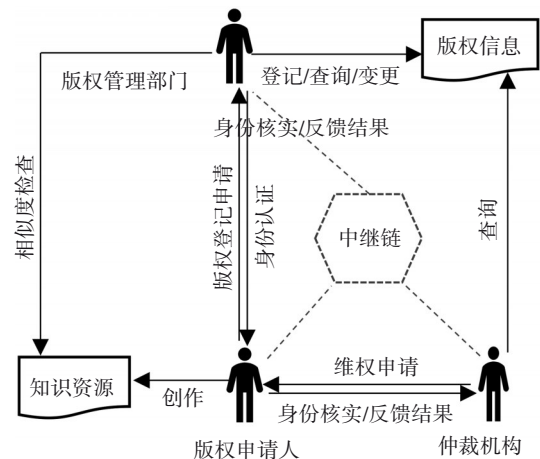


图3 版权监管与版权仲裁区块链细化框架

Fig.3 Detailed framework of copyright supervision and copyright arbitration blockchain

2.3 共识与激励机制设计

本文的在线社区知识共享方案采取NPOS共识机制^[28-30]设计区块链网络,参与者角色包括验证人、收集人、提名人、钓鱼人.其中,验证人的主要作用是对区块进行有效性验证与确认;收集人负责给验证人制造有效的平行链区块,同时关注网络情况,向验证人提供与证明恶意行为;提名人通过质押代币参与选举一个或多个可信赖的验证人候选人;钓鱼人通过监督整个平台上的各种活动来判断其他参与者是否违规进而阻止恶意行为.各角色的信息交互方式如图4所示^[31].

该方案设计了良好的激励机制,在平行链及中继链中均设有管理角色激励池和内容生产激励池,

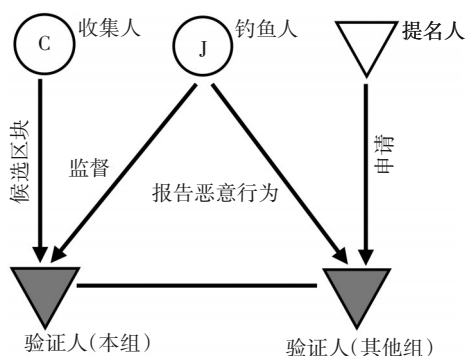


图 4 四个角色间的信息交互

Fig.4 Information interaction process among four roles

前者用于激励收集人、验证人、钓鱼人等对区块链的维护工作,后者用于激励区块链的内容生产,管理角色的工作以内容生产活动为基础.各链每生成一个区块,就将其产生的代币按比例(如 1 : 1)分别存储在两个激励池中.借助激励池代币及运作机制能够较好地激励各类用户参与到区块链维护及知识共享的活动中.具体而言:

(1)收集人在正确地打包平行链的交易、生成新区块后,即可获得相应的手续费以及从管理角色激励池中获得一定量的代币.

(2)提名人质押一定数量的代币给信任的验证人,验证人若能正常履行职责即可获得固定额度的奖励,他们再将该奖励根据与提名人预先设置的分成比例,划拨给提名人.在这个过程中,若验证人失职(例如离线或错误验证节点等),则没收提名人与验证人自身质押的代币.

(3)钓鱼人质押一定数量的代币,监控验证人的非法行为,若验证人作恶(如批准了无效的平行链区块),钓鱼人可以向其他验证人举报,并将从管理者激励池中获得丰厚的奖励.

(4)用户在社区区块链上发布信息,一方面,若获得足够多的转发与点赞,发布者与参与者都可从内容生产激励池中获得一定量的奖励,其中发布者获得的奖励多,转发或点赞等参与者获得的少.另一方面,若发布的消息被举报存在质量问题并被证实,则发布者与参与者将承担相同量的代币与信誉损失.

相比于 POS 机制,NOPS 采取了一种新的共识方式来表达相对少数派的“民意”.由于 POS 采取的方式是,拥有的“股权”越多,获得的收益就越大,在这样的方式下,容易造成算力寡头,无法代表“民意”.而 NOPS 机制鼓励任何代币持有人都可作为提名人参与到共识过程中.提名人将代币质押给验证人,系

统选择总质押数较大的候选人作为验证人,获得验证人资格的节点具有同等额度的奖励.在这样的方式下,质押数多的验证人,其提名人所获得的单位收益则相对较少,因此提名人更愿意以代币去质押那些总质押数较少、优质的验证人候选人,从而达到体现“少数派”的民意.NPOS 验证人产生与运作机制如图 5 所示.

