



## 基于区块链技术的计费清结算平台的设计与研究

李舒婷, 刘金科, 陈娜

(中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630)

**摘要:** 分析了电信运营商的国内漫游清结算业务现状以及 5G 来临之后所面临的问题和挑战, 介绍了以分布式账本、智能合约为代表的区块链技术, 制定了基于区块链技术的国内清结算平台解决方案, 并从清结算平台的逻辑架构、业务架构、交易流程和可扩展性探究等方面做了详尽的阐述。最后, 基于国内清结算平台的落地方案, 结合新形势下的业务发展需求, 提供了佣金结算、网间结算和国际漫游结算的设计思路。

**关键词:** 5G; 区块链; 分布式账本; 智能合约; 清结算平台

**中图分类号:** TN915

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2020139

## Design and research of clearing-settlement platform based on blockchain technology

LI Shuting, LIU Jinke, CHEN Na

Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

**Abstract:** The business status of domestic roaming and clearing services of telecom operators and the problems and challenges faced after the arrival of 5G were analyzed. The blockchain technology represented by distributed ledgers and smart contracts were introduced, and the domestic clearing-settlement platform based on blockchain technology was formulated. The solution was elaborated from the logic architecture, business architecture, transaction flow and scalability of the clearing platform. Finally, based on the landing plan of the domestic clearing platform, combined with the business development needs under the new situation, the design ideas of partner settlement, inter-network settlement and international roaming settlement were provided.

**Key words:** 5G, blockchain, distributed ledger, smart contract, clearing-settlement platform

### 1 引言

伴随着 5G 时代的来临, 各类新业务和应用场景不断涌现, 对电信业务的发展带来了促进和影响, 形成了更多商业机会<sup>[1-2]</sup>。电信运营商和合作商的生态圈越来越大, 使得各方的公信力难以权

衡、用户的安全隐私风险增大<sup>[3]</sup>, 对计费清结算系统提出了更高的要求。与此同时, 现有的计费清结算业务流程冗长、数据存储在中心化、系统的容灾性能较差; 人工审计成本高、缺乏监督和监管不透明等问题日益凸显。鉴于此, 对现有的计费清结算系统进行改造和升级已是迫在眉

睫。由于整个计费清结算体系较为庞杂，业务种类不同，业务流程、IT 系统构造也存在着差别，需要分别研究。本文着重于计费的国内漫游清结算业务，分析现状、设计系统升级方案，为其他计费清结算系统的改造打下基础。

## 2 国内清结算业务现状及挑战

国内清结算业务是指用户在漫入省使用移动业务（语音或数据业务）时，由于使用了漫入省的通信设备，用户漫出省需要向漫入省进行费用结算。清结算业务流程如图 1（a）所示，当用户在漫入省使用了电信的通信业务时，将在漫入省产生话单，漫入省会将话单上传到集团的清结算平台，集团的清结算平台进行校验、排重、规整、结算、摊分之后，再将话单文件和结算报表分发到省公司。国内清结算的 IT 侧架构如图 1（b）所示，话单文件从漫入省网元生成，被采集到漫入省计费系统，经过各节点转发后到达集团结算系统；集团结算系统进行分类汇总、结算批价后，再将对应漫出省的话单文件及结算报表，通过各节点分发落入漫出省计费系统。

结合 5G 来临对业务场景的新要求发现，目前国内清结算业务还存有不少的挑战。其一，清结算业务的处理流程冗长，集团和省级需经过多个

转发节点，网关层层授权处理，提交数据需转码交换，容易造成数据出错。其二，现有的国内清结算系统仍然沿用中心化的数据库存储架构，即集团拥有省级上传的一切话单数据，再根据分发规则下发给漫出省。若其中集团的数据库出现故障，将使得整个全网清结算业务办理受到严重影响，容灾性能较差。其三，5G 技术将使得电信业务的生态圈越来越大，业务的合作模式和产销品输出更加多元化<sup>[4-5]</sup>，结算流程和账目间不透明会造成运营商和各合作方之间的公信力难以把握；同时还存在有审计的时效性低、人工维护成本高和用户隐私难以监督等问题。

## 3 区块链技术生态助力国内清结算平台升级

区块链是通过去中心化和去信任化方式集成维护一个可靠数据库的技术方案<sup>[6]</sup>。区块链技术的核心优势是去中心化，能够通过运用数据加密、时间戳、分布式共识和经济激励等手段，在节点无须相互信任的分布式系统中实现去中心化信用的点对点交易、协调和协作，从而解决中心化信用的点对点交易、协调与协作，进而为解决中心化机构普遍存在的高成本、低效率和数据存储不安全等问题提供了解决方案。区块链架构分为了数据层、网络层、共识层、激励层和应用层<sup>[7-8]</sup>。

