

基于区块链和边缘计算的智慧农业系统

林波¹ 杨睿哲^{1,2} 杨兆鑫¹ 金凯¹ 张延华^{1,2}

1. 北京工业大学信息学部 北京 100124;

2. 北京未来网络高精尖创新中心 北京 100124

摘要 近年来,互联网技术的飞速发展推动农业生产,相继形成数字农业、精确农业、智慧农业等。本文提出一种基于无线传感器网络,采用区块链和边缘计算技术的智慧农业系统,利用区块链的不可篡改、安全加密等特点来保障系统的可靠性和鲁棒性,结合边缘计算的网络、计算、存储服务资源实现大规模无线传感器的信息获取、数据处理和存储,从而构建智能化的农业系统,有效提高农产品生产效率,同时为消费者提供全面的农产品生产信息。

关键词: 智慧农业; 区块链; 无线传感器; 边缘计算

中图分类号: G35

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



Smart Agriculture System Based on Blockchain and Edge Computing

LIN Bo¹ YANG Ruizhe^{1,2} YANG Zhaoxin¹ JIN Kai¹ ZHANG Yanhua^{1,2}

1. Faculty of Information Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Beijing Advanced Innovation Center for Future Internet Technology, Beijing 100124, China

Abstract With the rapid application of the Internet for agriculture in recent years, digital agriculture, precision agriculture and smart agriculture have been greatly developed. This paper proposed a smart agricultural system framework based on blockchain combined with edge computing on top of wireless sensor networks. Based on the blockchain technology in Ethereum environment, it can guarantee

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61571021); 北京工业大学基础研究基金项目(040000546317525)。

作者简介: 林波(1993-), 硕士研究生, 研究方向: 移动边缘计算技术及区块链技术应用; 杨睿哲(1982-), 讲师, 研究方向: 无线通信技术与移动边缘计算技术等方面的研究; 杨兆鑫(1993-), 博士研究生, 研究方向: 区块链技术与数据挖掘技术; 金凯(1994-), 硕士研究生, 研究方向: 区块链技术及智能合约应用; 张延华(1960-), 教授, 研究方向: 信号及信息处理、智慧无线网络方面的研究, E-mail: zhangyh@bjut.edu.cn。

the scalability and robustness of the system while the extensive computational service resources of edge computing and wireless sensor information acquisition make a more artificial and intelligent agricultural system to improve the production efficiency of agriculture and provide consumers with more comprehensive information on the production.

Keywords: Smart agriculture; blockchain; wireless sensor; edge computing

1 引言

智慧农业是结合了感知技术和物联网技术,使农业生产形成存在有机联系的整体系统,实现现代化农业的智能化和有效运转^[1]。智慧农业系统主要是利用无线传感器、通信网络、数据库、自动控制等技术,建立对农业生产环境进行全面实时监测、农业自动化设备远程控制的农业监控系统^[2-3]。然而,在智慧农业的体系中,大量数据往往存储在数据库中,如何保证安全隐私的数据不被泄露,农产品问题追踪时数据不被恶意修改,成为一个重要的问题。

另一方面,随着数字货币的兴起,作为数字货币的底层技术——区块链(Blockchain)也被越来越多的人关注,区块链是以去中心化的分布式账本方式安全记录所有货币的交易信息^[4]。区块链具有去中心化、数据不可篡改性、透明度高等特性,保障存储的数据可信追溯并且不被篡改。但是,区块链的可扩展性差和每个区块的存储容量太小,不适合用于存储照片或者视频等大内存的文件。边缘计算和IPFS(Inter Planetary File System, IPFS)机制的兴起解决了区块链结构的不足。

本文提出将区块链技术结合边缘计算、

IPFS应用于智慧农业系统。首先结合区块链特点解决了传统数据库中数据容易篡改、隐私数据容易被泄露等弊端,体现出区块链应用于智慧农业系统的数据安全可靠,不可被篡改的优势,其次,借助边缘计算和IPFS的特点,解决了区块链可扩展性差和区块内存太小的不足,本文提出基于区块链的边缘计算智慧农业系统的架构,将体系分为物理层、区块链层和数据应用层。

2 智慧农业系统的关键技术及融合

2.1 区块链

区块链是指通过去中心化和去信任的方式由集体分布式地维护一个可靠账本的技术方案^[5]。区块链技术的基础架构模型如图1所示。一般说来,区块链架构由数据层、网络层、共识层、激励层、合约层和应用层6层组成。

