

区块链在供应链管理上的应用

金凯¹ 杨睿哲^{1,2} 杨兆鑫² 林波² 张延华¹

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 随着现代工业生产过程的优化,产品生产与销售中的各环节趋向于分散化,整个生产链不再取决于少数企业而更多的形成一种产品供应链的形式。现有供应链在管理过程中存在着数据不透明、难以建立信任、溯源追责困难等问题,而将具有去中心化、开放性、自治性、数据不可篡改性、透明度高特点的区块链引入供应链中,能够有效解决这些问题。本文提出将区块链技术、物联网技术、RFID 技术综合应用于供应链管理上,形成包括智能终端层、区块链层和应用层的区块链供应链体系架构,实现企业间生产、物流、销售形成的有效管理。

关键词: 区块链; 供应链; 物联网; RFID

中图分类号: G35

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



The Application of Blockchain in Supply Chain Management

JIN Kai¹ YANG Ruizhe^{1,2} YANG Zhaoxin² LIN Bo² ZHANG Yanhua¹

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 optimization of the modern industrial production process, some processes of production and sales tend to be separated, which no longer depend on one or two companies but form a

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: 金凯(1994-),硕士研究生,研究方向:区块链技术及智能合约应用;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;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;张延华(1960-),教授,研究方向:信号及信息处理、智慧无线通信网络方面的研究, E-mail: zhangyh@bjut.edu.cn。

supply chain. In the existing management of supply chains, it exist some problems such as opaque data, difficulty in establishing trust, tracing and tracking, and therefore the introduction of supply of blockchains with characteristics of decentralization, openness, autonomy, data modification, and high transparency seems essential. This paper introduced the technologies of blockchain, internet of things, and RFID to the supply chain and construct a blockchain based supply chain architecture that including the intelligent terminal layer, blockchain layer, and application layer, which may provide effective management of supply chain among production and logistics and sales.

Keywords: Blockchain; supply chain; internet of things; RFID

1 引言

自 2009 年中本聪提出比特币概念后, 区块链作为比特币的底层技术, 受到了广泛的关注。狭义上, 区块链是一串使用密码学方法相关联产生的包含交易信息的数据块, 且这些数据块按照时间戳顺序相连形成链式数据结构; 广义上, 区块链技术是利用块链式数据结构来验证与存储数据、利用分布式节点共识算法来生成和更新数据、利用密码学的方式保证数据传输和访问的安全、利用由自动化脚本代码组成的智能合约来编程和操作数据的一种全新的分布式基础架构与计算范式^[1-2]。区块链具有去中心化、开放性、自治性、数据不可篡改性、透明度高等特点, 因而能够广泛地应用于证券交易、电子商务、社交通信、文件存储、存在性证明、身份验证等领域, 且易于与物联网、智能终端等结合^[3]。

供应链作为由企业间供求关系形成的一种网链式结构, 是产品生产和流通过程中所涉及的原材料供应商、生产商、分销商、零售商以及最终消费者等成员通过与上游、下游成员的

连接组成的网络结构^[4-5]。在一条链上的各个节点企业互相依赖又相互独立, 各个节点企业之间存在大量互动与协作, 需要有效的管理通过整合供应商、生产商、销售商等各供应链上的众多环节当中, 减少供应链的成本, 促使物流和交易信息的交换, 以达到在正确的时间及正确的地点, 生产以及配送适当数量的正确商品, 提高企业的总体效益^[6]。

供应链是一个在不断发展过程中的动态网络。在供应链上围绕核心企业的生产商、供应商、销售商和客户都成为该网络系统中的节点, 彼此间通过各自的需求以及供应这样一种密切合作的关系, 逐级实现商品在供应链上的价值不断递增以及各个参与者之间的利益最大化^[7]。随着企业的外部环境因素和企业战略的更换, 供应链中各参与节点之间的联系需要不断的动态更新, 进而体现为供应链的动态性^[8]。当下的大部分供应链由于节点企业之间的相互独立, 彼此提供的数据不透明化, 且可能只适用于自己企业的内部系统, 缺乏标准化, 导致供应链的效率低下且消费者进行溯源查询时可信度不高^[9-10]。因此将区块链技术应用于供应链管理上,

