

УДК 004.51

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.6.4>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН І БАЗ ДАНИХ

Твердохліб А. О. – аспірант кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій м. Київ
ORCID ID: 0000-0002-6591-2866

Коротін Д. С. – аспірант кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій м. Київ
ORCID ID: 0000-0001-7239-2101

Антоненко А. В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій м. Київ
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

У статті проведено порівняння ефективності функціонування комп'ютерних систем при використанні традиційної централізованої бази даних проти використання технології блокчейн як децентралізованої бази даних. Ця стаття спрямована на порівняння використання технології блокчейн як бази даних та традиційної бази даних. Щоб зрозуміти різницю між цими двома концепціями, варто розглянути, що вони собою являють і як кожна з них розроблена та підтримується. Блокчейн та бази даних мають багато спільного так як, вони використовуються для зберігання даних. Біткойн став дуже популярним останніми роками і багато людей часто запитують, чи є якась різниця між блокчейном і базою даних, оскільки вони мають ряд подібностей. Часто блокчейн називають «просто ще однією базою даних», і що його атрибути можуть бути досягнуті за допомогою традиційної бази даних. Однак блокчейн – це більше, ніж просто база даних. Найголовнішою перевагою бази даних є швидкість внесення та використання потрібної інформації. Завдяки спеціальним алгоритмам, які використовуються для баз даних, можна легко знаходити необхідні дані всього за декілька секунд. Також в базі даних існує певний взаємозв'язок інформації: зміна в одному рядку може спричинити зміни в інших рядках – це допомагає працювати з інформацією простіше і швидше. База даних, на відміну від блокчейна – централізований леджер, який управляється адміністратором. Бази даних також мають унікальні характеристики, включаючи здатність читати і писати. Тут лише сторони з відповідним доступом можуть виконувати дії «Запис» та «Читання». Бази даних також демонструють можливість зберігання кількох копій тих самих даних та їх історії. Це робиться за допомогою надійного централізованого органу, який управляє сервером. Централізація приносить багато переваг базі даних. База даних використовує структуру для зберігання інформації. Всі дані, що зберігаються в базі даних, можуть бути запитані з використанням спеціальної мови запитів, відомої як мова структурованих запитів (SQL). База даних може працювати практично з усіма типами даних та може допомогти у підтримці всіх сучасних підприємств. Крім того, її можна масштабувати задля підтримки мільйонів записів.

Ключові слова: блокчейн, база даних, леджер, транзакція, дані, децентралізація, централізація, консенсус, обробка даних.

Tverdokhleba A. O., Korotin D. S., Antonenko A. V. Efficiency of functioning of computer systems using blockchain technology and databases

The article compares the efficiency of computer systems when using a traditional centralized database against the use of blockchain technology as a decentralized database. This article aims to compare the use of blockchain technology as a database and a traditional database. To understand the difference between these two concepts, it's worth considering what they are and how each is designed and supported. Blockchain and databases have a lot in common as

they are used to store data. Bitcoin has become very popular in recent years and many people often ask if there is any difference between a blockchain and a database, as they have a number of similarities. Blockchain is often referred to as "just another database" and that its attributes can be achieved using a traditional database. However, blockchain is more than just a database. The most important advantage of the database is the speed of entering and using the required information. Thanks to special algorithms used for databases, you can easily find the necessary data in just a few seconds. There is also a certain relationship of information in the database: a change in one row can cause changes in other rows – this helps to work with information easier and faster. The database, unlike the blockchain, is a centralized ledger managed by an administrator. Databases also have unique characteristics, including the ability to read and write. Here, only parties with appropriate access can perform Write and Read operations. Databases also demonstrate the ability to store multiple copies of the same data and its history. This is done with the help of a trusted centralized authority that manages the server. Centralization brings many advantages to the database. A database uses a structure to store information. All data stored in a database can be queried using a special query language known as Structured Query Language (SQL). A database can work with almost all types of data and can help support all modern businesses. In addition, it can scale to support millions of records.

Key words: *blockchain, database, ledger, transaction, data, decentralization, centralization, consensus, data processing.*

Постановка проблеми. Останнім часом блокчейн привернув багато уваги та інтересів як з боку наукових кіл, так і з різних галузей. Блокчейн визначається як технологія розподіленого леджера. Оригінальна ідея Bitcoin була висунута Сатоші Накамото в 2008 році. Він створив біткойн у 2009 році. І з тих пір блокчейн, як базова технологічна основа, активно вивчався та розвивався, і навіть привернув увагу майже всіх провідних організацій. Хоча біткойн є найпопулярнішою криптовалютою, саме блокчейн, що лежить в основі технології, зробив усе це можливим [1–4].

