

# 基于区块链的制造联盟系统

洪小玲 万虎 肖晓 孙浩祥

电子科技大学机械与电气工程学院 成都 611731

(hongxiaoling9543@163.com)



**摘要** 制造业是国民经济的主体,但与世界先进水平相比,我国制造业仍然大而不强。随着全球化竞争的加剧和计算机网络技术的飞速发展,合作联盟模式已经成为企业发展的新的组织模式,制造企业寻求合作,将传统制造模式与网络制造相结合来共同应对激烈的市场竞争是在未来信息化社会中继续发展的必要途径。针对产品已经实现标准化生产的制造业行业,在动态联盟的基础上提出了由两个以上独立企业组成的,通过网络信息技术连接起来的长久性虚拟组织这一静态联盟的概念。企业组建静态联盟,以此共同促进企业合作和企业转型升级,实现共同发展合作共赢。为实现静态联盟,基于区块链的制造联盟系统(Manufacturing Alliance System based on Block Chain, MASBC)这一概念被提出。MASBC系统实际上是一个用于实现静态联盟的网络平台,具有物理层、网络共识层、数据层、服务器层和用户层五层架构。MASBC系统结合了制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)和区块链技术,通过MES系统的数据采集功能和区块链的数据不可篡改特性将产品的生产过程信息存入区块链中,保证信息的真实性,并将这些信息作为最终利益分配的依据,以此提升静态联盟成员企业的相互信任,促进联盟企业的深入合作,实现共赢。

**关键词:** 制造联盟;区块链;MES;制造模式;静态联盟

**中图法分类号** TP303

## Manufacturing Alliance System Based on Block Chain

HONG Xiao-ling, WAN Hu, XIAO Xiao and SUN Hao-xiang

School of Mechanical and Electrical Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China

**Abstract** Manufacturing industry is the main body of national economy, but compared with the advanced countries, there are serious problems in our manufacturing industry. With the intensification of global competition and the rapid development of computer network technology, alliance mode has become a new organizational mode of enterprise development. For manufacturing companies, seeking cooperation and combining the traditional manufacturing mode and network manufacturing to jointly cope with the fierce market is necessary to continue to develop in the future information society. For the manufacturing industry whose products have achieved standardized production, based on Dynamic Alliance, this paper proposes the concept of Static Alliance, which is composed of more than two independent enterprises and connected by network information technology. Enterprises establish Static Alliance to jointly promote enterprise cooperation, transformation and upgrading, and achieve common development and win-win cooperation. In order to realize Static Alliance, this paper also puts forward the concept of Manufacturing Alliance System based on Block Chain (MASBC). MASBC is actually a network platform for realizing Static Alliance, with a five-layer architecture of physical layer, network consensus layer, data layer, server layer and user layer. MASBC is a combination of Manufacturing Execution System (MES) and block chain technology. Through the data acquisition function of MES and the data immutability of block chain, the production process information of the product is stored in the blockchain to guarantee the authenticity of information. This information will be taken as the basis for final profit distribution, so as to promote in-depth cooperation of alliance enterprises and achieve win-win situation.

**Keywords** Manufacturing alliance, Block chain, MES, Manufacturing mode, Static alliance

## 1 引言

随着信息技术、网络技术的飞速发展和全球性竞争的加剧,为适应和解决由此带来的市场环境突变、竞争加剧、技术更新换代速度加快等企业面临的生存危机,企业间利用现代计算机技术组成的合作联盟已经成为新型的企业组织形式<sup>[1]</sup>。Chen等结合人工智能和Multi-Agent技术创建了一个

企业联盟制造系统<sup>[2]</sup>;Li等通过分析联盟成员在各个维度上的选择策略,建立了一种基于多维状态空间的企业联盟组织模型,并通过实例验证了该模型的有效性<sup>[3]</sup>;Zhang等结合移动代理服务器(MAS)理论和物流企业联盟相关技术提出了一种基于MAS的物流活动管理系统运行模型,满足了松散耦合和动态物流的要求<sup>[4]</sup>;Mao提出了一种基于动态联盟企业的供应链系统,并分析了该系统的基本活动、单元模型、实

体模型和系统模型<sup>[5]</sup>。

这些新型的企业合作组织模式中,动态联盟组织、供应链组织、产业集群组织以及网络组织模式最具有代表性<sup>[6]</sup>。其中,动态联盟是指企业为了快速抓住市场机遇,利用现代网络技术整合不同企业的优势,利用各自资源组成一个有限的互惠互利的临时性联合组织<sup>[7]</sup>。1980—1984年 IBM, Intel, Microsoft 3家知名企业共同合作组建的 IBM-PC 联盟以及 1991—1992年 COMPAQ 和 DEC 公司合作组建的联盟是世界上最典型的两个动态联盟运作案例<sup>[1]</sup>。

