



计算机科学

COMPUTER SCIENCE

DApp资源命名与寻址技术研究

叶岷宇, 伦占群, 岳巧丽, 李洪涛, 张海阔, 强济深

引用本文

叶岷宇, 伦占群, 岳巧丽, 李洪涛, 张海阔, 强济深. DApp资源命名与寻址技术研究[J]. 计算机科学, 2025, 52(5): 299-306.

YE Jueyu, LUN Zhanqun, YUE Qiaoli, LI Hongtao, ZHANG Haikuo, QIANG Jishen. [Study on DApp Resource Naming and Addressing Technology](#) [J]. Computer Science, 2025, 52(5): 299-306.

相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[域名生成算法检测技术综述](#)

Survey of Detection Techniques for Domain Generation Algorithm

计算机科学, 2024, 51(8): 371-378. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230700189>

[基于字符特征的 DGA 域名检测方法研究综述](#)

Survey of DGA Domain Name Detection Based on Character Feature

计算机科学, 2023, 50(8): 251-259. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.220700277>

[基于相似度的DGA域名检测方法](#)

DGA Domain Name Detection Method Based on Similarity

计算机科学, 2023, 50(6A): 220400122-6. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.220400122>

[基于区块链的DApp数据与行为分析](#)

Data and Behavior Analysis of Blockchain-based DApp

计算机科学, 2021, 48(11): 116-123. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.210200134>

[Kaminsky攻击及其异常行为分析](#)

Analysis of Kaminsky Attack and Its Abnormal Behavior

计算机科学, 2020, 47(11A): 396-401. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.200100060>

DApp 资源命名与寻址技术研究

叶岷宇 伦占群 岳巧丽 李洪涛 张海阔 强济深

中国互联网络信息中心 北京 100070

(yejueyu@cnnic.cn)

摘要 近年来,非同质化通证(Non-Fungible Token, NFT)、去中心化金融(Decentralized Finance, DeFi)、元宇宙等去中心化应用(Decentralized Application, DApp)点燃了国内外对 Web3.0 的热情。DApp 资源部分存储于传统 Web 服务器中,部分存储于区块链等去中心化系统中,其命名与寻址技术与传统 Web2.0 网站资源的命名与寻址技术大相径庭,然而学术界在相关方面的研究几乎空白。针对这一现状,文章系统梳理了现有 DApp 资源命名与寻址技术,即基于传统域名的命名与寻址技术和基于 Web3.0 域名的命名与寻址技术,并分析了现有技术的优点和不足。在此基础上,针对现有技术在易用性方面的不足,提出了一种新型 DApp 资源命名与寻址技术,设计了功能架构和实施框架,并开发了原型系统进行验证。实验结果表明,新型技术具有良好的易用性且性能较现有技术无显著下降。

关键词: Web3.0; DApp; 命名与寻址; 域名; 易用性

中图分类号 TP311

Study on DApp Resource Naming and Addressing Technology

YE Jueyu, LUN Zhanqun, YUE Qiaoli, LI Hongtao, ZHANG Haikuo and QIANG Jishen

China Internet Network Information Center, Beijing 100070, China

Abstract In recent years, DApps (Decentralized Application) such as NFT (Non-Fungible Token), DeFi (Decentralized Finance), Metaverse have ignited the enthusiasm for Web3.0 at home and abroad. DApp resources are partially stored in traditional Web servers and partially stored in decentralized systems such as blockchain, and their naming and addressing technology is quite different from that of traditional Web2.0 website resources. However, there is almost no research in related aspects in the academic community. In view of this situation, this paper systematically reviews the existing DApp resource naming and addressing technologies, based on the both of traditional domain names and Web3.0 domain names, and analyzes the advantages and disadvantages of existing technologies. On this basis, aiming at the shortcomings of the existing technology in ease of use, the new DApp resource naming and addressing techniques for DApp are proposed, the functional architecture and implementation framework are designed, and a prototype system is developed for verification. Experimental results show that the proposed new technology has good usability and no significant degradation in performance compared with the existing technology.

Keywords Web3.0, DApp, Naming and addressing, Domain name, Ease of use

1 引言

自 1989 年万维网 (World Wide Web) 诞生至今, 已过去 30 余年。目前, 业界普遍认为万维网经历了从 Web1.0 到 Web3.0 这 3 个重要阶段。Web1.0 是“只读”型万维网, 用户通过静态网页浏览信息, 是内容的消费者。随着微博、抖音等社交媒体平台的兴起, 用户既是内容的消费者也是内容的生产者, 万维网进入“可读+可写”的 Web2.0 (简称 Web2) 时代。近年来, Web3.0 (简称 Web3) 走进人们的视野, 其致力于打破平台垄断, 将所有权归还给用户, 形成“可读+可写+

可拥有”的万维网, NFT、元宇宙等 DApp 点燃了科技界和投资界对 Web3.0 的热情。目前, Web3.0 和 DApp 尚无权威定义。以太坊作为 Web3.0 技术的引领者, 其认为 Web3.0 是由用户构建、运营和拥有的不被科技巨头垄断的去中心化万维网^[1]; DApp 即 Web3.0 应用, 包含金融、艺术品与收藏品、游戏、元宇宙、社交、科技等方方面面^[2], 本文将以此为参考展开论述。

Web2.0 中, 网页、图片、视频、音乐、程序等资源一般通过统一资源定位符 (Uniform Resource Locator, URL) 命名与寻址^[3]。URL 由协议、主机名、路径等元素组成, 主机名理论

到稿日期: 2024-07-31 返修日期: 2024-10-17

基金项目: 工信部通信软科学研究项目 (2023-R-60); 中国互联网络信息中心重点科研项目 (Z24010503)

This work was supported by the Communication Soft Science Research Project of MIIT (2023-R-60) and Key Research Project of CNNIC (Z24010503).