Блокчейн не має стандартного технічного визначення. І зазвичай це вільний термін, який використовують люди в різних сферах, коли йдеться про системи, які в деяких аспектах схожі на біткойн та його леджер. Блокчейн має три основні характеристики: 1) децентралізований; 2) запис транзакцій за допомогою певного консенсусного механізму та 3) стійкість до втручання. Завдяки цим характеристикам блокчейн отримав звання «машини довіри». Це тому, що блокчейн забезпечує практичне технічне вирішення проблеми відсутності довіри в діловому світі та нашому суспільстві [5–8].

Зазвичай біткойн розглядається як оригінальна реалізація блокчейна. Біткойн підтримує однорангові операції з електронною готівкою у своїй системі. А Ethereum, як друге покоління блокчейну, підтримує розгортання та виконання смарт-контрактів. Завдяки смарт-контрактам блокчейн Ethereum може підтримувати багато функцій, окрім електронних грошових операцій, таких як цифрова ідентифікація, електронне голосування, обробка рядкових даних тощо. Смарт-контракти – це комп'ютерні програми, розгорнуті на блокчейнах, які можуть виконуватися автоматично за певних умов [9].

З точки зору читання та запису даних біткойн може просто читати та зберігати числові значення та рядки фіксованої довжини. Це обмеження стосується дизайну Bitcoin: дизайну однорангової системи електронних грошових операцій. Тому Ethereum значно розширив функції блокчейна. Для підтримки різних функцій Ethereum дозволяє читати та записувати дані різної довжини. В наш час, окрім Ethereum, існує велика кількість проектів які також підтримують смарт-контракти [10].

База даних – це організована структура, яка призначена для зберігання, зміни та обробки взаємозалежної інформації, переважно великих обсягів.

Бази даних використовують для динамічних сайтів з великими обсягами (інтернет-магазин, портал, корпоративний сайт).

Найголовнішою перевагою бази даних є швидкість внесення та використання потрібної інформації. Завдяки спеціальним алгоритмам, які використовуються для баз даних, можна легко знаходити необхідні дані всього за декілька секунд. Також в базі даних існує певний взаємозв'язок інформації: зміна в одному рядку може спричинити зміни в інших рядках – це допомагає працювати з інформацією простіше і швидше [11].

Таким чином, є сенс запропонувати використовувати технологію блокчейн як базу даних для покращення показників, в яких блокчейн має значну перевагу. Та порівняти властивості бази даних при використанні технології блокчейн та без. І після отримання остаточного результату можна буде прийняти рішення про те, для яких сфер краще всього використовувати технологію блокчейн як базу даних, щоб підвищити ефективність функціонування комп'ютерних систем [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Блокчейн – це технологія розподіленого леджера, яка дозволяє кільком партнерам працювати разом для створення єдиної децентралізованої мережі. Ноди можуть спілкуватися та обмінюватися інформацією чи даними за допомогою консенсусного алгоритму. Крім того, немає потреби в централізованому органі, який забезпечує надійність усієї мережі порівняно з іншими мережами.

Як працює біткойн-блокчейн: коли один нод надсилає інформацію іншому, створюється транзакція. Коли це відбувається, транзакції повинні бути перевірені за допомогою консенсусного алгоритму. У цьому випадку доказ роботи (Proof of Work) використовується для підтвердження роботи. Це означає, що в блокчейн не буде передано неприпустимі транзакції. Блокчейн – це все про блоки. Вони використовуються для зберігання транзакцій та іншої важливої інформації, необхідної для успішної роботи блокчейну [13].

Тимчасові мітки створюються, щоб гарантувати, що кожна транзакція може бути відстежена та перевірена будь-ким. Вся система додає цінність та вводить нові функції, такі як прозорість, незмінність та безпека.

База даних, на відміну від блокчейна – централізований леджер, який управляється адміністратором. Бази даних також мають унікальні характеристики, включаючи здатність читати і писати. Тут лише сторони з відповідним доступом можуть виконувати дії «Запис» та «Читання». Бази даних також демонструють можливість зберігання кількох копій тих самих даних та їх історії. Це робиться за допомогою надійного централізованого органу, який управляє сервером. Централізація приносить багато переваг базі даних. Наприклад, легко керувати базами даних, оскільки дані централізовані. Доступ та зберігання даних не тільки легко, а й швидко. Проте вони також мають недоліки. Одним із найбільших недоліків є ймовірність пошкодження даних.

Щоб подолати цей недолік, потрібно створити кілька резервних копій. Але це не завжди так, оскільки більшість об'єктів завжди довіряють своєму власнику і тому не використовують опцію резервного копіювання даних. Іншим великим недоліком є те, як дані можуть бути змінені будь-ким, хто контролює саму базу даних. Це може статися, оскільки база даних централізована за своєю природою [14].

