

Monitoramento de Acordos de Nível de Serviço com Conformidade Baseada em Blockchain para Fatiamento de Recursos de Nuvem e Rede

Jeffson Celeiro^{1,3}, André Defremont^{1,2}, Billy Pinheiro², Bruno Evaristo^{1,3},
Alan Veloso¹, Antônio Abelém¹, Rafael Pasquini⁴

¹ Grupo de Pesquisa em Rede de Computadores e Comunicação Multimídia (GERCOM)
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Belém – PA – Brazil

² Amazônia Blockchain Solutions (Amachains)

Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá (PCT Guamá), Espaço Empreendedor
Belém – PA – Brasil

³ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD)
Campinas – SP – Brasil

⁴ Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia – PA – Brazil

{jeffson, andre, billy}@amachains.com, elderb@cpqd.com.br,
{aveloso, abelem}@ufpa.br, rafael.pasquini@ufu.br

Resumo. *Este trabalho propõe um modelo de auditoria e conformidade de acordos de SLA baseado em blockchain para fatiamento de recursos de nuvem e rede, visando minimizar problemas de violação entre as entidades envolvidas no processo e construir uma relação de confiança entre provedores de recursos de rede em mercados distribuídos. A adição dessa camada de conformidade pode trazer transparência ao negócio e evitar o consumo indevido de recursos, multas onerosas e danos à reputação.*

Abstract. *This paper proposes a blockchain-based SLA audit and compliance model for slicing cloud and network resources, aiming to minimize breach issues between the entities involved in the process and build a trust relationship between network resource providers in distributed markets. The addition of this compliance layer can bring transparency to the business and prevent undue consumption of resources, costly fines, and reputational damage.*

1. Introdução

A tecnologia de nuvem evoluiu para permitir acesso flexível e escalável a serviços pela Internet. Uma nova abordagem chamada Fatia como um Serviço (*Slice as a Service - SaaS*) fornece serviços de rede isolados e flexíveis em infraestrutura compartilhada. Essas fatias são construídas usando tecnologias como SDN (*Software Defined Networking*) e NFV (*Network Functions Virtualization*) para criar uma estrutura dinâmica sob demanda. O projeto NECOS propõe uma arquitetura de fatiamento de nuvem e rede federada que pode ser aplicada a múltiplos componentes para atender às necessidades de uma indústria ou serviço específico. Plataformas como o NECOS conecta provedores de recursos com locatários para comercializar fatias, mas problemas podem surgir com violações de

SLAs. Para evitar isso, blockchain e contratos inteligentes são soluções promissoras para automatizar o processo.

Khan et al. (2022) apresentam uma infraestrutura distribuída baseada em blockchain que aproveita suas propriedades fundamentais para obter monitoramento de SLA imutável e confiável nos serviços em nuvem [Khan et al. 2022]. Os trabalhos de Afraz e Ruffini (2020) e Rebello et al. (2019) propõem ferramentas de rede distribuída baseadas no modelo de fatiamento de rede, porém em nenhum deles o conceito de auditoria SLA é abordado em profundidade e nenhum trata do conceito de multi-mercado para descoberta de recursos em diferentes domínios administrativos [Afraz and Ruffini 2020, Rebello et al. 2019]. Finalmente, Rathi et al. (2020) propõem um esquema de mercado que aborda o gerenciamento do ciclo de vida de VNFs de vários fornecedores e realiza uma simulação experimental de uma rede Hyperledger implementada usando a estrutura Fabric, embora não abordem o paradigma de multi-mercado [Rathi et al. 2020].

Este artigo apresenta uma solução para monitorar SLAs usando blockchain, com vantagens como redução de custos, velocidade, precisão, eficiência e transparência. A solução estende um trabalho anterior [Sousa et al. 2021], evoluindo a arquitetura proposta e validando-a em um cenário real usando o Hyperledger Caliper¹, mostrando a aplicabilidade da arquitetura para garantir a conformidade e o monitoramento confiável e transparente de SLAs.

