

引用格式:文荫华,郑杭涵,周杰鹏,韦纪岚,冯政杰,温建伟,林杰,王崧,林卫国.联盟区块链环境下的数字IP版权保护技术[J].中国传媒大学学报(自然科学版),2023,30(01):39-46.

文章编号:1673-4793(2023)01-0039-08

联盟区块链环境下的数字IP版权保护技术

文荫华¹,郑杭涵¹,周杰鹏¹,韦纪岚¹,冯政杰¹,温建伟¹,林杰¹,王崧¹,林卫国^{2*}

(1.暨南大学信息科学与技术学院,广州518053;2.媒体融合与传播国家重点实验室,中国传媒大学,北京100024)

摘要:针对数字作品版权确权难、侵权监测难、维权取证难、版税结算难等问题,本文提出将区块链技术嵌入网络数字内容生产、版权交易和版权保护,使得数字作品内容的产生、传播、交易都受到追踪和监测。本文基于联盟区块链技术为数字作品IP版权提供存证性证明以及实现证据固化,采用自主算法为数字作品版权提供版权、原创性证明,并基于智能合约保障版权交易的安全可靠性。所建系统包含数字作品确权、用户管理、版权登记、版权交易、侵权监测和证据固化生态六大场景,涵盖了版权管理的主要环节,解决了区块链应用于版权管理中的技术难题,克服了传统版权维护成本高、效率低的缺陷,有助于促进区块链技术在版权管理行业的应用与研究。

关键词:数字作品;版权;区块链;Hyperledger Fabric

中图分类号:TP311 **文献标识码:**A

Digital IP copyright protection technology under the alliance blockchain environment

WEN Yinhua¹, ZHENG Hanghan¹, ZHOU Jiepeng¹, FENG Zhengjie¹,

WEN Jianwei¹, LIN Jie¹, WANG Ke¹, LIN Weiguo^{2*}

(1.College of Information Science and Technology,Jinan University,Guangzhou 518053,China;2.State Key Laboratory of Media Convergence and Communication, Beijing 100024, China)

Abstract: In view of the difficulties of digital works copyright confirmation, infringement monitoring, rights protection and evidence collection, royalty settlement and other problems, this paper proposes to embed blockchain technology into the network digital content production, copyright trading and copyright protection mechanism, so that the production, transmission and transaction of digital works will be tracked and monitored. Based on the alliance blockchain technology, we provide proof of the existence and solidification of the evidence for the IP copyright of digital works, provide proof of copyright and originality for the copyright of digital works by using autonomous algorithms, and guarantee the security and reliability of copyright transactions based on smart contracts. The system includes six major scenarios: digital works right confirmation, user management, copyright registration, copyright trading, infringement monitoring and evidence consolidation ecology. It covers the main links of copyright management, solves the technical problems in the application of blockchain to copyright management, and overcomes the defects of high cost and low efficiency in traditional copyright maintenance. It is helpful to promote the application and research

基金项目:媒体融合与传播国家重点实验室(中国传媒大学)开放课题(SKLMCC2021KF008)

作者简介(*为通讯作者):文荫华(2000-),男,主要从事计算机科学与技术研究。Email:relih233@gmail.com;林卫国(1976-),男,博士,教授,主要从事计算机科学与技术研究。Email:linwei@cuc.edu.cn

of blockchain technology in the copyright management industry.

Keywords: digital work; copyright; blockchain; hyperledger Fabric

1 引言

1.1 研究意义

近几年,由于各大互联网公司对数字作品版权的运营,使得数字作品领域变得越来越多样化。数字作品有不同的表现形式,它们彼此影响共同发展,促进了很多数字作品领域优质内容的挖掘与运用,延伸了优秀IP的活跃周期,实现了数字作品IP在各类市场中的高利用价值。但同时,在数字作品版权领域也出现了越来越多的侵权问题^[4-6]。互联网扩散信息成本低、传播效率高,对数字作品领域的发展造成了很大阻碍^[1-3]。

传统艺术品版权交易方式大多是通过线上或线下签合同的方式,而数字作品在版权方面与传统的艺术品版权有许多不同之处,传统线下合同方式无法满足数字作品版权确权、维权和追溯等管理需求。而区块链技术因其独特的技术特点,能够满足版权管理的各类需求^[1],并且因其不需要第三方可信平台中间担保,使得版权交易几乎不需要额外的费用。每次交易都会被实时记录,交易双方只需要在交易平台上就可以任意地查询自己所属的全部交易,鉴于区块链的数据共享特性,只需要在区块链上进行版权信息的登记就能够让所有人确认该作者具有此数字作品的所有权。

