由于私募股权交易可理解为电子信息交易的一种，因此其涉及第三方信任机制[1]。即交易双方互不信任，但由于共同信任第三方，因此他们之间依然可以完成交易。因此，在私募股权交易中，构建第三方交易平台非常重要。然而，第三方信任机制过于依赖第三方，当对平台信任度不够的情况下，交易便无法顺利完成。区块链技术的去中心化机制解决了第三方信任机制问题，信任机制由简单的第三方证明转移到工作量证明(Proof of work)、股东权益证明(Proof of States)等[2]。等人在构建私募股权交易平台的过程中引入了区块链技术[3][4]。

目前，区块链技术在构建交易平台中的应用方法，主要采用接入区块链服务平台如以太坊(Ethereum)、超级账本(Hyperledger)等[5]。众多区块链应用(DApp, Distribution Application)依托于上述平台落地实施，形成了相应的区块链生态。以太坊是由Vitalik Buteri于2013年12月提出的可编程区块链，该平台除了可基于内置的以太币(ether)实现数字货币交易，还提供了图灵完备的编程语言Solidity以便赐额智能合约，首次在区块链领域提出了智能合约的概念[6]。 超级账本是由Linux基金会于2015年12月发起的开源区块链项目，其目的在于发展跨行业的区块链平台[7]。区块链平台有公有链、私有链和联盟链三种，对于公有链，节点可自由上链和下链；对于私有链，节点必须在经过授权后才能上链;联盟链的节点一般对应实体机构，各机构组成利益联盟。Ethereum设计之初面向公有链，但在Ethereum2.0中同时加入了私有链模式，可以通过简单的设置选择私有链和公有链。但以太坊依然是公有链中应用最广泛平台，Quorum、Monax、DFINITY等应用或平台均基于以太坊构建。超级账本则在联盟链中应用广泛，其成员已包括IBM、Intel、J.P.Morgan、SWIFT等130多名成员[5]。而以太坊的扩展性非常差，因此本文考虑引入微服务和容器等技术对以太坊的应用方式加以改进。

微服务技术自2010年开始兴起的分布式应用架构技术，该技术结合容器化技术在敏捷开发、自动化运维等领域应用广泛，其各个服务独立开发部署的架构优点不仅可以提高项目开发效率，同时可以提高系统的扩展性和运行稳定性[7][8]。微服务技术在应用开发领域取得了巨大的成功，J Lawson等人提出了一种基于微服务的通信系统[9]；[A Balalaie](https://scholar.google.com.hk/citations?user=QAozvgcAAAAJ&hl=zh-CN&oi=sra)的研究说明微服务技术可实现自动化运维且是一种原生的云服务架构[10]。而微服务技术往往与容器化技术结合使用，J Stubbs等人提出了一种使用Docker容器的分布式系统架构[11],[M Amaral](https://scholar.google.com.hk/citations?user=BbRltjEAAAAJ&hl=zh-CN&oi=sra)评估了结合容器技术的微服务架构的表现，认为微服务结合容器技术能发挥其最大的性能优势[12]。容器化技术是一种虚拟服务器技术，其特点是轻量-仅拥有系统运行最基本的组件、安全-容器具有沙盒机制等特点[13],使用最广泛的容器是Docker[14]。Docker是微服务中各个组件运行的基础环境，而微服务中各个组件之间的调用需要考虑云计算领域的负载均衡技术[15]。本文根据Ethereum的Geth客户端在Docker中运行的特点设计合理的负载均衡机制，使得系统的整体负载效果达到最大。

负载均衡发展历史悠久，有非常多经典的负载均衡算法如加权、轮询、最少连接等[16]。该类负载均衡最大的缺陷在于忽略了服务节点的特点以及当前状态。采用了将任务流进行分组，并且考虑对其进行优先级划分的方式得到了较高的负载效率[17]。负载均衡的目标在于使得系统稳定且资源消耗最少得情况下得到最少得任务完成时间[18]。等人提出的相空分析方法首先建立以服务器参数为坐标轴的相位空间，然后将服务节点的参数归一化投射到该相位空间中[19]。等人提出了基于相位空间的负载均衡方法，充分考虑了节点的状态进行负载和调度[20]。