数据层封装了底层数据区块以及相关的数据加密和时间戳等技术;网络层则包括分布式组网机制、数据传播机制和数据验证机制等;共识层主要封装网络节点的各类共识算法,目前主流的共识算法有工作量证明、权益证和股份授权证明机;激励层将经济因素集成到区块

链体系中，主要包括经济激励的发行机制和分配机制等；合约层主要封装各类脚本、算法和智能合约，是区块链可编程特性的基础；应用层则封装了区块链的各种应用场景和案例。



图1 区块链基础架构

另一方面，区块链作为数字货币的一项关键技术，以去中心化的分布式账本方式安全记录所有货币交易信息。区块链通过哈希指针构建的链表数据结构，而哈希指针是一个指向数据存储位置及其位置数据的哈希值的指针，其不仅可以明确数据存储的位置，还可以验证该数据是否被篡改过^[6]。如图2所示，在区块链中每一个区块包含区块头和区块内容，其中区块头包含版本号、父区块哈希值、默克尔树根、时间戳、随机数和目标阈值，区块内容包含交易数量和交易集合。所有的交易历史都存储在区块链中，形成一个去中心化的分布式数据库。区块链这一结构使其具有去中心化、不可篡改、开放透明、安全加密等一些重要特征，从而实现不需要人员参与就可以管理记录交易，进而降低运营成本和提高共享服务的效率。

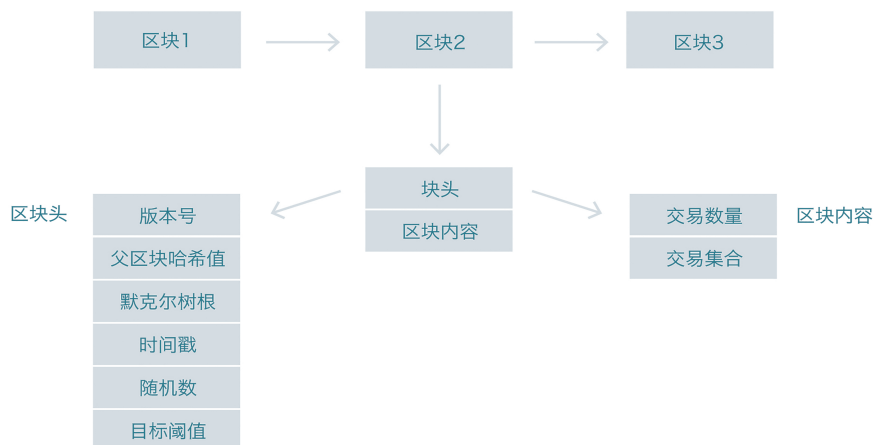


图2 区块内容

2.2 边缘计算

边缘计算是一种分散式运算架构，将应用程序、数据资料与服务的运算，由网络中心节

点移往网络逻辑上的边缘节点来处理^[7]。边缘运算将原本完全由中心节点处理大型服务加以分解，切割成更小与更容易管理的部分，分散

到边缘节点去处理,缓解了中心节点的计算压力,同时边缘节点更接近于用户终端装置,可以加快数据的处理与传送速度、降低延迟、节省成本、降低设备复杂性和管理。

2.3 IPFS (Inter Planetary File System)

IPFS是一个拥有多节点的分布式文件系统,它综合了传统P2P系统的想法,包括分布式哈希表,BitTorrent协议,版本控制系统和自认证文件系统^[8]。IPFS的创新之处是将功能拓展到更广泛地使用P2P文件共享,它不仅提供了分散的数据存储,而且还提供了带宽更高的数据分发协议和数据传输协议,并且速度更快^[9]。其本质上是一种内容可寻址、版本化、点对点的分布式存储、传输协议。

IPFS从根本上改变了用户的搜索方式,通过IPFS,用户搜索的是内容。用户搜索文件时,首先找到本地服务器的位置,然后使用存储文件获得的哈希值(也是地址)在服务器上查找文件,只有文件所有者可以判断这是否是用户要找的文件。同时,必须保证保存文件者不会通过移除文件或者关闭服务器而对文件做任何更改。用户可以快速找到拥有数据的节点,从而检索该数据,并使用哈希值验证数据是否正确。IPFS具有通用性及存储限制很少的特点。