База даних використовує структуру для зберігання інформації. Всі дані, що зберігаються в базі даних, можуть бути запитані з використанням спеціальної мови запитів, відомої як мова структурованих запитів (SQL). База даних може працювати практично з усіма типами даних та може допомогти у підтримці всіх

сучасних підприємств. Крім того, її можна масштабувати задля підтримки мільйонів записів [15].

Історія бази даних також багата. Все почалося із файлових ієрархічних систем. Вона мала серйозні обмеження, і, отже, згодом вона адаптувалася до реляційної моделі. Реляційна модель є корисною і дає власнику можливість працювати з різними базами даних одночасно. Системи управління базами даних використовують для ефективної організації баз даних.

По суті елементи даних зберігаються в таблицях. Таблиця складається з полів, які можуть записувати дані іншого типу, відомі як атрибути.

Виклад основного матеріалу. Існує багато різних типів блокчейну. Наприклад, існують приватні блокчейни, які працюють у закритій екосистемі. Це може бути схоже на те, що стосується бази даних, але вони принципово відрізняються. Приватний блокчейн успадковує всі властивості, які може запропонувати блокчейн, але він працює у закритому середовищі. Тільки люди, дозволені адміністратором, можуть брати участь у блокчейні. Єдина схожість між приватним блокчейном та базою даних – це централізований аспект.

Настав час провести реальне порівняння блокчейну та бази даних. Порівняємо обидві технології, використовуючи важливі показники. Кожен показник також міститиме приклади для забезпечення ясності та розуміння (див табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння технології блокчейн та бази даних

| Блокчейн | Показник | База даних |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Блокчейн децентралізований і не має централізованого підходу. Однак існують приватні блокчейни, які можуть використовувати певну форму централізації. | Авторитет | Бази даних контролюються адміністратором і мають централізований характер. |
| Блокчейн використовує архітектуру розподіленого леджера. | Архітектура | База даних використовує архітектуру клієнт-сервер. |
| Блокчейн використовує операції читання та запису. | Обробка даних | База даних підтримує CRUD (створення, читання, оновлення та видалення). |
| Дані блокчейну підтримують цілісність. | Цілісність | Зловмисники можуть змінити дані бази даних. |
| Публічний блокчейн забезпечує прозорість. | Прозорість | Бази даних не є прозорими. Лише адміністратор вирішує, хто має доступ до даних. |
| Блокчейн порівняно складніше впроваджувати та підтримувати. | Вартість | Базу даних легко використовувати, впроваджувати та підтримувати. |
| Блокчейн обмежується методами перевірки та консенсусу. | Ефективність | Бази даних надзвичайно швидкі та пропонують чудову масштабованість. |

Перше – це те, як здійснюється керівництво. Блокчейн призначений для децентралізованої роботи, тоді як бази даних централізовані. Ця унікальна особливість блокчейна дає йому важелі, необхідні для того, щоб стати технологією наступного покоління.

Децентралізація вносить багато змін у реалізацію існуючих систем та процесів, що використовуються у різних галузях промисловості. Це дозволяє мережам працювати незалежно та усувати необхідність централізованого управління.

Бази даних, з іншого боку, повністю функціонують на основі централізованого аспекту. Жодна традиційна база даних не ґрунтується на децентралізації.

Розгляньмо детальніше, як працює централізація в базах даних. Адміністратор призначається для керування базою даних. Адміністратор має повний контроль над базою даних, що означає, що він може управляти, змінювати та контролювати базу даних так, як він хоче. Без адміністратора база даних не працюватиме взагалі. Він знаходиться на вершині і може легко створювати, змінювати та видаляти записи. Крім цього, вони можуть виконувати інші завдання, такі як оптимізація продуктивності. Це важливе завдання, оскільки велика база даних має тенденцію сповільнюватися з часом [16; 17].

Коли це стосується інших користувачів, пов'язаних із базою даних, адміністратор може делегувати ролі іншим користувачам. Інші користувачі можуть керувати базою даних відповідно до призначеної ним ролі. Наприклад, він може призначити користувача для створення нових користувачів. Інші ключові функції, такі як резервне копіювання бази даних, обслуговування тощо можуть також виконуватися.

Однак це не просто, якщо розглядати різні типи блокчейнів. Базовий блокчейн, представлений у біткойнах, повністю децентралізований, але він не може бути реалізований на підприємствах, які мають справу з приватними даними та процесами. Ось чому блокчейн розвинувся, і ми маємо інший тип блокчейну.