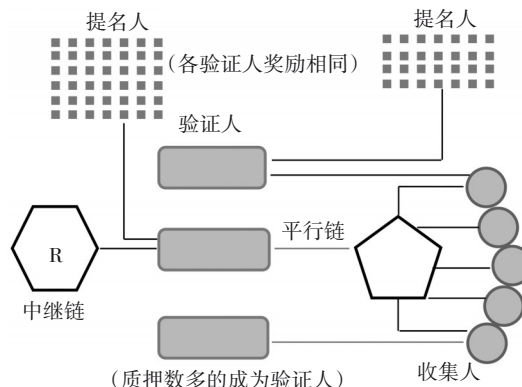


图 5 验证人产生与运作机制

Fig.5 Generation and operation mechanism of validator

2.4 方案的实现

整体方案可以采取基于 Substrate 框架进行设计实现,Substrate 是一个用于构建区块链的开源的、模块化的和可扩展的区块链开发框架.Substrate 提供了构建区块链的核心组件,为区块链开发者提供了一个简单、灵活、自由的框架平台,基于 Substrate 开发区块链的难度大大降低.

2.4.1 开发环境构建

本文的方案基于 Windows 平台开发,需搭建的环境包括 Substrate 区块链开发环境、Web 客户端开发环境,涉及的开发工具及编程语言如表 2 所示.

表 2 开发工具及编程语言

工具	版本	说明
Rust	1.54.0-nightly	Substrate 区块链的开发语言
Rustup	1.24.2	不同版本 Rust 的管理工具
Cargo	1.54.0-nightly	Rust 语言包管理工具
React.js	15.3.2	Web 开发框架,构建用户界面的 Javascript 库
Node.js	14.17.0	运行在服务端的 JavaScript 环境
yarn	1.22.10	Node.js 信赖管理工具
npm	6.14.13	Node.js 包管理工具
Substrate	3.0.0	区块链开发框架
Visual Studio Code	1.56.2	Rust 语言代码编辑器
Ink	3.0	编写部署区块链智能合约

2.4.2 区块链跨链实现

区块链跨链需要与中继链进行信息交互,这过程涉及交互信息的收集与处理等,需要发挥收集人角色作用.限于文章篇幅,本文仅简单展示如何实现让区块链中的节点成为收集人节点,关键代码如表3所示.

表3 跨链处理的部分核心代码

Tab.3 Some core codes of cross chain processing

```
fn produce_candidate<I: IntroIterator<Item=(ParaId, Message)>>
  (&self, last_head: HeadData, _ingress: I, )->Result<(BlockData,
    HeadData), InvalidHead> {
  let next_body=AdderBody {state, add, };
  let next_head=: : adder::execute(adder_head.hash(), adder_head,
    &next_body).expect("good execution params; qed");
  let encoded_head=HeadData(next_head.encode());
  let encoded_body=BlockData(next_body.encode());
  Ok((encoded_body, encoded_head))}
```

函数 produce_candidate 用于配置作为收集人节点的平行链上下文环境,主要流程是从本地读取到创世区块的区块头和区块体并输出.中继链跨链实现是基于跨链消息传递协议(XCMP),其中 Ingress 和 Egress 分别为跨链的进口和出口队列^[32].

3 方案分析检验

该方案具有良好的特性,主要表现在三个方面:

(1)良好的科学合理性.首先,本方案采取跨链的方式实现在线社区知识共享,并包含知识资源确权和维权管理功能.现有的区块链知识共享或区块链版权保护措施都是基于公有链或联盟链,版权保护的机构或部门都只是链上的一个节点:它们只能处理自身所在链上业务,无法处理其他业务,与现实实际情况相违背.相比于这样的方式,区块链跨链方案在知识资源版权保护方面具有更大的优势,也更符合实际.其次,区块链上存储的是知识资源的元数据信息,并非完整的源文件,这样的存储方式,缓解了传统方式下随着用户数量增多造成链上数据的存储空间快速增长的问题,从而避免了区块链性能下降的现象,保障了区块链资源存储的可行性.再次,区块链上存储的元数据信息是基于都柏林描述性元数据核心元素集及 PREMIS 保存性元数据的设计思路,这些元素集已经过长时间的检验且被广泛应用,确保了元数据设计的合理性.

