

区块链赋能5G共建共享技术研究

Study on Blockchain Enabled 5G Co-construction and Sharing

贾雪琴,王友祥,曹 畅,林 晨,史 可(中国联通研究院,北京 100176)

Jia Xueqin,Wang Youxiang,Cao Chang,Lin Chen,Shi Ke(China Unicom Research Institute,Beijing 100176,China)

摘 要:

5G投资巨大,运营商之间的5G基础设施共建共享有利于在实现预定网络质量和网络覆盖的情况下,节约5G投资成本。区块链具有分布式链式存储、链上数据不容易被篡改等特点,适用于为存在竞合关系的运营商提供可信任记账功能从而赋能5G共建共享、促进行业良性发展。首先对5G技术和区块链技术进行了简单描述;然后对区块链赋能跨运营商5G合作的典型应用进行了简述;最后对区块链与5G技术融合的方向进行了展望。

关键词:

5G;区块链;共建共享;网络切片;多网络接入;协同边缘计算;频谱共享

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.03.002

文章编号:1007-3043(2021)03-0007-05

中图分类号:TP391

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

5G investment is huge, and the co-construction and sharing of 5G infrastructure between operators is conducive to saving 5G investment cost under the condition of achieving the predetermined network quality and network coverage. Blockchain has the characteristics of distributed chain storage and the data on the chain is not easy to be tampered with. It is suitable to provide trusted accounting function for operators with competition and cooperation relationship, so as to enable 5G co-construction and sharing and promote the healthy development of the industry. Firstly, 5G technology and blockchain technology are briefly described, then the typical applications of blockchain enabling 5G cooperation across operators are expounded, finally, the direction of integration of blockchain and 5G technology is prospected.

Keywords:

5G; Blockchain; Co-construction and sharing; Network slicing; Multi network access; Collaborative edge computing; Spectrum sharing

引用格式:贾雪琴,王友祥,曹畅,等. 区块链赋能5G共建共享技术研究[J]. 邮电设计技术,2021(3):7-11.

0 引言

5G的愿景是为了应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量设备连接、各类新业务和新应用场景。由于其突出的技术特性,5G具有与垂直行业深度融合的需求与趋势,是构建社会经济数字化转型的基石^[1]。

相比较于4G及其之前的蜂窝技术,5G具有低时延、高可靠、大带宽、低功耗、大连接等特性。2015年ITU-R WP5D发布报告M.2083定义5G系统将支持至

少100 Mbit/s~1 Gbit/s的边缘用户体验速率,10 Gbit/s~20 Gbit/s的系统峰值速率,100万/km²的连接密度,1 ms的空口时延;相比4G提升3~5倍频谱效率和百倍能效、具有数十Gbit/s峰值速率、500 km/h移动性支持、每平方千米数十Tbit/s的流量密度等关键能力指标^[2]。

5G特性主要由多输入输出天线、毫米波、网络切片等技术使能。然而由于毫米波容易受到建筑物等障碍物干扰,为了实现网络覆盖,5G基站密度远高于4G,5G投资巨大。为了节约5G投资成本,中国联通、中国电信达成了共建共享5G基础设施的合作协议。

收稿日期:2021-02-18

区块链具有分布式链式存储、链上数据不容易被篡改等特点,适用于为缺乏信任的博弈多方提供分布式的、可信任记账功能。区块链的分布式账本功能适用于为参与5G共建共享的运营商提供中立、可信的记账功能,可赋能运营商的共建共享合作。

本文首先对5G技术和区块链技术进行了简单描述;然后对区块链赋能网络切片管理、5G接入网控制、频谱共享、边缘平台共享等案例进行了简述;最后对区块链与5G技术融合的方向进行了展望。

1 关键技术介绍

1.1 5G

5G的关键技术包括但不限于:5G频谱、多网络接入、网络切片、多接入边缘计算。

a) 5G频谱^[2]:由于长期使用低频段,低频段的频段之间干扰严重,共存条件苛刻,低频段难以支撑5G商用。5G广覆盖和高移动性需要依赖中低频段协同发展:低频段(低于6GHz)作为5G基础频段;中频段,毫米波频段(6GHz以上)作为重要补充频段。

b) 多网络接入^[3]:比较理想的状态是新网络部署后,原有网络的用户可以逐步平滑迁移至新网络,这样原有的频谱资源可以重耕于新网络,降低网络运营管理的复杂度。然而,在网络实际部署中,低版本网络上的部分用户难以迁移,退网困难。运营商往往需要同时运营维护多张网络。随着5G时代的到来,运营商部署的网络将成倍增长,会出现从传统宏站、分布式基站到Pico、Micro、Small Cell、relay等多种形态无线网络并存的情况,此外还需要支持Wi-Fi、RoLa等非蜂窝网络,形成多模、多频、多层的复杂网络。

c) 网络切片^[4]:业务特性的多样对运营商带来了巨大挑战。在有限的物理网络资源基础上难以满足差异化业务需求。如果为了满足某些特殊业务而新增物理网络投资,将给运营商带来大额新增投资成本,同时还可能带来网络使用率不高、网络运营管理复杂度增加等问题。