制造业作为一个国家经济发展的原动力和国民经济发展的支柱,也迫切需要寻找一种全新的以产品多样化、短生命周期和自动化为特征的新型生产模式来适应这种挑战,动态联盟正可以解决这一问题,如通用与丰田合作组成动态联盟开发新车型<sup>[1]</sup>。一些产品已经标准化生产的、产品更新换代并不快的制造行业,诸如钢铁、水泥、电解铝、可发性聚苯乙烯等,在如今经济全球化的形势下也面临着激烈的市场竞争,迫切需要通过寻求合作来谋求共同发展以应对挑战。而动态联盟的目标根据市场机遇而变化,动态联盟是基于市场组成的面向产品或服务的临时性组织<sup>[7]</sup>,对于一些产品已经标准化生产的、产品更新换代并不快的制造行业,动态联盟这种快速变化的、高度敏捷性的、具有临时性的合作生产模式并不适用。因此本文结合动态联盟的相关概念提出了一种适用于产品标准化生产的、更新换代不快的制造行业的企业合作组织形式——静态联盟。

静态联盟是针对产品已经实现标准化生产的制造业行业建立的,以创建公平透明的市场竞争环境、提高行业资源利用率、提高行业集中度、促进行业转型升级为目的,通过信息技术连接起来的、由两个以上独立企业构成的、没有明确组织架构的长久性虚拟企业组织。静态联盟合作方式有利于产品标准化的行业内部企业合作,以此促进行业资源的整合,优化资源配置,有利于降低产能过剩造成的生产资源低效配置与闲置,同时行业内企业的合作也利于促进企业间的信任,避免行业内产品的恶性、无序竞争等问题。

根据上述静态联盟的概念,本文将区块链技术应用于制造执行系统,提出了基于区块链的制造联盟(MASBC)系统的概念。MASBC系统相当于一个实现静态联盟的网络信息平台,通过MASBC系统将组建联盟的实体企业通过网络信息技术高效地联系起来,以实现企业高性能、可互信、低成本的合作。

## 2 区块链技术

### 2.1 区块链的概念

MASBC系统最重要的一点是将区块链技术集成到MES系统中将生产信息实时上链,以保证信息源和数据源的真实可靠,因此区块链是实现MASBC系统的核心技术之一。

狭义来讲,区块链是一种按照时间顺序将数据区块以顺序相连的方式组合成的一种链式数据结构,并以密码学方式保证的不可篡改和不可伪造的分布式账本<sup>[8]</sup>。广义来讲,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<sup>[8]</sup>。

区块链是多种已有技术的集成创新,主要用于实现多方信任和高效协同。通常一个成熟的区块链系统具备去中心化、透明可信、防篡改可追溯、系统高可靠性等特性<sup>[9]</sup>。

### 2.2 区块链技术的发展和应用现状

如今区块链技术在金融行业已经获得了较为成熟的发展,也在商品溯源、版权保护、电子证据存证、电子政务、冷链物流等行业获得了实践应用<sup>[8]</sup>。

商品溯源方面,王志锋等采用“一环节一账本”的方案提出了基于区块链的农产品柔性可溯源解决方案,保证了农产品溯源结果的可靠性<sup>[10]</sup>;张冠湘结合区块链技术,通过分析有机蔬菜认证和溯源数据构建了认证与溯源系统模型<sup>[11]</sup>;鼎钻科技与众安科技联合开发了基于区块链的钻石溯源系统,组建钻石溯源联盟,利用区块链记录钻石的整个生产流通过程,实现全程可追溯和信息透明化,实现了区块链技术在商品溯源方面的应用<sup>[12]</sup>。

电子政务方面,宿迁工商局、京东益世商服、京东商城三方已成功在京东至臻链平台完成部署,已有数千家营业执照信息成功上链<sup>[12]</sup>。

智能家居方面,Singh等提出并评估了一个基于区块链的管理智能家居应用的系统,并在系统中使用了权威证明(POA)共识机制,降低了智能家居应用遭受黑客攻击、数据泄露和单点故障的可能性,提升了智能家居应用服务的可用性<sup>[13]</sup>。

