

能耗监测中的区块链终端信任管理

曾隽芳, 刘禹

(中国科学院自动化研究所 综合信息系统研究中心, 北京 100190)

摘要:区块链与物联网、云计算、人工智能、大数据技术相融合,为能源互联网带来了创新应用模式。重点研究了能源消费环节的能耗监测问题,将区块链技术应用用于重点用能单位能耗在线监测系统的建设,分析了区块链技术与业务需求的契合,设计了区块链平台架构,并对能耗监测区块链终端设备认证与可信数据采集、数据上链分布式云存储、数据共享多主体信息协同这3个关键问题进行了探讨。区块链方案是对现有方案的升级和补充,二者可结合应用。

关键词:区块链;能耗监测;可信数据采集;分布式云存储;信任管理

中图分类号:TP 73;TK 01+2

文献标志码:A

DOI:10.16081/j.epae.202008012

0 引言

区块链是一个以区块结构存储数据,多方参与、多方维护,通过密码学、对等(P2P)网络、共识算法保证数据能可靠地存储、传输、访问的技术体系^[1-2]。从本质上看,区块链的核心技术主要是解决价值互联网中信息交易过程的信任和安全问题。区块链作为物联网安全应用的底层平台,可为物联网安全提供可信存储、数据加密、访问控制、身份认证等服务支撑^[3],其不可篡改性可以确保链上信息的真实性,共享账本构建信任基础以保障业务透明、可追溯,不对称加密可保障物联网的信息安全,智能合约^[4]支持物联网设备自动交易以提升系统的运转效率,进而促进了物联网数据流动,并能做到及时预警且进行有效控制。区块链在能源领域的应用研究正在开展,产业应用也在加快落地^[5-6],这都为能源互联网带来了创新应用模式^[7-8]。

利用区块链技术将能源互联网中生产、输配、交易、消费等各个环节的相关利益方作为区块链的各个节点,采集各环节的信息后上链,有序链接成区块存储且无法更改,可为能源交易提供自主、高效和去中心化的信用环境。在能源消费环节,国家提倡节能减排和建设生态文明,建设重点用能单位能耗在线监测系统是其中的重点。为了推动建设国家、省(市/区)、企业多级重点用能单位能耗在线监测系统,相关部委出台了实施办法和技术规范。

能耗数据来源于现场能源计量设备,这些数据的安全性直接关系到设备及在线监测系统的安全

性,一旦出现非认知采集设备接入、数据被违规访问、恶意篡改、非法盗取等问题,会给上层能耗监测和数据分析应用带来严重的影响,因此能耗数据的安全问题愈发受到重视。区块链与物联网、云计算、人工智能、大数据技术的集成,可以实现能耗数据的可信采集、分布式存储和协同治理。

本文重点研究了能源互联网消费环节的能耗监测问题,将区块链技术应用用于重点用能单位能耗在线监测系统建设,分析了业务需求与区块链技术的契合,设计了区块链平台架构,并对能耗监测区块链终端设备认证与可信数据采集、数据上传后的分布式云存储、数据多主体使用中的信息协同这3个关键问题进行了探讨。

1 业务需求分析

企业能源采集涉及水、电、气、热、油、煤等多种能源介质,当前我国按照《重点用能单位能耗在线监测系统技术规范》等相关技术规范的要求,建设重点用能单位能耗在线监测系统,做到统一标准、互联互通、信息共享。整个体系采用“国家平台+省级平台+重点用能单位端系统”的多级架构,为各部委、国家统计局、各级节能主管部门和质监部门、重点用能单位等用户提供不同层次的服务^[9]。系统架构如图1所示。

国家平台设立在国家节能主管部门,主要接收、存储、汇总、分析全国重点用能单位的能源相关数据,为相关政府部门、用能单位、社会公众提供应用服务;省级平台部署在省(市/区)相关部门,主要接收、存储、汇总、分析本地区内重点用能单位的能耗在线监测数据,为本地相关政府部门、用能单位提供应用服务;重点用能单位端系统(接入端系统)部署在企业内部,对企业能源转换、输配、利用和回收实施动态监测和管理,通过能耗在线监测端系统实现数据的采集、分析、汇总、上传等功能,向国家平台、

收稿日期:2020-04-15;修回日期:2020-06-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61379099);国家重点研发计划项目(2018YFC0705900)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(61379099) and the National Key Research and Development Project of China(2018YFC0705900)