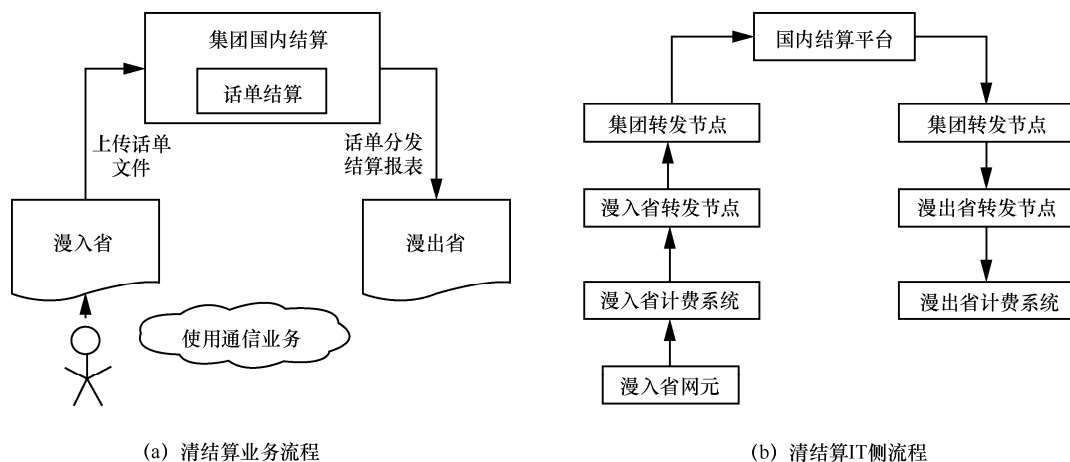


图 1 国内清结算业务和 IT 侧流程

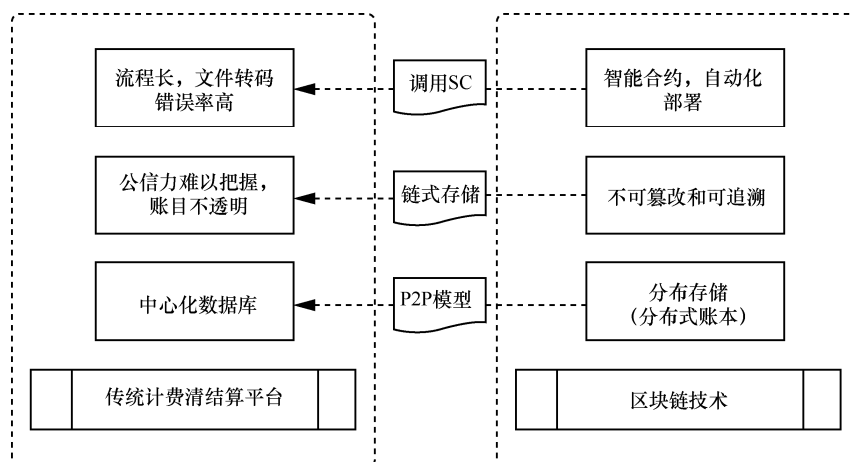


图2 清结算业务-区块链技术改造点

针对目前国内清结算业务所面临的挑战以及5G技术到来后的业务新变化,区块链技术提供了去中心化、分布式存储、可追溯和智能合约等特性去构建基于区块链技术的国内清结算平台,以解决用户交易数据账目不透明、数据存储节点集中、用户隐私不保障和审计不安全等问题,推动国内清结算平台的转型升级。改造点如图2所示。平台可利用区块链2.0技术中智能合约特性,自动化部署合约,让清结算省级、集团的数据上链,简化话单、结算报表的传输处理流程,提高数据的准确性。因此,构建出基于区块链技术的国内清结算平台将有助于解决现存的问题,使现有的国内清结算系统更加适应市场和客户的需求。利用区块链技术中P2P网络层中各节点具有分布式、自治性、开放性等特性,每个节点地位对等且以扁平式拓扑结构相互连通和交互,且均会承担网络路由、数据验证、传播数据和挖掘新节点等功能,全网的清结算数据将会分布式部署到各个节点,使集团清结算业务数据达到去中心化,从而提高系统的容灾性和安全性。利用区块链技术不可篡改和可追溯的特性,可使电信运营商和其他运营商、合作商、生产商之间的交易数据上链达到公开透明、可溯源,能够充分反映清结算各流通环节的状况,使得各方的公信力得到保障<sup>[9-10]</sup>。

## 4 基于区块链技术的国内清结算平台的架构设计

### 4.1 国内清结算平台的中心架构

基于区块链技术的国内清结算平台中心架构包括现有业务系统、区块链基础平台和联盟链管理3部分,如图3所示。

#### (1) 现有业务系统

涵盖现有的省计费系统、集团结算系统以及其他外部应用程序,各业务系统可完成数据记录的上链以及查询操作。业务系统通过触发接口层的智能合约的调用,与区块链平台进行交互。

