

КОРИГУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ТРАФІКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ БЛОКЧЕЙН

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто особливості коригування інформаційного трафіку телекомунікаційних систем на основі блокчейн-технологій. Проаналізовано вплив алгоритмів консенсусу на продуктивність мережі, зокрема питання балансування навантаження, регулювання пріоритетності трафіку та адаптації до змінних умов мережевого середовища. Досліджено адаптивний підхід до управління блокчейн-трафіком, що дає змогу оптимізувати розподіл обчислювальних ресурсів і динамічно змінювати алгоритми консенсусу залежно від поточних характеристик мережі. Розглянуті підходи сприяють підвищенню ефективності роботи телекомунікаційних систем, забезпеченню безпеки та цілісності переданих даних, а також дозволяють адаптувати мережеву інфраструктуру до змінних навантажень, покращуючи її масштабованість та стабільність.

Ключові слова: інформаційний трафік, блокчейн, телекомунікаційна система, мережева інфраструктура, обчислювальний ресурс.

Abstract

The features of adjusting the information traffic of telecommunication systems based on blockchain technologies are considered. The impact of consensus algorithms on network performance is analysed, in particular, the issues of load balancing, traffic prioritisation and adaptation to changing network environment conditions. An adaptive approach to blockchain traffic management is investigated, which allows optimising the allocation of computing resources and dynamically changing consensus algorithms depending on the current network characteristics. The considered approaches help to increase the efficiency of telecommunication systems, ensure the security and integrity of transmitted data, and also allow adapting the network infrastructure to variable loads, improving its scalability and stability.

Keywords: information traffic, blockchain, telecommunications system, network infrastructure, computing resource.

Вступ

В умовах безперервного розвитку інформаційних технологій, що сприяють створенню складних обчислювальних систем для розв'язання різномірних завдань, ключову роль у забезпеченні відмовостійкості та стабільного функціонування відіграють мережі зв'язку для передачі даних і обміну інформацією. Багато компонентів сучасних інформаційних систем генерують власний потік інформації, що потребує обробки та розповсюдження серед інших пристроїв у мережі [1].

Виділення пріоритетного трафіку, балансування та врахування періодів пікового навантаження визначають певні вимоги до використовуваних технологій з урахуванням витрачених обчислювальних ресурсів, пам'яті, обсягу даних і вимог до швидкості обробки та передачі генерованого мережевого трафіку. Окрім цього, значна увага приділяється забезпеченню безпеки та прозорості низки дій в інформаційних системах для контролю інцидентів, виявлення потенційних загроз зловмисників, а також гарантування збереження даних у незмінному вигляді (або фіксування дати та обсягу їх змін). [2].

Метою роботи є зниження коефіцієнта втрати блоків транзакцій у мережах зв'язку шляхом застосування нового алгоритму адаптації консенсусу та частоти генерації блоків транзакцій до мережевих характеристик.

Результати дослідження

У сучасних телекомунікаційних системах відбувається постійне зростання обсягів інформаційного трафіку, що вимагає ефективних методів його регулювання. Одним із перспективних підходів є використання технології блокчейн, яка забезпечує прозорість, безпеку та стійкість до збоїв у процесах передачі та обробки даних [3].

У роботі розглянуто можливості коригування інформаційного трафіку телекомунікаційних систем на основі механізмів блокчейн. Проаналізовано ключові проблеми, пов'язані з інтеграцією блокчейну в мережеву інфраструктуру, зокрема обчислювальні витрати, затримки при передачі даних та необхідність балансування навантаження. Розглянуто метод адаптивного управління блокчейн-трафіком, що дозволяє оптимізувати розподіл обчислювальних ресурсів і забезпечувати динамічну зміну алгоритмів консенсусу залежно від поточних умов роботи мережі. Запропонований підхід сприятиме підвищенню ефективності функціонування телекомунікаційних систем, забезпеченню безпеки та цілісності даних, а також адаптації до змінних умов навантаження в мережі [4].