制造方面,Angrish等提出一种使用区块链技术处理不同组织声称的制造信息的系统——FabRec,并通过数控机床、系统芯片平台和计算节点展示了该系统的测试平台,演示了该系统处理数控机床产生的制造信息的过程和通信机制<sup>[14]</sup>。

版权保护方面,周如月等结合区块链和智能合约技术提出了一种基于区块链信用体系的分布式数字版权管理机制,实现版权交易的不可逆加密<sup>[15]</sup>;陈子豪等结合改进实用拜占庭容错算法,提出了联盟式音视频版权区块链系统,提高了数字版权管理的安全性<sup>[16]</sup>。

电子证据存证方面,李振汕进行了基于完整性的区块链电子存证方法的研究,采用区块链和云存储混合架构保证了电子证据的可信度<sup>[18]</sup>;2017年10月,微众银行、广州仲裁委、杭州亦笔科技共同搭建了面向司法仲裁行业的“仲裁链”,利用加密算法对电子证据进行共识签名后上链,保证了证据的真实性、合法性、关联性,实现证据及审判的标准化<sup>[12]</sup>。

信任是实现企业间联盟合作的基础。数据信息的真实可信可以促进联盟成员之间的信任,深化联盟合作。MASBC系统作为实现静态联盟的网络平台,通过结合MES系统和区块链技术将产品的生产过程信息实时上链,最大限度地确保信息的真实可靠,以此解决信息源、数据源的真实可靠难以保证的问题。

## 3 静态联盟

### 3.1 静态联盟定义简述

在当今激烈的市场竞争环境下,结合新兴的网络技术组建合作联盟成为新型的企业组织形式,制造业也不例外。动态联盟基于市场机遇,产品更新换代速度较快,其面对的是产

品和服务,是临时性的联盟组织;供应链组织是一个企业网络系统,其成员包括供应商、制造商、经销商和最终客户,还涉及物流、资金流和信息流<sup>[5]</sup>,具有快速反应性,依赖于良好的物流基础设施;产业集群是相同行业、企业在地理上的集聚,具有专业化分工,其本质是区域专业化<sup>[17]</sup>。

但对于产品已经标准化的制造企业来说,由于产品已经标准化,因此产品的更新换代不会过于迅速,同时标准化生产的制造企业要进行转型升级来应对剧烈的市场竞争较为困难,需要长时间的调整;其次,企业有可能是分散于全国各地的,并不一定聚集同一地方,因此动态联盟、供应链组织和产业集群都不适用于产品标准化企业的联盟合作。因此本文结合动态联盟的相关概念提出了一种新的合作组织形式——静态联盟用以解决上述问题,实现产品标准化企业间的联盟合作。静态联盟以静态虚拟企业为核心,针对产品已经实现标准化生产的制造业行业,通过网络技术将企业联合,加强行业内企业的合作,促进企业协同协作共同发展实现共赢,促进行业资源的整合,优化资源配置,提升整个行业的竞争力。

静态联盟与动态联盟类似,均为通过信息技术连接起来的、由两个以上独立企业构成的、没有明确组织架构的虚拟企业联盟。静态联盟与动态联盟的差别体现在以下3点:1)动态联盟是基于市场机遇的、面向产品或服务的、临时性组织;静态联盟是以创建公平透明的市场竞争环境、提高行业资源利用率、提高行业集中度、促进行业转型升级为目的的长久性组织;2)市场机遇一旦消失,动态联盟就会解散,而为长久地维持良好的公平公正的市场竞争环境,静态联盟会一直存在。需要注意的一点是,静态联盟并不是完全静态,只是相对静态,即静态联盟中的成员企业并不是一成不变的,在静态联盟的发展过程中,有些企业会加入,有些企业会退出,但并不影响静态联盟整体的发展;3)动态联盟的联盟成员可能是由不同行业的企业组成,如根据市场机遇进行产品设计的企业、根据产品设计进行生产的企业、将生产的产品进行销售的企业等;静态联盟的联盟成员是产品已经实现标准化生产的制造业行业中生产同类产品的企业。动态联盟基于市场机遇形成,不同的市场机遇促进不同动态联盟的组建;一般情况下,同一个行业中只需有一个静态联盟。