解决现存供应链上的各种问题是一种必要的尝试。区块链技术作为一种大规模的协作工具，适合运用于供应链管理。

本文基于区块链技术，针对生产过程中涉及的供应链管理，提出一种区块链供应链体系架构。首先结合区块链特点，解决供应链中企业间建立信任困难，数据信息割裂，责任追溯困难三大难题，体现出将区块链应用于供应链的数据高透明，可追溯优势。其次，提出区块链供应链的体系架构，分为智能终端层、区块链层、应用层。再次，讨论区块链供应链在实际生产中的应用。最后，进行总结与讨论。

2 区块链供应链及智能合约

2.1 区块链解决的供应链痛点

2.1.1 信任问题

供应链由所涉及的原材料供应商、生产商、分销商、零售商以及最终消费者等成员构成，不同的主体之间必然存在大量的交互和协作，而整个供应链运行过程中产生的各类信息被离散地保存在各个环节各自的系统内，信息流缺乏透明度^[11]。同时在供应链建立之初的节点企业选择也是一大问题。现如今一条完整稳定的供应链需要企业之间通过长时间的信任积累才能逐渐成型，这消耗了大量的时间成本，且使得各个企业都将承担较大的风险^[12]。

拥有去中心化、透明度高特点的区块链能很好解决信任问题。区块链作为一个分布式记录账本，各个节点都拥有所有数据保证了供应链数据的透明性，且因为区块链的互联网共识

机制要求在区块链上添加交易数据时需要大部分节点参与验证，保证区块链数据不可篡改^[13]。同时区块链采用非对称加密算法进行加密，在加密过程中使用非对称密码公钥和私钥，引入混合加密机制和数据封装机制，使得安全性需求和所有权验证需求得到保障。区块链在不需要人与人之间信任的前提下，使得供应链的企业之间通过纯计算的方式建立彼此间的信任，而建立信任的成本极低，使得原本较弱的信任关系通过算法建立强信任的连接。

2.1.2 数据割裂

供应链涉及主体多且类型多样，因而导致整个供应链运行过程中产生的信息种类各不相同且数量庞大，且企业间相互独立，应用的数据管理系统不尽相同，采购、生产、物流、销售等环节的信息完全割裂，缺乏统一的平台存储、处理、共享和分析这些信息，限制了挖掘这些信息的潜在价值。同时各个企业在进行信息的审计和管理时将消耗大量的人力物力，信息交互不畅，大大增加了交易支付和账期审计的成本。

将区块链引入供应链信息管理，建立统一的信息存储平台，使所有企业结成联盟，将物流，信息流，资金流存储入区块链中，实时跟踪监管供应链信息动态，实现协同化工作。此外，利用区块链图灵完备的智能合约取代各式各样合同文件，实现供应链信息存储的规范标准化。区块链上的多个副本进行保存相较于单一的集中式数据库，效率有所降低，但在很多现实的应用中，存在多个企业对同一交易信息进行保存的状况，而应用区块链技术之后，避免了在这一状况下可能存在的同一笔交易信息的相关

数据不一致的情况,从而减少人工数据核实过程,达到节约成本的目的。

2.1.3 追责困难

当供应链各主体间出现纠纷时,举证和追责均耗时费力,甚至在有些情况下变得不可行。随着经济全球化的快速推进,企业必须在越来越大的范围内拓展市场,因此,供应链管理中的物流环节往往表现出多区域、长时间跨度的特征,使得假冒伪劣产品这样的难题很难彻底消除。

区块链供应链改变了消息拥有模式,由单一所有者拥有信息改变为所有参与者共享交易整个生命周期的账本信息,避免了信息不平等带来的欺诈问题。区块链作为分布式账本,任何一方都不能任意操纵账本内交易信息中的数据,交易是加密进行并且区块链中的数据都具有时间戳,数据不可篡改。这样就能使产品能追溯到整个供应流程的任一阶段。区块链高透明度、去中心化、不可篡改、交易可追溯的特性保证供应链上交易信息的公开化、民主化,如图 1:

