(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 1 月 5 日 (05.01.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/273994 A1

(51) 国际专利分类号:
G06Q 20/38 (2012.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/100522

(22) 国际申请日: 2022 年 6 月 22 日 (22.06.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110739999.1 2021年7月1日 (01.07.2021) CN

(71) 申请人: 支付宝（杭州）信息技术有限公司 (**ALIPAY (HANGZHOU) INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区西溪路 556 号 8 层 B 段 801-11, Zhejiang 310000 (CN)。

(72) 发明人: 林志平 (**LIN, Zhiping**); 中国浙江省杭州市西湖区西溪路 556 号 8 层 B 段 801-11, Zhejiang 310000 (CN)。

(74) 代理人: 北京博思佳知识产权代理有限公司 (**BEIJING BESTIPR INTELLECTUAL PROPERTY LAW CORPORATION**); 中国北京市海淀区上地三街 9 号嘉华大厦 B 座 409, Beijing 100085 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,

(54) **Title:** METHOD, SYSTEM, AND APPARATUS FOR EXECUTING SMART CONTRACT, AND STORAGE MEDIUM

(54) **发明名称**: 智能合约执行的方法、系统、装置和存储介质

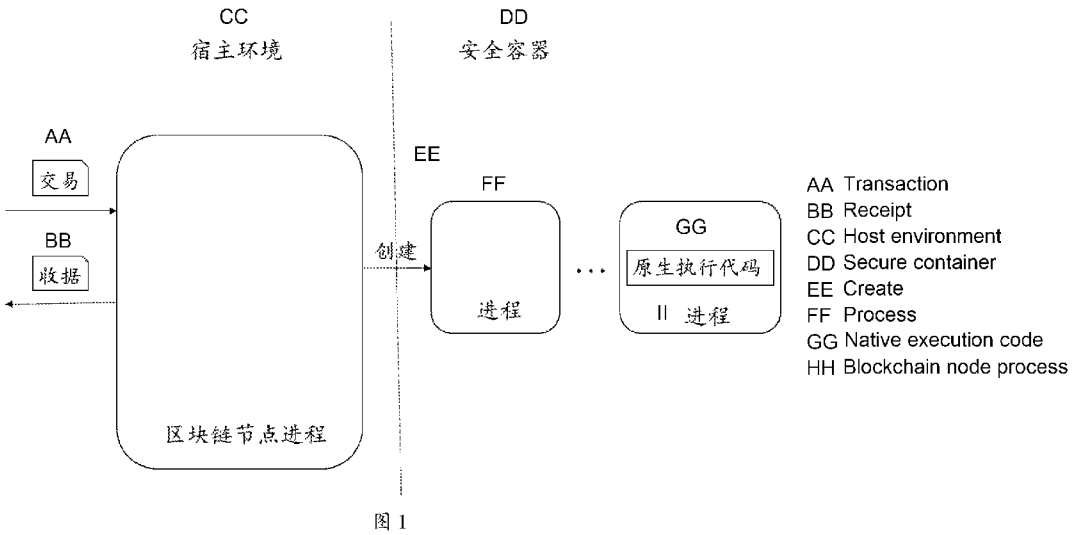


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed in embodiments of the present description are a method, system, and apparatus for executing a smart contract, and a storage medium. The method comprises a node flow implemented by a blockchain node process running in a host environment, and a contract flow implemented by a process running in a secure container. The secure container is a container not sharing the kernel with the host environment. The node flow comprises: receiving a blockchain transaction; in response to receiving the blockchain transaction, creating the process in the secure container to execute native execution code of a smart contract called by the blockchain transaction, the format of the native execution code corresponding to high-level language to which source code of the smart contract belongs; and obtaining an execution result of the blockchain transaction. The contract process comprises: executing the native execution code of the smart contract in the secure container.

WO 2023/273994 A1

[见续页]

PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：本说明书实施例公开了一种智能合约执行方法、系统、装置和存储介质。方法包括由运行在宿主环境中的区块链节点进程实现的节点流程，以及由运行在安全容器中的进程实现的合约流程。安全容器为与宿主环境不共享内核的容器。节点流程包括：接收区块链交易；响应于接收到区块链交易，在安全容器中创建进程，以执行区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，原生执行代码的格式与智能合约的源代码所属的高级语言对应；获得区块链交易的执行结果。合约流程包括：在安全容器中执行智能合约的原生执行代码。

智能合约执行的方法、系统、装置和存储介质

技术领域

[01] 本说明书涉及信息技术领域，特别涉及一种智能合约执行的方法、系统、装置和存储介质。

背景技术

[02] 智能合约（简称合约）开发是区块链开发的重要组成部分，当前区块链业界大部分链是将用高级语言编写的合约源代码编译成低端字节码后，在该低端字节码匹配的虚拟机中运行智能合约（即执行该低端字节码）。

[03] 然而，支持转换低端字节码的高级语言种类有限，即采用上述合约执行方式时可供选择的高级语言种类有限，无法满足各类高级语言开发者开发智能合约的需求。

发明内容

[04] 本说明书实施例之一提供一种智能合约执行方法。所述方法包括由运行在宿主环境中的区块链节点进程实现的节点流程，以及由运行在安全容器中的进程实现的合约流程，所述安全容器为与所述宿主环境不共享内核的容器。其中，所述节点流程包括：接收区块链交易；响应于接收到区块链交易，在所述安全容器中创建进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，所述原生执行代码的格式与所述智能合约的源代码所属的高级语言对应；获得所述区块链交易的执行结果。所述合约流程包括：在所述安全容器中执行所述智能合约的原生执行代码。