网络切片技术使得运营商能够在一张物理网络上构建多张专用的、虚拟化、相互隔离的网络来满足不同客户对网络性能的不同需求。基于网络切片技术,一张5G网络可虚拟出多个具备不同特性的逻辑子网。每个逻辑子网可由核心网、无线网、传输网子切片组合而成,并通过端到端切片管理系统进行统一管理。

d) 多接入边缘计算^[5]:多接入边缘计算(MEC)是在靠近人、物或数据源头的网络边缘侧,融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台,就近提供边缘智能服务,满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。

MEC平台位于无线接入网与移动核心网之间,可利用无线基站内部或无线接入网边缘的云计算设施(边缘云)提供本地化的公有云服务,并能连接位于其他网络(如企业网)内部的私有云从而形成混合云。MEC平台基于特定的云计算操作系统(例如,OpenStack)提供虚拟化软件环境用以规划管理边缘云内的IT资源。第三方应用以虚拟机(VM)的形式部署于边缘云,能够通过统一的API,获取开放的无线网络能力。

1.2 区块链

区块链以其安全、透明、难以篡改等诸多优势^[6]成为近年来的技术热点。

区块链的技术核心可以归纳为:“区块+链结构”保证不易篡改、分布式存储去中心化、非对称加密赋能数据接入控制。

核心技术1:区块结构记录数据,链状结构保证数据不易被篡改。

在区块链技术中,数据以电子记录的形式被储存下来。存放这些电子记录的文件被称为“区块(block)”。区块按时间顺序先后生成,每一个区块记录下它在被创建期间发生的所有交易活动,所有区块汇总起来形成一个记录合集,即区块链。每一个区块的块头都包含了前一个区块的交易信息压缩值,这就使得从创世块(第1个区块)到当前区块连接在一起形成了一条长链,即链状结构。这种链状结构使得修改某个区块会导致该区块之后的所有区块值会发生变化,从而使非法数据篡改被暴露出来。

核心技术2:分布式结构实现记账去中心化,共识机制保证记账一致性。

分布式记账实现会计责任的去中心化,共识机制确保记账一致性。区块链建立一套所有成员都可以参与记录信息的分布式记账体系,从而将会计责任分散化。链上的所有共识节点都遵照相同的共识机制,这保证了在去中心化、平等地位的框架下,解决节点之间的矛盾和分歧。共识机制确立了在当前分布式账本中,新增记录是如何在各节点间达成一致并记录下来的。当前主流共识机制有:Pow、Pos等。每个共

识节点都会保存一分内容一致、信息完整的账本,并实时更新。

核心技术3:非对称加密赋能数据接入控制。

非对称加密技术是利用数学方法解决去中心系统下的数据接入控制问题。非对称加密算法是指需要一对密钥来进行加密和解密。区块链非对称加密具有2个特点。

a) 加密时的密码是公开全网可见的,所有成员都可以用自己的公钥来加密一段信息。

b) 只有信息的正确接收者才拥有解密密码,被公钥加密过的数据只有拥有相应私钥的用户才能够解密。非对称加密保证了虽然向全节点广播数据,但敏感数据仍然能够得到保护。非对称加密赋能数据接入控制能够很好的保护敏感信息。

核心技术4:智能合约。

智能合约是以图灵完备编码语言编写的一系列计算机程序代码,首先在以太坊系统中被提出来^[7]。自动化执行和不可否认性是智能合约的主要技术特点,它可以数字化地促进、验证和执行分散的利益相关者之间达成的协议。

2 区块链在5G中的典型应用

从功能设计上,5G系统能够实现预定的性能指标。但实际场景非常丰富,有些场景还非常复杂,此外还需要考虑投资收益率等现实问题,因此5G在实际业务中的落地仍然具有挑战性,共建共享是一项可选的破题方案。