供应链难点	传统供应链	区块链解决方案
信任问题	信息流缺乏透明度 需要企业间长时间 建立信任关系	区块链高透明特点 将人的信任变为机 器的信任
数据冗杂	投入大量人力物力 进行数据核对	统一平台 智能合约
追责问题	举证和追责费时费 力	区块链的数据不可 篡改性、交易可追 溯性和时间戳存在 证明

图 1 传统供应链与区块链供应链对比图

2.2 智能合约

智能合约从编程的角度来看是一段计算机执行程序,是一个脚本;而从经济学角度看,智能合约就是一份所有加入区块链的节点都认同的数字化合约。基于区块链的智能合约不仅能使区块链高效地节约人力成本,同时因为区块链数据不可篡改,高透明度,交易可追溯等特点又能使智能合约在区块链上高效地执行^[14-15]。

基于区块链的智能合约包括事务处理和存储机制,以及相配套的状态机,用于其部署和执行。智能合约的开发流程通常显示用智能合约编程语言编写逻辑代码,再用编译器进行编译,最后发布到区块链上等待调用合约。以以太坊为例,一般使用 solidity 作为智能合约编程语言,采用 solc 编译器编译,运行于以太坊虚拟机 EVM 环境中。合约调用时,则根据合约地址获取合约代码,生成环境后载入到以太坊虚拟机 EVM 中运行。

智能合约概念的早在 1994 年就被提出,而区块链为智能合约提供了良好的施展平台。将部署了智能合约的区块链应用在供应链中能充分发挥智能合约自动执行部分功能的优势,大大节省人力,如产品入库时自动计数并能及时发现错漏;其次,智能合约使得供应链的每一步都透明且实时可见,结合物联网设备可以将产品从工厂的生产车间到商品货架的整个流程都记录下来。智能合约的引入使产品在供应链上能达到粒度追踪,这有利于供应链的融资、保险且大大减低了供应链上欺诈和盗窃的风险。

将区块链与供应链结合,用区块链代替传统供应链中的数据库作为数据存储载体,将多

企业多数据库模式转换为多企业一区块链模式，解决了供应链数据割裂，信息不透明的问题。同时区块链相较传统数据库，不会出现数据篡改的问题。图灵完备的智能合约供应链管理提供了基础，且所有管理操作可追溯。

3 区块链供应链体系架构设计

本文提出的区块链供应链从体系架构上可简单分为三个层次：智能终端层，区块链层，应用层。如图 2：

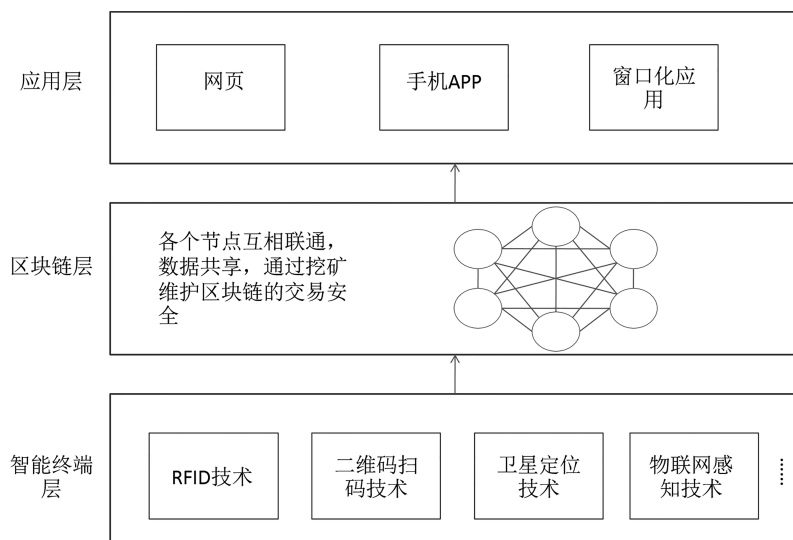


图 2 区块链供应链体系架构

3.1 智能终端层

智能终端层主要由各类物联网感知终端组成，由 RFID 技术作为支撑。主要作用是获取产品生产、物流、销售过程中的各类信息。工业生产过程中，将 RFID 标签贴在生产物料或产品上，可自动记录产品的数量、规格、质量、时间、负责人等生产信息，生产主管通过读写器随时读取产品信息；物流过程中，通过 RFID 技术和卫星定位技术，获取农产品位置，实现物流过程透明化；销售过程中，消费者可通过扫描二维码标签获取存储在区块链中的产品信息，实现产品的溯源过程。