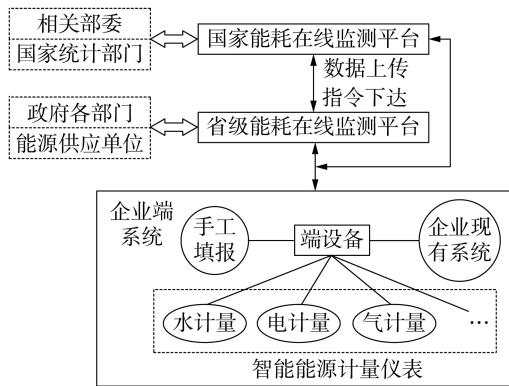


图1 重点用能单位能耗在线监测系统的架构图

Fig.1 Architecture of online monitoring system for key energy consumption units

省级平台“一端双发”数据。政府部门可以收到自下向上的能耗数据,进而进行动态监测、统计分析和预警管控^[9]。

在这一架构中,现有用能单位的能耗在线监测系统建设依托省级和国家级的数据中心和云平台,数据集中接收、存储、汇总、分析和服。这种中心化模式便于数据汇总和统一管理以及利用云计算超算能力,但在数据验真、系统安全、节点信任、处理效率、数据共享等方面还存在痛点,主要包括数据采集端设备认证问题、中心化系统数据安全问题、参与节点多数据可信问题、层层审核流程长的数据处理效率问题、缺乏共享激励从而数据不开放问题等。在目前的中心化架构中,数据分别在省政务云和国家政务云服务器上集中存储和管理,存在数据被人为篡改和单节点故障的安全问题。同时,由于多主体间信息流转不畅,存在数据孤岛,管理方对所采集的数据往往缺乏深入分析与决策提炼,数据价值未得

到充分利用。区块链技术具有身份认证、可证可溯、内置合约、分布式账本、通证机制、不可篡改、账户匿名性等特性,为解决上述痛点提供契合的新手段。因此,从解决能耗监测系统中数据来源、数据传输、数据融合、数据存储、数据共享、数据安全、数据隐私等方面存在的痛点需求出发,提出基于区块链技术的解决方案,如图2所示。

本文将现有能耗在线监测系统与区块链技术进行有机结合,采集企业能耗数据后将其上传至现有的省级区域平台和国家平台,同时通过构建省级能耗监测区块链和国家能耗监测区块链的“双链结构”(子链和母链),各级参与主体分别接入省级能耗监测区块链和国家能耗监测区块链,其能耗数据经可信的区块链终端上传至区块链网络,在多中心的政务云上对能耗数据以统一的格式进行分布式云存储,这样可防篡改、可追溯、可达到账本透明。能耗监测企业端系统应采用冗余措施,防止单点故障的发生,并且数据应有抗抵赖性,即具有在请求的情况下为数据原发者或接收者提供数据原发证据的功能。

2 能耗监测区块链平台架构

2.1 基于区块链的设计思想

区块链最本质的特性是具有不可篡改的分布式账本,这一特性为建立具有公信力的能源互联网共享交易平台提供了技术基础。区块链具有去中心化的架构^[10-11],在不同应用场景下可以采用弱中心、多中心的架构。基于区块链技术的分布式、透明化、不可篡改、不可伪造和系统自治性等特性建立的能耗监测区块链系统可以实现链上能耗数据及交易数据的安全、透明存储,同时在能源互联网中实现数据共