### 3.2 静态联盟概念模型

静态联盟构建于互网络基础之上,依靠网络技术促进现实世界信息的快速交换流动,实现行业资源的快速整合,促进行业的快速发展。静态联盟概念模型如图1所示。

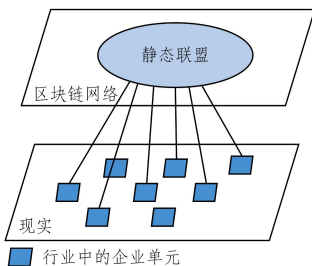


图1 静态联盟概念模型

Fig. 1 Static alliance conceptual model

这一概念模型中包含两个平面:现实和区块链网络。现实平面是行业中所有企业的集合。区块链网络是促使静态联盟快速形成的平台。区块链网络中规定了章程、组成规则与

管制,包括入网标准、共享成本、风险、收益的程序等。区块链网络的不可篡改、可追溯特性极大促进了企业间的相互信任,避免产生恶性、无序竞争,提高了行业竞争力。

区块链网络中的静态联盟内各成员为点对点分布式拓扑结构,如图2所示,该结构中所有成员地位平等。

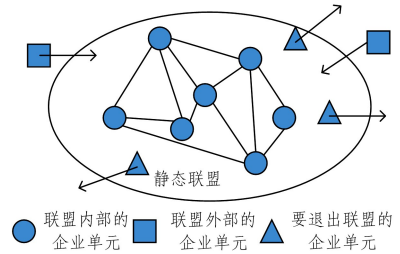


图2 静态联盟成员结构

Fig. 2 Static alliance member structure

## 4 基于区块链的制造联盟系统

合作与信任紧密相连,信任是合作的基础。不管是静态联盟还是动态联盟的成员企业,都离不开合作和信任。静态联盟能否获得长期高效稳定的运作,关键在于各联盟成员之间的信任,避免无序竞争。成员企业能否获得长期高效稳定的发展,关键在于集体利益与个体利益的协同优化以及多主体利益的均衡合理划分。而具有去中心化、分布式对等、不可伪造、不可篡改、可追溯等优点的区块链技术可用于解决这一问题,促进联盟成员企业间的相互信任,同时能使组成成员企业的各方在平等、公正、公平、公开、透明的环境下进行合理均衡的利益分配。基于区块链的制造联盟 MASBC 系统是实现静态联盟的网络服务平台。

### 4.1 MASBC 架构

区块链具有不可篡改、可追溯等特性,但这些特性只能保证链上数据的不可篡改和可追溯。数据源真实性问题目前无法避免,只能通过提升信息获取方式最大限度地保证数据源的真实性。因此 MASBC 系统通过联动 MES 系统的实时数据采集功能来保障生产信息的真实可靠。

区块链根据服务群体范围可分为公有链、联盟链和私有链。其中联盟链数据记账仅服务于某群体内部,其他第三方可以通过该联盟链开放的 API 进行限定信息查询。相对于公有链,联盟链共识记账速度更快,适用于行业内部应用。MASBC 采用联盟链。

MASBC 的系统架构如图3所示,其架构分为用户层、服务器层、数据层、网络共识层和物理层。其中区块链技术主要用于数据层和网络共识层。

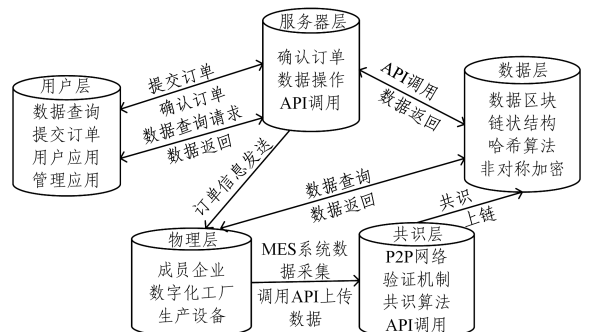


图3 MASBC 系统架构

Fig. 3 MASBC architecture

用户层为不同的主体提供相应的应用。供货商、经销商可通过客户端界面向服务器提交生产订单,并向服务器提交相应订单的实时生产数据查询申请,查看订单中各产品的实时生产信息。

服务器层主要为其他系统层提供数据服务和信息交互。接收到用户层传输的订单信息后,服务器会将订单信息发送给对应的成员企业。接收到用户层传输的数据查询请求后,服务器会调用联盟链系统对用户开放的 API 来获取用户订单产品的实时生产数据并将该数据返回到用户的客户端。

数据层负责将通过 MES 系统采集的数据进行分布式存储,即将数据存储在联盟链上。联盟链上的信息有读取权限,用户通过数据查询请求只能获取相应的订单产品的生产过程信息而不能查看设备状态信息。