通信作者: 岳巧丽 (yueqiaoli@cnnic.cn)

上可以是域名或 IP 地址,因 IP 地址可读性差,故实践中一般使用域名作为主机名。Web3.0 中,区块链钱包、智能合约等去中心化资源最初通过形如 QmUVTKsrYJpaxU...KLG 的哈希地址标识。为了方便人们理解和记忆,ENS(Ethereum Name Service)和 DNSlink 等面向相关去中心化资源命名与寻址的新型域名技术应运而生。

关于网络资源命名与寻址,业界已做了大量相关工作。国际互联网工程任务组(The Internet Engineering Task Force, IETF)已研发和制定近 300 项域名相关的技术规范^[4],以太坊已发布 10 余项域名相关的以太坊改进提案(Ethereum Improvement Proposal, EIP)^[5],文献[6-9]探索了多接入边缘计算(Multi-access Edge Computing, MEC)、6G、云计算、万维物联网(Web of Things, WoT)等网络中的资源命名与寻址技术。虽然相关工作覆盖了诸多常见场景,但鲜有涉及 DApp 资源命名与寻址的学术研究。实践中, DApp 既包含去中心化资源,也包含大量中心化资源,有必要对相关命名与寻址技术进行梳理和研究。

鉴于此,本文围绕 DApp 资源命名与寻址技术展开研究与探索,具体贡献如下:

1) 针对 DApp 资源命名与寻址技术研究几乎空白的现状,系统梳理了现有技术。

2) 分析了现有 DApp 资源命名与寻址技术的优点与不足。

3) 面向现有技术存在的不足,借鉴任务迁移^[10]思想,提出一种新型 DApp 资源命名与寻址技术,实现了相关原型系统并完成了实验验证。

2 背景知识和相关工作

本章介绍 DApp 有关背景知识(Web3 公共节点和 Web3 域名),以及网络资源命名与寻址的相关学术研究工作。

2.1 Web3 公共节点

Web3.0 诞生之初,接入 Web3.0 需自建以太坊、星际文件系统(Inter Planetary File System, IPFS)等区块链节点和去中心化文件系统节点,这对于用户而言成本过高。仅以建设一个以太坊节点为例,目前其官方推荐的节点配置为 4 核 CPU、16 GB 内存、2 TB 固态硬盘、25 Mbps 网络带宽以上^[11],阿里云相应配置的云主机价格约为每年 4 万人民币,与 2023 年我国居民人均可支配收入持平,显然难以被普通用户接受。面对这一问题,Web3 公共节点应运而生,其由互联网企业以云端网络服务的形式免费提供给用户使用,内部一般集成多个区块链节点和去中心化文件系统节点。近年来, Infura 和 Alchemy 等 Web3 公共节点不断涌现并蓬勃发展,成为用户接入 Web3.0 的重要枢纽。据统计,早在 2021 年,通过 Infura 接入 Web3.0 而产生的交易额突破了 1 万亿美元(2.63 亿枚以太币)^[12];2022 年,通过 Alchemy 接入 Web3.0 的用户数超过了 1 千万^[13];2024 年初,通过 Infura 接入 Web3.0 的月活跃用户数超过了 3 千万^[14]。

2.2 Web3 域名

随着 Web3.0 的发展,ENS, Unstoppable Domains 等 Web3 域名系统相继出现,用于去中心化资源命名与寻址。

Web3 域名系统独立于互联网名称与数字地址分配机构(Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, ICANN)主导的传统域名系统而存在,通常采用区块链、智能合约等去中心化技术实现域名注册、存储和解析。Web3 域名近几年发展势头强劲,据不完全统计,现网存在 40 多种 Web3 域名。截至 2024 年 4 月,ENS 注册量和在用域名分别达到 200 余万和 84 余万^[15], Unstoppable Domains 注册量和在用域名分别达 380 余万和 78 余万^[16]。2022 年 11 月, Unstoppable Domains 发起成立 Web3 域名联盟(Web3 Domain Alliance, W3DA)。目前该联盟已有 50 余家成员,其聚焦于消费者保护、防止命名冲突以及 Web3 域名系统间的互操作性等主题,并致力于与 ICANN 进行商讨以增强其对 Web3 域名的了解和认可。然而 ICANN 坚持认为,多个域名系统并存与“一个世界,一个互联网”的愿景背道而驰^[17],并发文指出一个全球互联网必然要求一个唯一的域名系统,倡导回归单域名系统,维护互联网的统一^[18]。目前,尽管 ICANN 和 W3DA 对 Web3 域名的观点和诉求仍存在巨大鸿沟,但多域名系统共存已成事实。

2.3 相关工作

目前,网络资源命名与寻址的相关学术研究主要分为两类,一类面向信息中心网络(Information-Centric Networking, ICN),另一类面向 TCP/IP 网络。ICN 有两种典型架构,一种是以命名数据网络(Named Data Network, NDN)为代表的寻址与路由一体化架构,另一种是以面向数据的网络架构(Data-Oriented Network Architecture, DONA)为代表的寻址与路由分离式架构,文献[19]对相关命名与寻址技术展开了详细研究,本文不再赘述。除了 ICN 之外,面向 TCP/IP 网络的资源命名与寻址技术近年来也被学术界广泛研究。文献[6]面向分布式 MEC 提出一种高效的网络服务命名与寻址技术;文献[7]追溯了移动网络应用寻址的最新发展并提出一种 6G 内生应用寻址方案;文献[8]介绍了谷歌云的网络资源命名与寻址技术;文献[9]面向 WoT 提出一种基于云的物联网设备托管资源命名与寻址技术。上述工作主要面向 ICN、MEC、6G、云计算、WoT 等场景,鲜有涉及 DApp,因此本文将围绕 DApp 资源命名与寻址技术展开梳理与探索。

