



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76

Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024

Um Sistema de Reputação Distribuído Baseada em Borda/Névoa e DLT/Blockchain

Nathielle Cerqueira Alves¹; Allan Capistrano de Santana Santos²; Antonio Augusto Teixeira Ribeiro Coutinho³;

1. Estagiária PVIC, Graduanda em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: nalves@ecomp.ufes.br
2. Colaborador, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: asantos@ecomp.ufes.br
3. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: augusto@ecomp.ufes.br

PALAVRAS-CHAVE: Blockchain; Internet das Coisas; Reputação; Névoa.

INTRODUÇÃO

As aplicações seguindo o modelo de Nuvem e aplicadas a Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT) enfrentam problemas como largura de banda limitada, alta latência e segurança de dados (AAZAM et al., 2014). A computação em Borda (*Edge Computing*) (SATYANARAYANAN, 2017), Computação em Névoa (*Fog Computing*) (IORG et al., 2018) e tecnologias de livro razão distribuído (*Distributed Ledger Technologies*, DLT), como Blockchain (DESHPANDE et al., 2017), são paradigmas atuais e descentralizados que vêm sendo propostos para resolver esses problemas.

Pesquisas recentes como em (TARIQ et al., 2019), (ALAM e BENAIDA, 2020) e (BANIATA e KERTESZ, 2020) argumentam que a integração das tecnologias de Borda/Névoa e DLT/Blockchain pode oferecer soluções IoT responsivas, seguras, interoperáveis e descentralizadas. Em (URIARTE e DE NICOLA, 2018), são descritos benefícios sobre a integração de Borda/Névoa com DLT/Blockchain para melhorar sistemas da IoT. Em particular, uma arquitetura de reputação baseada em DLT/Blockchain (BELLINI et al., 2020) para sistemas IoT pode trazer vantagens adicionais em relação aos sistemas de reputação convencionais.

Uma arquitetura de reputação IoT refere-se ao uso de mecanismos para avaliar, rastrear e gerenciar a reputação de dispositivos, nós ou participantes de um sistema IoT. Em um ambiente IoT, onde os dispositivos interagem e tomam decisões com base em informações coletadas, a reputação pode ser uma métrica valiosa para identificar dispositivos ou nós que apresentem comportamentos maliciosos ou suspeitos. Dispositivos com baixa reputação pode ser isolados ou tratados de maneira diferente para proteger a integridade e a segurança do sistema.

O uso de DLT/Blockchain em sistemas de reputação traz características únicas que podem aprimorar a confiabilidade, a segurança e a transparência do sistema de reputação (BELLINI et al., 2020). A natureza imutável da DLT/Blockchain garante que as

informações de reputação uma vez registradas não podem ser alteradas ou manipuladas retroativamente. Isso cria um histórico transparente e confiável das classificações e comportamentos dos dispositivos ao longo do tempo. Além disso, a percepção de confiabilidade e transparência proporcionada pela DLT/Blockchain pode incentivar uma adoção mais ampla do sistema de reputação por parte dos seus usuários.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é propor o desenvolvimento de um sistema de reputação para ambientes de IoT. O objetivo principal foi garantir a confiabilidade e a segurança dos dados, especialmente em cenários onde a heterogeneidade de dispositivos e a dificuldade de identificar parceiros confiáveis na rede são desafios significativos. O sistema proposto utiliza DLT para armazenar as avaliações de forma imutável e transparente, evitando fraudes e problemas de segurança.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos do estudo, adotou-se uma abordagem metodológica que combinou uma revisão bibliográfica detalhada com experimentação prática. Inicialmente, foi realizada uma revisão minuciosa das ferramentas e tecnologias relevantes, focando na integração de sistemas de Computação em Borda/Névoa com tecnologias de livro-razão distribuído, com ênfase na DLT Tangle (POPOV, 2018) da IOTA (SILVANO e MARCELINO, 2020). A revisão incluiu a análise de literaturas recentes, estudos de caso e especificações técnicas para compreender melhor as interações e desafios na integração dessas tecnologias. A plataforma SOFT-IoT (PRAZERES e SERRANO, 2016), que implementa o paradigma de Névoa das Coisas (*Fog of Things*, FoT), foi integrada ao sistema para facilitar o processamento de dados na borda da rede. A solução estendeu microserviços da arquitetura SOFT-IoT de forma integrada com a DLT Tangle na implementação de aplicações IoT usando um modelo em Borda/Névoa-DLT (Edge/Fog-DLT). Na solução proposta, os nós IoT devem computar a reputação sem a existência de um gerente central, fazendo a análise de transações presentes em um livro razão distribuído.