网络共识层负责数据的获取、传播、验证和静态联盟成员企业的共识。网络共识层通过 API 获取 MES 系统采集的产品信息。产品在整个生产周期中涉及的身份识别、源位置、原材料、生产工序、成品规格等均与特定的产品批号或产品 ID 相连接。验证机制可以通过验证成员企业拥有的密钥与产品批号或 ID 来判断成员企业的权限。成员企业将收集到的数据通过 P2P 网络向全网广播。共识算法则采用杨茜提出的改进实用拜占庭共识(IPBFT)算法<sup>[19]</sup>,通过所有成员企业共同协作协商达成共识。

物理层即成员企业的数字化工厂、生产设备等固定资产。成员企业从服务器层接收订单信息后即可安排生产。产品生产过程中,MES 系统会实时记录生产信息、设备状态等信息,并使用数字签名和时间戳来保证信息的来源和真实性,之后同步调用网络共识层提供的 API 将这些信息传输到网络共识层。成员企业还可以直接查询区块链上的信息,但成员企业只能查看企业自身的产品生产过程信息和设备信息而不能查看其他成员企业的信息。

MASBC 系统的架构结合了区块链和传统的 C/S 网络结构。

## 4.2 MASBC 系统部分特性

与当前主流的比特币、以太坊、超级账本等区块链应用不同,MASBC 系统内无数字货币交易,静态联盟成员共识过程无激励,系统中应用的联盟链仅用于生产信息的存储,保证生产信息的不可篡改,为用户提供真实可靠的产品实时生产信息,实现产品信息的可追溯。同时保存在链上的生产信息还可用于各成员企业之间,成员企业内部运营方、投资方、管理方、设备租赁方之间利益分配的依据,因此生产信息的上链也可称为记账。

MASBC 系统中,成员企业的数字化工厂中的 MES 系统就是区块链网络的节点,即区块链客户端将被嵌入到 MES 系统的体系架构中,如图 4 所示。订单开始生产时,MES 系统的数据采集模块和区块链模块会同时启动,数据采集模块在采集信息的同时,调用区块链模块的 API 将采集到的生产过程信息同步传输到区块链模块,实现二者之间的数据交互。在数据采集模块和区块链模块的数据同步的前提下,产品生产过程就是共识记账过程。

将区块链技术集成到 MES 系统的好处是,将 MES 系统实时采集的信息同步传输到区块链模块中,生产信息产生后立即进入共识上链过程,极大减少了人工操作对信息源进行

作假的可能性,保证了信息源的真实可靠。

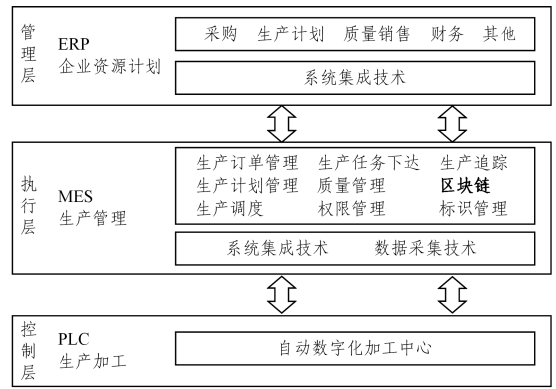


图4 MES系统三层模型<sup>[20]</sup>

Fig. 4 Three-layer model of MES

MASBC 系统中的产品销售为 F2C (Factory to Customer) 模式。厂商直接将产品卖给顾客,顾客也可以通过客户端直接向成员企业下订单。F2C 商业模式减少了产品经过代理商、经销商、零售商等一系列中间流通环节所产生的费用,极大地降低了企业运营推广成本和产品价格。

## 4.3 MASBC 系统运行流程

MASBC 系统运行流程如图 5 所示。

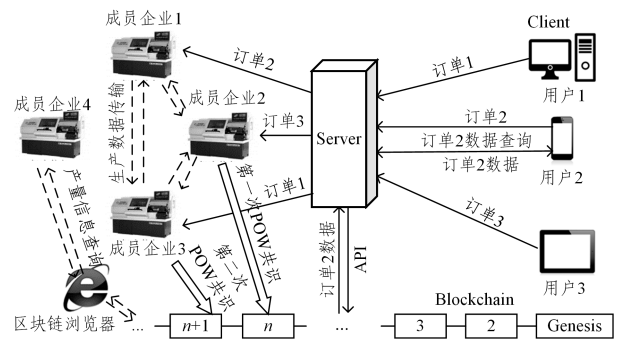


图5 MASBC系统运行流程

Fig. 5 MASBC running process

用户操作部分如图 6 所示。用户可以通过电脑、手机或平板上的客户端软件查看部分关于静态联盟成员企业的信息并决定选择一家或一家以上成员企业提交订单。服务器接收到用户订单后将订单信息提交给对应成员企业。用户还可以通过区块链开放的 API 在客户端查看订单产品的实时生产信息。