3 现有 DApp 资源命名与寻址技术梳理

本章主要对现网中两种典型的 DApp 资源命名与寻址技术进行梳理分类,并进一步分析现有技术的优点和不足。

3.1 基于传统域名的命名与寻址技术

实践中,诸多 DApp 基于传统域名进行资源命名与寻址。DappRadar 是区块链和 DApp 领域的知名信息平台^[20],截至 2024 年 6 月已支持 67 种区块链,累计发布了 16 506 个 DApp。通过分析其中活跃用户数排名前 100 的 DApp 发现:1) 其首页皆存储在传统 Web 服务器中,基于传统域名命名与寻址;2) 其非首页资源同样基于传统域名命名与寻址,部分存储在传统 Web 服务器中(称为非首页传统资源),部分存储在以太坊、IPFS 等去中心化系统中(称为非首页去中心化资源)。图 1 展示了这类典型 DApp 资源的寻址与访问流程,浏览器基于标准域名系统(Domain Name System, DNS)和超文本传输

协议(Hypertext Transfer Protocol,HTTP),直接寻址与访问 DApp 首页及非首页传统资源,相关过程与访问 Web2.0 网站无异;对于非首页去中心化资源,目前一般通过 Web3 公共节点进行寻址与访问,Web3 公共节点在此过程中充当“网关”角色,实现 HTTP 协议与各种去中心化协议之间的转换。

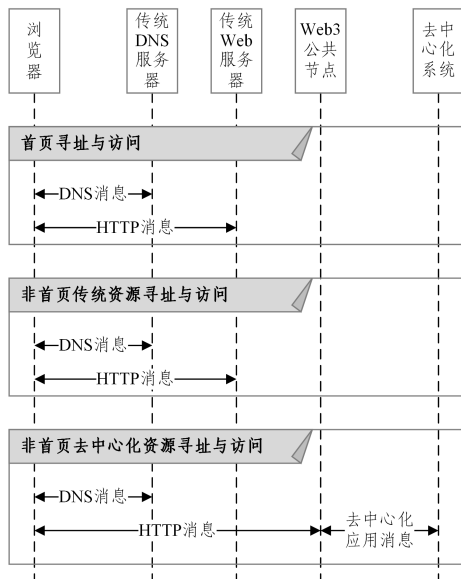


图1 基于传统域名的资源寻址与访问流程

Fig. 1 Resource addressing and access process based on traditional domain name

各 Web3 公共节点的协议转换过程不尽相同,本节以知名 Web3 公共节点 Infura 为例展开阐述。目前,Infura 支持多种区块链资源和 IPFS 资源^[21]访问。区块链资源访问方面,Infura 定义的 URL 格式如图 2(a)所示。〈Network〉表示区块链网络,如 mainnet 表示以太坊主网,polygon-mainnet 表示 polygon 主网;infura.io 和 v3 分别为 Infura 公共节点中区块链相关服务的域名和应用程序编程接口(Application Programming Interface,API)版本号;〈API-KEY〉为 DApp 标识符,Web3 公共节点可利用它对 DApp 进行管理,如访问控制、流量控制等。IPFS 资源访问方面,Infura 定义的 URL 格式如图 2(b)所示。其中 ipfs.infura.io 和 5001 分别表示 Infura 公共节点中 IPFS 相关服务的域名和端口;〈API-Method〉为接口方法,以 api/v0/cat?arg=〈HASH_ID〉接口方法为例,api/v0 表示 API 的版本号,cat 表示方法(获取 IPFS 资源),arg=〈HASH_ID〉表示该方法的参数(IPFS 资源的哈希值)。



(a)区块链资源访问方法



(b)IPFS 资源访问方法

图2 Infura 的去中心化资源访问方法

Fig. 2 Decentralized resource access methods of Infura

3.2 基于 Web3 域名的命名与寻址技术

Web3 域名具有去中心化等优点,但无法通过传统 DNS

访问。目前,基于 Web3 域名的命名与寻址技术主要分为远程过程调用(Remote Procedure Call,RPC)方案和通配别名映射方案两类。

远程过程调用方案要求用户根据要访问的 Web3 域名安装相应浏览器插件,例如要访问 ENS 和 Unstoppable Domains 域名时,需分别安装 MetaMask^[22]和 Unstoppable Extension^[23]插件。浏览器插件由 Infura,Alchemy 等 Web3 公共节点支持,为浏览器提供 Web3 公共节点自定义的远程过程调用 API。图 3 展示了基于远程过程调用方案的 DApp 资源寻址与访问流程,主要分为 3 个步骤。1)Web3 公共节点寻址:浏览器根据输入的 Web3 域名(如 spacex.eth)调用相应插件,插件通过传统 DNS 查询 Web3 公共节点的域名(如 infura.io),获得其 IP 地址;2)去中心化资源寻址:浏览器插件通过远程过程调用 API 将 Web3 域名传递给 Web3 公共节点,公共节点查询 Web3 域名记录,然后将其返回给浏览器;3)去中心化资源访问:浏览器插件通过远程过程调用 API 携带 Web3 域名记录中的哈希地址与 Web3 公共节点交互,进一步访问相关去中心化资源。远程过程调用方案基于自定义的非标准化 API 实现浏览器与 Web3 公共节点的交互,与访问 Web2.0 网站相比需增加一步额外的用户操作——安装浏览器插件。