Технологія блокчейн дозволяє задовольнити багато вимог до безпечних і стійких систем роботи з даними, однак у переважній більшості випадків вимагає надмірних обчислювальних ресурсів, забезпечення яких є критично важливим при використанні варіацій із найпопулярнішими алгоритмами консенсусу. Водночас існують більш ощадливі з точки зору обчислень механізми консенсусу, проте їхнє постійне використання також накладає низку обмежень: необхідність створення довірених ділянок мережі, затримки на каналах зв'язку або забезпечення повнозв'язної системи, де кожен вузол мережі напряму з'єднаний з усіма іншими вузлами. Це стимулює розробку різноманітних алгоритмів консенсусу з урахуванням їхніх особливостей для розв'язання специфічних завдань, що зумовлено різними цілями та сценаріями використання [5]. Наприклад, фінансові застосунки можуть потребувати високої швидкості транзакцій, тоді як системи для зберігання даних роблять акцент на безпеці та надійності. Це вимагає створення спеціалізованих алгоритмів консенсусу, адаптованих до конкретних потреб [6].

З огляду на особливості сучасних гетерогенних мереж зв'язку, відсутність гнучкості під час передавання блокчейн-трафіку є однією з ключових причин відмови від його впровадження. Так, система регулювання обсягів і швидкості блокчейн-трафіку протягом дня могла б забезпечити необхідну гнучкість у всіх випадках – частіше, коли блокчейн-трафік не є пріоритетним, і рідше, коли він є пріоритетним, залежно від кінцевих цілей та реалізації [7].

Окрім регулювання обсягів трафіку, варто також відзначити вимоги до обчислювальних ресурсів. Сучасні мережі зв'язку складаються з компонентів із різною обчислювальною потужністю, основним завданням яких є обробка та передавання даних. У нинішніх умовах встановлення блокчейн-клієнта на компоненти мережі зв'язку може суттєво впливати на обладнання та швидкість обробки даних, особливо в години пікового навантаження. Оскільки алгоритми консенсусу значною мірою визначають, наскільки ресурсоемними будуть обчислення для обробки транзакцій і формування блоків, їхня адаптивна регуляція в процесі обробки даних із урахуванням певних мережевих і обчислювальних параметрів дозволить гнучко приймати рішення про використання більш ресурсоемного алгоритму та перемикатися на менш ресурсоемний у моменти пікового навантаження [8].

Область застосування та інтеграції технології блокчейн як приватного випадку реалізації технології розподіленого реєстру, її вплив на мережеві характеристики систем, а також питання застосовності розглядаються в роботах учених V. Buterin, S. Kasahara, Q. Xia, Y. Sun, L. Cocco та інших [9-11].

Багато досліджень присвячено вивченню поширення трафіку мережею, впливу на її характеристики [12], аналізу технічної зрілості підходу для інтеграції в існуючі системи [13], а також аспектам безпеки технології. Представлено низку наукових праць, спрямованих на оптимізацію алгоритмів консенсусу [14], однак проблема адаптації цих алгоритмів до умов телекомунікаційних мереж залишається недостатньо вивченою, особливо з точки зору розробки адаптивного алгоритму вибору консенсусу блокчейна у мережах зв'язку [15].

Ключовими результатами сучасних наукових досліджень у цій сфері є покращення алгоритмів консенсусу та розробка енергоефективних методів обробки транзакцій. Водночас необхідні подальші дослідження для створення комплексних рішень, які враховують особливості мережевої інфраструктури та специфіку телекомунікаційних мереж [16]. Зазначені вище автори та їхні дослідження зробили вагомий внесок у розгляд питань впливу блокчейну на телекомунікаційні мережі. Представлена дисертаційна робота доповнює ці дослідження, детально розкриваючи питання інтеграції адаптивно-

го алгоритму вибору консенсусу блокчейна в мережах зв'язку, що дозволяє коректно враховувати мережеві особливості різних сегментів, зокрема апаратний рівень, для ефективної інтеграції технології блокчейн [17]. При цьому розв'язується наукова задача розробки моделі та методики оцінювання ефективності адаптивного вибору блокчейн-систем для зниження втрат блоків транзакцій у мережах зв'язку та забезпечення достатнього рівня гнучкості управління.