[05] 本说明书实施例之一提供一种智能合约执行系统。所述系统包括运行在宿主环境中的区块链节点进程以及运行在安全容器中的进程，所述安全容器为与所述宿主环境不共享内核的容器。其中，所述区块链节点进程用于：接收区块链交易，响应于接收到区块链交易，在所述安全容器中创建进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，所述原生执行代码与所述智能合约的源代码所属的高级语言对应；获得所述区块链交易的执行结果。所述安全容器中的进程用于：在所述安全容器中执行所述智能合约的原生执行代码。

[06] 本说明书实施例之一提供一种智能合约执行装置。所述装置包括处理器和存储设备，所述存储设备用于存储指令，当所述处理器执行指令时，实现如本说明书任一实施例所述的智能合约执行方法。

[07] 本说明书实施例之一提供一种计算机存储介质，所述存储介质存储有指令，当处理

器执行指令时，实现如本说明书任一实施例所述的智能合约执行方法。

附图说明

[08]本说明书将以示例性实施例的方式进一步说明，这些示例性实施例将通过附图进行详细描述。这些实施例并非限制性的，在这些实施例中，相同的编号表示相同的结构，其中：

[09]图 1 是根据本说明书一些实施例所示的智能合约执行方法的流程示意图；

[10]图 2 是根据本说明书一些实施例所示的智能合约执行方法的交互示意图。

具体实施方式

[11]为了更清楚地说明本说明书实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单的介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本说明书的一些示例或实施例，对于本领域的普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图将本说明书应用于其它类似情景。除非从语言环境中显而易见或另做说明，图中相同标号代表相同结构或操作。

[12]应当理解，本文使用的“系统”、“装置”、“单元”和/或“模组”是用于区分不同级别的不同组件、元件、部件、部分或装配的一种方法。然而，如果其他词语可实现相同的目的，则可通过其他表达来替换所述词语。

[13]如本说明书中所示，除非上下文明确提示例外情形，“一”、“一个”、“一种”和/或“该”等词并非特指单数，也可包括复数。一般说来，术语“包括”与“包含”仅提示包括已明确标识的步骤和元素，而这些步骤和元素不构成一个排它性的罗列，方法或者设备也可能包含其它的步骤或元素。

[14]本说明书中使用了流程图用来说明根据本说明书的实施例的系统所执行的操作。应当理解的是，前面或后面操作不一定按照顺序来精确地执行。相反，可以按照倒序或同时处理各个步骤。同时，也可以将其他操作添加到这些过程中，或从这些过程移除某一步或数步操作。

[15]首先介绍本说明书中涉及的一些基本概念。

[16]区块链交易（简称交易）可以用于记录各类事件和/或数据。在一些实施例中，交易记录的事件可以包括表征新节点的加入、节点的退出、转账等中的一种或多种。在一些实施例中，交易记录的数据可以包括医疗信息、电子合同、电子凭据、电子订单、数字指纹等中的一种或多种。

[17]期望的代码可以通过交易触发执行，也可称作交易的执行，区块链节点可以是交易

的执行者。仅作为示例，用于记录转账行为的交易可以触发对转账双方账户余额的更新，用于存证数据的交易可以触发将数据写入区块链数据，用于查询数据的交易可以触发对区块链数据的查询，等等。

[18]在一些实施例中，交易的执行可包括智能合约的调用。智能合约（简称合约）可以指分布式存储于区块链系统中各节点的可在一定条件下自动执行的数字化协议。智能合约本质是一段运行在区块链网络中的代码，用于完成用户所赋予的业务逻辑。

[19]随着区块链的不断发展，其应用场景不断延伸，越来越多的开发者加入区块链开发。区块链开发中，智能合约开发十分重要。当前区块链业界大部分链是将用高级语言编写的合约源代码编译成低端字节码后，在该低端字节码匹配的虚拟机中运行智能合约（即执行该低端字节码）。例如，以太坊的合约开发者通常选择用 Solidity 语言编写合约源代码。相应地，将用 Solidity 语言编写的合约源代码编译成 evm 格式的字节码（简称 evm 字节码）后，可在 EVM 虚拟机中执行该 evm 字节码。又如，EOS（Enterprise Operating System，企业操作系统）的合约开发者大多选择用 C++语言编写合约源代码。相应地，将用 C++语言编写的合约源代码编译成 wasm 格式的字节码（简称 wasm 字节码）后，可在 WASM（Web Assembly）虚拟机中执行该 wasm 字节码。

[20]虚拟机的一些特性能够在一定程度上保障合约安全(如过滤代码中的不安全语句)，合约安全包括但不限于不允许合约获取非授权的数据，如访问本地磁盘文件、访问网络资源等，以及/或者不允许合约行为破坏宿主环境（操作系统）的安全，如不允许智能合约获得一些影响操作系统正常运行的调用权限(比如 fork, kill, chmod, ptrace 等)。然而，支持转换成低端字节码的高级语言种类有限，使得上述合约执行方式下可供选择的高级语言种类有限，无法满足各类高级语言开发者开发智能合约的需求。