区块链实质上是许多节点组成的去中心化数据库系统,每个节点都保存了一个完整的账本,通过一种去中心化协议以及共识机制来保证各个节点内的数据库内容都是一致的^[4]。分布式的系统中,只要所有被攻击的节点没有达到整个分布式系统的一半以上,整个分布式系统还是可以正常地处理请求,区块链内的数据因其底层的结构原因也无法被恶意的修改内容,智能合约是部署在节点上的一些程序,它的运行不需要任何其他支持,并且在区块链中的每一次交易都是透明并不可逆转的。

数字作品版权管理面临的主要问题包括:

(1)对于内容管理方,缺乏行业的规范化服务,并且版权的交易信息很难让公众知晓,对于版权的收益,难以公平有效地分配数字作品版权作者的利益,导致作者获取收益少甚至难以获取收益。

(2)对于需要寻找作品的内容需求方,难以联系到该内容的原创作者,对于版权的购买无从着手。并且版

权的交易过程过于错综复杂,往往需要耗费很长的时间周期才能完成版权交易。

(3)对于原创作者,传统模式的版权申请需要等待较长的时间,并且发现侵权后进行维权申诉时,往往在取证环节需要高昂的费用并且需要等待漫长的时间才能知晓维权结果。

因此,本文针对上述问题,提出了一个基于联盟区块链的数字作品版权管理解决方案,具体如下:

(1)对于内容管理方,搭建一个版权服务平台,其他用户可以通过这个平台浏览到已经登记的作品版权的一些基础信息,并且使用联盟区块链的方式来记录这些数字作品的版权信息,保护版权数据,可以有效的阻止黑客通过网络进入到系统中篡改版权数据。

(2)对于内容需求方,可以通过版权服务平台寻找到需求的版权作品,并与版权作者进行沟通进行版权交易,并将这些交易数据存储在区块链内,并通过密钥对这些数据进行处理,只有通过配对的公钥才能提取出有效的数据,达到隐私不可随意查看以及不可篡改的目的。

(3)对于原创作者,通过版权服务平台进行版权作品登记认证,同时具备维权申诉的功能,为作者维护自己的版权提供便利。

本文的主要贡献:

(1)设计并实现了以联盟区块链Fabric为基础的数字作品IP版权保护与交易的系统,实现了数字作品IP提供版权的登记溯源、交易溯源与维权申诉等功能,并提供数字作品的原创性检验。

(2)以区块链技术的数字签名、非对称性加密算法、哈希函数为技术支撑,对图像、照片、文本、音乐等数字作品进行原创性检验,计算出数字作品的哈希值,并将该值以及版权信息写入区块链的交易中,最终达到不可篡改、快速便捷的目标。

(3)以联盟链Fabric为基础,通过自动预设指令的方式产生交易,提供了智能的运营模式基础,确保了模型透明安全、高效以及自动化运作。

1.2 国内外发展现状

在国内数字作品版权保护领域,中国版权保护中心联合了新浪以及京东等互联网公司,探究并设置了标准联盟链,该平台主要由迅雷提供技术支撑^[5]。“人民版权”

平台对数字作品以及作者等信息利用加密方法生成唯一与这个作品相关联的指纹DNA,通过区块链内各个节点内预先布置好的链码将此指纹字符串保存至区块链中;并且可以通过一些技术手段对网络内的信息进行监测,对一些作品的侵权行为进行取证并上传至区块链;通过一个联盟区块链将司法维权取证服务与互联网法院的跨链进行串通数据共享,实现针对数字作品版权的维权申诉数字取证互通^[6];实现了线上交易平台,使得版权交易等问题通过一站式解决。2020年初,科技部对区块链在数字作品版权保护领域的研究予以立项^[7],国内相关政府部门也在研究探索将其与数字作品版权保护相结合,一些互联网公司、与区块链相关的公司和一些专注于作品发布服务的网站都在研究实现将区块链与数字作品版权相结合。