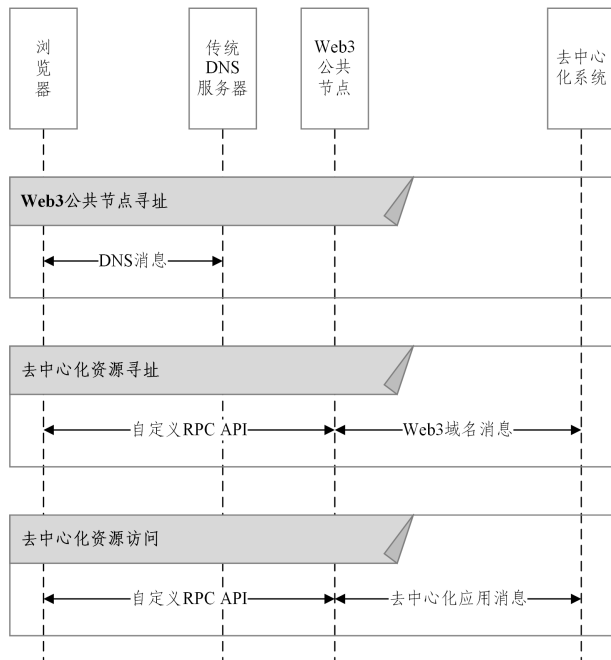


图3 基于远程过程调用方案的资源寻址与访问流程

Fig. 3 Resource addressing and access process based on remote procedure call scheme

通配别名映射方案无需安装浏览器插件,但要求 Web3 域名系统注册传统域名作为其通配别名,通配别名记录指向相应 Web3 公共节点,同时要求用户学习各 Web3 域名系统的通配别名映射规则并按规则访问 DApp。例如,ENS 注册了传统域名 *.eth.link 作为 Web3 域名 *.eth 的通配别名,用户在浏览器中输入 spacex.eth.link 即可访问域名为 spacex.eth 的 DApp。图 4 展示了浏览器基于通配别名映射

方案访问 DApp 的流程,主要分为 2 个步骤。1) Web3 公共节点寻址:浏览器通过传统 DNS 查询去中心化资源的别名(如 spacex.eth.link),获得其 IP 地址(即 Web3 公共节点的 IP 地址);2) 去中心化资源寻址及访问:浏览器将别名封装在 HTTP 消息的 Host 字段中传递给 Web3 公共节点,公共节点从 Host 字段中取出别名并按映射规则将其还原成 Web3 域名(如 spacex.eth),然后查询 Web3 域名记录并进一步访问相关去中心化资源。相比远程过程调用方案,通配别名映射方案基于标准 HTTP 协议实现了浏览器与 Web3 公共节点之间的交互,无需用户安装任何插件,但要求用户学习各 Web3 域名的通配别名映射规则,并按规则调整上网操作(手动输入别名)。

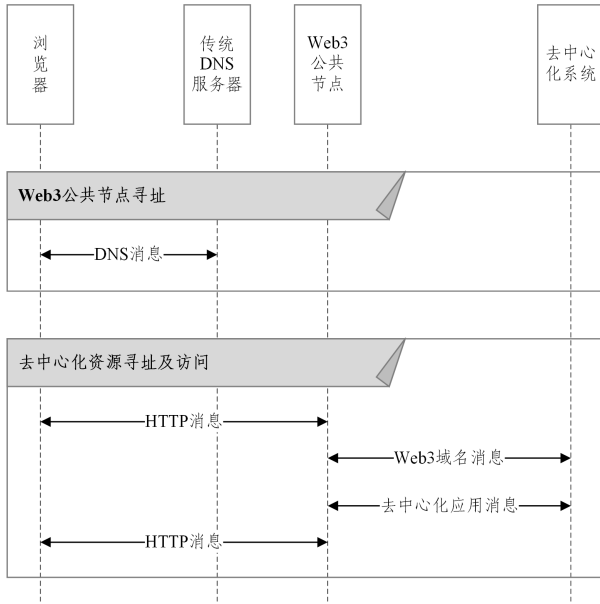


图 4 基于通配别名映射方案的资源寻址与访问流程

Fig. 4 Resource addressing and access process based on wildcard alias mapping scheme

3.3 现有技术的优点与不足

现有 DApp 资源命名与寻址技术各有优缺点,如表 1 所列。

表 1 现有 DApp 资源命名与寻址技术的优缺点

Table 1 Advantages and disadvantages of existing DApp resource naming and addressing techniques

技术	优点	不足
基于传统域名的命名与寻址技术	易用性较好,用户无需任何额外操作即可通过浏览器访问 DApp	去中心化程度不足,因其基于中心化的传统域名
基于 Web3 域名的命名与寻址技术(远程过程调用方案)	中心化程度较好,因其基于去中心化的 Web3 域名	易用性较差,要求用户根据 Web3 域名安装相应的浏览器插件
基于 Web3 域名的命名与寻址技术(通配别名映射方案)	中心化程度较好,因其基于去中心化的 Web3 域名	易用性较差,要求用户学习 Web3 域名的通配别名映射规则并按规则手动输入别名

4 新型 DApp 资源命名与寻址技术探索

现有 DApp 资源命名与寻址技术(以下简称现有技术)的

不足主要集中在去中心化程度较差和易用性较差两方面。去中心化程度较差主要是由采用中心化的传统域名引起的,业界针对传统域名的中心化问题提出了诸多解决方案,如文献[24]提出的国家根与根联盟等。易用性较差主要是由采用 Web3 域名引起的,目前关于这方面的解决方案业界鲜有研究。本章将围绕易用性,探索基于 Web3 域名的新型 DApp 资源命名与寻址技术(以下简称新型技术),降低用户访问 DApp 的技术门槛。

4.1 总体思路

易用性与认知心理学及行为心理学紧密相关,是一种以使用者为中心的设计概念。易用性设计的重点在于让产品的设计符合使用者的认知与行为习惯。按照 ISO9126-2001 定义,易用性是在指定条件下使用时,产品被理解、学习、使用和吸引用户的能力,包括易理解、易学习、易操作、吸引性和对相关标准、法规、约定的依从性。在现有 DApp 资源命名与寻址技术中,Web3 域名的使用方式与传统域名存在显著差异,不利于用户理解、学习和使用。针对该问题,本文的解决思路是通过技术创新,让 Web3 域名与传统域名的使用方式保持一致,使广大用户在 Web2 时代形成的认知和行为习惯在 Web3 中得以延续。