[21]虽然也有区块链架构（如 Fabric）支持以原生执行方式执行智能合约，但却没有对合约的操作权限进行限制以保障合约安全，例如，一些联盟链架构仅依靠授权成员的加入来保障合约安全。在没有对合约的操作权限进行限制的情况下，如果存在一些安全漏洞，同时刚好有“作恶”的智能合约利用安全漏洞，很可能导致隐私数据的泄露、节点的不可靠运行等问题。

[22]需要说明的是，原生执行方式也称作传统/常规执行方式，是指将用高级语言编写的源代码编译成原生执行代码（区别于低端字节码）来执行。例如，对于 Java 语言，原生执行方式是指将用 Java 语言编写的源代码编译成 class 格式的字节码来执行。又如，对于 C++语言，原生执行方式是指将用 C++语言编写的源代码编译成与目标 CPU 架构匹配的字节码，可以理解，这里的目标 CPU 架构特指用于执行合约的 CPU 架构。每种高

级语言对应一种原生执行代码，而有限种类的高级语言支持将源代码转换成统一格式的低端字节码。按照原生执行方式执行的智能合约代码（简称原生智能合约）可以满足各类高级语言开发者开发智能合约的需求。另外，相较于低端字节码，原生执行代码的可调试性更高。

[23]在一些实施例中，为了支持原生智能合约的执行，可以将容器作为原生智能合约的执行环境。容器具有占用资源少、部署快、易移植、隔离性等优势。每个交易的合约执行可以与容器实例建立一一对应的关系，可以理解，容器实例是指具体的单个容器。如此，可利用容器的隔离性隔离不同交易的合约执行。

[24]然而，普通容器（如 Docker, Inc.开发的 Docker 容器（简称 Docker））与宿主环境（操作系统）共享内核（kernel），“作恶”的智能合约可以利用内核漏洞攻击宿主环境，窃取隐私数据甚至破坏操作系统。需要说明的是，内核是操作系统（Operation System ，OS）的核心，其可负责管理操作系统的进程、内存、设备驱动程序、文件和网络系统，决定着操作系统的性能和稳定性。

[25]有鉴于此，本说明书实施例提供一种通过安全容器执行原生智能合约的方法和系统，可以满足各类语言开发者开发智能合约的需求，保证较高的代码可调试性，且确保智能合约的安全性。

[26]可以理解，区别于普通容器（如 Docker），安全容器是指与宿主环境不共享内核的容器。仅作为示例，安全容器可以包括由开源社区开发的 kata 容器（具体信息可参见 https://katacontainers.io/）、由谷歌开发的 gVisor 容器、由亚马逊开发的 Firecracker 等中的一种或多种。

[27]图 1 是根据本说明书一些实施例所示的智能合约执行方法的流程示意图。

[28]所述方法可以包括由运行在宿主环境中的区块链节点进程实现的节点流程，以及由运行在安全容器中的进程实现的合约流程。其中，区块链节点进程可指正在运行的区块链程序。在一些实施例中，宿主环境和安全容器可以集成于单个设备（宿主机），也可以分布在多个设备上，例如可以将安全容器运行在云服务器上。在一些实施例中，宿主环境和安全容器之间可通过宿主环境本身具备的网络模块建立通信连接。

[29]如图 1 所示，所述节点流程可以包括：接收交易；响应于接收到交易，在安全容器中创建进程，以执行所述交易调用的智能合约的原生执行代码；获得所述交易的执行结果（也可称作“收据”）。所述合约流程可以包括在安全容器中执行所述智能合约的原生执行代码。

[30]可以理解，区块链节点进程/安全容器中可运行多个进程以实现相应流程。

[31]在一些实施例中，响应于接收到交易，区块链节点进程可以首先为合约的执行创建一个安全容器，然后在安全容器中创建守护进程。可选地，区块链节点进程也可以在已创建的安全容器中创建守护进程。可选地，区块链节点进程也可以直接使用已创建的守护进程。该守护进程可以用于管理合约执行进程的生命周期，包括负责合约执行进程的创建、销毁、调用等。进而，守护进程可在安全容器中创建合约执行进程，从区块链节点进程获取交易调用的智能合约的原生执行代码，并将所述原生执行代码传递至所述合约执行进程。其中，合约执行进程可用于执行交易调用的智能合约的原生执行代码。在一些实施例中，合约执行可包括设置智能合约中变量的值。具体地，合约执行进程可以从所述区块链节点进程获取智能合约中变量的值，设置所述变量的值，并将设置后的所述变量的值返回给所述区块链节点进程，以使区块链节点进程获得交易的执行结果。其中，交易中可指明要设置的变量的名称（key），区块链节点进程可根据该变量的名称查询该变量的值（value）。可以理解，同一变量的 key 和 value 可以键值对形式存储以便查询。