在国外,Ascribe公司最早开发了一款艺术家发布作品的平台^[8],通过计算作品上传时间以及作者信息的哈希值作为知识产权标记,并将该信息保存至区块链中,并且为所有作者上传的作品创建可持续所有权结构。首先将艺术作品进行数字化,再通过区块链技术对作品发布,能够在该网站上进行交易,不需要第三方平台做担保,这些交易信息都会分发到区块链上,不仅公开透明,而且让版权交易变得更高效率。Ascribe能够在绝大多数的数字作品上进行应用,拍摄录制和设计,也能够应用在如雕塑和物理装置上,人们只需要把制作的作品拍照并上传。通过将区块链应用在数字作品领域,可以证明作品的稀缺性,据此给予作者合法的利益。

2 系统架构

2.1 联盟链Fabric

数字作品版权保护场景有较复杂的业务逻辑和参与者角色划分,对于业务执行效率、安全性要求很高,并且针对常见的如支付、数据/信息交易等场景,隐私保护也是重中之重。共同体区块链中应用最广泛的是Hyperledger Fabric项目^[9],它是由Linux基金会维护的一个插件化、可拓展的区块链联盟链项目,不依赖任何加密货币,对有着共同目标(业务需求)但彼此不具有完全信息的实体之间的业务提供了保护。

(1)交易

在Fabric联盟链中,收到一笔新的交易后,首先会将这笔交易提交到背书节点,模拟交易执行并进行背书,再将已经背书的节点进行排序并广播到Fabric网络的其它分支,所有分支接收到消息后验证交易并更新状

态^[10]。并且在每个节点接入到网络进行交易时都需要进行身份的验证,Fabric正是通过身份验证(绑定现实身份)来弱化节点作恶,使用通道机制将各类信息交互进行隔离极大地提高了系统的安全性和实现了隐私保护。

(2)身份管理

Fabric提供MSP(Membership Service Provider)成员管理提供商,主要用来控制CA证书,当用户需要接入节点时进行验证是否是可信任的,生成证书给予该节点相应的权力。此模块可插拔,并允许第三方CA接入^[11],拓展了系统的应用范围,Fabric CA同时提供客户端和SDK两种对接方式。每一个Fabric CA都有一个根CA或中心CA,一般采用根CA、业务CA和用户CA三层树结构,所有的下层CA会继承上层CA的信任体系,根CA用来签发营业CA,营业CA用来签发详细的用户CA(身份认证CA、买卖署名、平安通信CA等)。

(3)通道

本质上每个通道就是单独的账本,有着不同的世界状态,网络中的一个节点可以同时加入多个通道。这种机制可以很好地划分不同的业务场景,也不用担心交易信息泄漏问题。

(4)分布式账本

全部的交易最终都会保存到所有节点链中,这也是区块链诸多特性的核心。Fabric中交易可以存储相关业务信息,区块是一组排列后的交易集合,将区块通过密码算法链接起来就是区块链。账本主要保存世界状态和事务日志,对账本的每个操作都会记录在日志中,不可篡改,分布式账本结构如图1所示。

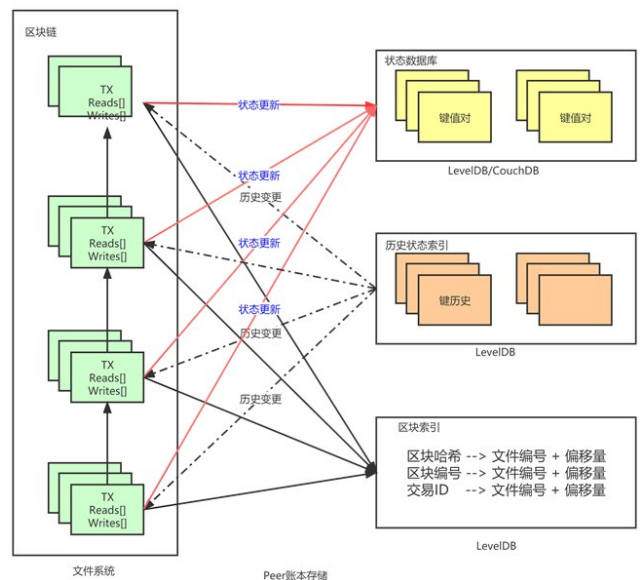


图1 分布式账本结构

2.2 系统总体架构

本节主要针对 Fabric 联盟区块链的各项核心组件设计,并形成 Fabric 数字版权保护服务的联盟区块链的整体架构,为 Fabric 数字版权保护服务平台提供基础的运行环境。