#### (2) 区块链基础平台

分为接口层和区块链底层。接口层包含共享数据库(DB)和智能合约。DB存放链上的hash值对应的明文数据(包含话单数据的原始信息、变更信息),满足操作的可追溯功能。智能合约完成业务相关的验证或自动执行的事务,根据业务需求进行代码编写,如话单数据发布、话单数据查询等。区块链底层由多个节点的P2P网络组成,提供智能合约部署、调用、hash值上链等API。基础平台接到智能合约的调用命令后,将采取虚拟化技术启动、运行合约代码,响应hash值上链操作以及对hash值上链操作,对hash值达到共识

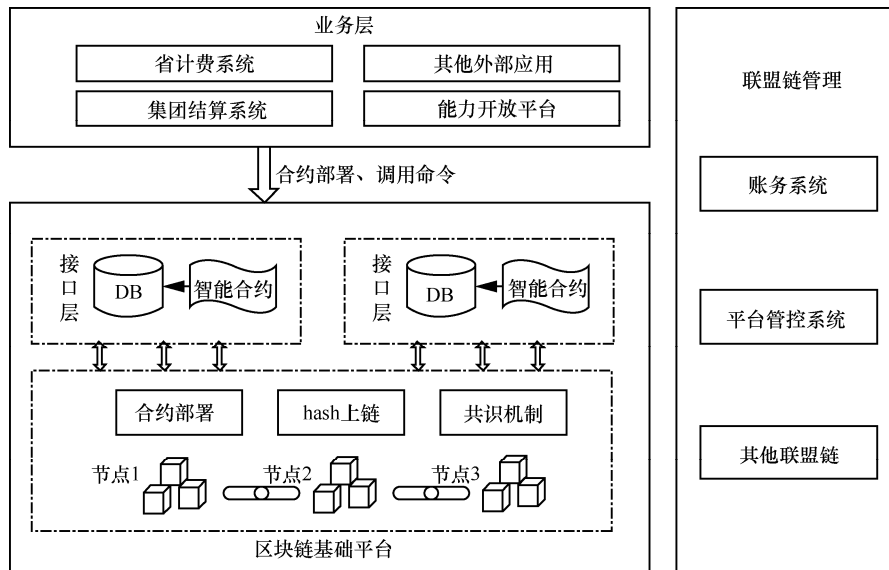


图3 基于区块链技术的国内清结算平台中心架构

后进行存储。

### (3) 联盟链管理

除了国内清结算数据链这一条以清结算为中心的主链外，电信系统还可能有账务系统链、平台管控系统链等其他联盟链。联盟链间可以通过智能合约，实现各个链之间的数据交互，共同完成清结算业务以及其他业务。