区块链的分布式存储、不易篡改、可控的数据接入等特性可赋能5G多主体之间的合作、多设备之间的协作,为共建共享5G基础设施、降低5G部署成本、提高5G设施利用率,提供技术使能。

本文基于相关研究并参考有关学术论文,选取了区块链在网络切片、多网络接入、协同边缘计算、频率共享中的应用,以展示区块链在促进5G技术发展和业务落地中的价值。

2.1 区块链在网络切片中的应用

5G采用网络功能虚拟化技术^[8]在一张物理网络上虚拟化出多个虚拟物联网。借助网络切片,客户可以根据需要定制虚拟网络,这极大降低了物理网络投资成本。

网络切片管理主要由切片代理负责。切片代理具有3个主要功能:动态分配资源,如带宽、速度;监控

网络流量、转发数据包;根据RAN调度配置,为用户设备分配资源。

因运营商之间具有复杂的竞合关系,传统上,跨运营商的网络切片管理是难以实现的。因为跨运营商网络切片的实现需要依赖于运营商之间的相互信任,相互开放资源配置、调度和状态监控等能力。

区块链可为跨运营商的网络切片管理提供维护信任的技术手段。

把网络切片代理的功能部署在分布式的区块链节点上。参与端到端切片的运营商均可作为切片管理业务部署自己的区块链节点。因网络切片代理所需的资源分配、网络状态、RAN资源配置等参数广播至全部区块链节点,这使得所有运营商节点所获得的网络切片管理数据都是一致的,可防止切片数据伪造。

把网络切片管理规则和所需参数制作成智能合约。当满足一定规则、获得相关参数情况下,智能合约可被触发,网络切片代理操作可自动进行。网络切片涉及到的计费等问题也可以做成智能合约,自动执行^[9]。

在这个应用中,基于区块链的网络切片管理,可赋能跨运营商网络切片业务;基于智能合约,跨运营商网络切片业务的性能和效率也能够获得很大提升。

2.2 区块链在多网络接入的应用

兼容多种接入网络技术,是5G技术的核心特征之一。但传统方式下,5G只能兼容和管理一家运营商管理域内的接入网^[9]。

接入网络发现和选择功能(ANDSF——Access Network Discovery and Selection Function)是EPC的核心功能之一,它可帮助5G用户终端发现、选择和连接到接入网络,如LTE、Wi-Fi和WiMax^[10]。ANDSF存储了接入网与用户终端之间的连接规则,包括用户终端信息、可接入网络的相关信息以及可接入网络的接口数据等。当网络繁忙时,ANDSF可以帮助分流移动网络的数据流。ANDSF的消息模型一般为集中式的客户端—服务器模式。ANDSF的局限性如下。

a) ANDSF无法管理和控制其他运营商的接入网元设备。

b) 传统的集中式ANDSF存在时延较大、接入网技术的更新能力较差、无法提供接入规则的动态改变等问题。

区块链的智能合约可以帮助解决集中式ANDSF存在的问题。不同制式的网络接入点均可对用户终

端进行监测。用户终端的监测数据可被发送到区块链智能合约,从而由区块链智能合约自动触发选择用户终端的接入网络。

在这个场景中,区块链智能合约中包含了网络运营商接入网之间合作的规则和协议。一旦运营商之间的合作规则发生变化,智能合约可同步更新。基于这种监控接入点网络状态的方法,ANDSF的接入网选择能力被分布式部署到各接入点,并可依据获得的参数迅速选择出合适的接入点。

在这个用例中,区块链的分布式账本以及智能合约都得到了很好应用。与此同时,区块链还可以及时根据接入网络的使用情况,进行实时计费。这将大大有利于5G接入网络的共建共享,推动5G接入网低成本的协作运营。