(1) 角色组织结构及通道设计

版权保护平台使用的单位或者角色不止一个,有多个角色参与到该平台的运转中。数字作品版权保护平台包括了普通用户组织,该组织主要包括了作品作者以及购买版权者;版权监管组织,该组织包括了法院判决者以及版权监管部门。普通用户组织与版权监管组织之间可以创建多个通道进行通信,通道将传输的信息进行隔离,使得通道外的实体无法访问通道内的信息,即用户的证据信息不会被公开。Fabric 数字作品版权保护平台组织之间存在两个通道,其中一个通道用于所有的信息共享,该通道传输一些公开的信息,还有一个隐私通道,用于隐私数据的传输,系统各组织划分如图 2 所示。

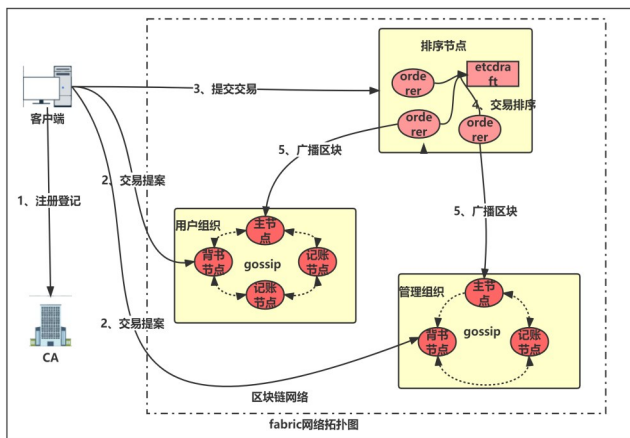


图 2 角色组织图

(2) 共识机制选择

因为区块链实质上是一个去中心化的分布式系统,并且区块链中的每个区块都是以相同的规则排序,因此需要通过共识机制来保障各个节点以相同的顺序状态保存完整的账本以解决分布式系统一致性问题。目前 Fabric 提供了三种共识机制,分别是 solo、kafka 以及 etcdraft。Fabric 区块链中每次交易的共识可以分为三个阶段,分别为提议阶段、打包阶段和验证阶段。在 Fabric 网络的共识算法中,solo 这种单节点模式不适合大多数场景,因为会出现多个组织都请求放置共识节点的情况,网络环境中只有一个共识排

序节点不适用于生产环境,通常用于测试开发环境。kafka 虽然可以弥补 solo 的缺陷,但是 kafka 需要基于 zookeeper(分布式应用程序协调服务软件),导致整个系统需要集成的环境特别多,系统规模变庞大,增加了服务器的负担。raft 是一种基于 etcd 的崩溃容错(CFT)排序服务,它在内部使用的是领导者和追随者模型,在通道中的 order 节点之间动态地选出领导者,通道中的追随者节点通过复制领导者的消息达到一致性效果。

(3) 链码设计

基于数字作品版权保护的安全问题和现状,本文设计身份验证、隐私信息加密和存证追溯三种服务,设计以下链码函数为 Fabric 网络节点提供服务:

a) addBlock(data): 向 Fabric 联盟区块链账本中添加需要存证的信息。例如,将作品版权信息添加至账本中,这些信息都以 Json 字符串的形式进行存储,并指定对应的区块键值便于之后读取。

b) getBlock(params): 通过键值查询已经上链的存证信息,查询的内容包括作品版权信息、交易订单信息、认证进度信息以及版权登记证书信息。

c) codeData(data): 通过非对称加密算法对信息进行处理防止他人查看这些信息,主要针对隐私信息。

d) check(data): 核验用户身份是否合法,即检查用户发送请求时的证书以及密钥是否合法,如果证书未过期并且密钥合法满足对应的条件返回成功,否则抛出异常。

(4) 平台实现

数字作品版权保护平台分为了五个部分,分别为客户端、Web 前端、服务器后端、Fabric 联盟区块链以及 OSS 云存储库。客户端部分为普通用户使用,使用 Java 语言为基础的 Android 技术进行构建;Web 前端部分为数字版权监督管理者使用,使用 Vue 框架进行搭建;后端部分使用 SpringBoot 进行搭建,并配合 Mybatis 框架对数据库进行操作,融合了 Jwt 技术生成 token 令牌;OSS 云存储库部分用于存储各类文件,并将存储库设置为私有存储库,用户需要经过 STS 技术获取临时访问令牌才能对相应的文件进行操作。