实现层面,新型技术将继承现有技术的优点并加以发展。架构上,新型技术将继承现有技术中心化与去中心化结合的理念,既有去中心化的 Web3 域名系统,也有中心化的传统域名系统和 Web3 公共节点。前者的去中心化属性能够满足内容生产者的核心诉求——域名“可拥有”,后者的易用性适合作为广大内容消费者访问 DApp 的门户。协议上,新型技术将继承通配别名映射方案的优点,浏览器与 Web3 公共节点之间的交互基于标准化 HTTP 协议而非自定义 API,避免带给用户插件安装等额外操作。在架构和协议两方面继承现有技术优点的基础上,本文针对通配别名映射方案要求用户学习映射规则并手动输入别名的问题,借鉴任务迁移思想,创新发展通配别名映射方案,在服务端引入新型网络元素——多域名服务网关,作为多种域名(传统域名及各种 Web3 域名)的访问入口,将通配别名映射这一任务从客户端迁移到服务端,由多域名服务网关代替用户处理相关任务,提升易用性。

新型技术在提升易用性的同时,将兼顾多域名系统的命名冲突问题。目前,现网已发生多起命名冲突事件。2022 年 10 月,由于 Unstoppable Domains 投诉,NNS(NFT Name Service)发行的.nft 域名被 Opensea 交易所下架^[25];2022 年 10 月,Unstoppable Domains 为了避免与区块链平台 Emergecoin 发行的.coin 域名发生冲突,停止了对.coin 域名的支持^[26]。此外,ENS 的.eth 域名被 ICANN 保留为埃塞俄比亚的国家顶级域名。由此可见,多域名系统命名冲突成为现实问题,多域名服务网关将设计相应的冲突处理机制,从技术上解决该问题。

4.2 功能架构

图 5 给出了新型 DApp 资源命名与寻址技术的功能架构,其中多域名服务网关位于存储层和解析层,包含域名信息表、DNS 服务和 HTTP 服务 3 个组件,可采用单机部署模式或分布式部署模式。下面对设计要点加以阐述。

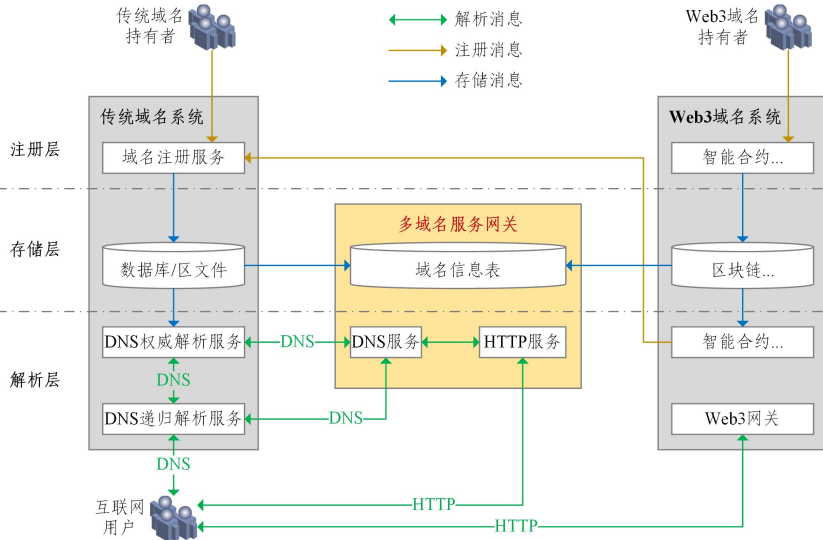


图5 新型DApp资源命名与寻址技术的功能架构示意图

Fig. 5 Functional architecture diagram of novel DApp resource naming and addressing technology

1)多域名服务网关接入。多域名服务网关以传统域名系统的DNS递归解析服务为锚点接入现网。具体而言,将传统DNS递归解析服务的根指向多域名服务网关的DNS服务,使多域名服务网关成为顶级域的解析入口。这种方式对于用户而言,无需增加任何额外操作,具有较好的易用性;对于DNS递归解析服务管理员而言,仅需做少量关于根的配置,具有较强的可操作性。

2)域名信息表生成。域名信息表包含各域名系统顶级域的信息,包括所属域名系统、通配映射规则、状态等字段(见表2),传统域名和Web3域名可通过不同渠道获得。对于传统域名,可通过互联网数字分配机构(Internet Assigned Numbers Authority, IANA)官网查询根区数据库,其中包含所有顶级域信息,或者直接利用dig等DNS客户端从根服务器获得顶级域信息。对于Web3域名,可在其官网上获取顶级域及相关通配映射规则等基本信息。例如,ENS官网显示其顶级域为“.eth”,通配映射规则是将*.eth映射为*.eth.link。当遇到命名冲突时,管理员可综合考虑各方因素配置“状态”字段。具体而言,对于一组命名冲突的记录有两种配置方式:一是将其中一条记录的“状态”字段置为“正常”,其他记录全置为“无效”;二是将这组记录的“状态”字段全置为“冲突”,将选择权交给用户。如管理员可将表2中两条.coin记录的“状态”字段分别置为“正常”和“无效”,让用户直接访问Emercoin域名系统;也可将两条.nft记录的“状态”字段都置为“冲突”,将选择域名系统的权利交给用户。

表2 域名信息表示例

Table 2 Sample of domain name information

顶级域	所属域名系统	通配映射规则	状态
.eth	ENS	*.eth ↔ *.eth.link	正常
.nft	Unstoppable Domains	*.nft ↔ *.nft.foo	冲突
.nft	NNS	*.nft ↔ *.nft.bar	冲突
.coin	Unstoppable Domains	*.coin ↔ *.coin.foo	无效
.coin	Emercoin	*.coin ↔ *.coin.bar	正常
.cn	传统域名系统	N/A	正常
...