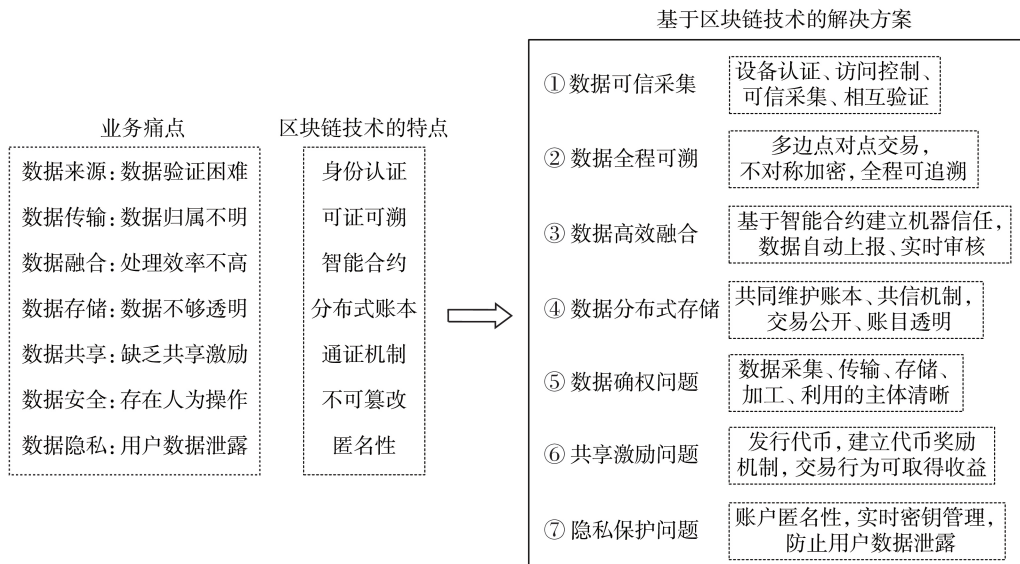


图2 从业务需求到基于区块链技术的解决方案

Fig.2 From business requirements to solution scheme based on blockchain technology

享的多边点对点的交易,具有交易的自主性和价值性^[12-14]。

(1)基于联盟链多中心化架构,建立国家能耗监测区块链和省级能耗监测区块链,政府授权由节能主管部门、能源部门、统计部门、数据中心等作为多个记账节点,拥有全局账本,且采用分布式云存储策略,将数据分散到多云服务器上存储,可有效防止数据被篡改,保证数据的安全。

(2)区块链提供了有效的数据确权 and 交易奖励机制,当能耗数据上链、在链上使用时,其采集、交互和使用情况就能够以可信方式被记录、持久化保存。建立基于智能合约的交易机制保证各方利益分配,能够对能耗数据交互、数据有偿使用进行准确交易行为记录和交易结算,激励参与者贡献出自己的数据资源,与相关方进行分享,这样不仅促进了业务协同,还可取得价值回馈,从而保障了各方利益。

(3)能耗监测区块链平台的“权益代币化”即引入区块链的通证(Token)(代币),作为主体之间完成协作的通用语言,在由人、机构、设备多个智能主体构成的自治系统中,通过代币机制激励参与主体贡献数据、提供服务,各主体发布智能合约以实现数据分享和服务自动化过程。为了保证这一机制,能耗采集端通过区块链终端设备(集成了区块链机制的企业端设备)实现基于智能合约的能耗数据访问控制,如图3所示。

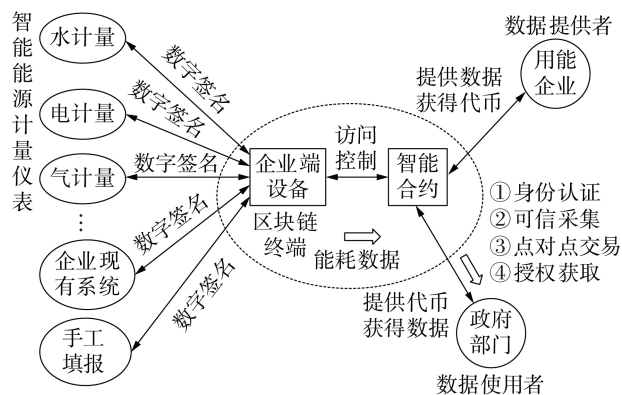


图3 基于区块链的能耗数据访问控制

Fig.3 Blockchain-based access control of energy consumption data

区块链监测系统由各利益主体共同参与、共同建设,权益代币化需合理设置代币发行和代币奖励机制,全网建立关于代币总量、初始发行量及配比、交易行为代币奖励量的共识。企业建设分布式能源系统可以在所在园区内部进行能源交易,通过区块链采集终端内置的智能合约,增强物联网设备认证、交易对方身份核验、交易数据保真等信任管理。交易行为主要包括能耗数据交互、数据服务提供及可

能的能源交易,可根据用户身份、数据类型、数据流量、数据时效、数据价值以及不同层次的数据服务、能源交易价格等定价要素分级分类设置代币奖励规则,并由相关主体自主通过智能合约发布^[15]。各主体之间通过通证和内置合约进行数据共享、业务协作和信息融合,系统自主运行和自动交易,形成区块链开放自治的生态体系。

2.2 区块链平台架构

区块链分为公有链、联盟链和私有链3种模式^[16],考虑到能耗监测系统中参与主体之间存在一定的信任关系,且都接受政府监管,基于区块链的能耗在线监测系统适合采用联盟链模式构建,参与节点通过身份认证加入区块链网络中。各参与节点互联互通、数据共享,通过共识机制维护区块链的交易行为以及账本数据的完整、真实、可信。区块链平台的伸缩性好,根据业务场景、参与主体的业务需求,可以弹性增加节点或退出节点。基于区块链的能耗在线监测系统架构如图4所示,其由下而上分为感知层、区块链层、应用层3层。