(5) 系统功能

数字作品版权保护系统主要实现了以下几个功能:

● 身份验证功能:除了传统的验证环节,系统通过 MSP 服务对每一次请求的用户传输证书以及密钥进行验证,提高了系统的安全性,有效防止了恶意攻击对系统正常运作的影响。

- 版权登记认证功能:**通过线上的方式实现快速的数字作品原创性认证以及版权登记,大大缩短了版权认证周期,并将版权与作品等数据记录至区块链中,提高了版权与作品等相关数据的安全性。
- 版权交易功能:**通过数字作品版权保护平台搜索需求的数字作品,利用即时通讯协商价格,并通过线上的方式完成数字作品的版权交易,省去了数字作品版权查找的麻烦,简化了版权交易流程,交易数据都存证至区块链中,保证了整个系统的高可信度。
- 维权申诉功能:**通过数字作品版权保护平台进行数字化取证,简化了证据提交过程,并且法院人员可通过该平台对维权申诉进行判决,使处理维权申诉变得方便快捷。

因此,Fabric 数字版权保护服务平台主要划分为四大模块:个人账户、版权交易、调节维权以及版权登记溯源模块,图3为数字版权保护系统的功能架构。

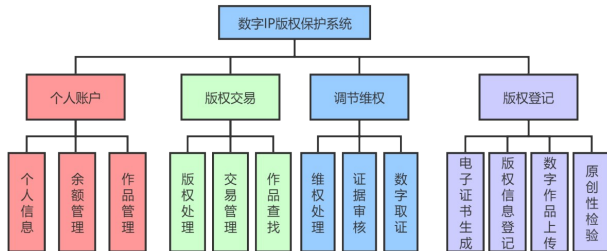


图3 数字版权保护系统功能框架

个人账户模块主要包括用户个人信息的管理,余额管理负责用户账户的充值以及在版权交易过程中对账户余额做相应的增减操作,作品管理用于用户对个人登记过版权或者从其他用户购买过版权的作品进行相应的管理操作。

版权交易模块中作品查找负责版权数字作品的查找,寻找购买方需要的对应作品,并对作品做相应的信息展示使购买者明确是否符合购买需求。交易管理负责获取数字作品作者交易版权的许可,以及让双方协商版权交易价格并做出相应的金额扣除与增加。版权处理负责对该作品的版权信息进行对应的修改。

调节维权模块中数字取证负责申请维权者上传数字证据,如图片、视频等,并将证据信息上传至区块链中防止恶意篡改。证据审核即平台的审核员对维权者上

传的证据进行核实,并对核实的结果进行公布。维权处理即当证据核实后根据平台的规则或其他条规对侵权者做相应的处罚。

版权登记模块中原创性检验主要负责检验版权登记的作品是否存在与版权库内作品相似程度较大或其他侵权问题,如发现则直接中断该作品的版权登记。数字作品上传即将已通过原创性检验的作品加入版权库中,并将该作品原件上传至作品存储库中。版权信息登记负责将作品以及作者信息进行加密处理,并将该信息上传至区块链中。电子证书生成会对成功登记版权的作品生成电子证书,并将该证书保存至该用户的个人账户中以便用户查看。

a) 版权交易模块

本模块需要在已经登记作品的前提下进行操作,并将交易信息进行存证,为之后的交易追溯提供便利。版权交易存证将数字作品版权的交易信息,包括交易时间、交易金额、作品信息添加至Fabric账本中。追溯交易记录通过对Fabric账本访问,对用户的历史交易记录进行查询展示。

版权交易模块旨在将交易的相关信息记录到Fabric账本当中,并且对交易信息中的隐私信息进行非对称加密,并通过MSP对用户的身份进行核验,防止非法人员冒充用户进行查阅信息。在进行交易信息的传输时通过通道技术将信息与外部隔绝,使数据仅交易双方可以查阅。图4为数字作品可信存证时序图,购买者首先给出价格发起订单,Fabric服务平台通过非对称加密技术处理后上传到Fabric网络中,待出售者处理订单后再将结果反馈给购买者。

b) 版权存证追溯

版权存证追溯模块实现对用户作品的验证,并在用户的同意许可下对作品进行登记生成版权证书,将作品信息以及证书信息进行存证,作品的部分信息对所有用户公开,一部分隐私信息仅供版权作者查看。