3.2 区块链层

区块链层作为供应链中的核心，主要用于

智能合约代码的存储和通过调用智能合约代码实现存储供应链信息和提供供应链管理操作。区块链是以区块为单位的链式数据块结构，每隔一段时间就会生成新的区块，区块链中的每一个区块记录了在创建时间内产生的所有交易。在供应链数据存储中，各主体新产生的交易数据将存入新生成的区块中，并保证各主体作为节点的服务器上的数据一致。具体流程是：1）各主体的节点产生的新交易数据，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区块；3）所有节点利用签名算法、哈希算法等进行计算，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，验证通过后，将新区块加入到已有区块链的链尾。在区块链层中，通过分布式网络、时序不可篡改的密码学及分布式共识机制等技术建立起了各节点彼此之间的信任关系。数据不可篡改性也是由该层的共识机制提供的，加入到网络中的节点共同维护整个链上的运作，一旦发现有人试图篡改信息则将该节点踢出网络。

同时根据身份的不同，参与交易的各交易主体扮演的节点身份也不相同，即可能有供应商，生产商，分销商，零售商，物流配送，消费者等不同身份。通过智能合约可以实现不同身份的各主体之间的信息共享，各主体对自己身份的供应链数据享有所有权利，并可对其他主体选择开放全部或部分权利，如查询权等。

供应链管理操作主要通过部署在区块链上的智能合约进行提供，因为智能合约拥有图灵完备的特点，能支持供应链中的各种操作。各节点提交的各个操作也将被当作是一笔交易进行处理。

3.3 应用层

通过软件编写出网页，手机 APP 或专用窗口化管理软件，通过接口程序连接区块链层。企业或消费者通过软件层与区块链层进行交互，实现供应链管理，供应链上下游交易，产品溯源等功能。

供应链中各交易主体相互独立又互相依赖，各交易主体间根据物流和信息流传递形成供应链结构化网络，如图 3 所示。网络化的供应链能及时为供应链成员提供市场反馈信息，提高供应链的运作效率；此外，在供应链的整体集成体系架构下形成局部集成平台，有利于企业进行业务拓展。

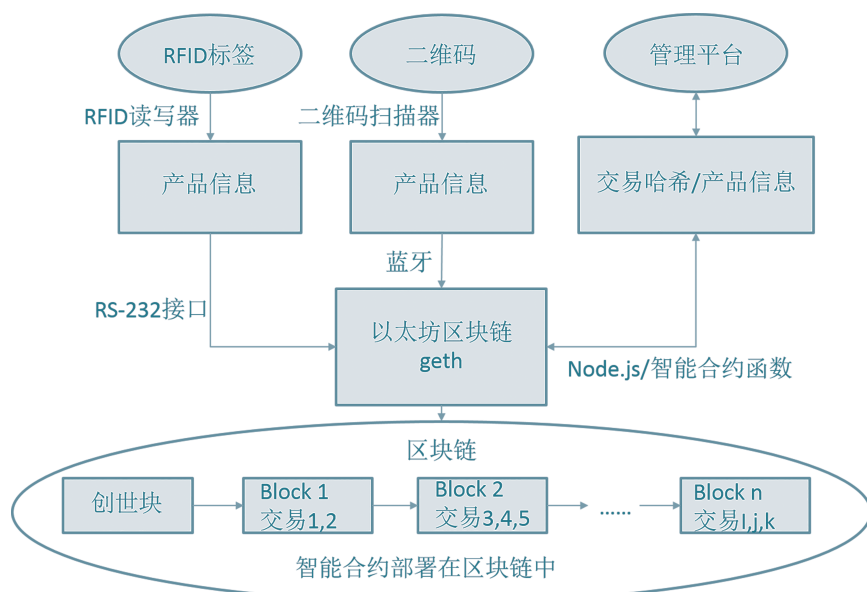


图3 供应链组织的结构化网络

3.4 小结

图 4 为完成区块链供应链的技术方案。智能终端层负责读取产品的二维码或 RFID 码，获取产品信息，通过 RS-232 接口或蓝牙将信息上传区块链服务器。区块链层为安装了以太坊为平台的区块链的区块链服务器，服务器接收到智能终端层上传的产品信息后调用部署在区块链中的智能合约将信息打包成交易在整个区块链中广播，待交易被验证后将存储交易信息