(2)良好的安全性.本文采用的 NPOS 共识机制保障了区块链节点的诚实行为.传统的 POS 方式容易产生节点寡头,NPOS 共识机制放弃了简单的以投票数多少来确定超级节点的方式,而采用基于所有提名人投票情况,按照票数均等原则选出若干验证节点.验证人依赖于他们抵押的代币,他们的失职行为会受到惩罚,其他的角色也有类似的奖励惩罚机制,这种方式有效地避免了区块链中不诚实节点的存在,从而保障了整体安全性.

(3)良好的执行效率.本文的区块链是基于 Substrate 框架构建的.由于 Substrate 采用的是 Rust 语言进行开发,该语言具有更快的执行速度和更高的安全性,从而确保了区块链更好的执行效率.

在区块链系统中,出块速度是评价区块链性能的重要指标,一般以平均出块速度衡量.经系统运行测试,本方案主体出块链的区块时间在 5.6 秒至 6.2 秒范围内,相比于其他公有链,如比特币(10分钟)、以太坊(15秒)有更短の出块时间,更好地满足了在线社区知识共享的需要.

4 总结

区块链具有去中心化、分布式、不可篡改、智能合约等特性,为解决在线社区的信任、个人隐私风险和用户知识产权的保障、社区用户的激励等问题提供了良好的解决方案,基于区块链的在线社区能够较好促进用户进行知识共享.本文创新性地提出并设计了基于区块链跨链的在线社区知识共享方案,并将版权保护、侵权维权问题的处理融入方案中.具体而言,所做的主要工作包括:

首先,提出了“元数据+云存储”的方式来设计区块链的资源访问与存储方案.由于区块链上的数据是冗余存储,为了不影响区块链的网络性能,借鉴都柏林描述性元数据核心元素集及 PREMIS 保存性元数据的设计思路设计了知识资源的元数据.

其次,设计了区块链知识共享的总体框架,采取基于跨链的方式实现在线社区的知识共享,将知识共享与知识产权保护有机地整合在一起.构建的在线社区知识共享方案包含知识共享区块链、版权监管区块链及版权仲裁区块链,各链通过中继链来维护整体方案的安全及进行消息交互.基于跨链的在线社区知识共享方案,相比于单纯的公链或联盟链方案更符合生活实际.

再次,提出了采用 NPOS 共识机制来设计区块链

网络.NPOS 共识机制能够更广泛地代表“民意”,避免了POS机制的“富者越富”、POW机制中算力资源浪费等问题.文章详细阐述了在知识共享环境下NPOS机制各角色的信息交互机制.

最后,文章提出基于Substrate框架,开发区块链跨链的信息交互和知识共享的相关功能.

本文的研究也存在一些问题有待解决,例如区块链可以保障链上知识资源传输的安全性,如何保障链下数据的安全,是否可以将链下的数据存储空间完全转移到链上还有待进一步研究.另外,本文虽为实现一些功能撰写了程序代码,但仅是部分关键代码,若要构建一条完善的、无任何漏洞的区块链需考虑更多的细节问题.