作者首先将需要登记的作品进行上传,服务端会对该作品进行原创性验证,通过与已经登记的版权库的作品进行比对,若作品重复率高于阈值则直接反馈作者认证失败,若通过则待作者确认进行版权登记后生成对应的版权登记证书,并将登记证书以及作品信息经过非对称加密技术将一部分隐私信息进行加密后记录到Fabric网络中的账本当中,当用户需要查询相关信息时,可在核验完身份后进行查询。图5为版权存证追溯服务时序图。

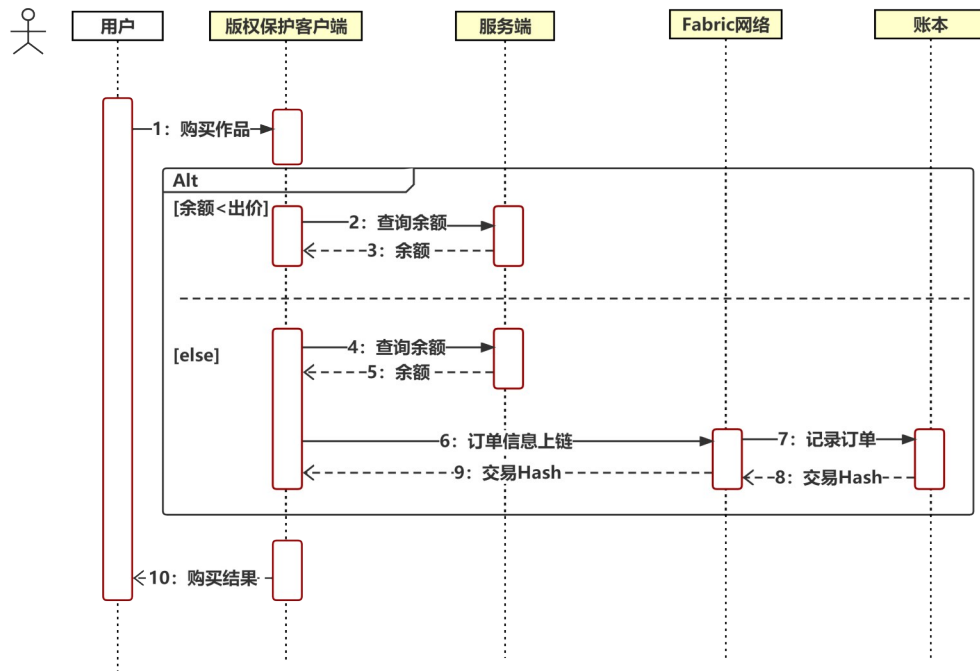


图4 购买作品时序图

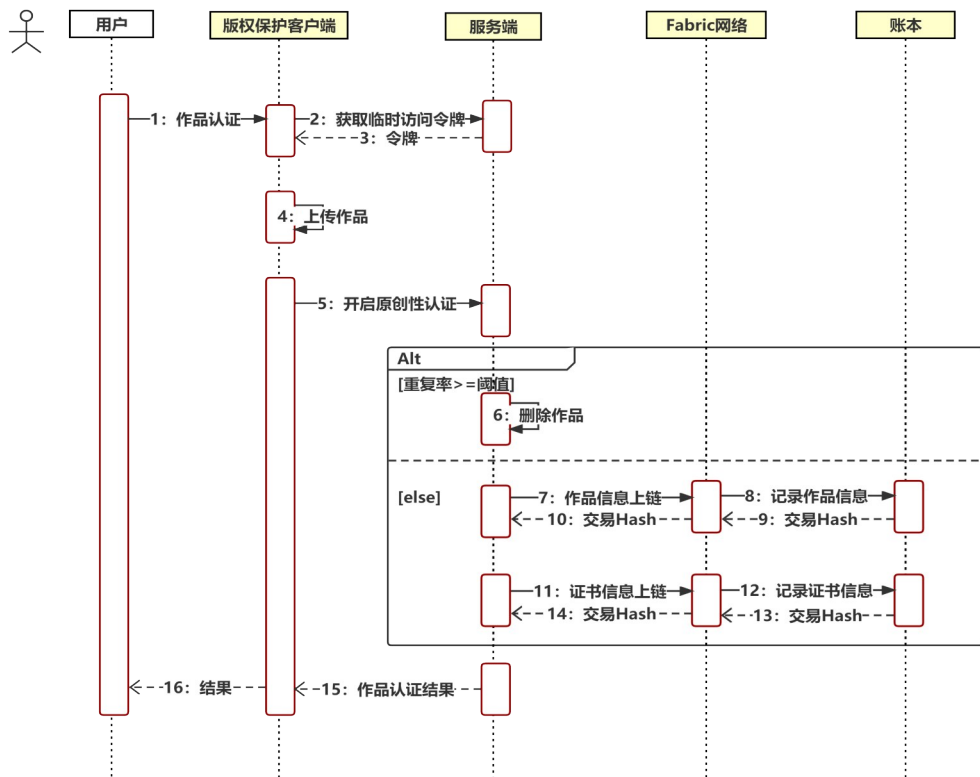


图5 作品认证时序图

(6)数据库

数字IP版权保护系统既在联盟区块链中存储相应的数据,也在Mysql数据库中存储相应的数据,使查询数据

时有更快的响应速度。Mysql数据库中还保存了一些额外重要等级较低的数据,以此来减少反复访问区块链导致区块链处理效率降低。图6为数据库实体关系(ER)图。

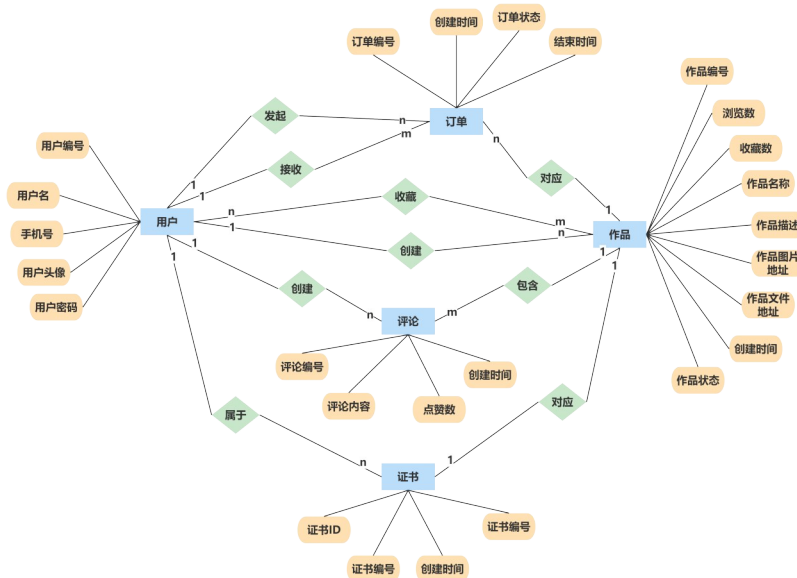


图6 数据库ER图

3 实验

数字IP版权保护平台实验环境如表1所示。

表1 测试环境与硬件

功能名称	功能描述	硬件