(1)感知层:通过能源计量仪表对能耗数据进行自动采集和上传,包括水、电、气、热、油、煤等各种能源介质的消耗数据,以及关联的采集设备属性信息(如所属生产单元、安装位置、状态等),通过内嵌采集合约“按需”(根据政府监管和企业数据交易要求)从计量仪表或企业现有系统中每隔一段时间读取能耗数据,经编码和信息关联后上传到区块链层,作为整个区块链系统的可信数据来源。

(2)区块链层:其是整个能耗监测区块链平台的核心所在,分为区块链存储和区块链核心2个子层。区块链存储子层采用多中心的分布式记账,持久保存各主体的交易信息,并存储智能合约代码,可追溯且不可篡改^[17-18]。系统各主体点对点通信,提交相关数据上链,包括主体名称、属性等静态数据和交易生成的动态数据;区块链核心子层是整个区块链系统的核心,包括委托权益证明(DPoS)共识机制、代币激励机制、密钥管理等,对应不同业务的智能合约生成、执行,调用合约接口(APIs)来存储和查询数据,并执行业务规则。

(3)应用层:为用户提供各种应用服务,包括政府子系统、用能单位子系统和公众子系统,提供身份认证、能耗监测、能效分析、节能管理、智能决策和数据服务等功能。用户通过分布式应用DApps与区块链平台进行连接,发出交易请求并自动进行交易行为,即各主体之间的数据交互、业务协同经智能合约处理后,生成交易信息并存储到区块链云端数据库中。系统为应用层集成提供区块链访问接口(API、SDK、Web Services)。

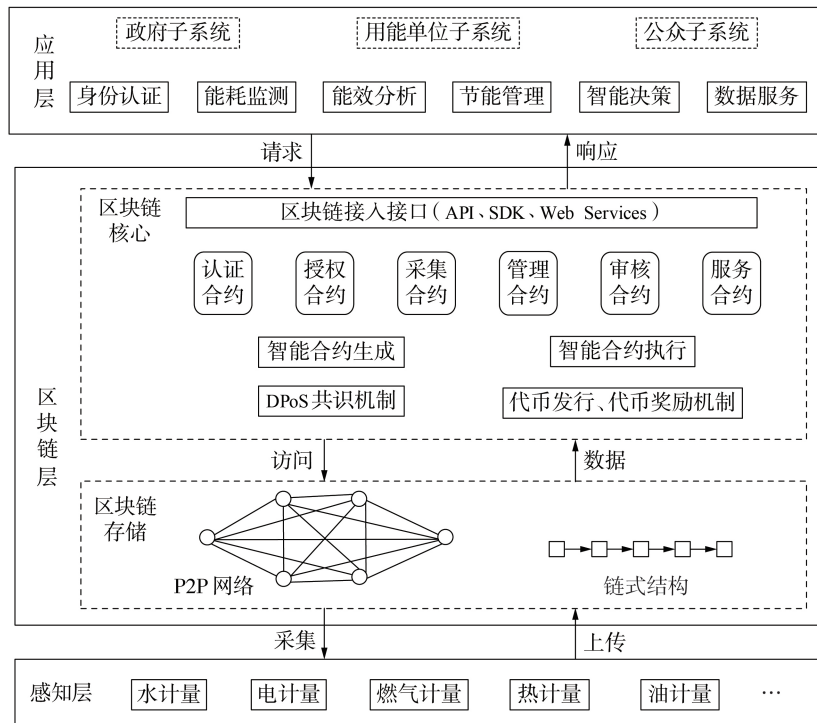


图4 基于区块链的能耗在线监测系统架构

Fig.4 Architecture of energy consumption online monitoring system based on blockchain

3 能耗监测区块链的关键问题

将区块链技术应用于能耗在线监测系统建设是一种创新应用模式,尚不成熟,还存在诸多难点和挑战,本文重点探讨了重点用能企业端设备认证与可信数据采集、能耗数据上传后分布式云存储模式、能耗数据的多主体间信息协同这3个关键问题。其中区块链终端设备的信任管理尤为关键。