## 4.2 国内清结算平台的业务改造

国内清结算业务采用区块链作为底层开发平台进行交互时，需要对原有的业务系统和流程进

行一定的改造，以实现触发对区块链基础平台上智能合约的调用，完成关键数据上链操作。改造涉及以下3个部分，如图4所示。

### (1) 原始话单上链

各省计费系统采集用户产生的原始话单文件，通过接口层调用智能合约自动执行上链，简化了传统多级节点转发传输的烦琐流程。

### (2) 结算数据上链

国内结算平台取得原始话单文件，进行校验、排重、结算批价等一系列操作后，再将结算数据

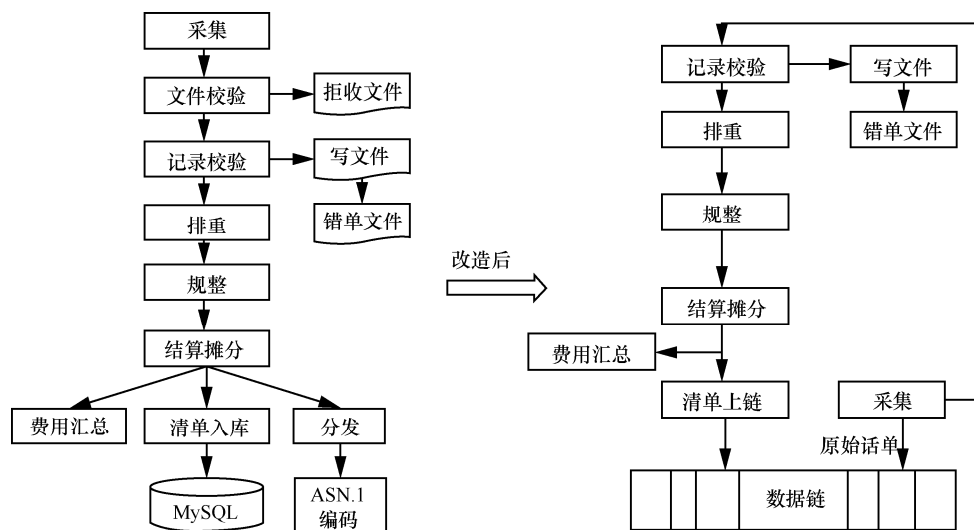


图4 国内清结算业务流程改造前后对比



上链,以便提供结算规则、结算费用详细记录查询,实现各流程信息的公开透明化。

### (3) 数据查询

基于区块链分布式存储的特性,部署在清结算系统中各个 P2P 网络模型节点都备份了全链的所有数据,访问者可通过智能合约查询在权限内共享数据库中的信息,降低了传统的检索系统只在一点访问数据的访问负荷和错误率。

## 4.3 区块链基础平台的交易流程

区块链基础平台是基于区块链技术的清结算平台的底层中心架构,提供清结算交易和数据上链、智能合约等功能。省公司话单上链是国内清结算的重要步骤,图 5 将以省公司话单上链交易作为整个清结算平台工作流程的阐述。

第一步,省公司通过调用接口层的智能合约提交话单数据上链请求。

第二步,接受节点对数据记录进行校验,校验通过后,记录被纳入一个区块中,纳入节点。

第三步,向全网节点进行广播等待确认。

第四步,节点间通过调用共识算法 POW,检验交易的有效性。如果所有节点校验通过,则将话单数据纳入一个区块中,全网节点表示接受该区块。如果校验失败,则上链失败。

第五步,区块以链式结构存储,提供透明的

交易记录。

第六步,完成上链操作。

全网的节点通过区块链网络来维护一份清结算数据账本,此账本只是逻辑上的概念,每个节点都是独立维护账本数据的,所谓公共账本,要求账本保持一致,不可篡改。

## 4.4 清结算平台的可扩展性探究

随着用户数据记录海量增长,区块链基础平台的数据链区块增多,网络中部署的节点规模变大,处理事务效率降低,影响系统性能,因此区块链扩容迫在眉睫。区块链技术的核心特质是去中心化和安全性,而在可扩展性方面做了妥协。由于国内清结算系统大规模海量式数据产生,要求区块链平台运行安全性、去中心化和可扩展性达到一个动态平衡。目前开源框架中主流的两种扩容模式是链上扩容和链下扩容,链上扩容选取了切片技术,链下扩容选取了跨链技术。

主链切片技术具有代表性的是以太坊分片技术<sup>[1]</sup>。将国内清结算平台主链网络上的节点分成 4 个区域,主链上发布的校验器管理合约 (VMC) 进行切片维护。每个分片都是独立的账户,交易发生时,分配给一个切片处理,一笔交易只由一个切片处理,假设网络中有  $M$  件事务处理,每个节点只需处理  $M/4$  即可,处理完毕后将子区块数

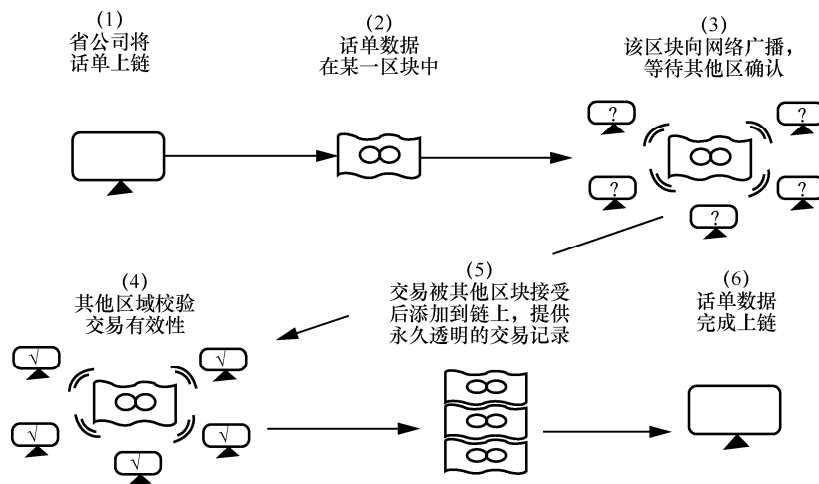


图 5 基于区块链技术清结算平台的交易流程

据分组上传到主链区块, 扩容之节点切片方案架构如图6所示。

主链跨链技术具有代表性的是公证人机制<sup>[12]</sup>。公证人机制一般分为单签名证人机制和多签名证人机制。单公证人模式是公证人为集团链的合法用户, 负责监听省公司链的事件和状态, 再操作集团链。中心化或重签名的多公证人模式要求一定比例的公证人共同签名后拼成完整的密钥, 进