2.4 区块链、边缘计算和IPFS的融合

在智慧农业的体系中,大量数据存储数据库,数据库中的内容容易被泄露和篡改,导致出现农产品问题时,无法追责,数据的真实性难以保证,于是本论文根据区块

链具有去中心化、数据不可篡改性、透明度高特性用于存储农产品数据,可保障存储的数据可信追溯并且不被篡改,有效解决智慧农业的缺陷,但区块链本身的每个区块容量小且伸展性差,无法满足智慧农业的需求,于是引入边缘计算和IPFS机制改善这一弊端,边缘计算用于管理本地网络、打包数据格式以及提供计算能力,数据从智能终端通过边缘网关传输到边缘节点,其中照片和视频等内存较大的文件要先通过IPFS机制存储,将存储后返回的内容哈希值通过云服务器传输到边缘节点,并与之前的数据以JSON格式打包,打包后的数据以交易的形式存于区块链中,一旦交易完成,存储于区块链中的数据无法篡改,根据交易后的哈希值实时查询数据。

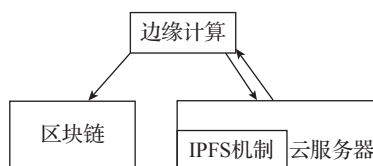


图3 关键技术流程图

3 智慧农业系统组成

本文基于区块链技术,结合无线传感器、边缘计算、IPFS机制提出智慧农业系统架构,如图4所示,由物理层、区块链层、数据应用层组成。其中物理层负责对农作物的数据进行收集和上传,区块链层负责对数据进行存储加密,确保其不可篡改,数据应用层主要用来实现对文本数据的存储和查询。

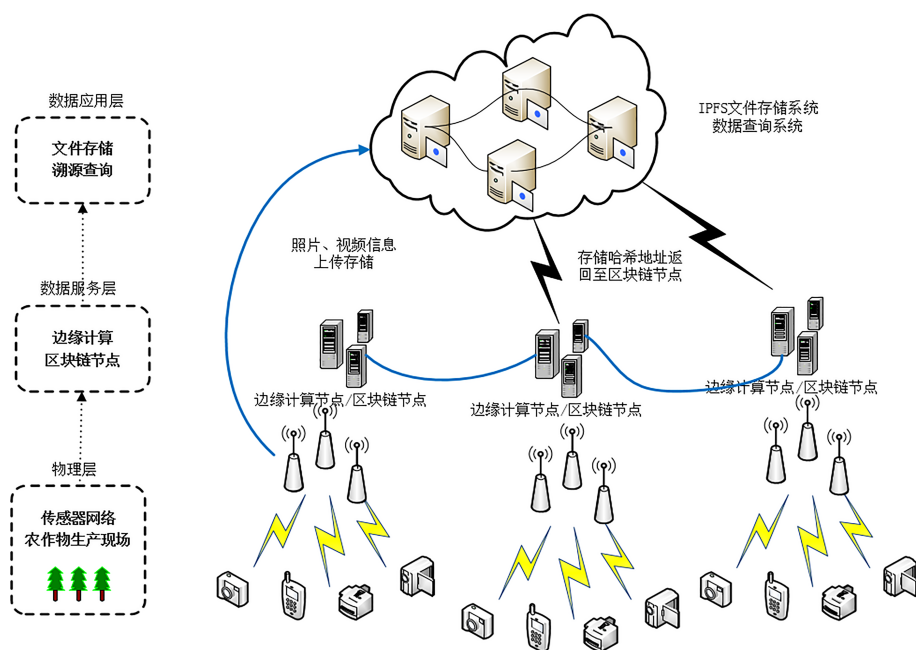


图4 智慧农业系统架构

（1）物理层

物理层为数据采集层，通过各类无线传感器节点和摄像头自组织形成局域网络，实现对各类数据采集，边缘网关负责对采集的数据进行分析、处理并将结果进行临时缓存，管理无线传感器，同时，边缘网关以JSON格式封装数据并以发布模式将其上传至数据应用层。

（2）数据服务层

数据服务层为数据存储层，有区块链和边缘计算两个部分组成，用于存储数据和为不具有计算能力的设备提供算力，由物理层传输过来的数据暂存于边缘节点中作为备份，同时，边缘网关提供IPFS和区块链中达成共识所需要的算力，降低时延。存储于区块链中的数据是以JSON的格式，通过交易的形式存于区块链中，在区块链的体系中，外来的攻击者无法获取任何文件数据，因为系统只是将文件的内容哈希值存于其中，确保其安全性。同时，数据