2.3 区块链在协同边缘计算中的应用

边缘计算是在靠近数据源处为数据提供计算、存储、智能处理等能力。协同边缘计算^[11]是指计算节点协同工作,既能充分满足大计算资源需求,也能满足时延敏感处理需求。

协同边缘计算的部署形式包括单一主体部署和多主体协同部署。

a) 单一主体部署下,边缘计算节点都由一个主体负责,是单一可信系统,其资源编排和调动服从集中管理。

b) 多主体协同部署下,边缘计算节点可由多个主体协作部署,是竞合关系系统,其资源编排和调动请求来自多方、需要以一种公平的方式进行分布式处理。

多主体协同部署是协同边缘计算的重要形式。可信协作是边缘计算多主体协作的重要基础之一。

区块链的分布式账本、智能合约与边缘计算结合可赋能多主体协同部署,解决多主体协同的可信问题和处理效率问题。

参考图1,基于区块链的协同边缘计算的原理如下。

由具有协作关系的多个主体贡献区块链节点,组成联盟链。

将智能合约部署在区块链节点上。智能合约具有响应算力请求、触发竞标、中标调度、确认任务执行结果等功能。

a) 边缘节点(如MEC节点、雾节点)采用一定算法选择某个或者某几个区块链节点,并进行连接。

b) 发起算力等资源请求的边缘节点作为交易的发起者将资源需求等信息发送给智能合约。

c) 根据请求,智能合约触发竞标流程。

d) 交易的响应节点应将标价等信息发送给智能合约。

e) 智能合约选择符合条件且价格低的边缘节点

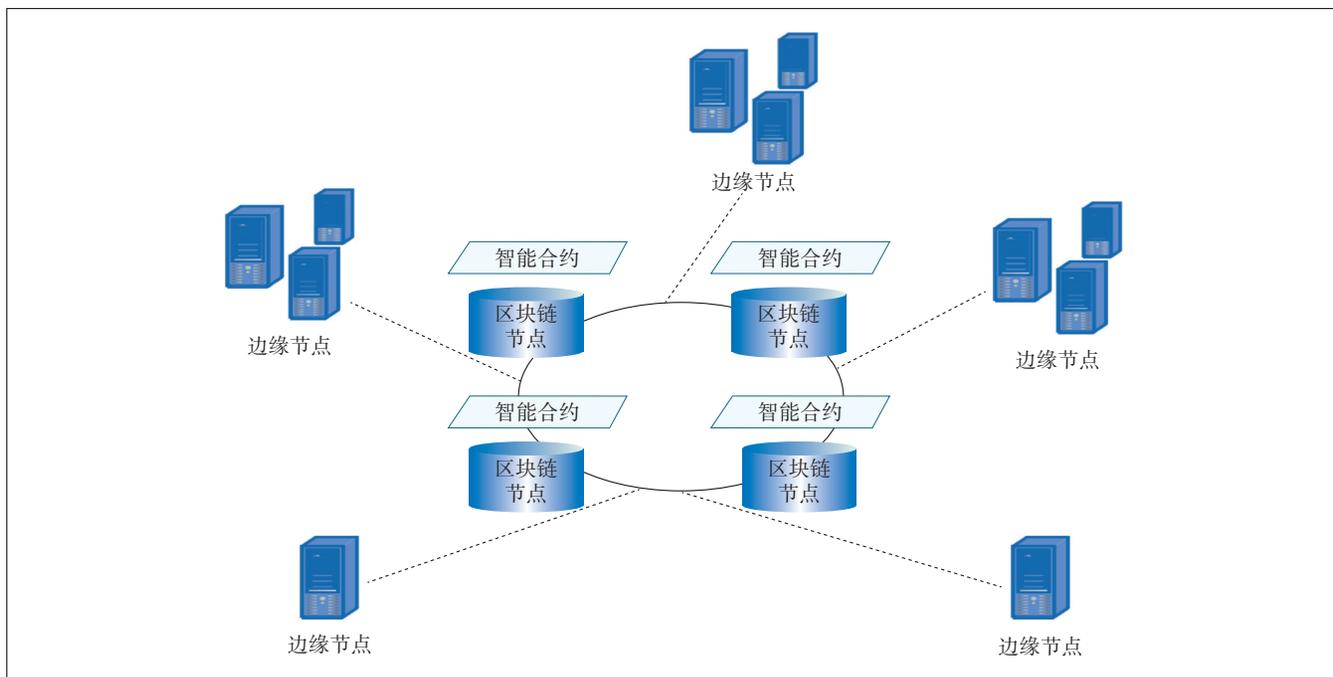


图1 基于区块链的协同边缘计算

作为中标节点,并执行中标边缘节点的算力调度。

f) 智能合约验证中标边缘节点的算力执行结果。

g) 执行结果在区块链节点间进行同步。

2.4 区块链在频率共享中的应用

对于无线通信来说,频谱资源是非常重要而紧缺的资源。为了避免频谱干扰、确保无线通信的正常运行,商用频谱的获得和使用受到严格管制。为了获得频谱牌照,申请者需要预先做好充分的频谱使用规划,对频谱使用等问题做好预估。然而实际情况是,由于市场发展的难以预测性,频谱持有者可能会面临频谱被闲置或者频谱不够用的情况。