目前,能耗监测系统在企业侧设“端设备”负责采集现场能耗量测设备的实时能耗数据,并将其发送给企业“端系统”,起到数据采集器、网关、隔离网闸的综合作用。企业“端系统”是集成了“端设备”、现有系统(可编程逻辑控制器(PLC)、制造执行控制系统(MES))、提供手工填报的信息系统,担当“雾节点”,既是汇聚节点又是边缘计算节点,负责接收、汇总、上传、分析能耗数据,并提供本地化的能耗监测报警、能效分析、功率预测等功能。结合区块链技术,将能耗监测系统的信任管理下沉到“端设备”,需要在现有企业“端设备”中嵌入数据采集智能合约,以及身份认证、节点授权、访问控制等安全策略。因此,区块链终端同时具备了能耗数据采集器、物联网网关、安全隔离网闸、嵌入区块链机制的多重功能。

3.1 “端设备”认证与可信采集

区块链的去中心化特性为物联网的自我治理提供了途径,可帮助物联网中的设备彼此沟通,实现对物联网的分布式控制。用能单位配置和管理能源计

量仪表,区块链监测系统将主体和数据均纳入认证管理,企业、设备均需注册,通过平台身份认证后成为信任设备方可接入区块链。企业“端设备”具备本地数据采集、处理、汇集、上报等功能,是经计量部门检定并得到监管部门授权的设备,同时需要信息安全隔离以保证能耗监测端设备的本身安全和企业信息安全。身份鉴权是指利用区块链的验证和共识机制,防止非法或者恶意的“端设备”接入物联网,进而篡改或盗取智能能源计量仪表的数据。数据可证可溯是指基于区块链的共识算法,能耗数据写入区块链后就不可人为篡改。

(1)“端设备”认证:采用区块链的节点认证机制,使得只有通过注册的“端设备”可以接入系统,防止非法设备接入以及未经检定的设备继续使用。节点认证机制并不是区块链独有的,原有的中心化模式同样能够对注册后的设备进行认证,但中心化认证是通过中心化的服务器进行证书签发,存在可信性、垄断性、用户隐私问题,且认证信息有被篡改的风险。区块链系统的节点认证机制采用数字签名技术,可在边缘端处理,具有自治性、透明性、节点匿名性等特点,认证信息上链保存可防止被人为篡改。通过区块链终端中嵌入的智能合约,对设备数字签名进行校验,可以实现节点认证边缘化、自动化、高效化,且通过设备端对真实用户进行身份核实,确保设备被合法身份使用。

通过执行“端设备”内嵌智能合约,保证数据采

集自动、可信,分级分类采集和授权分发,通过区块链公私密钥、数字签名技术将受监管或待分享的能耗数据按统一的格式进行编码,并将其与设备属性和状态信息关联后打包上链,经由区块链网络传输。在区块链内的数字资产(能耗数据)与区块链外的实物(计量设备)之间建立可信任的绑定关系,这样链下设备和链上数据间可建立可信映射,实现数据的存证和溯源,由智能合约操控数据的控制权限转移,还可进行可信数据流转的优化。

(2)可信数据采集:政府监管部门规定了企业能耗数据的采集范围、采集项选择、上传频率、行业数据项、组合数据项编码等。采用区块链与物联网相融合的可信数据采集方案,能源计量仪表通过数字签名为其数据上链“保真”。在区块链终端设备中嵌入数据采集智能合约,生成合约并将其发布到区块链上生效,获得授权的接收方经交易行为获得数据。能耗数据对不同用户、不同业务、不同数据类型进行分级分类提供,数据提供方也可根据数据共享智能合约获得代币收益。区块链与物联网相融合的可信数据采集架构如图5所示。通过嵌入智能合约的企业“端设备”,实现对采集设备的身份认证、按需(政府监管和企业分享数据要求)采集能耗数据、对数据分级分类和自动路由分发等功能。

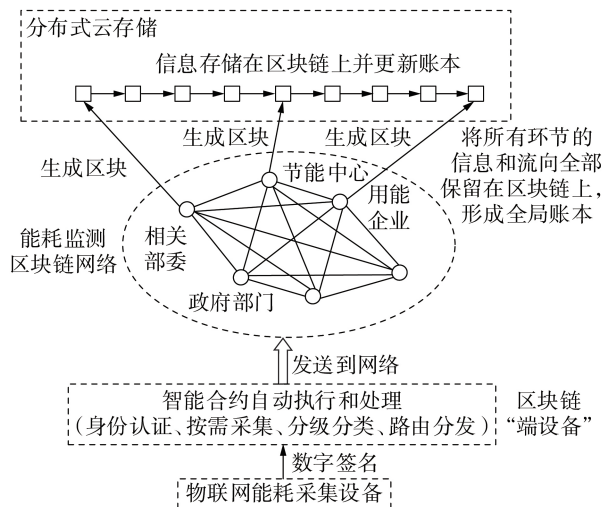


图5 区块链与物联网相融合的可信数据采集

Fig.5 Trusted data collection based on integration of blockchain and Internet of Things