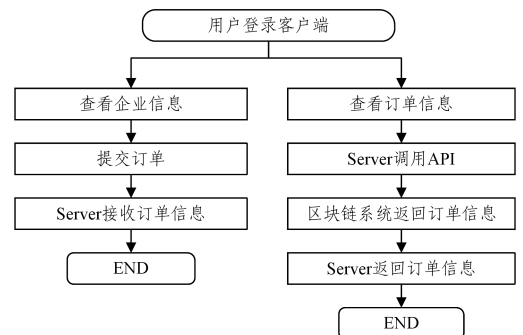


图6 用户操作流程框图

Fig. 6 Block diagram of user operation process

成员企业操作流程框图如图 7 所示。

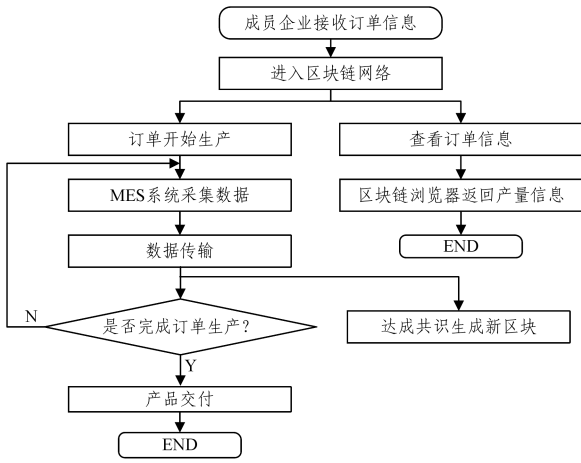


图7 成员企业操作流程框图

Fig. 7 Block diagram of member enterprise operation process

成员企业间的共识采用的是杨茜提出的改进实用拜占庭共识(IPBFT)算法<sup>[19]</sup>。IPBFT算法在原有的工作量证明(POW)和实用拜占庭(PBFT)算法的基础上进行了改进,降低了现有POW计算资源消耗问题,并且减少了现有PBFT算法的通信浪费问题。

现有PBFT算法的核心协议有3个:一致性协议、检查点协议和视图更换(view change)协议。一致性协议包含5个阶段:发送请求(request)、序号分配(pre-prepare)、相互交互(prepare)、序号确认(commit)、返回结果(reply)。PBFT的通信模式如图8所示。

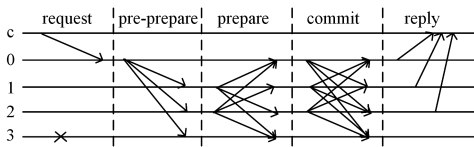


图8 PBFT通信模式<sup>[21]</sup>

Fig. 8 PBFT communication mode

图8中,c为客户端,0至3为服务节点,其中0为主节点,3为故障节点。其基本运行流程如下:客户端c发送请求;主节点0被激活,启动三阶段协议并将请求广播至从节点1-3,同时主节点0给请求分配序列号,构造并发送pre-prepare消息到从节点1-3;从节点1和节点2收到pre-prepare后构造prepare消息并向其他节点广播;0-2号节点对请求和次序进行验证后,构造并广播commit消息;commit消息验证成功后,0-2号节点将执行收到的请求并将结果返回给客户端c。在一致性协议运行过程中,主节点拥有核心能力,如果主节点自身发生错误,就会导致请求无法正常执行,当这种情况产生时,视图更换协议就会用一个从节点替换故障的主节点成为新的主节点。PBFT中的检查点协议通过与节点进行周期性协商达成全网共识后一起删除已经过时的无意义的请求信息,节省系统内存。PBFT算法的容错性比POW算法要低,其诚实节点数量必须大于系统全部节点数量的1/3,假设PBFT系统中有f个恶意节点,则PBFT系统中全部节点数量至少为3f+1,而主节点至少需要收集到2f+1个从节点返回的一致信息才能保证达成全网共识<sup>[22]</sup>。

基于上述内容,IPBFT改进了检查点协议和视图更换协议,一致性协议与PBFT算法一致。IPBFT中的检查点协议是根据联盟链中最新生成区块的时间戳来触发无意义请求的