而完成数据收集验证。扩容之跨链访问方案架构如图7所示。

综上两种方案的主链切片和跨链访问技术, 结合电信国内清结算业务特点, 迎接5G时代海量数据的需求, 可采取“切片+跨链”相结合的技术方案。在国内清结算系统内部采用切片的扩容方案, CRM侧、计费侧和网络侧之间存在相对较高的信任度, 因此采取切片扩容技术可以降低去中

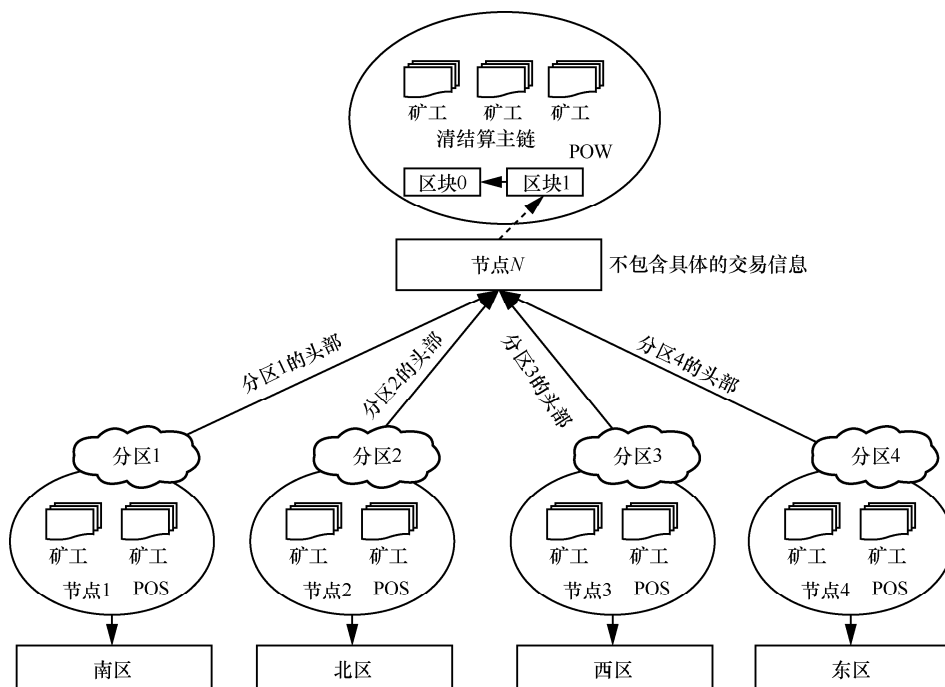


图6 扩容之节点切片方案架构

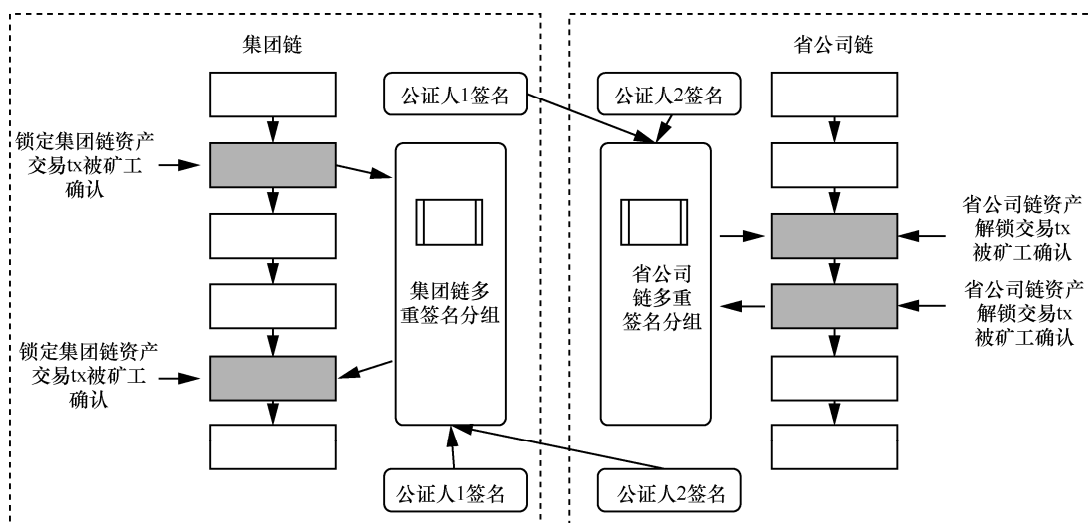


图7 扩容之跨链访问方案架构



心化从而达到提高交易效率和扩容的目的。在电信与其他运营商、合作方可以采取跨链访问的扩容技术方案,不同的领域之间存在公信力、隐私等方面的问题,跨链访问提高了安全的隐私保障,满足各方的利益。