[32]可以理解，本说明书的一个或多个实施例中的某些特征、结构或特点可以进行适当的组合。下面结合图 2 进行示例。

[33]图 2 是根据本说明书一些实施例所示的智能合约执行方法的交互示意图。

[34]如图 2 所示，区块链节点程序进程可以包括容器接口、数据库（DB）、容器管理模块和 gRPC 客户端，守护进程可以包括 gRPC 服务器和合约运行模块。其中，容器接口可用于接收交易。容器管理模块可用于响应于容器接口接收到交易，创建安全容器并在所述安全容器中创建进程，以执行所述交易调用的智能合约的原生执行代码。数据库可用于存储区块链数据。区块链数据包括区块数据、账户状态、账户存储、合约代码（如原生执行代码）等中的一个或多个。

[35]gRPC 服务器可以与 gRPC 客户端进行通信，用作用于与区块链节点进程进行通信的通信模块，该通信可以包括获取智能合约的原生执行代码。可选地，gRPC 客户端可以主动与 gRPC 服务器进行通信。具体地，响应于容器接口接收到交易，gRPC 客户端可以通过容器接口从数据库中获取交易调用的智能合约的原生执行代码，并将其发送给 gRPC 服务器。

[36]合约运行模块从 gRPC 服务器获取调用的智能合约的原生执行代码并将其传递至合约执行进程。

[37]从而，合约执行进程可执行获得的原生执行代码。

[38]在一些实施例中，容器接口和 gRPC 客户端之间可设置容器代理，容器接口接收到

交易后可通过容器代理和 gRPC 客户端与守护进程进行通信。

[39]在一些实施例中，合约执行进程与区块链节点进程之间的通信也可以遵循客户端-服务端模式。即，合约执行进程中的 gRPC 客户端可以向区块链节点进程中的 gRPC 服务器线程池（线程集合，thread 即线程）发起请求，相应地 gRPC 服务器线程池对合约执行进程的请求做出响应。具体地，所述请求可以包括获取要设置的合约变量的值，设置合约变量的值以及通知合约执行结果。

[40]gRPC 服务器线程池可以通过 VM（Virtual Machine，虚拟机）线程（如 VM thread1、VM thread2 等）和 Container（容器，如 Container1、Container2 等）向合约执行进程（中的 gRPC 客户端）返回执行合约所需的数据，如要设置的合约变量的值。gRPC 服务器线程池中的 IO 线程/Container 可以通过队列存取消息。例如，IO 线程可以通过 Msg Put 函数（操作）将消息放入队列，Container 可以通过 Msg Get 函数（操作）将该消息从队列中取出，进而通过 Return 函数（操作）将获得的响应数据放入队列以供 IO 线程取出。

[41]每个线程（IO 线程/VM 线程）每次可负责一笔交易的执行。合约执行进程通知 gRPC 服务器线程池中的线程某交易调用的原生智能合约执行完毕后，负责该交易的执行的 VM 线程可确定该交易执行完毕。相应地，容器接口可获得交易的执行结果（即收据）。

[42]应当注意的是，上述有关流程的描述仅仅是为了示例和说明，而不限定本说明书的适用范围。对于本领域技术人员来说，在本说明书的指导下可以对流程进行各种修正和改变。然而，这些修正和改变仍在本说明书的范围之内。

[43]参考图 2，本说明书实施例还提供一种智能合约执行系统，该系统可以包括运行在宿主环境中的区块链节点进程以及运行在安全容器中的进程。

[44]其中，区块链节点进程可以用于：接收区块链交易，根据接收到的区块链交易在所述安全容器中启动进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，所述原生执行代码与所述智能合约的源代码所属的高级语言对应；获得所述区块链交易的执行结果。

[45]所述安全容器中的进程用于：在所述安全容器中执行所述智能合约的原生执行代码。

[46]应当理解，上述智能合约执行系统及其模块可以利用各种方式来实现。例如，在一些实施例中，系统及其模块可以通过硬件、软件或者软件和硬件的结合来实现。其中，硬件部分可以利用专用逻辑来实现；软件部分则可以存储在存储器中，由适当的指令执行系统，例如微处理器或者专用设计硬件来执行。本领域技术人员可以理解上述的方法和系统可以使用计算机可执行指令和/或包含在处理器控制代码中来实现，例如在诸如磁盘、CD 或 DVD-ROM 的载体介质、诸如只读存储器（固件）的可编程的存储器或者诸

如光学或电子信号载体的数据载体上提供了这样的代码。本说明书的系统及其模块不仅可以有诸如超大规模集成电路或门阵列、诸如逻辑芯片、晶体管等的半导体、或者诸如现场可编程门阵列、可编程逻辑设备等的可编程硬件设备的硬件电路实现，也可以用例如由各种类型的处理器所执行的软件实现，还可以由上述硬件电路和软件的结合（例如，固件）来实现。

[47]需要注意的是，以上对于系统及其模块的描述，仅为描述方便，并不能把本说明书限制在所举实施例范围之内。可以理解，对于本领域的技术人员来说，在了解系统的原理后，可能在不背离这一原理的情况下，对各个模块进行任意组合，或者构成子系统与其他模块连接。例如，在一些实施例中，如图 2 所示，安全容器中可运行多个分工不同的进程以共同实现合约流程。诸如此类的变形，均在本说明书的保护范围之内。