参考文献

- [1] 中国互联网络信息中心.第49次中国互联网络发展状况统计报告[EB/OL]. <https://tv.cctv.com/2022/02/26/VIDEovp0NEoZbHpiLKug30Z5220226.shtml>, 2022-02-26.
China Internet Network Information Center. The 49th statistical report on the development of China's Internet [EB/OL]. <https://tv.cctv.com/2022/02/26/VIDEovp0NEoZbHpiLKug30Z5220226.shtml>, 2022-02-26.
- [2] LIU J Q, ZHANG Z P, QI J Y, *et al.* Understanding the impact of opinion leaders' characteristics on online group knowledge-sharing engagement from in-group and out-group perspectives: evidence from a Chinese online knowledge-sharing community [J]. *Sustainability*, 2019, 11(16):4461.
- [3] MA Y, ZHANG Q, YIN Q Y, *et al.* The influence of top managers on environmental information disclosure: the moderating effect of company's environmental performance [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(7): 1167.
- [4] 李贺,张克永,洪闯. 开放式创新社区创客知识共享影响因素研究[J]. *图书情报工作*, 2017, 61(21):13-21.
LI H, ZHANG K Y, HONG C. Research on the influence factors of maker knowledge sharing in the open innovation community [J]. *Library and Information Service*, 2017, 61(21): 13-21. (In Chinese)
- [5] AWAN M K, CORTESI A. Blockchain transaction analysis using dominant sets [C]//*Computer Information Systems and Industrial Management*. 2017: 229-239.
- [6] ALI M S, VECCHIO M, PINCHEIRA M, *et al.* Applications of blockchains in the Internet of Things: a comprehensive survey [J]. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2019, 21(2): 1676-1717.
- [7] 周涛,何莲子,邓胜利. 开放式创新社区用户知识分享的影响因素研究[J]. *现代情报*, 2020, 40(3):58-64.
ZHOU T, HE L Z, DENG S L. Research on the factors affecting users' knowledge sharing in open innovation communities [J]. *Journal of Modern Information*, 2020, 40(3):58-64. (In Chinese)
- [8] TSENG F C, KUO F Y. A study of social participation and knowledge sharing in the teachers' online professional community of practice [J]. *Computers & Education*, 2014, 72:37-47.
- [9] 刘瑞贤,邢彩霞. 虚拟社区下信任对创客知识共享的影响分析——以社会认知理论为研究视角[J]. *商业经济研究*, 2017(6): 138-140.
LIU R X, XING C X. Analysis of the impact of trust on maker knowledge sharing in virtual community - from the perspective of social cognitive theory [J]. *Journal of Commercial Economics*, 2017(6): 138-140.
- [10] 彭显欣,邓朝华,吴江. 基于社会资本与动机理论的在线健康社区医学专业用户知识共享行为分析[J]. *数据分析与知识发现*, 2019, 3(4):63-70.
PENG Y X, DENG Z H, WU J. Analysis of knowledge sharing behavior of medical professional users in online health communities based on social capital and motivation theory [J]. *Data Analysis and Knowledge Discovery*, 2019, 3(4):63-70. (In Chinese)
- [11] 王楠,张士凯,赵雨柔,等. 在线社区中领先用户特征对知识共享水平的影响研究——社会资本的中介作用[J]. *管理评论*, 2019(2):82-93.
WANG N, ZHANG S K, ZHAO Y R, *et al.* The impact of lead user ness on knowledge sharing level in online community - the mediating role of social capital [J]. *Management Review*, 2019(2):82-93.
- [12] 司慧迎,邹平. 共享创新、社会交换与新创组织的知识共享机制[J]. *云南大学学报(社会科学版)*, 2021(3):133-144.
SI H Y, ZOU P. On the Knowledge-sharing mechanism of shared innovation, social exchange and start-up organizations [J]. *Journal of Yunnan Minzu University (Social Sciences)*, 2021(3): 133-144.
- [13] 徐鹏,张鹏. 网络问答社区知识分享动机探究——社会交换论的视角[J]. *图书情报知识*, 2018(2):105-112.
XU P, ZHANG D. A research on the motivation of knowledge sharing in online & community: from the perspective of social exchange theory [J]. *Documentation Information & Knowledge*, 2018(2): 105-112.
- [14] 方刚,王家辉. 基于区块链技术的协同创新知识共享研究[J/OL]. *科技进步与对策*:1-10 [2022-09-13]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1224.g3.20210615.1013.010.html>.
FANG G, WANG J H. Research on knowledge sharing of collaborative innovation based on blockchain technology [J/OL]. *Science & Technology Progress and Policy*: 1-10 [2022-09-13]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1224.g3.20210615.1013.010.html>.
- [15] 施艳萍,李阳,卞一洋. 基于区块链的人文社科专题数据库协同管理研究[J]. *信息资源管理学报*, 2020, 10(5):30-37.
SHI Y P, LI Y, BIAN Y Y. Research on collaborative management of humanities and social sciences thematic database based on blockchain [J]. *Journal of Information Resources Management*, 2020, 10(5):30-37. (In Chinese)
- [16] 高锡荣,谭宇. 在线知识共享中侵权问题及其技术破解框架研