## 5 基于区块链技术的计费清结算平台的应用性研究

目前电信运营商的计费清结算业务还包括:合作伙伴的佣金清结算、各运营商的网间清结算、国际漫游清结算等。基于国内清结算平台的研究,提出了基于区块链的佣金结算改造方案,并进行了具体实施,已获得良好的应用效果和示范效应,另外对网间结算和国际漫游结算进行了初步研究。

### 5.1 佣金结算

#### 5.1.1 佣金结算升级

佣金结算指的是第三方代理商为运营商提供服务后,运营商与第三方合作伙伴之间按照佣金政策进行费用结算。其中,店员奖励系统(简称为“店奖系统”)是佣金结算系统的一部分,支撑一线激励的管理和发放工作,规则为针对一线营销人员(即“店员”)提交的报单实时计算出奖励金额,按天通过微信支付发放到店员账户上。现有的店奖系统在应用过程中,存在结算规则和流程不透明、结算计算过程无法追溯等情况,导致店员对运营商制定的结算规则不了解、结算依据不信任、结算结果不满意。

基于区块链技术构建的清结算平台,能有效

解决上述问题。将结算标准、结算依据上链存储,提供公开可信的存储方案;优化结算模型和结算引擎,逐个匹配奖励因子,将结算流程中的步骤结果一一输出,快速上链存储,提供公开查询,供店员了解和追溯。整个结算过程公开透明,步骤清晰可查,实现了从报单到支付的全流程记录上链,解决了运营商与第三方合作方的信任问题,并有效减少了频繁的结算结果核查。基于区块链平台的佣金结算流程如图8所示。

#### 5.1.2 区块链平台的应用效果

基于区块链平台改造后的佣金结算系统已经进行了实施,取得了良好的应用效果。

##### (1) 提高了系统处理效率

缩短了店员获得查询结果的时间,提升了合作人员的感知。原店奖系统日均处理4万~5万笔店员报单,系统的处理压力较大,效率显著降低,日出账时间已延迟到次日中午。基于区块链平台改造后的系统优化了结算引擎,将结算全流程轨迹上链,不需要等到最终结果,店员便可在区块链平台上查询到相关信息。相较于以前只能在处理完毕后查询结算结果,区块链上链后的结算全流程快速可查,能提高店员的满意度,提高促销的积极性。

##### (2) 有效降低咨询、投诉量

由于以前结算规则、结算依据不透明,对于店员来说是一个黑盒,给店员造成困惑,店员对结算结果不够信任,由此产生了大量的咨询、投诉需求。应用了区块链平台后,整个结算过程公

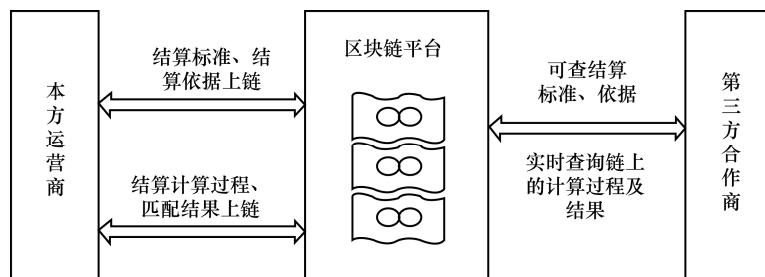


图8 基于区块链平台的佣金结算流程

开透明, 步骤全流程清晰可查, 工单核查比例由原来的 2% 降低到不足 0.01%。

### (3) 降低运维成本, 解放运营人员

改造前双方的不信任问题产生了大量的核查工单, 随之而来的运维成本也居高不下。随着区块链平台的应用, 工单核查比例下降后, 能显著降低运维成本, 解放系统运营人员, 预计年节约人力成本约 100 万元。

## 5.2 网间结算升级

网间结算是指不同运营商互联互通时, 由于使用了对方的通信资源或服务, 使用双方会根据协议对相关通信费进行分摊处理, 其现有业务流程如图 9 所示<sup>[13]</sup>。现有的网间结算系统在新型业务场景下暴露的问题日益明显, 如关口局双方采集的话单文件均是通过自己的机器采集, 双方话单数据存在差异; 进行报表对账时, 通常由专人负责, 缺乏监督, 管控性较差; 对账存在差异时,

小差异造成损失, 大差异则会消耗大量人力物力进行话单核对。

为解决上述问题, 可设计出基于区块链技术的网间结算平台, 极大简化传统结算系统的流程、降低人工对账的成本和提高结算的透明度和正确性。新的业务流程如图 10 所示。在网间结算的数据记录及结算阶段, 将使用区块链技术进行记账工作, 为结算双方提供共享的用户话单和账单数据。将双方达成的规则共识写入智能合约, 能简化后续的对账工作; 并且通过区块链的不可篡改性, 保证了数据记录和账单数据的真实可靠。