直接存于区块链中，基于区块链中的默克尔哈希树是通过叶节点对进行循环散列构造的，直到剩下单个散列默克尔根节点。可以通过比较默克尔哈希树的默克尔根节点来知道默克尔哈希树叶子节点中的数据信息是否被篡改。可以确保存储数据的完整性。边缘计算与区块链结合的共识机制流程如下图所示。

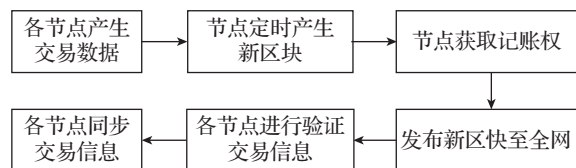


图5 共识机制流程图

- 1、区块链各节点产生新的交易数据，通过点对点传输到所有节点上。
- 2、所有节点利用共识机制定时生成新的候选区块。
- 3、所有节点利用签名算法、哈希算法等进行计算，这部分算力由边缘计算提供，最先计

算完成并广播的节点获取该交易的记账权，并将交易信息、上一区块哈希值、时间戳、难度值等字段内容打包填充到新区块中。

4、获得记账权的节点利用点对点传输机制将新区块向全网传输。

5、各节点接收到新区块后，利用签名算法、哈希算法等进行验证。

6、验证通过后，将新区块加入到已有区块链的链尾，达成共识。

(3) 数据应用层

数据应用层由IPFS和云端服务器组成，用

于文件的存储和查询，文件通过边缘网关从物理层上传到云端服务器缓存，利用IPFS文件存储机制，将缓存于云端服务器的文件通过点对点传输到网络各节点中进行存储，并将存储文件的各节点位置存于分布式哈希表，同时根据存储的文件获得内容哈希值，用于寻址和验证存储的文件，最后将获取的内容哈希值通过云端服务器传给边缘计算网关用作交易信息，区块链本身只需保存IPFS文件的内容哈希值即可。下图为基于IPFS、边缘计算、区块链的文件存储和查询流程图。

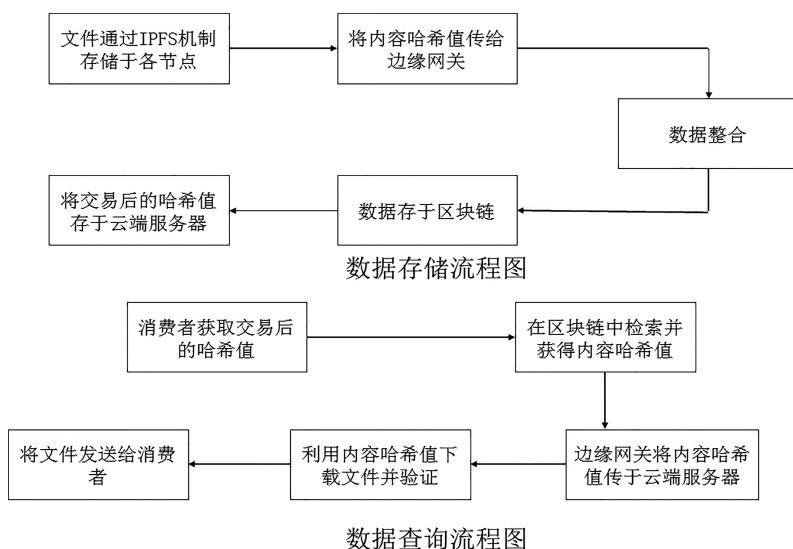


图6 文件存储和查询流程图

文件存储的具体流程如下：

1. 通过IPFS文件存储机制将文件存储于点对点网络中，并将存储文件节点的位置存于分布式哈希值列表中，便于下载文件。
2. 将存储文件后获取的哈希值通过云端服务器传于边缘网关，
3. 利用边缘网关数据处理和整合功能，将内容哈希值以Json文件格式存储。
4. 通过交易的形式，将文件存于区块链中。

5. 将交易后的哈希值通过边缘网关存于云端服务器，用于查询。

文件查询的具体流程如下：

1. 首先消费者通过农场提供的二维码获取交易后的哈希值。
2. 将获取到的哈希值用于区块链检索并获取内容哈希值，若没有检索到内容哈希值，说明交易后的哈希值被篡改了。
3. 边缘网关将内容哈希值传于云端服务器。