3.2 分布式云存储

将重点用能单位“端系统”/“端设备”采集的能耗数据同时上传到省级平台、国家平台。区域内企业众多,且每个用能企业的能源计量设备数量多,同时又是在线实时数据采集,采集频率高,长时间累积后产生的数据量巨大。利用区块链技术可有效防止数据被篡改,保证数据安全,避免中心化数据库的安全问题。区块链监测系统采用分布式云存储策略,

利用联盟链多中心架构,将数据分散存储到多台云服务器上,这样会有以下2个方面的优势:①降低成本,区块链无需建设中心化的数据中心,规避了昂贵的运维费用;②保护隐私,区块链上账户匿名性以及链上数据都经过授权和加密保护,用户的数据和隐私更加安全。与区块链结合的云雾(云端+雾端)协同的分布式存储架构如图6所示。

(1)云端多中心存储:云端是2级区块链网络,包括国家能耗监测区块链和省级能耗监测区块链,能耗数据分布存储在多中心政务云服务器上,包括国家政务云、区域(省/市/区)政务云。用能单位上传能耗数据的行为可看作一个交易,在一段时间内的交易数据经编码及信息关联打包,生成数据区块的哈希值(数据资产DNA)并上链保存。监测链中的所有节点在规定的时间内按规定的频率均采集和发布能耗数据,经数据审核智能合约的实时审核后上链,并全网广播,通过共识机制实现验证,多中心云平台作为完全节点进行记账,形成全局账本。

(2)雾端汇集和边缘计算:在雾端通过给每个接入点(用能企业)配备区块链终端设备(企业“端设备”),“端系统”采集、汇总并上传来自现场能耗采集设备、现有信息系统和人工填报的能耗数据,可以将大量与企业相关的信息直接在本地接入点进行存储和处理。企业“端系统”具有边缘计算功能,将区块链与人工智能技术相结合,通过智能算法进行本地化的能耗管理、能效检测、功率预测、异常判断预警、能源平衡调度、多种能源的供配和利用等,实现数据采集、汇集、查询、审计及本地化服务等,减轻了网络的通信负担和云端的计算压力,并确保了企业数据采集“端系统”运行的可靠性和安全性。

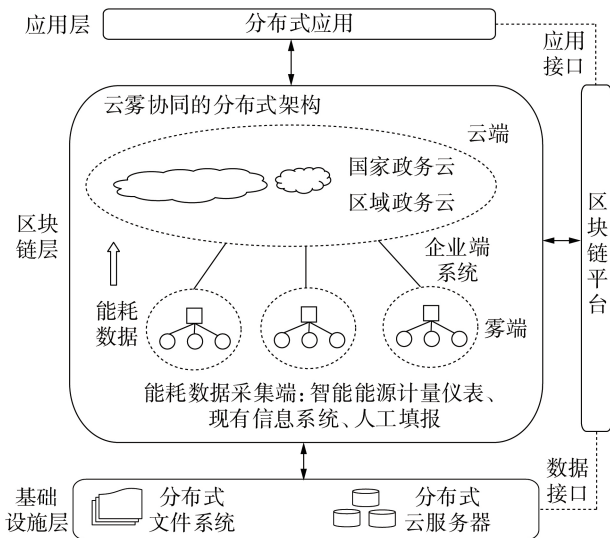


图6 能耗数据的分布式云存储架构

Fig.6 Distributed cloud storage architecture of energy consumption data

3.3 多主体信息协同

企业根据国家监管要求,将能耗数据上传到省级平台和国家平台,同时引入区块链终端信任管理,可以将能耗数据上链并发布数据共享合约,将数据有偿分享给企业相关的供应链伙伴、技术开发团队、金融机构等,这样既促进合作协同又取得收益,可用于业务伙伴间的数据交易。这种交易可以采用货币或代币方式,由数据提供方发布的智能合约约定,同时代币的定价机制具有一定的灵活性。能耗监测区块链的参与节点多,要实现多主体信息协同,需在多主体间建立数据提供、服务获取、交易确认和奖励机制。