A Seção 2 descreve a arquitetura aprimorada para monitoramento e conformidade dos contratos de SLA. A Seção 3 apresenta uma avaliação da proposta e os resultados. A Seção 4 aponta as considerações finais e sugere possíveis trabalhos futuros.

2. Solução de Monitoramento de SLA Baseado em Blockchain

Esta seção descreve os componentes típicos de serviço de provisionamento de fatia em multi-mercados e os aspectos essenciais ao processo de monitoramento de SLA utilizando blockchain.

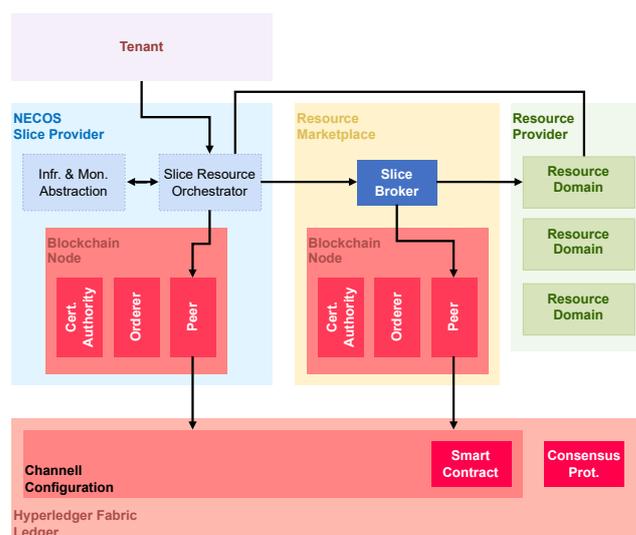


Figura 1. Visão Geral da Proposta

¹<https://www.hyperledger.org/use/caliper>

Propõe-se uma solução distribuída autônoma baseada em contratos inteligentes para gerenciar e avaliar métricas de acordos de nível de serviço em um cenário de faturamento de rede de multi-mercado. A solução visa minimizar problemas de não conformidade entre SLAs e garantir transparência e confiança no processo, tratando métricas relacionadas à disponibilidade, penalidade, custo, receita, lucro e qualidade do serviço de cada fatia.

A visão geral da proposta consiste em quatro componentes, representados na Figura 1: *Tenant*, *Resource Marketplace*, *Slice Provider* e *Resource Domains*. No projeto NECOS espera-se que a organização que faz parte do *Slice Provider* tenha parceria com um ou mais *Resource Marketplaces*. Sendo assim, propomos uma adição na arquitetura, composta de dois componentes adicionais para representar a rede blockchain (*Peer* no *Slice Provider*, e um *Peer* no *Resource Marketplace*) que representa 2 organizações, conduzindo transações privadas e confidenciais através de um canal (*Channell Configuration* na Figura 1), para cada *peer* temos: um serviço de ordenação das transações para endosso das transações privadas (*Orderer*), uma Autoridade Certificadora (*Certification Authority* - CA) e o contrato inteligente compartilhado entre as organizações através do *Ledger* (*Smart Contract*).

O *Smart Contract* é executado em todos os pares da rede e gerencia o acesso e modificações no *Ledger*. O *hub* de eventos gera notificações para o *Tenant* quando um novo bloco é adicionado *Ledger* ou quando uma transação atende a uma condição pré-definida. A interface API disponibiliza serviços fornecidos pela rede blockchain através de esquemas API abertos para que o aplicativo *Tenant* possa interagir com o *Smart Contract*. A adição da tecnologia blockchain resulta em um sistema seguro e preciso que beneficia ambos os atores, com base na escalabilidade do projeto Hyperledger Fabric [Androulaki et al. 2018].