的新区块广播到整个区块链，多个交易可以被存储在同一区块内。应用层通过终端应用，如管理平台应用与区块链层完成双向交互，管理平台通过交易哈希地址精确查询一件产品某一阶段在区块链中存储的信息；通过 Node.js 环境执行事件触发的 JavaScript 脚本和自动执行的智能合约函数，完成区块链存储数据主动提交到管理平台，实现产品数量统计、产品分类等管理操作。

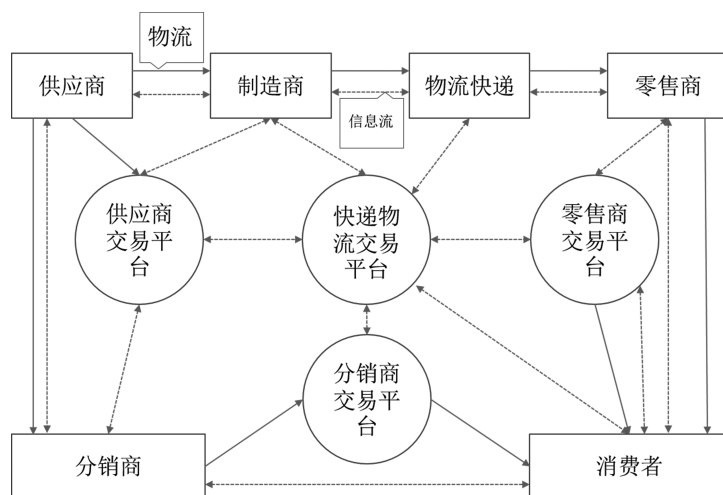


图 4 区块链供应链的技术方案

4 区块链供应链的应用

4.1 智能仓储

智能仓储是围绕 RFID 技术，加入物联网感知技术和区块链技术对仓储货物进行识别、定位、分拣、计量和监管工作。仓储的各个步骤都清晰透明的记录在区块链中，避免了漏记、多记等错误，且仓储货物信息存储在区块链中，信息不可篡改，加强了对仓储货物的监管。RFID 技术支持快速读写、非可视识别、移动识别、定位及长期跟踪管理，此外，RFID 标签具

有体积小、容量大、寿命长、可重复使用等特点，无需人工干预识别过程，大大提高效率，降低人力支出。将 RFID 技术与区块链技术相结合，实现仓储货物信息快速入链存储的功能，大大简化了供应链中商品出入库控制的管理。

4.2 物流

在物流过程中，利用数字签名和公私钥加解密机制，可以充分保证信息安全以及寄、收件人的隐私。例如，快递交接需要双方私钥签名，每个快递员或快递点都有自己的私钥，是否签收或交付只需要查询区块链即可。最终用户没

有收到快递就不会有签收记录,快递员无法伪造签名,因此可杜绝快递员通过伪造签名来逃避考核的行为,减少用户投诉,防止货物的冒领误领。而真正的收件人并不需要在快递单上直观展示实名制信息,由于安全隐私有保障,所以更多人愿意接受实名制,从而促进国家物流实名制的落实^[16]。

此外,通过智能合约能够简化物流程序和大幅度提升物流的效率,如将区块链用于集装箱的智能化运输,把集装箱信息存储在数据库里,区块链的存储解决方案会自主决定集装箱的运输路线和日程安排^[17]。这些智能集装箱还可对过往的运输经验进行分析,不断更新自己的路线和日程设计技能,使效率不断提高。对于收货人来说,不但能从货物离港到货物到达目的港为止全程跟踪其物流消息,并且还能随时修改优化货物运输的日程安排。