(1)可信共享交易:在物联网实现人、机构和设备等互通互联的基础上,借助区块链的共识机制,使区域内节点建立一种依托智能合约自动形成业务协作的生产关系,为多方主体参与贡献提供共享交易平台。区块链去中心化建立互信,能够打破信息孤岛,利用身份认证、授权管理,多部门按预先设定的共享智能合约,使用数据、给出反馈、计入绩效等,自动对做出贡献的主体给予相应的奖励,实现信息高效处理和流转。国家平台和省级平台对企业上传的数据进行汇总、审计,并进行统计分析、辅助决策、信息发布,同时将能耗数据供给政府其他相关部门使用。利用区块链的可追溯能力可以追溯数据来源、数据审核和数据使用情况。通过跟踪在不同数据输入和业务场景下的交易行为,政府可以动态评估能耗监测系统的监管效果。

(2)多主体业务协同:区块链系统不局限于单一企业或组织内部,而是涉及政府监管、供应链合作等跨主体、多个对等实体之间的协作。政府各部门、重点用能单位在互联互通的基础上进行业务协同。参与主体还可以包含能源供应单位、节能服务商、人工智能开发团队、数据服务商乃至园区管委会、金融机构等众多角色,节点注册后加入区块链网络,就可以在区块链网络中进行多边点对点交易。通过设计合理的代币奖励机制,激励参与方之间共享数据,从而增强数据利用价值。利用智能合约定义业务流程(如数据审核流程),实现多主体之间的自主化、去中心化的智能协同和高效联动。而且数据可验真、不可篡改,有利于保证政府监管的公信力和数据报告的价值,还有助于企业与业务伙伴的合作。例如,用能单位与金融机构相联动,能耗数据能够反映企业的经营状况,数据上链构造了一个区块链的信任环境,数据确权明晰,数据验真得到保障,数据价值得到认可,从而帮助企业进行信用融资。

4 结语

区块链在能源领域将发挥其独特优势,利用区

块链技术建设用能单位能耗在线监测系统,建立国家-省(市/区)2级能源消耗监测网络和预警机制,是节能治理模式的一种有益探索。

本文在业务需求分析和区块链平台架构设计的基础上,重点探讨了“端设备”认证安全、数据可信采集、去中心化存储、多主体协同自治等关键问题,其中区块链终端设备信任管理尤为关键。能耗监测区块链方案是对现有方案的升级和补充,二者可结合应用,在区块链构建的可信环境下实现监测监管。

区块链作为新一代信息技术正被加速研究和突破应用,将区块链与物联网相结合是能源互联网重要的可信基础设施,将区块链与人工智能相结合是未来的一个重要方向。随着边缘智能的逐步完善,智能设备(智能体)的自治化趋势将持续演进。各个智能体均具有一定的自治能力,整个能耗监测集群系统中将不存在汇集节点,根据预设的智能合约自主发送和接收数据,不同设备和主体间彼此交互和协同。区块链技术将在多环节、多场景应用驱动下加速发展和产业化,促进社会治理的进步,打造开放、自治、可信的社会形态。

参考文献:

- [1] DWYER G P. The economics of Bitcoin and similar private digital currencies[J]. Journal of Financial Stability, 2015, 17: 81-91.
- [2] BENTOV I, LEE C, MIZRAHI A, et al. Proof of activity: extending Bitcoin's proof of work via proof of stake[J]. ACM Sigmetrics Performance Evaluation Review, 2014, 42(3): 34-37.
- [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.
YUAN Yong, WANG Feiyue. Blockchain: the state of the art and future trends[J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481-494.
- [4] CHRISTIDIS K, DEVETSIKIOTIS M. Blockchains and smart contracts for the Internet of Things[J]. IEEE Access, 2016, 4: 2292-2303.
- [5] 颜拥, 赵俊华, 文福拴, 等. 能源系统中的区块链: 概念、应用与展望[J]. 电力建设, 2017, 38(2): 12-20.
YAN Yong, ZHAO Junhua, WEN Fushuan, et al. Blockchain in energy systems: concept, application and prospect[J]. Electric Power Construction, 2017, 38(2): 12-20.
- [6] 杨德昌, 赵肖余, 徐梓潇, 等. 区块链在能源互联网中应用现状分析和前景展望[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(13): 3664-3671.
YANG Dechang, ZHAO Xiaoyu, XU Zixiao, et al. Developing status and prospect analysis of blockchain in energy internet[J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37(13): 3664-3671.
- [7] 曹寅. 能源区块链与能源互联网[J]. 风能, 2016(5): 14-15.
CAO Yin. Energy blockchain and energy internet[J]. Wind Energy, 2016(5): 14-15.
- [8] 吕诗宁, 颜拥, 丁麒, 等. 能源互联网中的区块链应用: 优势、场景与案例[J]. 浙江电力, 2017, 36(3): 1-4, 23.
LÜ Shining, YAN Yong, DING Qi, et al. Application of blockchain in energy internet: advantage, scenario and case[J]. Zhejiang Electric Power, 2017, 36(3): 1-4, 23.