2.1. Componentes do NECOS

2.1.1. *Tenant*

O *Tenant* tem papéis específicos, podendo ser um *Slice Provider* responsável por gerenciá-las ou um usuário que deseja consumir fatias com condições específicas. O componente de *Slice Resource Orchestrator* (*Service Resource Orchestrator* - SRO) é responsável por orquestrar e monitorar as fatias na proposta NECOS, coletando dados para acompanhar seu status.

O *Tenant* não é responsável pelo envio de transações para a rede blockchain, mas apenas por obter as restrições da fatia a ser criada. Eles podem invocar um *Smart Contract* por meio da API e receber notificações sempre que a rede blockchain incluir uma nova transação no livro-razão.

2.1.2. *Slice Provider* e *Resource Marketplace*

Os componentes NECOS, *Slice Providers* e *Resource Marketplace*, podem enviar transações e invocar *Smart Contracts* para produzir serviços como diagnósticos de falhas de fatias e avaliação de desempenho de *Resource Domains*. O registro do *Slice Providers* mantém as instâncias de mercado geradas e o registro do *Resource Marketplace* mantém as instâncias de recursos geradas pelos agentes.

O *Smart Contract* permite definir métricas de violação de SLA e suas penalidades. O monitoramento em tempo real de cada transação é possível com consultas complexas. Isso permite uma solução autônoma para monitorar e auditar acordos de nível de serviço em fatiamento de recursos para um comércio multi-mercado.

2.2. Slice Resource Orchestrator

A solução de monitoramento é responsável por monitorar a conformidade do SLA para objetivos individuais. Ela executa uma ou mais instâncias do *Slice Resource Orchestrator* do NECOS, que monitoram a conformidade dos terminais de serviço com os SLOs acordados. O SLA é gerado pela interação entre o *Tenant* e o *Slice Providers*, incluindo SLOs específicos, como disponibilidade, tempo de resposta e outras características específicas do mercado. A solução de monitoramento relata quaisquer violações por meio de interfaces específicas.

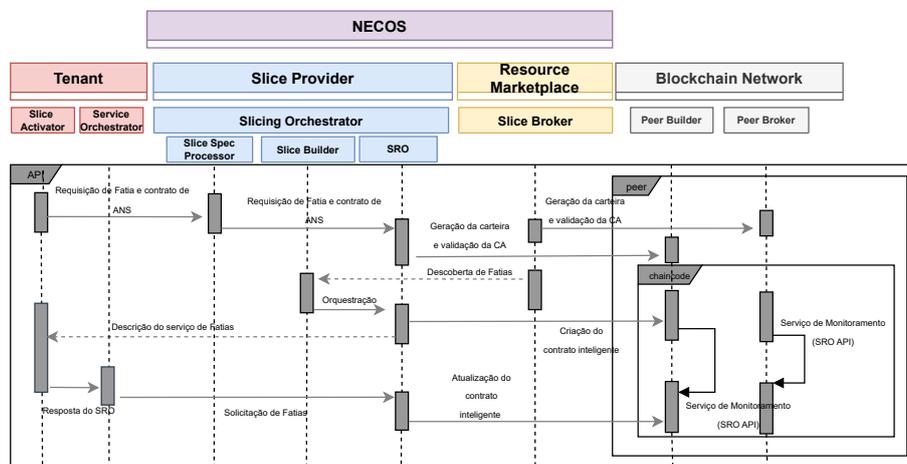


Figura 2. Fluxo de Sequência

Transações são criptografadas e autenticadas por assinaturas digitais antes de serem enviadas em tempo real do SRO para o *Ledger*. A Figura 2 mostra a interação entre as entidades por meio de um diagrama de sequência. O processo do cliente é ativado após o registro das carteiras no blockchain pelos componentes e o registro e inscrição do usuário no CA, recebendo de volta os dados necessários para autenticação de rede.