服务器	虚拟机:VMware 环境:GO、Node、JDK 数据库:Mysql 操作系统:Linux	CPU:i7-10750H 内存:4GB 硬盘:100GB
普通用户客户端	操作系统:Android 12 其他支撑软件:WPS	CPU:高通骁龙865 内存:12GB 硬盘:256GB
管理人员客户端	操作系统:Windows11 专业版 浏览器:Google Chrome	CPU:i7-10750H 内存:16GB 硬盘:1TB

3.1 测试指标

区块链技术分布式系统类似,每一个节点都对应于分布式系统的一个分支,能够处理gRPC远程调用的请求。让所有节点内的账本数据即整个链的顺序保持一致性是区块链关键技术之一,通常分布式系统需要考察以下指标:

- 查询吞吐量(Query Throughput):每秒处理的查询请求量
- 共识吞吐量(Consensus Throughput):每秒处理的共识请求量
- 一致性吞吐率(Consistency Throughput):每秒完成的同步业务数
- 平均时延(Avg Latency):完成一次事务的平均耗时

- 失败率(Fail Rate):出现业务失败(含超时)的比例

借助caliper性能测试工具^[12]执行查询与交易操作,通过设置不同的测试次数来查看每次测试对应的指标情况。并采用Prometheus以及Grafana可视化工具来查看整个区块链的总体情况。