[48]本说明书实施例可能带来的有益效果包括但不限于：（1）将容器作为原生智能合约的执行环境，以支持原生智能合约的执行，以原生方式执行智能合约可以满足各类语言开发者开发智能合约的需求，保证较高的代码可调试性，且确保智能合约的安全性；（2）引入不与宿主环境共享内核的安全容器来保障合约安全，防止“作恶”的智能合约通过内核漏洞攻击宿主环境，保护宿主环境的数据安全。需要说明的是，不同实施例可能产生的有益效果不同，在不同的实施例里，可能产生的有益效果可以是以上任意一种或几种的组合，也可以是其他任何可能获得的有益效果。

[49]上文已对基本概念做了描述，显然，对于本领域技术人员来说，上述详细披露仅仅作为示例，而并不构成对本说明书实施例的限定。虽然此处并没有明确说明，本领域技术人员可能会对本说明书实施例进行各种修改、改进和修正。该类修改、改进和修正在本说明书实施例中被建议，所以该类修改、改进、修正仍属于本说明书示范实施例的精神和范围。

[50]同时，本说明书使用了特定词语来描述本说明书的实施例。如“一个实施例”、“一实施例”、和/或“一些实施例”意指与本说明书至少一个实施例相关的某一特征、结构或特点。因此，应强调并注意的是，本说明书中在不同位置两次或多次提及的“一实施例”或“一个实施例”或“一个替代性实施例”并不一定是指同一实施例。

[51]此外，本领域技术人员可以理解，本说明书实施例的各方面可以通过若干具有可专利性的种类或情况进行说明和描述，包括任何新的和有用的工序、机器、产品或物质的组合，或对他们的任何新的和有用的改进。相应地，本说明书实施例的各个方面可以完全由硬件执行、可以完全由软件（包括固件、常驻软件、微码等）执行、也可以由硬件和软件组合执行。以上硬件或软件均可被称为“数据块”、“模块”、“引擎”、“单元”、“组

件”或“系统”。此外，本说明书实施例的各方面可能表现为位于一个或多个计算机可读介质中的计算机产品，该产品包括计算机可读程序编码。

[52]计算机存储介质可能包含一个内含有计算机程序编码的传播数据信号，例如在基带上或作为载波的一部分。该传播信号可能有多种表现形式，包括电磁形式、光形式等，或合适的组合形式。计算机存储介质可以是除计算机可读存储介质之外的任何计算机可读介质，该介质可以通过连接至一个指令执行系统、装置或设备以实现通讯、传播或传输供使用的程序。位于计算机存储介质上的程序编码可以通过任何合适的介质进行传播，包括无线电、电缆、光纤电缆、RF、或类似介质，或任何上述介质的组合。

[53]本说明书实施例各部分操作所需的计算机程序编码可以用任意一种或多种程序语言编写，包括面向对象编程语言如 Java、Scala、Smalltalk、Eiffel、JADE、Emerald、C++、C#、VB.NET、Python 等，常规程序化编程语言如 C 语言、VisualBasic、Fortran2003、Perl、COBOL2002、PHP、ABAP，动态编程语言如 Python、Ruby 和 Groovy，或其他编程语言等。该程序编码可以完全在用户计算机上运行、或作为独立的软件包在用户计算机上运行、或部分在用户计算机上运行部分在远程计算机运行、或完全在远程计算机或处理设备上运行。在后种情况下，远程计算机可以通过任何网络形式与用户计算机连接，比如局域网（LAN）或广域网（WAN），或连接至外部计算机（例如通过因特网），或在云计算环境中，或作为服务使用如软件即服务（SaaS）。

[54]此外，除非权利要求中明确说明，本说明书实施例所述处理元素和序列的顺序、数字字母的使用、或其他名称的使用，并非用于限定本说明书实施例流程和方法的顺序。尽管上述披露中通过各种示例讨论了一些目前认为有用的发明实施例，但应当理解的是，该类细节仅起到说明的目的，附加的权利要求并不仅限于披露的实施例，相反，权利要求旨在覆盖所有符合本说明书实施例实质和范围的修正和等价组合。例如，虽然以上所描述的系统组件可以通过硬件设备实现，但是也可以只通过软件的解决方案得以实现，如在现有的处理设备或移动设备上安装所描述的系统。

[55]同理，应当注意的是，为了简化本说明书实施例披露的表述，从而帮助对一个或多个发明实施例的理解，前文对本说明书实施例的描述中，有时会将多种特征归并至一个实施例、附图或对其的描述中。但是，这种披露方法并不意味着本说明书实施例对象所需要的特征比权利要求中提及的特征多。实际上，实施例的特征要少于上述披露的单个实施例的全部特征。

[56]针对本说明书引用的每个专利、专利申请、专利申请公开物和其他材料，如文章、书籍、说明书、出版物、文档等，特此将其全部内容并入本说明书作为参考。与本说明

书内容不一致或产生冲突的申请历史文件除外，对本说明书权利要求最广范围有限制的文件（当前或之后附加于本说明书中的）也除外。需要说明的是，如果本说明书附属材料中的描述、定义、和/或术语的使用与本说明书所述内容有不一致或冲突的地方，以本说明书的描述、定义和/或术语的使用为准。

[57]最后，应当理解的是，本说明书中所述实施例仅用以说明本说明书实施例的原则。其他的变形也可能属于本说明书实施例的范围。因此，作为示例而非限制，本说明书实施例的替代配置可视为与本说明书的教导一致。相应地，本说明书的实施例不仅限于本说明书明确介绍和描述的实施例。