3. Avaliação de Desempenho

Esta seção apresenta uma avaliação da solução proposta, por um conjunto de critérios de desempenho e métricas baseado no módulo Hyperledger Caliper, uma estrutura de referência de blockchain que mede o desempenho de implementações específicas de blockchain com conjuntos de casos de uso predefinidos, no caso deste trabalho serão utilizadas as seguintes métricas de avaliação: tempo de resposta de transações (*Transaction Latency*) e taxa de transferência de transações (*Transaction Throughput*).

A Figura 3 ilustra o cenário de avaliação de desempenho, baseado em um *dataset* obtido a partir do aprendizado inteligente de medição de QoS de uma aplicação baseada na proposta do projeto NECOS [Pasquini and Stadler 2017], disponível no GitHub². Ele

²<https://github.com/rafaelpasquini/traces-netsoft-2017>

contém estatísticas com rótulos para recursos em X e métricas de nível de serviço em Y, armazenados em arquivos com m linhas de n recursos, cada uma representando uma observação com carimbo de tempo τ .

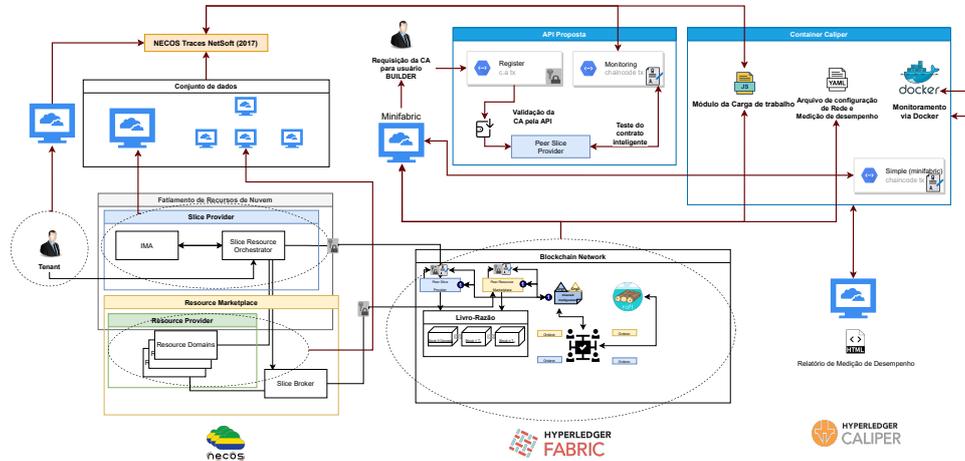


Figura 3. Cenário de Experimentação

A API foi implementada para gerar carteiras entre as entidades blockchain autorizadas para realizar transações, com base nas métricas capturadas do conjunto de dados. Essas métricas de SLA são registradas e filtradas pela API para realizar as transações do contrato inteligente.