- 究[J]. 数字图书馆论坛, 2019(6):29-38.
- GAO X R, TAN Y. A study on infringement and technical solution framework of knowledge sharing online [J]. Digital Library Forum, 2019(6):29-38. (In Chinese)
- [17] 张江甫, 顾新, 许世英. 区块链技术视角下分布式创新的知识区块链研究[J]. 情报科学, 2022, 40(3):55-62.
- ZHANG J F, GU X, XU S Y. Knowledge-blockchain of distributed innovation from the perspective of blockchain technology [J]. Information Science, 2022, 40(3):55-62. (In Chinese)
- [18] 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.
- LI Z H, QIAO G H, TANG H T, *et al.* Blockchain technology and community knowledge sharing [J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(15):199-208. (In Chinese)
- [19] 张晓娟, 唐长乐. 我国政府信息元数据标准体系框架构建及其应用流程[J]. 信息资源管理学报, 2018, 8(3):25-36.
- ZHANG X J, TANG C L. Study on the construction of the framework of metadata standards for government information in China [J]. Journal of Information Resources Management, 2018, 8(3):25-36. (In Chinese)
- [20] CHEN Y, XIE H, LV K, *et al.* DEPLEST: a blockchain-based privacy-preserving distributed database toward user behaviors in social networks [J]. Information Sciences, 2019, 501:100-117.
- [21] 聂勇浩, 李若欣. 基于都柏林核心元素集的口述档案元数据方案[J]. 档案学研究, 2020(3):129-136.
- NIE Y H, LI R X. A metadata schema for oral archives based on Dublin core [J]. Archives Science Study, 2020(3):129-136. (In Chinese)
- [22] MARON D, FEINBERG M. What does it mean to adopt a metadata standard, A case study of Omeka and the Dublin Core [J]. Journal of Documentation, 2018, 74(4):674-691.
- [23] BALATSOUKAS P, ROUSIDIS D, GAROUFALLOU E. A method for examining metadata quality in open research datasets using the OAI-PMH and SQL queries: the case of the Dublin Core 'Subject' element and suggestions for user-centred metadata annotation design [J]. International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies, 2018, 13(1):1.
- [24] QARABOLAQ Z F, INALLOU M S, HAFEZI H A, *et al.* The role of PREMIS preservation metadata in information management in virtual museums [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013, 73:396-402.
- [25] ALEMNEH D G, HASTINGS S K. Exploration of adoption of preservation metadata in cultural heritage institutions: case of PREMIS [J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2010, 47(1):1-8.
- [26] 许娅楠. 基于区块链的虚拟知识社区代币激励机制仿真研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- XU Y N. Simulation research on token incentive mechanism of virtual knowledge community based on blockchain [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019. (In Chinese)
- [27] 黄郑正, 张晓蝶, 赵金辉, 等. 基于区块链的知识共享机制的设计 [J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2021, 35(9):143-151.
- HUANG Z Z, ZHANG X D, ZHAO J H, *et al.* Design of knowledge sharing mechanism based on blockchain [J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2021, 35(9):143-151. (In Chinese)
- [28] GAO Y L, CHEN X B, XU G, *et al.* A novel quantum blockchain scheme base on quantum entanglement and DPoS [J]. Quantum Information Processing, 2020, 19(12):1-15.
- [29] GAVIN W. Polkadot: vision for a heterogenous multi-chain framework [EB/OL]. <https://polkadot.network/PolkaDotPaper.pdf>
- [30] 路爱同. 基于 Hyperledger Sawtooth 的区块链跨链技术研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- LU A T. Research on blockchain cross-chain technology based on hyper ledger sawtooth [D]. Changchun: Jilin University, 2020. (In Chinese)
- [31] 宁梦月, 刘东苏. 基于区块链技术的数字知识产权保护方案研究 [J]. 情报理论与实践, 2020, 43(7):144-150.
- NING M Y, LIU D S. Research on digital intellectual property protection scheme based on blockchain technology [J]. Information Studies: Theory & Application, 2020, 43(7):144-150. (In Chinese)
- [32] 王靖. 基于区块链的电子健康记录隐私保护方案研究与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- WANG J. Research and implementation of privacy preservation scheme of electronic health records based on blockchain [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2020. (In Chinese)