Três estudos de caso baseado com a tecnologia Tangle da IOTA e emulados em ambiente Fogbed (COUTINHO et al., 2018) (COUTINHO et al., 2021) foram desenvolvidos para demonstrar a eficiência da solução mediante ataques e problemas na rede. Os estudos de caso envolveram a troca de serviços entre gateways FoT em diferentes cenários, com o objetivo de analisar a confiabilidade e a eficácia do sistema na identificação e seleção de provedores de serviços confiáveis. Os estudos de caso diferem na utilização do sistema de reputação e no método de cálculo da reputação: o Estudo 1 foi implementado sem o uso do sistema de reputação, servindo como base para comparação com os demais estudos e mostrando como a troca de serviços ocorre na ausência de um mecanismo de reputação; o Estudo 2 foi implementado com o sistema de reputação e cálculo da credibilidade no momento da avaliação do prestador de serviço, analisando o impacto da credibilidade dos nós avaliadores no cálculo da reputação e verificando se o sistema consegue identificar ou reduzir a participação de nós maliciosos na prestação de serviços; e o Estudo 3 foi implementado com o sistema de reputação considerando o valor mais recente da credibilidade dos nós para o cálculo da reputação, onde o objetivo foi comparar como essa abordagem influencia na qualidade e confiabilidade das interações entre os nós que formam a rede de um sistema IoT.

Além dos estudos mencionados, os experimentos também incluíram o monitoramento da DLT/Blockchain Tangle Hornet. O objetivo foi avaliar o desempenho da Tangle Hornet durante a execução do sistema de reputação. Para isso, foi desenvolvido um projeto específico para monitorar a DLT/Blockchain, focando em aspectos como o tempo de escrita e consulta de transações e o tempo de resposta do servidor ZMQ¹ (ZeroMQ) usado na comunicação com a DLT/Blockchain Tangle Hornet.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de reputação e seus componentes foram configurados em um ambiente virtual usando o emulador Fogbed, onde os seguintes resultados foram obtidos:

1. Experimentos de Monitoramento da DLT/Blockchain Tangle Hornet
 - As operações de escrita na DLT/Blockchain, que envolvem a validação das transações, são mais lentas que as operações de leitura;
 - O tempo médio de escrita foi de 2,048s, com desvio padrão de 1,463s;
 - O tempo médio de leitura foi de 1,787s, com desvio padrão de 1,155s;
 - O servidor ZMQ, usado para processamento de transações em tempo real, apresentou tempo de resposta inferior aos tempos de leitura/escrita na Tangle Hornet.
2. Experimentos de Troca de Serviço Entre Gateways
 - Estudo 1 - Este cenário demonstrou a vulnerabilidade do sistema a nós maliciosos. Sem um mecanismo para avaliar a confiabilidade dos nós, os nós honestos não conseguem evitar a obtenção de serviços de nós com comportamento inadequado;
 - Estudo 2 - Com sistema de reputação e credibilidade calculada no momento da avaliação, a inclusão de nós maliciosos pode comprometer a integridade do sistema, interferindo negativamente na credibilidade e reputação dos nós honestos. Com o aumento do número de nós honestos, o sistema de reputação se torna mais eficaz na identificação e isolamento de nós maliciosos, favorecendo a prestação de serviços por nós confiáveis;
 - Estudo 3 - Com sistema de reputação e a utilização da credibilidade mais recente no cálculo da reputação resulta em uma melhor performance do sistema, com identificação mais rápida de nós confiáveis. O sistema se mostrou robusto na identificação de nós perturbadores, que alteram seu comportamento após alcançarem um certo nível de reputação. Nós egoístas não contribuem com o sistema de reputação, e afetam negativamente a velocidade de convergência, atrasando a identificação dos nós confiáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de reputação descentralizado proposto combinou diferentes algoritmos e mecanismos para garantir a confiabilidade em ambientes IoT, promovendo a cooperação entre nós honestos e diminuindo o impacto de nós maliciosos para tornar o sistema resistente a ataques e manipulações. Além disso, o protótipo desenvolvido buscou oferecer flexibilidade e adaptabilidade na construção de diferentes cenários para