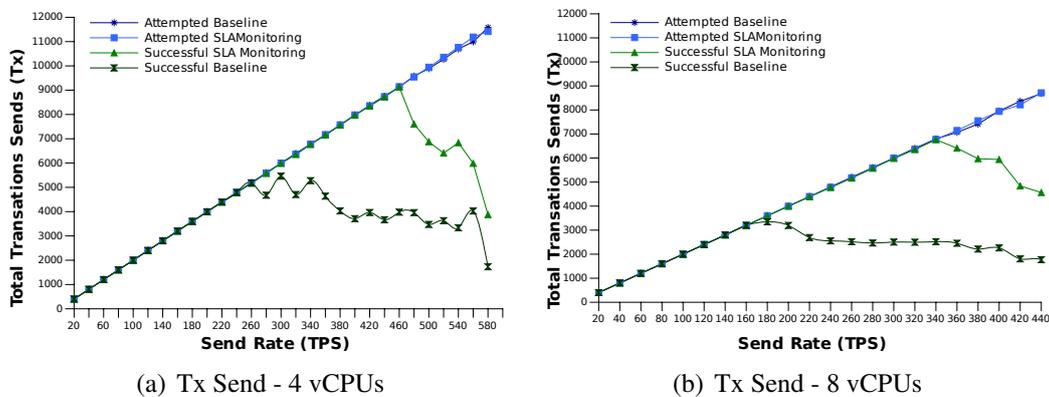


Figura 4. Resultados de referência do Caliper: Comparação de envio de Tx

A rede Hyperledger Fabric foi implantada utilizando a ferramenta Minifabric³, que usa o containeres Docker como ambiente de execução. Um contêiner foi dedicado especificamente para o Hyperledger Caliper, onde foram realizadas duas avaliações de desempenho para definir a configuração de ambiente para a proposta.

O contrato se mostrou eficaz, apresentando resultados estáveis em comparação ao contrato padrão do Minifabric, e ficando acima da linha de base da rede Hyperledger Fabric (Figura 4). Para 4 e 8 vCPUs, os testes foram de até 440 e 580 TPS (Transações/Segundo), respectivamente, com perdas de transação começando apenas após 340 TPS em ambientes de 4 vCPUs e 460 TPS em ambientes de 8 vCPUs.

³<https://github.com/hyperledger-labs/minifabric>

4. Conclusões

Nesta abordagem, contratos inteligentes são utilizados para gerenciamento automatizado de SLAs no provisionamento de fatias em diferentes domínios administrativos. As métricas de desempenho avaliadas indicam um nível estável de rendimento efetivo das transações na aplicação blockchain implantada pelo Hyperledger Fabric.

O modelo proposto suporta monitoramento transparente e distribuído usando contratos inteligentes, visando minimizar problemas de violação entre as entidades envolvidas no processo. Os resultados mostram haver um custo computacional para realizar o monitoramento de SLA em escala, porém, a adição dessa camada de conformidade fornecida pelo blockchain traz transparência ao negócio e evita danos à reputação.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio do GERCOM-UFPA, Amachains, CAPES - Código de Financiamento 001, PROPESP/UFPA e a FAPESP - Processo No. 2018/23097-3.

Referências

- Afraz, N. and Ruffini, M. (2020). 5g network slice brokering: A distributed blockchain-based market. In *2020 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, pages 23–27.
- Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., Enyeart, D., Ferris, C., Laventman, G., Manevich, Y., Muralidharan, S., Murthy, C., Nguyen, B., Sethi, M., Singh, G., Smith, K., Sorniotti, A., Stathakopoulou, C., Vukolić, M., Cocco, S. W., and Yellick, J. (2018). Hyperledger fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains. In *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference, EuroSys '18*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Khan, K. M., Arshad, J., Iqbal, W., Abdullah, S., and Zaib, H. (2022). Blockchain-enabled real-time sla monitoring for cloud-hosted services. *Cluster Computing*, 25(1):537–559.
- Pasquini, R. and Stadler, R. (2017). Learning end-to-end application qos from openflow switch statistics. In *2017 IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft)*, pages 1–9.
- Rathi, V. K., Chaudhary, V., Rajput, N. K., Ahuja, B., Jaiswal, A. K., Gupta, D., Elhoseny, M., and Hammoudeh, M. (2020). A blockchain-enabled multi domain edge computing orchestrator. *IEEE Internet of Things Magazine*, 3(2):30–36.
- Rebello, G., Camilo, G., Silva, L., Guimaraes, L., Souza, L., Alvarenga, I., and M. B. Duarte, O. C. (2019). Providing a sliced, secure, and isolated software infrastructure of virtual functions through blockchain technology. In *2019 IEEE 20th International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR)*, pages 1–6.
- Sousa, J., Pinheiro, B., C., E., and Abelém, A. (2021). Solução autônoma de auditoria de acordos de nível de serviço para fatiamento de recursos em multi-mercados baseada em blockchain. In *Anais do IV Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações*, pages 80–93, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.