权利要求书

1、一种智能合约执行方法，其中，所述方法包括由运行在宿主环境中的区块链节点进程实现的节点流程，以及由运行在安全容器中的进程实现的合约流程，所述安全容器为与所述宿主环境不共享内核的容器；

其中，所述节点流程包括：接收区块链交易；响应于接收到区块链交易，在所述安全容器中创建进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，所述原生执行代码的格式与所述智能合约的源代码所属的高级语言对应；获得所述区块链交易的执行结果；

所述合约流程包括：在所述安全容器中执行所述智能合约的原生执行代码。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述响应于接收到区块链交易，在所述安全容器中创建进程，包括：

响应于接收到区块链交易，在所述安全容器中创建守护进程；所述守护进程用于：在所述安全容器中创建用于执行所述智能合约的原生执行代码的合约执行进程，从所述区块链节点进程获取所述智能合约的原生执行代码，并将所述原生执行代码传递至所述合约执行进程。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述守护进程包括通信模块和合约运行模块；其中，所述通信模块用于与所述区块链节点进程进行通信，所述通信包括获取所述智能合约的原生执行代码；所述合约运行模块用于从所述通信模块获取所述智能合约的原生执行代码，并将其传递至所述合约执行进程。

4、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述执行所述智能合约的原生执行代码，包括：

从所述区块链节点进程获取所述智能合约中变量的值，设置所述变量的值，并将设置后的所述变量的值返回给所述区块链节点进程，以使所述区块链节点进程获得所述区块链交易的执行结果。

5、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述区块链节点进程包括用于接收区块链交易的容器接口，所述区块链节点进程还包括容器管理模块，所述容器管理模块用于：响应于所述容器接口接收到区块链交易，创建安全容器并在所述安全容器中创建进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码。

6、如权利要求 2 所述的方法，其中，所述区块链节点进程包括容器接口、数据库、容器管理模块和 gRPC 客户端；所述守护进程包括 gRPC 服务端和合约运行模块；

其中，所述容器接口用于接收区块链交易；所述数据库用于存储区块链数据，所述

区块链数据包括智能合约的原生执行代码；所述容器管理模块用于响应于所述容器接口接收到区块链交易，创建所述安全容器并在所述安全容器中创建所述守护进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码；所述 gRPC 客户端用于响应于所述容器接口接收到区块链交易，通过所述容器接口从所述数据库中获取所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，并将其发送给所述 gRPC 服务器；

所述合约运行模块用于从所述 gRPC 服务器获取调用的智能合约的原生执行代码并将其传递至所述合约执行进程。

7、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述安全容器包括 kata 容器、gVisor 容器、Firecracker 容器中的一种或多种。

8、一种智能合约执行系统，其中，所述系统包括运行在宿主环境中的区块链节点进程以及运行在安全容器中的进程，所述安全容器为与所述宿主环境不共享内核的容器；

其中，所述区块链节点进程用于：接收区块链交易；响应于接收到区块链交易，在所述安全容器中创建进程，以执行所述区块链交易调用的智能合约的原生执行代码，所述原生执行代码与所述智能合约的源代码所属的高级语言对应；获得所述区块链交易的执行结果；