清除,无须全网共识触发三阶段协议造成通信资源的浪费。视图更换协议的目的在于更换主节点。从节点接收并对提案进行验证,若验证失败,则认为主节点出现故障,该从节点会发起视图更换请求。若主节点所发的提案在一段时间T内未达成共识,则会直接完成视图更换。

MASBC系统中成员企业基于IPBFT算法达成共识的流程如图9所示。

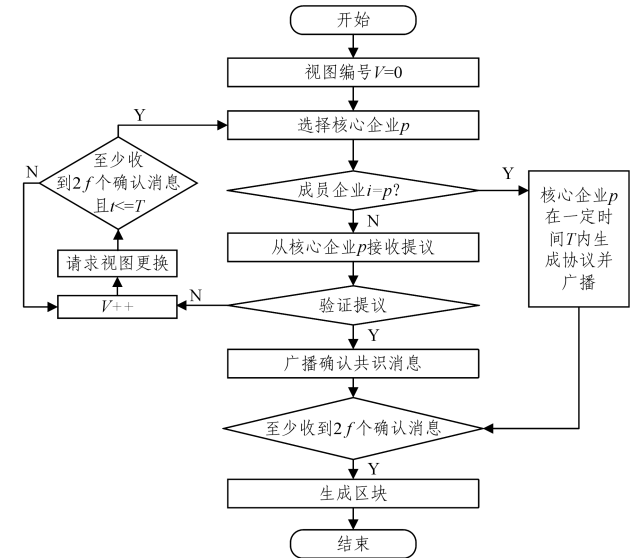


图9 成员企业共识流程<sup>[19]</sup>

Fig. 9 Member enterprise consensus process

成员企业各方的权益分配在合作最初就已由各方确定,不会改变。MASBC系统中各成员企业的产品都是基于订单生产,即产量就是销量。因此在合作最初确定权益分配方式时将MASBC系统区块链上存储的产品产量信息作为最终权益分配时的依据是一个可行的方法。无论分配方式如何,最终成员企业各方所能获得的利益都是在销量所得利润中分配。只有真实准确的数据才能切实保障各方的权益,真实生产数据有利于增强联盟企业内部各方的相互信任,深化合作。而MASBC系统可以解决如何获得真实生产数据这一问题,使成员企业的各方在平等、数据透明的环境下进行权益分配,促进成员企业长期稳定发展,提高行业生产资源的整合,促进行业共发展。

### 5 系统安全性能的分析

本文提出的MASBC系统中用到的数据存储联盟链具有以下特点:

**数据隐私保护。**企业生产信息、设备状态等数据是企业的机密,不适宜保存在公有链上。若采用联盟链,则参与方不用担心自身数据泄露问题,因为参与方自身产生的数据只有自身能看到。若想查看其他参与方的数据,只有通过对方授权的密钥来查看,因此联盟链参与方的隐私和数据安全性问题可以得到保证,同时又能实现去中心化。

**存储数据防恶意篡改。**利用改进实用拜占庭算法,在诚实成员企业占据整个区块链网络2/3以上时都可以达成区块共识,抵御其余1/3恶意成员的攻击保证数据的合法性和真实性。

**数据难以伪造。**直接将区块链应用嵌入到MES系统中,

产品开始生产的同时便开始共识记账过程,最大限度地降低了以往数据中心化存储过程中人为修改的可能性,保证了源数据的真实性。而数据保存到区块链之后,由于区块链的不可篡改特性,数据更加难以伪造。

**结束语** 随着全球化竞争的加剧和计算机网络技术的飞速发展,合作联盟模式已经成为企业发展的新的组织模式,制造企业寻求合作,将传统制造模式与网络制造相结合来共同应对激烈的市场竞争是其在未来信息化社会中继续发展的必要途径。而企业联盟稳固的前提就是企业间的相互信任,而区块链的去中心化、数据不可篡改的特点可以实现这一点。因此我们针对产品实现标准化的制造企业,在动态联盟的基础上提出了适用于这些制造企业的静态联盟的概念,并提出了实现静态联盟的网络平台系统 MASBC 系统。MASBC 系统具有物理层、网络共识层、数据层、服务器层、用户层共五层架构,每层对应特定的功能,每一层之间可以进行数据交互,其中物理层在 MES 系统添加了区块链模块,同时结合 MES 系统的数据采集功能,在产品生产的同时将实时生产数据传输到区块链中进行共识并记录到区块链上,有效地保证了生产数据的真实性。为避免联盟成员恶意作假,这些真实数据将作为联盟最终权益分配的依据,以此来促进企业成员之间的信任,同时解决成员企业内部各方的互相信任问题,促进联盟和企业的共同发展,促进整个行业实现从传统制造模式向网络化制造的转型升级。