Дослідження зосереджується на концепції мультиконсенсусності при інтеграції технології блокчейн як основи адаптивності у виборі алгоритму консенсусу, її впливі на мережеві характеристики, а також розробці моделі та методики інтеграції модуля прийняття рішень щодо адаптивного вибору блокчейн-систем. Отримані результати можуть слугувати основою для створення системи динамічного вибору алгоритму консенсусу для певного сегмента мережі залежно від пріоритезації трафіку в конкретний момент часу та інших характеристик мережевого сегмента, роблячи значний внесок у дослідження питань інтеграції блокчейну в сучасні системи зв'язку.

Висновки

У сучасних телекомунікаційних системах відбувається стрімке зростання обсягів інформаційного трафіку, що потребує ефективних методів його регулювання. Одним із перспективних підходів є використання технології блокчейн, яка забезпечує прозорість, безпеку та стійкість до збоїв у процесах передачі й обробки даних. Процес розробки складався з кількох ключових етапів, кожен із яких був детально проаналізований і оптимізований для досягнення максимальної ефективності:

- Проведено аналіз мережевих характеристик і архітектури блокчейн-мережі.

Основними параметрами для адаптації стали пропускна здатність, затримка, джиттер, а також інші фактори, що впливають на стабільність функціонування мережі.

- Сформовано теоретичну основу для динамічного налаштування параметрів роботи блокчейн-мережі відповідно до змін у мережевих умовах.

У процесі розробки уточнено ключові параметри, такі як розмір блока, частота його генерації та типи консенсусу, що можуть змінюватися залежно від поточного стану мережі. Цей етап дозволив детально охарактеризувати поведінку мережі та визначити її потенційні слабкі місця, що потребують удосконалення. Проведене дослідження продемонструвало, що використання адаптивного підходу при виборі та зміні консенсусу в блокчейн-мережах дозволяє не лише підвищити ефективність роботи системи в умовах змінних мережевих характеристик, але й значно покращити стійкість і продуктивність мереж, забезпечуючи їхню довговічність і масштабованість за високих навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. Zhang, L. Ni, W. Xie, G. Li and H. Sun, "Research on Self-Adaptive Consensus Method Based on Blockchain," 2022 IEEE 14th International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT), Chongqing, China, 2022, pp. 292-297, doi: 10.1109/ICAIT56197.2022.9862639.
2. S. Barac, I. Botički, G. Perković, V. Radošević and I. Terzić, "Cardano - What Is It and How to Start Working with It," 2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia, 2023, pp. 1727-1732, doi: 10.23919/MIPRO57284.2023.10159944.
3. B. H. Swathi, M. S. Meghana and P. Lokamathe, An Analysis on Blockchain Consensus Protocols for Fault Tolerance, 2021 2nd International Conference for Emerging Technology (INCET), Belagavi, India, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/INCET51464.2021.9456310.
4. S. Sharma, O. Sharma and J. Arora, Consensus Mechanisms Analysis: A Remedy for the Byzantine Generals Problem, 2023 3rd International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences (ICTACS), Tashkent, Uzbekistan, 2023, pp. 674-678, doi: 10.1109/ICTACS59847.2023.10390006.
5. J. Pan, Z. Song and W. Hao, "Development in Consensus Protocols: From PoW to PoS to DPoS," 2021 2nd International Conference on Computer Communication and Network Security (CCNS), Xining, China, 2021, pp. 59-64, doi: 10.1109/CCNS53852.2021.00020.
6. J. Alotaibi and L. Alazzawi, "SaFloV: A Secure and Fast Communication in Fog-based Internet-of-Vehicles using SDN and Blockchain," 2021 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), 2021, pp. 334-339, doi: 10.1109/MWSCAS47672.2021.9531857.
7. M. B. Mollah et al., "Blockchain for the Internet of Vehicles Towards Intelligent Transportation Systems: A Survey," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 6, pp. 4157-4185, 15 March 2021, doi: 10.1109/IJOT.2020.3028368.