所述安全容器中的进程用于：在所述安全容器中执行所述智能合约的原生执行代码。

9、一种智能合约执行装置，其中，包括处理器和存储设备，所述存储设备用于存储指令，当所述处理器执行指令时，实现如权利要求 1~7 中任一项所述的方法。

10、一种计算机存储介质，其中，所述存储介质存储有指令，当处理器执行指令时，实现如权利要求 1~7 中任一项所述的方法。

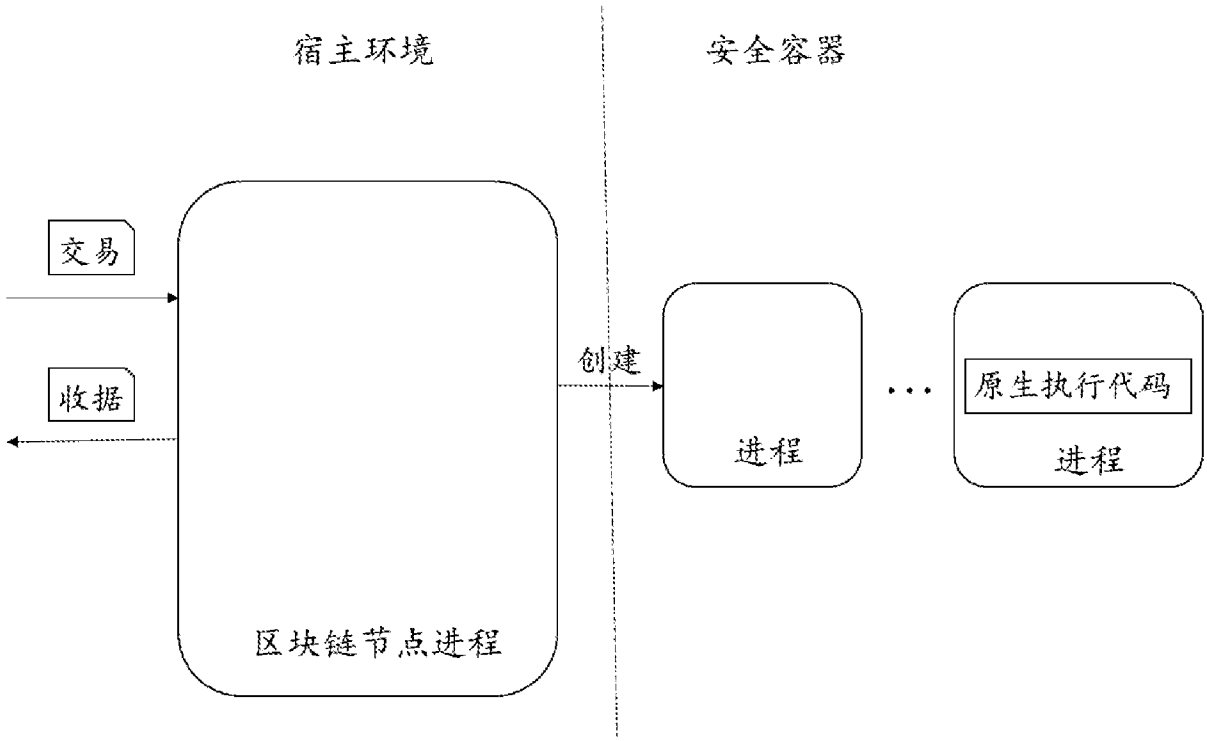


图 1

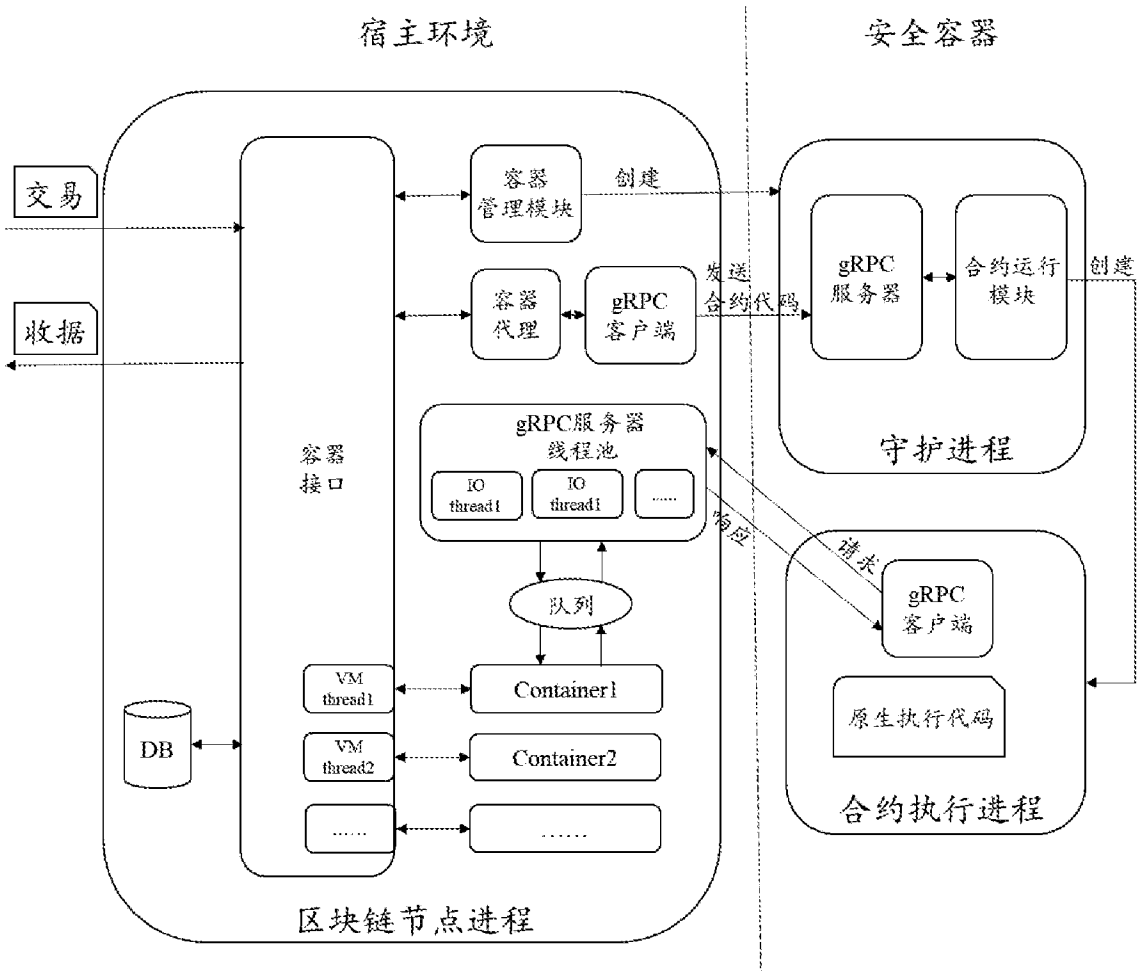

宿主环境
安全容器
交易
收据
容器
管理模块
创建
容器
代理
gRPC
客户端
发送
合约代码
gRPC
服务器
合约运行
模块
创建
守护进程
容器
接口
gRPC服务器
线程池
IO
thread1
IO
thread1
.....
响应
请求
gRPC
客户端
队列
VM
thread1
Container1
DB
VM
thread2
Container2
.....
.....
原生执行代码
合约执行进程
区块链节点进程