3)正常域名解析。多域名服务网关的DNS服务接收DNS递归解析服务转发的域名查询消息,根据域名后缀在域名信息表中获取相关记录,若“状态”字段为“正常”则按以下方法进行分类处理:(1)若域名为Web3域名,则返回多域名服务网关中HTTP服务的IP地址,而后HTTP服务接收来自客户端的相关HTTP请求,根据Host字段中携带的域名在域名信息表中获取相关记录,再根据通配映射规则将HTTP应答消息中的Location字段设置为相应的别名后返回给客户端,后续流程同现有通配别名映射方案;(2)若域名为传统域名,则向ICANN根服务获取相应权威解析服务地址,并将其返回给DNS递归解析服务,后续流程与访问传统Web2网站无异。

4)冲突域名解析。多域名服务网关的DNS服务接收查询消息并在域名信息表中获取相关记录,若“状态”字段为“冲突”,则返回多域名服务网关中HTTP服务的IP地址,而后HTTP服务接收来自客户端的相关HTTP请求,根据Host字段中携带的域名在域名信息表中获取相关记录。与正常域名解析流程不同的是,HTTP服务将这组冲突记录的信息封装在应答消息中展示给用户供其选择,用户选择后通过以下两种方式实现跳转:(1)若用户选择的域名是Web3域名,可创建HTML超链接并根据通配映射规则将超链接标签中的href属性设置为相应别名,用户点击超链接之后的流程同现有通配别名映射方案;(2)若用户选择的是传统域名,可创建HTML超链接并将超链接标签中的href属性设置为冲突域名,用户点击超链接后浏览器的HTTP请求将发往多域名服务网关的HTTP服务,HTTP服务通过代理功能(如nginx的http_proxy^[27])帮助浏览器完成后续流程。

4.3 实施框架

本节主要阐述新型DApp资源命名与寻址技术在现网中的层级结构和实施主体,一方面体现多域名服务网关在不同场景的落地,另一方面呈现实施主体与网络系统之间的关系。图6为新型技术实施框架示意图,其中白色框和灰色框表示现有的网络系统和实施主体,黑色实线表示现有网络系统

之间的联系,灰色点线表示实施主体与网络系统之间的联系,

高亮框和高亮线表示新增的网络系统和联系。

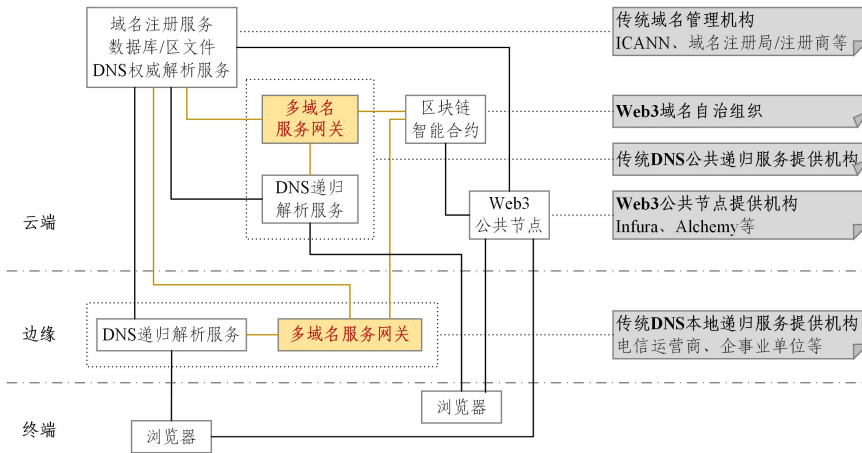


图6 新型DApp资源命名与寻址技术的实施框架示意图(电子版为彩图)

Fig. 6 Implementation framework diagram of novel DApp resource naming and addressing technology

按照功能架构设计,多域名服务网关以传统DNS递归解析服务为锚点接入现网。传统DNS递归解析服务可分为本地递归和公共递归,前者一般由运营商或企事业单位等部署于边缘,后者一般由公共递归服务提供机构部署于云端(如谷歌部署的IP地址为8.8.8.8的公共递归解析服务)。多域名服务网关由本地/公共递归服务提供机构建设运维,首先搭建多域名网关的HTTP服务和DNS服务,然后构建多域名网关的域名信息表,最后将DNS递归解析服务的根指向多域名服务网关的DNS服务。新型技术的整个实施过程由递归服务提供机构独立承担,无需传统域名管理机构、Web3域名自治组织及Web3公共节点提供机构配合,也无需用户增加任何额外操作,具有较强的可实施性。

5 实验评估

为验证新型DApp资源命名与寻址技术的有效性,本文开发了多域名服务网关原型系统,搭建了测试场景并进行了功能测试和性能测试。

5.1 测试场景

本文测试场景如图7所示。其中,多域名服务网关采用单机模式部署(DNS服务和HTTP服务部署在同一台服务器上),DNS递归解析服务采用ISC(Internet Systems Consortium)的开源软件BIND(版本为9.19.24),客户端通过谷歌的Chrome浏览器(版本为109.0.5414.120)访问因特网,Web3公共节点使用ENS的eth.link公共节点和社交名字服务(Solana Name Service, SNS)的sol-domain.org公共节点。