综上所知，区块链技术中以太坊可定制智能合约，同时设置公链与私链，适合基于其建立企业化应用。但同时，以太坊通过官方客户端Geth向外提供接口的方式导致其在构建应用过程中部署麻烦且不易扩展。微服务是一种应用成功的高可用分布式架构，结合私募股权相关业务特点定制特定的以太坊微服务系统。该服务服务系统中对服务节点的调用采用负载均衡算法，使服务系统的负载效率达到最高。目前，对于云计算领域的负载均衡算法，文献[19]提出了节点相位空间法调度，该方法考虑服务节点的CPU占用率、内存占用率等因素进行负载，达到了非常好的调度效果，但是该方法未考虑服务节点的业务特性。本文将根据私募股权相关业务进行对服务节点进行设计，并根据以太坊在Docker中的运行特定设计负反馈负载均衡算法并应用到上述以太坊微服务系统中，最后将该服务系统应用到私募股权业务场景中检验其可用性以及稳定性、扩展性和并发性等性能。

[1] Cao C, Yan J, Li M X. How to Understand the Role of Trusted Third Party in the Process of Establishing Trust for E-Commerce?[J]. 2019.

[2] Sherman A T, Javani F, Zhang H, et al. On the origins and variations of blockchain technologies[J]. IEEE Security & Privacy, 2019, 17(1): 72-77.

[3] 魏生, 戴科冕. 基于区块链技术的私募股权众筹平台变革及展望[J]. 广东工业大学学报, 2019, 36(02): 37-46.

[4] 安立. 区块链在私募股权交易领域的应用[J]. 上海金融学院学报, 2017 (2017 年 02): 47-51.

[5] 邵奇峰, 金澈清, 张召, 等. 区块链技术: 架构及进展[J]. 计算机学报, 2018, 41(5): 969-988.

[6] Buterin V. A next-generation smart contract and decentralized application platform. White Paper, 2014.

[7] Namiot D, Sneps-Sneppe M. On micro-services architecture[J]. International Journal of Open Information Technologies, 2014, 2(9): 24-27.

[8] Dragoni N, Giallorenzo S, Lafuente A L, et al. Microservices: yesterday, today, and tomorrow[M]//Present and ulterior software engineering. Springer, Cham, 2017: 195-216.

[9] Lawson J, Wolthius J. System and method for providing a micro-services communication platform: U.S. Patent 9,363,301[P]. 2016-6-7.

[10] Balalaie A, Heydarnoori A, Jamshidi P. Microservices architecture enables devops: Migration to a cloud-native architecture[J]. Ieee Software, 2016, 33(3): 42-52.

[11] Stubbs J, Moreira W, Dooley R. Distributed systems of microservices using docker and serfnode[C]//2015 7th International Workshop on Science Gateways. IEEE, 2015: 34-39.

[12] Amaral M, Polo J, Carrera D, et al. Performance evaluation of microservices architectures using containers[C]//2015 IEEE 14th International Symposium on Network Computing and Applications. IEEE, 2015: 27-34.

[13] Bui T. Analysis of docker security[J]. arXiv preprint arXiv:1501.02967, 2015.

[14] Anderson C. Docker [software engineering][J]. IEEE Software, 2015, 32(3): 102-c3.

[15] Peng H, Han W, Yao J, et al. The Realization of Load Balancing Algorithm in Cloud Computing[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Application Engineering. ACM, 2018: 140.

[16] Revah Y, Melman D, Mizrahi T, et al. Method and apparatus for load balancing in network switches: U.S. Patent 9,876,719[P]. 2018-1-23.

[17] Sharma M, Kini S, Tuli S A, et al. Adaptive load balancing for single active redundancy using EVPN designated forwarder election: U.S. Patent Application 10/050,809[P]. 2018-8-14.

[18] Arumugam M, Verzunov S, Kamath S, et al. Auto discovery and configuration of services in a load balancing appliance: U.S. Patent Application 10/101,981[P]. 2018-10-16.

[19] Kansal N J, Chana I. An empirical evaluation of energy-aware load balancing technique for cloud data center[J]. Cluster Computing, 2018, 21(2): 1311-1329.

[20] Soo W K, Ling T C, Maw A H, et al. Survey on load-balancing methods in 802.11 infrastructure mode wireless networks for improving quality of service[J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 2018, 51(2): 34.