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/100522

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 20/38(2012.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CJFD; VEN; 百度, BAIDU; Bing: 区块链, 容器, 智能合约, 原生, grpc, 进程; block chain, docker, kata container, gVisor, Firecracker, chaincode, origin, process.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113256296 A (ALIPAY (HANGZHOU) INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 August 2021 (2021-08-13) entire document	1-10
Y	xdyixia. "Hyperledger Fabric (4): ChianCode" *https://www.cnblogs.com/xdyixia/p/11726987.html,* 01 November 2019 (2019-11-01), pp. 1-3	1-10
Y	中兴开发者社区 (ZTE Developer Community). "认识kata-containers (Non-official translation: Meet Kata-containers)" *https://www.likecs.com/show-203738342.html,* 04 June 2021 (2021-06-04), pp. 1-4	1-10
A	CN 111459573 A (JINAN INSPUR HI-TECH INVESTMENT AND DEVELOPMENT CO., LTD.) 28 July 2020 (2020-07-28) entire document	1-10
A	CN 110008263 A (SF TECHNOLOGY CO., LTD.) 12 July 2019 (2019-07-12) entire document	1-10

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02 August 2022	**23 August 2022**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 112367194 A (SICHUAN CHANGHONG ELECTRIC CO., LTD.) 12 February 2021 (2021-02-12) entire document	1-10
A	CN 112035090 A (YIFAN DIGITAL TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) 04 December 2020 (2020-12-04) entire document	1-10
A	CN 108881440 A (BEIJING LIANQI TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 November 2018 (2018-11-23) entire document	1-10
A	CN 111651169 A (DINGLIAN DIGITAL TECHNOLOGY (SHENZHEN) CO., LTD.) 11 September 2020 (2020-09-11) entire document	1-10
A	US 2019149321 A1 (IBM) 16 May 2019 (2019-05-16) entire document	1-10
A	WO 2021098140 A1 (ONE CONNECT SMART TECHNOLOGY CO., LTD. (SHENZHEN)) 27 May 2021 (2021-05-27) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/100522

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113256296	A	13 August 2021	CN	113256296	B	08 October 2021
CN	111459573	A	28 July 2020		None		
CN	110008263	A	12 July 2019		None		
CN	112367194	A	12 February 2021	CN	112367194	B	25 March 2022
CN	112035090	A	04 December 2020		None		
CN	108881440	A	23 November 2018		None		
CN	111651169	A	11 September 2020		None		
US	2019149321	A1	16 May 2019		None		
WO	2021098140	A1	27 May 2021	CN	111130841	A	08 May 2020

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/100522

A. 主题的分类

G06Q 20/38(2012.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT;CJFD;VEN;百度;Bing:区块链，容器，智能合约，原生，grpc，进程；block chain，docker，kata container，gVisor，Firecracker，chaincode，origin，process。

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 113256296 A (支付宝杭州信息技术有限公) 2021年8月13日 (2021-08-13) 全文	1-10
Y	xdyixia. "Hyperledger Fabric(4)链码ChianCode" https://www.cnblogs.com/xdyixia/p/11726987.html, 2019年11月1日 (2019-11-01), 第1-3页	1-10
Y	中兴开发者社区. "认识kata-containers" https://www.likecs.com/show-203738342.html, 2021年6月4日 (2021-06-04), 第1-4页	1-10
A	CN 111459573 A (济南浪潮高新科技投资发展有限公司) 2020年7月28日 (2020-07-28) 全文	1-10
A	CN 110008263 A (顺丰科技有限公司) 2019年7月12日 (2019-07-12) 全文	1-10
A	CN 112367194 A (四川长虹电器股份有限公司) 2021年2月12日 (2021-02-12) 全文	1-10

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2022年8月2日	2022年8月23日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 彭苏 电话号码 (86-27)59371906

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 112035090 A (翼帆数字科技苏州有限公司) 2020年12月4日 (2020-12-04) 全文	1-10
A	CN 108881440 A (北京连琪科技有限公司) 2018年11月23日 (2018-11-23) 全文	1-10
A	CN 111651169 A (鼎链数字科技深圳有限公司) 2020年9月11日 (2020-09-11) 全文	1-10
A	US 2019149321 A1 (IBM) 2019年5月16日 (2019-05-16) 全文	1-10
A	WO 2021098140 A1 (ONE CONNECT SMART TECH CO LTD SHENZHEN) 2021年5月27日 (2021-05-27) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/100522

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	113256296	A	2021年8月13日	CN	113256296	B	2021年10月8日
CN	111459573	A	2020年7月28日		无		
CN	110008263	A	2019年7月12日		无		
CN	112367194	A	2021年2月12日	CN	112367194	B	2022年3月25日
CN	112035090	A	2020年12月4日		无		
CN	108881440	A	2018年11月23日		无		
CN	111651169	A	2020年9月11日		无		
US	2019149321	A1	2019年5月16日		无		
WO	2021098140	A1	2021年5月27日	CN	111130841	A	2020年5月8日