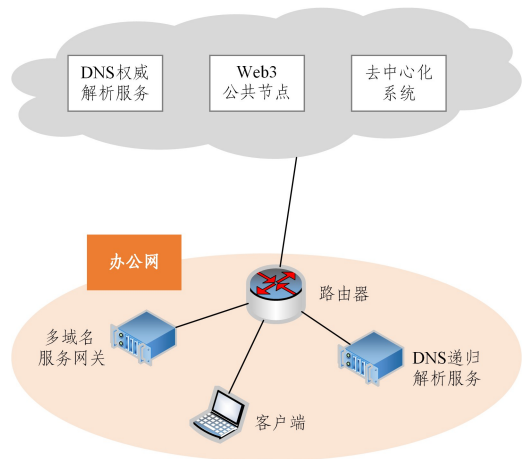


图7 测试场景示意图

Fig. 7 Test scenario diagram

5.2 功能测试

选取3类典型应用(基于传统域名的Web2网站、基于传统域名的DApp和基于Web3域名的DApp),在以下两种情况下通过浏览器(无插件)直接访问3类网页/DApp:一是不采用新技术的情况,即DNS递归解析服务的根指向ICANN根;二是采用新技术的情况,即DNS递归解析服务的根指向多域名服务网关。表3展示了功能测试结果。结果表明,基于本文提出的新型DApp资源命名与寻址技术,用户能够正常访问基于传统域名的Web2网站和DApp,且无需增加任何额外操作即可访问基于Web3域名的DApp,具有良好的易用性,功能上达到了预期设计目标。

表3 功能测试结果

Table 3 Functional test results

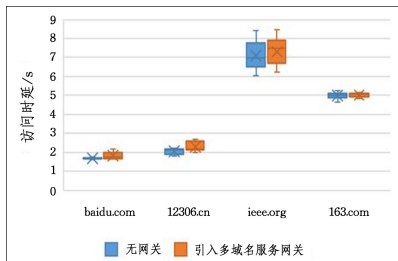
域名	所属域名系统	应用类型	关联的Web3公共节点	不采用新技术时能否直接访问相关网站/DApp	采用新技术时能否直接访问相关网站/DApp
baidu.com	传统域名系统	基于传统域名的Web2网站	N/A	✓	✓
12306.cn	传统域名系统	基于传统域名的Web2网站	N/A	✓	✓
iecc.org	传统域名系统	基于传统域名的Web2网站	N/A	✓	✓
163.com	传统域名系统	基于传统域名的Web2网站	N/A	✓	✓
audius.co	传统域名系统	基于传统域名的DApp	infura.io	✓	✓
status.app	传统域名系统	基于传统域名的DApp	infura.io	✓	✓
presearch.com	传统域名系统	基于传统域名的DApp	infura.io	✓	✓

(续表)

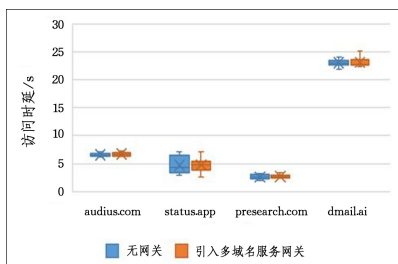
域名	所属域名系统	应用类型	关联的 Web3 公共节点	不采用新型技术时能否直接访问相关网站/DApp	采用新型技术时能否直接访问相关网站/DApp
dmail.ai	传统域名系统	基于传统域名的 DApp	infura.io	✓	✓
footsteps.eth	ENS	基于 Web3 域名的 DApp	eth.link	×	✓
arbicap.eth	ENS	基于 Web3 域名的 DApp	eth.link	×	✓
pyth.sol	SNS	基于 Web3 域名的 DApp	sol-domain.org	×	✓
bonfida.sol	SNS	基于 Web3 域名的 DApp	sol-domain.org	×	✓

5.3 性能测试

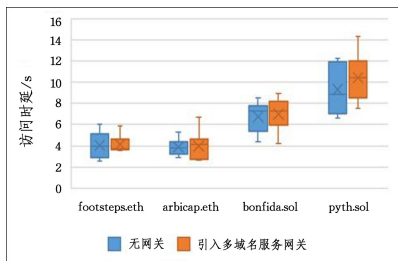
本文提出的新型 DApp 资源命名与寻址技术为了将通配别名映射这一任务从客户端迁移到服务端,引入了多域名服务网关,因此有必要测试其对性能是否有显著影响。主要是测试引入多域名服务网关对 3 类应用的影响:1)对访问基于传统域名的 Web2 网站的影响;2)对访问基于传统域名的 DApp 的影响;3)对访问基于 Web3 域名的 DApp 的影响。性能测试客户端采用联想启天 M610 台式机,CPU 为 Intel Core i5-6500,内存为 8 GB,硬盘为 1 TB,操作系统为 Windows 7,浏览器为 Chrome 109.0.5414.120。性能测试基于 Chrome 浏览器的 DevTools(开发者工具)中的网络调试功能实现,具体步骤如下:1)打开 Chrome 浏览器,按下 F12 键打开 DevTools;2)在 DevTools 中找到 Network 面板,按下 Ctrl+F5 或者勾选 Disable Cache 并刷新网页;3)等待网页打开,浏览器底部显示的 Load 时间即访问应用的时延。图 8 给出了相关性能测试结果,结果表明,引入多域名服务网关对 3 类应用的性能无显著影响。



(a) 访问基于传统域名的 Web2 网站



(b) 访问基于传统域名的 DApp



(c) 访问基于 Web3 域名的 DApp

图 8 性能测试结果

Fig. 8 Performance test results

图 8 的实验结果除了表明多域名服务网关对 3 类应用的性能无显著影响之外,另一个现象也值得注意,即 DApp 的访问时延总体而言较传统 Web2 网站更高。研究表明,网页加载时间对于用户体验存在显著影响,当超过 4 s 时,40% 的用户会选择放弃浏览网页^[28]。在本实验中,DApp 相对于 Web2 网站的访问时延总体较高,用户体验总体较差。进一步测试发现,多数 DApp 服务器部署于国外是导致该现象的原因之一,更多原因及其和命名与寻址技术之间是否存在深层次的关系,有待未来进一步探索。