## 5.3 国际漫游结算升级

国际漫游结算是指由归属国运营商用户到漫游国发生境外通信后, 由漫游国运营商对漫游用户提供通信服务并进行漫游计费, 再将漫游计费数据送回归属国运营商, 由归属国运营商对漫游用户进行收费, 同时跟漫游国运营商按照约定的

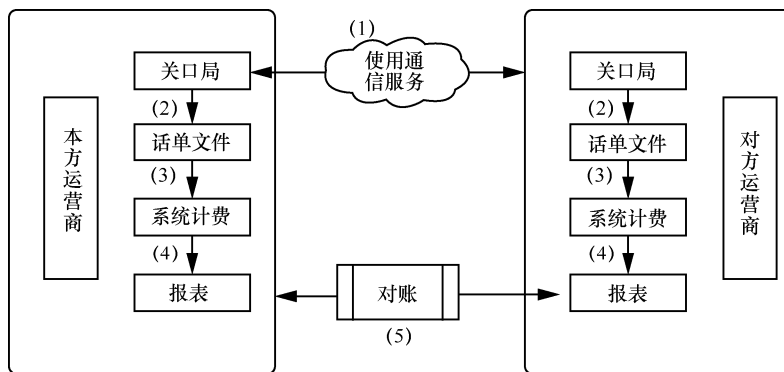


图9 现有网间结算业务流程

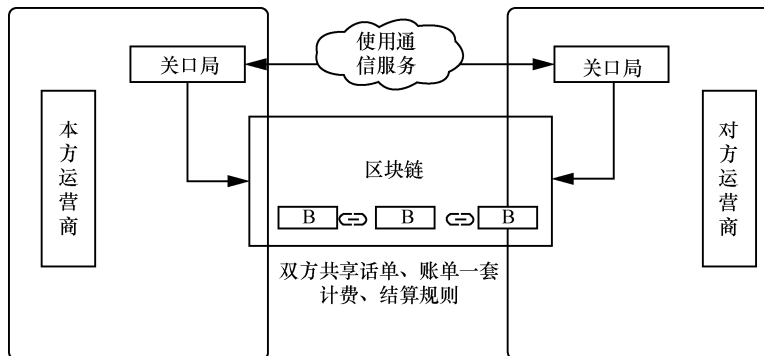


图10 基于区块链技术的网间结算业务流程



资费进行漫游批发结算。目前,国际漫游结算争端处理机制,协调成本和时间成本耗费大。漫游协议文件传输过程中,受人工干预的影响大。而且在进行漫游处理时,易产生计费 and 结算等生产事故。漫游的管理模式,无法统一,容易造成争议。

针对以上问题,国际漫游结算的解决方案可以采取各漫游运营商基于区块链可信、互认的共享漫游协议文件及财务结算文件,搭载智能合约,执行漫游公参更新的自动化配置,实现漫游协议配置的全程化管理,减少各运营商协议文件巡检和处理的人工工作量、与海外运营商进行申告处理的时间<sup>[14]</sup>。方案如图 11 所示。国际漫游结算发展策略上,可先在我国运营商漫游业务较为密集的亚太等运营商之间进行场景验证和使用推广,建立信任机制;再与国际标准组织 GSMA、3GPP 等开展合作,推进和细化漫游协议的标准制定和实施。

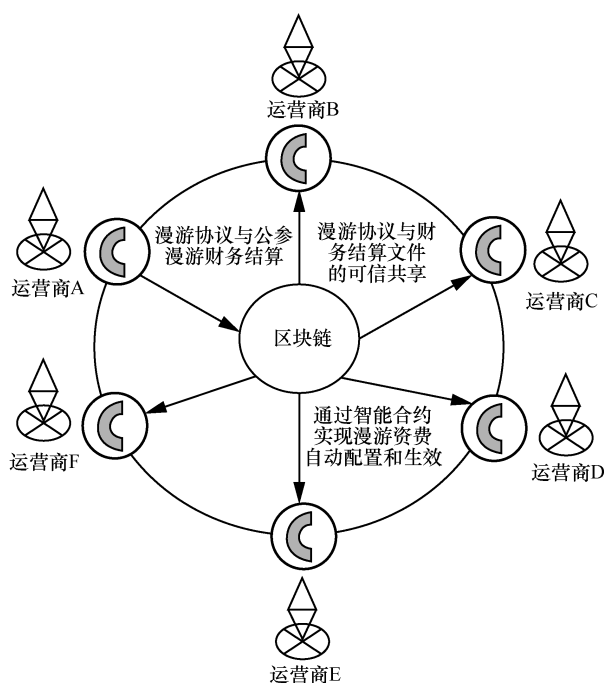


图 11 基于区块链技术的国际间漫游结算解决方案

## 6 结束语

基于区块链技术的国内清结算平台将对国内

清结算业务的改造升级具有重要作用。对国内清结算的逻辑架构和业务架构、交易流程和主链的可扩展性提供了解决方案,并结合平台研究,对网间结算、国际间漫游结算作了应用性探究。与此同时,随着 5G 业务的发展,业务规模的不断增大对清结算处理的性能要求越高,绝对去中心化的实施方案已经不能满足清结算平台的性能要求。区块链 3.0 技术中具有高性能、高算力的生态产品还在不断打磨,半中心化的区块链平台可能将成为下一代清结算平台升级的方向。