频谱共享并不是新提出来的问题,然而频谱共享问题却一直没有得到有效解决。面临的问题包括以下2方面^[12]。

a) 供需难以匹配:频谱持有者无法找到频谱需求者,反之亦然。

b) 缺乏透明的技术来处理频谱共享带来的干扰问题。

区块链的分布式账本、智能合约等技术可用于解决以上2个问题。不过除了上述问题,5G频谱共享还面临其他挑战。

a) 监管问题。目前大部分国家的监管部门都不允许运营商之间进行频谱共享;因为频谱共享可能会降低网络质量。

b) 异构网络之间的性能问题。宏基站、小基站、微基站、Femto cells之间进行频谱共享可能会造成整个网络性能的下降。

c) 频谱共享不适用于集中化部署的运营商网络。此外,持有频谱的运营商也难以把频谱共享给自己的竞争对手。

因此区块链虽然能促进解决频谱共享中的供需对接和违规使用共享频谱造成的干扰问题,但是由于监管、商业竞争以及共享频谱所引入的干扰等问题,区块链在频谱共享中的应用还有待时日。

3 总结

区块链的出现为存在博弈关系的运营商之间的5G基础设施共建共享打开了一扇门,能看到比较清晰的商业价值。但仍有技术问题需要解决。

区块链的分布式账本、链式区块数据结构、准实时响应速度、模块化封装等特性适用于与5G技术结合。但当进行商用部署时,还需要考虑区块链系统的

可靠性、稳定性、实时性、可扩展性、规模化等问题。

此外,5G技术和业务本身具有一定技术门槛。需要相关专家从5G共建共享的整体角度对区块链赋能5G进行业务和技术规划,以避免出现多个区块链孤岛,造成重复建设和资源浪费。

参考文献:

- [1] 中国电信. 5G技术白皮书[EB/OL]. [2020-11-20]. http://www.360doc.com/content/19/1105/07/27362060_871165199.shtml2018.6.
- [2] 未来移动通信论坛. 5G毫米波频谱规划建议白皮书[EB/OL]. [2020-11-20]. <https://wenku.baidu.com/view/540bd263cd-bff121dd36a32d7375a417866fc1a5.html>.
- [3] 中国联通. 中国联通5G网络演进白皮书[EB/OL]. [2020-11-20]. <https://max.book118.com/html/2018/0929/8067116034001125.shtm>.
- [4] 中国联通网络技术研究院. 中国联通5G网络切片白皮书[EB/OL]. [2020-11-20]. <https://wenku.baidu.com/view/ee82121e3d1ec5da50e2524de518964bcf84d281.html>.
- [5] 中国联通. 中国联通边缘计算技术白皮书[EB/OL]. [2020-11-20]. <https://max.book118.com/html/2018/0930/7116116043001151.shtm>.
- [6] CROSBY M, KALYANARAMAN V. Blockchain Technology Beyond Bitcoin [EB/OL]. [2020-11-20]. <http://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf>.
- [7] GAVIN WOOD. Ethereum project yellow paper [EB/OL]. [2020-11-20]. <http://gavwood.com/paper.pdf>.
- [8] SAMDANIS K, COSTA-PEREZ X, SCIANCALEPORE V. From Network Sharing to Multi-tenancy: The 5G Network Slice Broker [J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(7): 32-39.
- [9] PRAVEEN G, CHAMOLA V, HASSIJA V, et al. Blockchain for 5G: A Prelude to Future Telecommunication [J]. IEEE Network, 2020, PP (99).
- [10] PÉREZ A. Network Discovery and Selection [EB/OL]. [2020-11-20]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8607872>.
- [11] WU B, XU K, LI Q, et al. Toward Blockchain-Powered Trusted Collaborative Services for Edge-Centric Networks [J]. IEEE Network, 2020, 34(2): 30-36.
- [12] CIGDEM SENGUL. Distributed Ledgers for Spectrum Authorizations [J]. IEEE Internet Computing, 2020(6).

作者简介:

贾雪琴,高级工程师,博士,主要从事工业互联网标识、区块链研究和标准化工作;王友祥,中国联合网络通信有限公司研究院未来网研部主任,博士,主要从事未来网络关键技术及产业推进工作;曹畅,高级工程师,博士,主要从事未来网络架构、算力网络等前沿技术研究;林晨,高级工程师,博士,从事工业互联网标识、区块链研究;史可,工程师,硕士,主要从事区块链研究工作。