8. L. Lei, P. Ma, C. Lan and L. Lin, "Continuous Distributed Key Generation on Blockchain Based on BFT Consensus," 2020 3rd International Conference on Hot Information-Centric Networking (HotICN), Hefei, China, 2020, pp. 8-17, doi: 10.1109/HotICN50779.2020.9350834.
9. I. Rashdan and S. Sand, "Link-Level Performance of Vehicle-to-Vulnerable Road Users Communication Using Realistic Channel Models," 2024 18th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Glasgow, United Kingdom, 2024, pp. 1-5, doi: 10.23919/EuCAP60739.2024.10501335.
10. M. Rupp and L. Wischhof, "Evaluation of the Effectiveness of Vulnerable Road User Clustering in C-V2X Systems," 2023 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS), Berlin, Germany, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/COINS57856.2023.10189204.
11. P. R. Nair and D. R. Dorai, "Evaluation of Performance and Security of Proof of Work and Proof of Stake using Blockchain," 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV), Tirunelveli, India, 2021, pp. 279-283, doi: 10.1109/ICICV50876.2021.9388487.
12. S. Yan, "Analysis on Blockchain Consensus Mechanism Based on Proof of Work and Proof of Stake," 2022 International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence (ICDACAI), Zakopane, Poland, 2022, pp. 464-467, doi: 10.1109/ICDACAI57211.2022.00098.
13. J. Mišić, V. B. Mišić and X. Chang, "Delegated Proof of Stake Consensus with Mobile Voters and Multiple Entry PBFT Voting," GLOBECOM 2022 - 2022 IEEE Global Communications Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 2022, pp. 6253-6258, doi: 10.1109/GLOBECOM48099.2022.10001051.
14. S. M. S. Saad, R. Z. R. M. Radzi and S. H. Othman, "Comparative Analysis of the Blockchain Consensus Algorithm Between Proof of Stake and Delegated Proof of Stake," 2021 International Conference on Data Science and Its Applications (ICoDSA), Bandung, Indonesia, 2021, pp. 175-180, doi: 10.1109/ICoDSA53588.2021.9617549.
15. A. Pal and K. Kant, "DC-PoET: Proof-of-Elapsed-Time Consensus with Distributed Coordination for Blockchain Networks," 2021 IFIP Networking Conference (IFIP Networking), Espoo and Helsinki, Finland, 2021, pp. 1-9, doi: 10.23919/IFIPNetworking52078.2021.9472787.
16. Коригування параметрів мобільних систем МІМО із використанням штучного інтелекту [Текст] / М. Васильківський, О. Болдирева, Г. Варгатюк, Н. Грабчак // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2023. – № 51. – С. 139-147.
17. Інтелектуальні технології коригування фізичного рівня мобільних мереж [Текст] / М. Васильківський, Д. Нікітович, О. Болдирева, Н. Якубівська // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2023. – № 51. – С. 148-160.

Васильківський Микола Володимирович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Прикмета Андрій Володимирович — аспірант групи 172-22а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: botan.mua@gmail.com

Грабчак Назарій Віталійович — аспірант групи 172-23а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nazariihrabchak@gmail.com

Vasyilkivskyi Mykola V. — candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Information Communication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Prykmeta Andrii V. — graduate student of group 172-22a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: botan.mua@gmail.com

Hrabchak Nazarii V. — graduate student of group 172-23a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nazariihrabchak@gmail.com