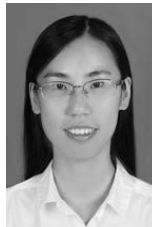
## 参考文献:

- [1] 郭朝峰. 5G 时代电信运营商如何应对挑战[J]. 广东通信技术, 2017, 37(12): 24-26.  
GUO C F. How telecom operators deal with the challenges in 5G Era[J]. Guangdong Communication Technology, 2017, 37(12): 24-26.
- [2] 陈山枝. 发展 5G 的分析与建议[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 1-10.  
CHEN S Z. Analysis and suggestion of future 5G directions[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(7): 1-10.
- [3] 姜海洋. 5G 网络安全问题的应对策略[C]//5G 网络创新研讨会 (2018) 论文集. 北京: 移动通信杂志社, 2018: 330-332.  
JIANG H Y. Coping strategies for security problems of 5G network[C]//Proceedings of the 5G Network Innovation Seminar (2018). Beijing: Mobile Communications Magazine, 2018: 330-332.
- [4] 李凯. 运营商 5G 发展现状[J]. 中国电信业, 2018(11): 44-47.  
LI K. The development status of telecom operators in 5G field[J]. China Telecommunications Trade, 2018(11): 44-47.
- [5] 肖子玉, 韩研, 马洪源, 等. 5G 网络面向垂直行业业务模型[J]. 电信科学, 2019, 35(6): 132-140.  
XIAO Z Y, HAN Y, MA H Y, et al. Business service model of 5G network for vertical industry[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(6): 132-140.
- [6] 梅海涛, 刘洁. 区块链的产业现状、存在问题和政策建议[J]. 电信科学, 2016, 32(11): 134-138.  
MEI H T, LIU J. Industry present situation, existing problems and strategy suggestion of blockchain[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(11): 134-138.
- [7] 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 Y, WANG F Y. Blockchain: the state of the art and future trends[J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481-494.
- [8] 李董, 魏进武. 区块链技术原理、应用领域及挑战[J]. 电信科学, 2016, 32(12): 20-25.  
LI D, WEI J W. Theory, application fields and challenge of the

- blockchain technology[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(11): 20-25.
- [9] MATIJN J, VISHANTH W, ELVIRA I, et al. A framework for analysing blockchain technology adoption: integrating institutional, market and technical factors[J]. International Journal of Information Management, 2019(8): 32-40.
- [10] 何蒲, 于戈, 张岩峰, 等. 区块链技术与应用前瞻综述[J]. 计算机科学, 2017, 44(4): 1-7, 15.
- HE P, YU G, ZHANG Y F, et al. Survey on blockchain technology and its application prospect[J]. Computer Science, 2017, 44(4): 1-7, 15.
- [11] 狂人研究院. 以太坊、Zilliqa 分片技术解读[EB]. 2018.
- Madman Institute. Analysis of ethereum and zilliqa fragmentation technology[EB]. 2018.
- [12] OK Blockchain Capital. 区块链 3.0: 侧链与跨链行业趋势报告[R]. 2018.
- OK Blockchain Capital. Blockchain 3.0: sidechain and inter-blockchain industry trends report[R]. 2018.
- [13] 孙洁. 电信结算现状及前景分析[J]. 通信与信息技术, 2018(4): 70-71, 75.
- SUN J. Current situation and prospect analysis of telecommunication settlement[J]. Communication & Information Technology, 2018(4): 70-71, 75.
- [14] 薛淼, 刘千仞, 符刚, 等. 区块链在电信运营商应用场景的探讨[J]. 邮电设计技术, 2019(4): 76-80.
- XUE M, LIU Q R, FU G, et al. Discussion on the application scenarios of blockchain in telecom operator[J]. Designing Techniques of

Posts and Telecommunications, 2019(4): 76-80.

#### [作者简介]



李舒婷 (1992- ), 女, 现就职于中国电信股份有限公司研究院, 主要从事电信 BSS 领域的研究工作。



刘金科 (1996- ), 男, 现就职于中国电信股份有限公司研究院, 主要从事电信 BSS 支撑工作。



陈娜 (1979- ), 女, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要从事电信 IT 支撑系统的研究工作。