4. 根据内容哈希值进行寻址、验证文件并下载。

5. 最后将数据发送给消费者。

4 结论

本文提出基于区块链技术,并运用无线传感器、边缘计算、IPFS机制等技术的智慧农业系统,利用区块链系统去中心化、不可篡改的特点将数据进行存储,保证数据的可靠性,解决了数据存储不安全,易被篡改、农产品溯源等难题,同时利用边缘计算和IPFS机制有效解决了区块链可扩展性差和区块内存小等不足。为区块链应用落地,提供了新的思路,在智慧农业和数据存储等领域具有广泛的应用价值。

参考文献

- [1] 李道亮. 物联网与智慧农业[J]. 农业工程, 2012, 2(1):1-7.
- [2] 张莹. 无线传感器网络在智慧农业中的应用[J]. 渭南师范学院学报: 综合版, 2014(23):25-28.
- [3] 施连敏, 陈志峰, 盖之华. 物联网在智慧农业中的应用[J]. 农机化研究, 2013(6):250-252.
- [4] 叶小榕, 邵晴, 肖蓉. 基于区块链、智能合约和物联网的供应链原型系统[J]. 科技导报, 2017(23):62-69.
- [5] 甘国华. 细数区块链中那些关键技术[J]. 中国商界, 2018(1):112-113.
- [6] 马昂, 潘晓, 吴雷, 等. 区块链技术基础及应用研究综述[J]. 信息安全研究, 2017, 3(11):968-980.
- [7] 施巍松, 孙辉, 曹杰, 等. 边缘计算:万物互联时代新型计算模型[J]. 计算机研究与发展, 2017, 54(5):907-924.
- [8] Yu X L, Xu S, Liu B. EthDrive: A Peer-to-Peer Data Storage with Provenance[C]. International Conference on Advanced Information Systems Engineering. 2017.
- [9] Ali M S, Dolui K, Antonelli F. IoT data privacy via blockchains and IPFS[C]. International Conference on the Internet of Things. ACM, 2017.
- [10] 韩璇, 刘亚敏. 区块链技术中的共识机制研究[J]. 信息网络安全, 2017(9):147-152.
- [11] 李政道, 任晓聪. 区块链对互联网金融的影响探析及未来展望[J]. 技术经济与管理研究, 2016(10):75-78.
- [12] 赵阔, 邢永恒. 区块链技术驱动下的物联网安全研究综述[J]. 信息网络安全, 2017(5):1-6.
- [13] 张永, 李晓辉. 一种改进的区块链共识机制的研究与实现[J]. 电子设计工程, 2018, 26(1):38-42.
- [14] 孙志国. 区块链、物联网与智慧农业[J]. 农业展望, 2017(12):72-74.
- [15] 周新淳, 张瞳, 吕宏强. 基于物联网的精准化智慧农业大棚系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(12):44-49.
- [16] Confais B, Lebre A, Parrein B. An Object Store Service for a Fog/Edge Computing Infrastructure Based on IPFS and a Scale-Out NAS[C]. IEEE, International Conference on Fog and Edge Computing. IEEE, 2017:41-50.
- [17] 彭程. 基于物联网技术的智慧农业发展策略研究[J]. 西安邮电大学学报, 2012, 17(2):94-98.
- [18] Miller A, Juels A, Shi E, et al. Permacoin: Repurposing Bitcoin Work for Data Preservation[C]. IEEE Symposium on Security and Privacy. IEEE Computer Society, 2014:475-490.
- [19] Becker J, Breuker D, Heide T, et al. Can We Afford Integrity by Proof-of-Work? Scenarios Inspired by the Bitcoin Currency[C]. The Workshop on the Economics of Information Security. 2012.
- [20] 张琪, 胡宇鹏, 嵇存, 等. 边缘计算应用: 传感数据异常实时检测算法[J]. 计算机研究与发展, 2018, 55(3):524-536.
- [21] 李世荣, 陈永智, 廖惜春. 智慧农业无线传感器网络系统设计[J]. 自然科学版, 2012, 26(4):72-76.
- [22] 赵明慧, 张磊, 亓晋. 基于区块链的社会物联网可信服务管理框架[J]. 电信科学, 2017(10):19-25.
- [23] Xiong Z, Feng S, Niyato D, et al. Edge Computing Resource Management and Pricing for Mobile Blockchain[J]. 2017. arXiv: 1710.01567.
- [24] Rimba P, An B T, Weber I, et al. Comparing Blockchain and Cloud Services for Business Process Execution[C]. IEEE International Conference on Software Architecture. IEEE, 2017.