¹ <http://www.zeromq.org>

demonstrar a viabilidade da aplicação de DLT/Blockchain e o uso de mecanismos de credibilidade na construção de sistemas de reputação robustos e confiáveis para ambientes IoT. Os resultados apontam que o sistema de reputação é eficaz na identificação e redução da participação de nós maliciosos, garantindo que os serviços sejam predominantemente fornecidos por nós confiáveis.

REFERÊNCIAS

- AAZAM, M.; KHAN, I.; ALSAFFAR, A. A.; HUH, E.-N. Cloud of things: Integrating internet of things and cloud computing and the issues involved. In: **Applied Sciences and Technology (IBCAST)**, 2014 11th International Bhurban Conference on, Bhurban, 2014, pp. 414-419. IEEE.
- SATYANARAYANAN, M. The emergence of edge computing. **Computer**, vol. 50, no. 1, pp. 30-39, 2017.
- IORG, M.; FELDMAN, L.; BARTON, R.; MARTIN, M. J.; GOREN, N. S.; MAHMOUDI, C. Fog computing conceptual model. In: **Special Publication (NIST SP) - 500-325**. NIST, 2018.
- DESHPANDE, A.; STEWART, K.; LEPESTIT, L.; GUNASHEKAR, S. Distributed ledger technologies/blockchain: Challenges, opportunities and the prospects for standards. **Overview report The British Standards Institution (BSI)**, pp. 40, 2017.
- TARIQ, N.; ASIM, M.; AL-OBEIDAT, F.; ZUBAIR FAROOQI, M.; BAKER, T; HAMMOUDEH, M.; GHAFIR, I. The security of big data in fog-enabled IoT applications including blockchain: A survey. **Sensors**, vol. 19, no. 8, article 1788, 2019.
- ALAM, T.; BENAIDA, M. Blockchain, fog and IoT integrated framework: Review, architecture and evaluation. **Technology Reports of Kansai University**, vol. 62, no. 2, 2020.
- BANIATA, H.; KERTESZ, A. A survey on blockchain-fog integration approaches. **IEEE Access**, vol. 8, pp. 102657-102668, 2020.
- URIARTE, R. B.; DE NICOLA, R. Blockchain-based decentralized cloud/fog solutions: Challenges, opportunities, and standards. **IEEE Communications Standards Magazine**, vol. 2, no. 3, pp. 22-28, 2018.
- BELLINI, E.; IRAQI, Y.; DAMIANI, E. Blockchain-based distributed trust and reputation management systems: A survey. **IEEE Access**, vol. 8, pp. 21127-21151, 2020.
- PRAZERES, C.; SERRANO, M. Soft-iot: Self-organizing fog of things, in **2016 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)**. IEEE, 2016, pp. 803-808.
- POPOV, S. The tangle. White paper, vol. 1, no. 3, 2018.
- SILVANO, W. F.; MARCELINO, R. Iota Tangle: A cryptocurrency to communicate Internet-of-Things data. **Future Generation Computer Systems**, vol. 112, pp. 307-319, 2020.
- COUTINHO, A.; GREVE, F.; PRAZERES, C.; CARDOSO, J. Fogbed: A rapid-prototyping emulation environment for fog computing. In: **2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)**, pp. 1-7. IEEE, 2018.
- COUTINHO, A. et al. Rapid-Prototyping of Integrated Edge/Fog and DLT/Blockchain Systems with Fogbed. In: **ICC 2023-IEEE International Conference on Communications**. IEEE, 2023. p. 622-627.