3.2 结果分析

对区块链进行不同交易数量的测试,受到计算机硬件的影响最终在发起2500笔交易时Fabric网络处理交易的平均时间在6秒左右,当交易数量较少时可以达到秒级处理交易,表2为测试结果的各项数据。

表2 测试交易实验数据

测试	测试内容	成功数	失败数	发送率	平均处理用时	吞吐量
1	交易	500	0	2.6tps	0.95s	2.6tps
2	交易	1000	0	3.8tps	2.34s	3.8tps
3	交易	2500	0	8.6tps	5.94s	8.6tps

对区块链的查询进行实验,通过对查询数量请求的不断增多,最终在发起10000次查询请求时,Fabric网络处理请求的平均速度接近2秒,表3为测试结果的各项数据。

表3 测试查询实验数据

测试	测试内容	成功数	失败数	发送率	平均处理用时	吞吐量
1	查询	1000	0	19.4tps	0.42s	19.4tps
2	查询	2500	0	67.8tps	0.51s	67tps
3	查询	10000	0	992.6tps	1.87s	992tps

除了针对各种请求的实验,还可以观测到整个服务器的状态以及区块链的状态,图7为Grafana工具显示



图7 区块链状态图

4 结论

本文以 Fabric 联盟区块链为底层基础构建了数字 IP 版权保护服务,并在此基础上使用 SpringBoot 框架构建整个系统平台后端,使用 Mybatis 以及 Mybatis-plus 映射框架操作云 MySQL 数据库,以 Vue 框架构建数字版权保护系统中版权监督与管理使用的 Web 平台,使用 Android 技术并采用 JetPack 中的 MVVM 架构模型构建普通用户使用的 APP 平台。该平台解决了传统线下作品登记耗时周期长以及安全性的问题,通过版权保护 APP 可以直接进行作品收集,并在数小时内告知版权登记结果,通过将版权登记信息保存至联盟区块链中防止恶意攻击者进行篡改;解决了传统线下维权申诉信息不互通以及耗时周期长的问题,通过版权保护 APP 可以进行数字取证,并将这些证据信息保存至联盟区块链中,维权申诉平台同样使用该区块链进行数据共享;解决了传统版权登记不易被需求方发现的问题,通过版权保护平台可以通过查询模块寻找需求;解决了传统系统平台数据篡改的问题,通过 Fabric 联盟区块链来存储各类信息,可以对区块内的信息进行溯源,列出区块下所有历史版本数据。

参考文献 (References):

[1] 吴健,高力,朱静宁.基于区块链技术的数字版权保护[J].广播电视信息,2016(7):3.

- [2] Kosba A, Miller A, Shi E, et al. Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts[C]//2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). IEEE, 2016.
- [3] 李悦,黄俊钦,王瑞锦.基于区块链的数字作品DCI管控模型[J].计算机应用,2017,37(11):7.
- [4] 聂静.基于区块链的数字出版版权保护[J].出版发行研究,2017(09):33-36.
- [5] 申林,陈朋颖.区块链技术对短视频版权保护的作用探析[J].传媒,2021(20):56-58.
- [6] 王清,陈潇婷.区块链技术在数字著作权保护中的运用与法律规制[J].湖北大学学报:哲学社会科学版,2019,46(3):8.
- [7] 刘德生,葛建平,董宜斌.浅议区块链技术在图书著作权保护和交易中的应用[J].科技与出版,2017(6):4.
- [8] 代闯闯,栾海晶,杨雪莹,过晓冰,陆忠华,牛北方.区块链技术研究综述[J].计算机科学,2021,48(S2):500-508.
- [9] 江艳梅,刘焯,路青.基于区块链技术的高校图书馆数字资源存储和共享模式[J].信息与电脑(理论版),2019(16):148-150.
- [10] 赵红礼,李莉莉.区块链在城市轨道交通中的应用场景[J].现代城市轨道交通,2021(07):1-4.
- [11] 杨洵,王景中,付杨,王宝成.基于国密算法的区块链架构[J].计算机系统应用,2020,29(08):16-23.
- [12] 王东,张馨.区块链技术应用于政府采购信用体系建设中的价值与路径[J].西华大学学报(哲学社会科学版),2021,40(05):37-46.

编辑:龙学锋