结束语 易用性专家雅各布·尼尔森提出的雅各布定律指出,用户期待在新的产品上看到熟悉的设计惯例,这源于他们日积月累的使用经验。本文遵循雅各布定律提出一种新型 DApp 资源命名与寻址技术,使用户访问基于 Web3 域名的 DApp 时,可以保持 Web2.0 时代长久以来形成的行为习惯——在浏览器中输入域名即可访问相关网站/DApp,而无需增加任何额外操作,有效弥补了现有技术易用性方面的不足。未来将围绕 DApp 开展 3 个方面的研究:1)面向 DApp 访问时延较高的现象,深入探索相关影响因素;2)面向国内区块链发展现状,研究 DApp 与开放联盟链的融合技术;3)面对量子计算带来的威胁,研究 DApp 与后量子密码学的融合技术。

参考文献

- [1] Introduction to Web3. [EB/OL]. <https://ethereum.org/en/web3/>.
- [2] Ethereum. Explore Dapps. [EB/OL]. <https://ethereum.org/en/dapps/>.
- [3] W3C(World Wide Web Consortium). Naming and Addressing: URIs, URLs, ... [EB/OL]. <https://www.w3.org/Addressing/>.
- [4] Statdns. DNS and Domain Name statistics and tools. [EB/OL]. <https://www.statdns.com/rfc/>.
- [5] Ethereum. Ethereum Improvement Proposals. [EB/OL]. <https://eips.ethereum.org/erc>.
- [6] YE J Y, ZHANG H K, HU W H, et al. NSEN: Improving Session Efficiency in Distributed MEC Networks [J]. IEEE Network, 2023, 37(7): 186-193.
- [7] LIU J, CHEN S B, LIU Y Q, et al. Distributed application addressing in 6G network [J]. China Communications, 2024, 21(4): 193-207.
- [8] SULLIVAN D. Networking in the Cloud; DNS, Load Balancing, Google Private Access, and IP Addressing [M] // Google Cloud Certified Associate Cloud Engineer Study Guide. America: Wiley, 2023: 375-397.
- [9] BENOMAR Z, LONGO F, MERLINO G, et al. A Cloud-Based and Dynamic DNS Approach to Enable the Web of Things [J]. IEEE Transactions on Network Science and Engineering, 2022,

9(6):3968-3978.

- [10] ZHAO X Y, ZHAO B, ZHANG J N, et al. Study on Cache-oriented Dynamic Collaborative Task Migration Technology [J]. Computer Science, 2024, 51(2): 300-310.
- [11] Ethereum. Spin up your own Ethereum node [EB/OL]. <https://ethereum.org/en/developers/docs/nodes-and-clients/run-a-node/>.
- [12] Infura. Infura Joining the Chainlink Network as a Node Operator. [EB/OL]. <https://www.infura.io/blog/post/infura-joining-the-chainlink-network-as-a-node-operator>.
- [13] Alchemy. Alchemy vs. Infura - Blockchain Node Provider Comparison. [EB/OL]. <https://www.alchemy.com/overviews/alchemy-vs-infura>.
- [14] Consensus. MetaMask Reveals 55% Surge in Users. [EB/OL]. <https://consensus.io/blog/metamask-reveals-55-surge-in-users-introduces-default-security-alerts-to>.
- [15] Dune. Ethereum Name Service. [EB/OL]. <https://ens.domains/>.
- [16] Unstoppable Domains. Unstoppable Domains Registered. [EB/OL]. <https://unstoppabledomains.com/partner/cryptodotcom?ref=crypto/>.
- [17] ICANN. ICANN Strategic plan for fiscal Years 2021–2025 [R]. 2019.
- [18] ICANN Office of the Chief Technology Officer. Challenges with Alternative Name Systems OCTO-034 [R]. April, 2022.
- [19] LI J Q, DENG H J. Survey on the Structure of Name Resolution System in Information Centric Networking [J]. Journal of Network New Media, 2022, 11(3): 1-10, 16.
- [20] DappRadar. What is DappRadar [EB/OL]. <https://dappradar.com/blog/what-is-dappradar>.
- [21] Infura API documentation (Infura) [EB/OL]. <https://docs.infura.io/api/>.
- [22] A Guide to ENS Domains + IPFS (Ethereum Name Service) [EB/OL]. [https://blog.fleek.co/posts/guide-ens-domains-](https://blog.fleek.co/posts/guide-ens-domains-ipfs-ethereum-name-service)
- [23] Unstoppable domains. Where you can view Unstoppable Domains [EB/OL]. <https://unstoppabledomains.com/learn/where-you-can-view-unstoppable-domains>.
- [24] ZHANG Y, XIA C D, FANG B X, et al. An Autonomous Open Root Resolution Architecture for Domain Name System in the Internet [J]. Journal of Cyber Security, 2017, 2(4): 57-69.
- [25] An Analysis of the Difference between Web2 Domains and Web3 Domains [EB/OL]. <https://medium.com/>.
- [26] Unstoppable domains. Why we're no longer offering .coin [EB/OL]. <https://unstoppabledomains.com/blog/categories/announcements/article/coin>.
- [27] Nginx. Module ngx_http_proxy_module [EB/OL]. https://nginx.org/en/docs/http/ngx_http_proxy_module.html.
- [28] TechReport. Key Website Page Load Time Statistics (2023 Updated Data) [EB/OL]. <https://techreport.com/statistics/finance-marketing/website-load-time-statistics-data/>.



YE Jueyu, born in 1983, postgraduate, senior engineer, is a member of CCF (No. G0679M). His main research interests include network architectures and protocols, distributed computing as well as cyber security.



YUE Qiaoli, born in 1985, postgraduate, senior engineer. Her main research interests include DNS security and high performance computing.

(责任编辑:柯颖)