## 参 考 文 献

- [1] HUA G. Study on the interaction between knowledge diffusion and the evolution of dynamic alliance[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011.
- [2] CHEN Y O, ZHOU G Q. Research on Multi-agent System in Intelligent Manufacturing with Enterprise Alliance[C]// 2015 International Conference on Industrial Informatics-Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration. IEEE, Wuhan, 2015: 172-175.
- [3] LI Y, WAN L, WANG W. An Organization Model for Enterprise Alliance Based on Automotive Industry Chain[C]// 2010 International Conference on Multimedia Technology. IEEE, Ningbo, 2010: 1-5.
- [4] ZHANG L, SHEN L, XIE X, et al. Research on Virtual Logistics Enterprise Alliance System Operation Model based on MAS [C]// 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics. Jinan, 2007: 336-339.
- [5] MAO J. Supply Chain System Modeling Based on Dynamic Alliance Enterprise[C]// 2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. Shanghai, 2011: 613-616.
- [6] GUO L. Research on modern industrial organization mode[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2004.
- [7] ZHAI L L. Evolution mechanism and management mode of high-tech virtual enterprises[M]. Beijing: Science Press, 2012: 10-11.
- [8] 工业和信息化部信息化和软件服务业司. 中国区块链技术和应用发展白皮书(2016)[R]. 北京: 工业和信息化部, 2016.
- [9] 华为区块链技术开发团队. 区块链技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019: 34-37.
- [10] WANG Z H, LIU P Z, SONG C B, et al. Research and development of flexible and reliable traceability system for agricultural products based on blockchain[J/OL]. Computer Engineering. [2020-01-10]. <https://doi.org/10.19678/j.issn.1000-3428.0056262>.
- [11] ZHANG G X, CUI J Y, CAI W X, et al. Research on organic vegetable certification and traceability scheme based on blockchain[J/OL]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1076.S.20191226.1104.066.html>.
- [12] 中国区块链技术和产业发展论坛. 中国区块链技术和应用发展研究报告(2018)[R]. 上海: 工信部中国电子技术标准化研究院, 2018.
- [13] SINGH P K, SINGH R, NANDI S K, et al. Managing Smart Home Appliances with Proof of Authority and Blockchain[C]// Communications in Computer and Information Science. Switzerland, 2019: 221-232.
- [14] ANGRISH A, CRAVER B, HASAN M, et al. Case Study for Blockchain in Manufacturing: "FabRec": A Prototype for Peer-to-Peer Network of Manufacturing Nodes[J]. Procedia Manufacturing, 2018, 26: 1180-1192.
- [15] ZHOU R Y, QIAN L. Blockchain based digital right management for distributed content delivery network[J/OL]. [2020-01-10]. <https://doi.org/10.19734/j.issn.1001-3695.2018.11.0870>.
- [16] CHEN Z H, LI Q, GAN J, et al. VC Chain: An alliance audio-video copyright blockchain system[J]. Computer Engineering and Science, 2019, 41(11): 1939-1948.
- [17] 魏剑锋. 企业集群研究——基于知识信息的视角[M]. 北京: 中国经济出版社, 2013: 49-59.
- [18] LI Z S. Research on the block-chain based method of electronic certificate deposit with integrity[J]. Computer Era, 2019(12): 1-4.
- [19] YANG Q. Research and implementation of blockchain-based smart contracts[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2015: 18-25.
- [20] DUAN Y B, TU H N, LU Y. The research and development of CNC system production workshop's manufacturing execution system[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2016(2): 130-134.
- [21] CASTRO M, LISKOV B. Practical Byzantine fault tolerance [C]// Proceedings of the 3rd Symposium on Operating Systems Design and Implementation. New Orleans, USA: USENIX Association, 1999: 173-186.
- [22] FAN J, YI L T, SHU J W. Research on the technologies of Byzantine system[J]. Journal of Software, 2013, 24(6): 1346-1360.



**HONG Xiao-ling**, born in 1995, master. Her main research interests include manufacturing information and intelligent manufacturing robot.



**WAN Hu**, born in 1977, Ph.D, associate professor. His main research interests include manufacturing information and intelligent manufacturing robot.