4.3 防伪溯源

区块链的数据不可篡改性和唯一的 64 位 HASH 地址解决了证明产品唯一性和正品性的问题^[18-19]。而溯源系统作为一种可以对产品进行正向、逆向或不定向追踪的生产控制系统,可适用于各种类型的过程和生产控制系统^[20]。传统的供应链溯源系统结合了数据库,二维码自动识别,RFID,传感器网络等物联网技术为消费者打通了一条深入了解产品生产信息道路^[21]。但由于这些溯源系统依赖于统一的中央数据库,数据就会存在不对称和不透明的缺点,可能导致欺诈,篡改和伪造信息等信任问题。将区块链引入供应链,实现供应链数据存储的去中心化,变人的信任为机器的信任,可以低成本高效率

的解决信任问题。同时区块链的时间戳的存在性证明良好的体现了整个溯源过程的完整性,将一件商品从生产,物流到销售都完整的记录在链。

图 5 为消费者溯源流程图,其中商品信息为商品在整个供应链流程中各个阶段的所有信息,便于消费者对产品追责;将溯源操作存入区块链避免出现“一码多用”的情况。

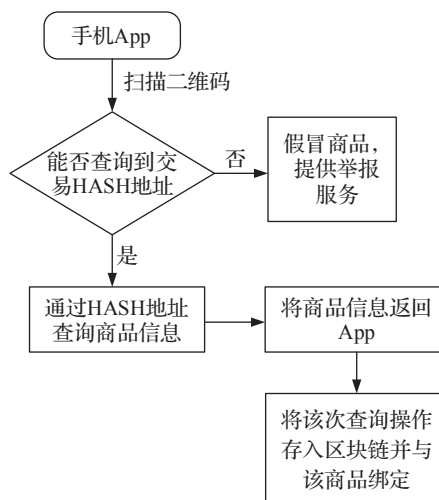


图 5 消费者溯源流程图

4.4 供应链金融

供应链金融是商业银行等金融机构的一个金融创新业务^[22-23],它与传统信贷业务最大的差别在于,利用供应链中核心企业、第三方物流企业的资信能力,来缓解商业银行等金融机构与中小型企业之间信息的不对称,解决中小型企业的抵押、担保资源匮乏问题^[24]。即银行将核心企业和上下游企业联系在一起提供灵活运用的金融产品和服务的一种融资模式,以资金作为供应链的一个溶剂,增加其流动性。但供应链金融仍存在中小型企业供应链上融资

难, 成本高; 整个供应链金融平台不够透明, 缺乏信任等问题。

以区块链技术为核心搭建供应链金融应用平台^[25], 平台成员除了一般供应链成员外还包括金融机构。以供应链金融预付账款融资为例, 流程如下: (1) 需要融资的下游中小企业首先确立智能合约提交到区块链部署, 合约内容包括上游供应商, 货物信息, 贷款额度及用途, 还款方式和期限, 然后发出预付账款融资申请。

(2) 智能合约自动执行验证该企业在区块链上的各项信息数据, 核实该项融资贸易的真实性; 查询该企业历史交易数据, 确认其信用情况; 查询相关企业的信用情况, 确定该项融资的可行性及融资企业的还款能力, 在可行性高的情况下会匹配合适的金融机构自动执行合约。否则, 合约不执行。(3) 线上完成合约的确定后, 金融机构对融资企业进行放款。区块链数据都带有时间戳且共识机制保证了数据的不可篡改性, 因而能打消金融机构对企业篡改数据的疑虑。

5 讨论与结论

随着经济全球化的快速推进, 企业必须在越来越大的范围内拓展市场, 因此供应链管理也表现出多区域、长时间跨度的特征。企业之间期望对供应链管理的简单化、标准化; 消费者则希望对购买的商品拥有绝对安全可靠的追溯权利。

本文提出的将区块链技术、物联网技术和RFID技术结合的区块链供应链体系架构, 分为智能终端层, 区块链层, 应用层三层。针对现

有工业生产管理特点, 尽力减少人为因素干扰, 实现产品生产, 物流, 销售全过程智能化、自动化。

将区块链引入供应链管理相较传统的供应链管理拥有以下优势:

1. 区块链高透明度、去中心化和信任转移的特点, 使企业在互不信任, 且没有中立中央机构的情况下就能互相协作, 进而逐步建立信任, 减少了建立信任过程中的人为因素和支出成本;