- [9] 国家发展改革委环资司,国家节能中心. 重点用能单位能耗在线监测技术规范(试行)第一批12项规范[EB/OL]. (2018-05-11)[2020-04-01]. <http://www.chinanec.cn/website/News!view.shtml?id=207786>.
- [10] GLASER F. Pervasive decentralisation of digital infrastructures: a framework for blockchain enabled system and use case analysis[C]//Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences(2017).Waikoloa,Hawaii,USA: [s.n.], 2017: 1-14.
- [11] CHEN S,SHI R,REN Z Y,et al. A blockchain-based supply chain quality management framework[C]//2017 IEEE 14th International Conference on E-Business Engineering (ICEBE). Shanghai, China: IEEE, 2017: 172-176.
- [12] 杨明通,周步祥,董申,等. 区块链支持下的微网电力市场设计及调度优化[J]. 电力自动化设备, 2019, 39(12): 155-161.
YANG Mingtong, ZHOU Buxiang, DONG Shen, et al. Design and dispatch optimization of microgrid electricity market supported by blockchain[J]. Electric Power Automation Equipment, 2019, 39(12): 155-161.
- [13] MICHAEL C. Ethereum used for 'first' paid energy trade using blockchain tech[EB/OL]. (2016-04-11)[2020-04-01]. <http://www.coindesk.com/ethereum-used-first-paid-energy-trade-using-blockchain-technology/>.
- [14] IRINA S W. Block charge: the blockchain based solution for charging electric cars[EB/OL]. (2016-10-27)[2020-04-01]. <https://www.linkedin.com/pulse/blockcharge-blockchain-based-solution-charging-cars/>.
- [15] 陈中育,吕立群,林飞龙. 基于区块链的微电网定价机制设计与优化[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2019, 42(3): 248-253.
CHEN Zhongyu, LÜ Liqun, LIN Feilong. Design and optimization of power pricing in the blockchain-based smart grid[J]. Journal of Zhejiang Normal University(Natural Science), 2019, 42(3): 248-253.
- [16] BUTERIN V. On public and private blockchains[EB/OL]. (2015-08-07)[2020-04-10]. <https://www.coindesk.com/vita/lik-buterin-on-public-and-private-blockchains>.
- [17] 杨挺,赵俊杰,张卫欣,等. 电力信息物理融合系统数据区块链生成算法[J]. 电力自动化设备, 2018, 38(10): 74-80.
YANG Ting, ZHAO Junjie, ZHANG Weixin, et al. Data blockchain generation algorithm of cyber physical power system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2018, 38(10): 74-80.
- [18] 马天男,彭丽霖,杜英,等. 区块链技术下局域多微电网市场竞争博弈模型及求解算法[J]. 电力自动化设备, 2018, 38(5): 198-210.
MA Tiannan, PENG Lilin, DU Ying, et al. Competition game model for local multi-microgrid market based on block chain technology and its solution algorithm[J]. Electric Power Automation Equipment, 2018, 38(5): 198-210.

作者简介:



曾隽芳

曾隽芳(1966—),女,湖南怀化人,副研究员,博士,主要研究方向为区块链与智能系统(E-mail: junfang.zeng@ia.ac.cn);

刘禹(1979—),男,北京人,研究员,博士,主要研究方向为分布式智能与脑机融合(E-mail: yu.liu@ia.ac.cn)。

(编辑 陆丹)

Trust management of blockchain terminals in energy consumption monitoring

ZENG Junfang, LIU Yu

(Integrated Information System Research Center, Institution of Automation of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: The integration of blockchain with Internet of Things, cloud computing, artificial intelligence and big data technology has brought an innovative application mode for energy internet. Focusing on the energy consumption monitoring in the energy consumption link, the blockchain technology is applied to the construction of the energy consumption online monitoring system of key energy consumption units, the suitability of blockchain technology for business requirements is analyzed, and the blockchain platform architecture is designed. Three key issues of blockchain based energy consumption monitoring are discussed, including the terminal device certification and trusted data collection, the distributed cloud storage on the data chain, and the information collaboration among multiple data sharing parties. The blockchain scheme is an upgrade and supplement to the existing scheme, which can be applied in combination.

Key words: blockchain; energy consumption monitoring; trusted data collection; distributed cloud storage; trust management