2. 统一化的交易信息存储平台和图灵完备的智能合约实现产品在各个流程过程中的信息数据标准化、规范化, 便于整个供应链的管理;

3. 以区块链数据不可篡改性, 可追溯性及时间戳的存在性证明实现产品全流程可溯源, 加强企业与企业, 企业与消费者之间的信任, 在出现问题时能高效可靠的追溯责任关系。

基于传统链式结构的区块链供应链体系仍存在一些技术挑战有待进一步解决:

首先, 当供应链十分庞大, 区块链上交易十分频繁时, 交易确认的难度与交易确认的实时性如何平衡仍有待解决。

其次, 由于区块链信息的不可篡改性, 当企业双方决定在区块链上进行转账等操作时, 错误的转账地址将直接造成永久损失。

这些问题需要结合其他技术和机制以完善供应链系统功能。

参考文献

- [1] 伍旭川, 王鹏. 区块链技术应用及展望[J]. 清华金融评论, 2016(10):23-25.
- [2] Eyal I, Gencer A E, Renesse R V. Bitcoin-

- NG: a scalable blockchain protocol[C]. Usenix Conference on Networked Systems Design and Implementation. USENIX Association, 2016:45-59.
- [3] 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):481-494.
- [4] 鲁维维. 区块链技术在供应链管理中的应用研究[J]. 当代经济, 2017(29):98-99.
- [5] 霍明奎, 张向先, 李爽. 供应链信息生态链信息传递效率影响因素的实证研究[J]. 情报杂志, 2016, 35(2):188-194.
- [6] Chen S, Shi R, Ren Z, et al. A Blockchain-Based Supply Chain Quality Management Framework[C]. IEEE, International Conference on E-Business Engineering. IEEE, 2017:172-176.
- [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, V34(10):128-133.
- [8] Tan H. Research and Design on B2B E-Commerce Supply Chain Management System[J]. Applied Mechanics & Materials, 2013:4771-4774.
- [9] Che Z H, Chiang T A, Che Z G. Using analytic network process and turbo particle swarm optimization algorithm for non-balanced supply chain planning considering supplier relationship management[J]. Transactions of the Institute of Measurement & Control, 2012, 34(34):720-735.
- [10] Nogueira Monica L, Greis Noel P. An Answer Set Programming Solution for Supply Chain Traceability[C]. Communications in Computer and Information Science, 2013:211-227.
- [11] 郭珊珊. 供应链的可信溯源查询在区块链上的实现[D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
- [12] 叶小榕, 邵晴, 肖蓉. 基于区块链的供应链、智能合约和物联网的供应链原型系统[J]. 科技导报, 2017, 35(23):62-69.
- [13] 周邛飞. 区块链核心技术演进之路——共识机制演进(1)[J]. 计算机教育, 2017(4):155-158.
- [14] Watanabe H, Fujimura S, Nakadaira A, et al. Blockchain contract: A complete consensus using blockchain[C]. Consumer Electronics. IEEE, 2016:577-578.
- [15] 刘德林. 区块链智能合约技术在金融领域的研发应用现状、问题及建议[J]. 海南金融, 2016(10):27-31.
- [16] 汪传雷, 万一获, 秦琴, 等. 基于区块链的供应链物流信息生态圈模型[J]. 情报理论与实践, 2017, 40(7):115-121.
- [17] 王妙娟. 区块链技术及其在物流快递业务中的应用设想[J]. 物流技术, 2017, 36(3):31-34.
- [18] Feng T. A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things[C]. International Conference on Service Systems and Service Management. IEEE, 2017:1-6.
- [19] Tian F. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology[C]. International Conference on Service Systems and Service Management. IEEE, 2016:1-6.
- [20] 莫锦辉, 徐吉祥. 食品追溯体系现状及其发展趋势[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(1):14-16.
- [21] 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, 2013.
- [22] 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.
- [23] 王艳. 区块链技术在金融业的应用及其发展建议[J]. 海南金融, 2016(12):37-39.
- [24] Swan M. Blockchain: Blueprint for a New Economy[M]. California: O'Reilly Media, 2015.
- [25] 周立群, 李智华. 区块链在供应链金融的应用[J]. 信息系统工程, 2016(7):49-51.