Гібридний/федеративний блокчейн є найпоширенішим типом блокчейну, який вирішує проблему приватних організацій. Гібридні блокчейни дозволені, і це дає організаціям повну можливість керувати своїми налаштуваннями відповідно до вимог.

Це одна з найбільших відмінностей при порівнянні приватного блокчейну і базу даних.

Архітектурно, блокчейн і база даних різні.

База даних заснована на архітектурі клієнт/сервер. Це дуже успішна архітектура, яка може працювати як у невеликих, так і великих масштабах. Тут клієнт є одержувачем, тоді як сервери діють як централізований процесор. Зв'язок між клієнтом та серверами підтримується через безпечне з'єднання.

Блокчейн, з іншого боку, використовує мережеву архітектуру розподіленого леджера. Це пірингова мережа, у якій кожен рівний партнер може з'єднуватися з іншим за допомогою безпечних криптографічних протоколів. Оскільки централізований нод відсутній, ноди можуть брати участь у консенсусному алгоритмі. Одним із найпопулярніших алгоритмів узгодження є доказ роботи (Proof of Work), який вимагає від майнерів вирішувати складні математичні рівняння для перевірки транзакцій через мережу [18–20].

База даних вимагає консенсусного алгоритму і залежить від централізованого підходу. Адміністратор контролює кожен аспект бази даних та є надзвичайно централізованим. Вона також дозволена як гібридний блокчейн, але не так, якщо порівняти з публічним блокчейном. У таблиці нижче також представлені дозволені блокчейни та бази даних (див. табл. 2).

Таблиця 2

Порівняння бази даних з блокчейнами різних типів

| Показник | База даних | Гібридний/ федеративний блокчейн | Публічний блокчейн |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Тип | Дозволений | Дозволений | Публічний |
| Контроль | Централізований | Гібридний з деякими централізованими характеристиками | Децентралізований |
| Архітектура | Архітектура клієнт/сервер | Закрита пірингова архітектура | Публічна пірингова архітектура |
| Постійність даних | Непостійне | Незмінне | Незмінне |
| Можливість збоїв | Так | Ні | Ні |
| Продуктивність | Дуже висока | Від повільної до середньої | Повільна |

Коли справа доходить до зберігання та обробки даних, блокчейн та база даних працюють по-різному. У традиційній базі даних дані можуть зберігатися і витягуватися з легкістю. Для забезпечення правильної роботи програми, CRUD використовується на початковому рівні. CRUD означає створення, читання, оновлення та видалення. Це також означає, що дані можуть бути стерті та замінені новими значеннями, якщо це необхідно.

Блокчейн, з іншого боку, працює інакше, коли доходить до зберігання даних. Блокчейн підтримує незмінність, що означає, що записані дані не можуть бути стерті або замінені. Незмінність означає, що підробка даних у мережі неможлива. Традиційні бази даних не мають незмінності і, отже, більш схильні до маніпуляцій з боку шахрайських адміністраторів або сторонніх хакерів.

Блокчейн підтримує лише дві операції: читання та запис.

Операції читання: використовуються для читання або вилучення даних із мережі блокчейна.

Операції запису: використовуються для додавання інформації та даних до мережі блокчейнів.

Іншою ключовою властивістю, яку пропонує блокчейн, є те, як будь-хто, у кого є підходящий інструмент, може перевірити дані, одного разу записані в публічному блокчейні. Прозорість гарантує, що публіка може довіряти мережі.

Бази даних, з іншого боку, будучи централізованими, не підтримують жодної форми прозорості. Користувачі не можуть перевірити інформацію, якщо вони захочуть. Однак адміністратор може зробити набір даних загальнодоступним, проте перевірка даних не може бути виконана окремою особою.

Цілісність блокчейна стала можливою завдяки незмінності, яку він може запропонувати. Збережені дані не можуть бути пошкоджені або змінені у будь-який можливий спосіб, що означає, що цілісність даних підтримується за будь-яку ціну.

Коли йдеться про вартість реалізації, традиційна база даних коштує дешевше порівняно з блокчейном. Блокчейн є досить новою технологією і, отже, все ще розвивається. Це також означає, що бізнес повинен правильно планувати та виконувати, щоб інтегрувати блокчейн у свій процес. Крім того, будь-який бізнес, який

вже працює, має ухвалити нову технологію. Зміна у підході є серйозною справою, оскільки блокчейн вимагає наскрізної реалізації і не може бути просто інтегрований до існуючої системи як доповнення [20; 21].

Традиційна база даних проста в налаштуванні та масштабуванні. Вона працює з більшістю існуючих процесів і, отже, працює із коробки у багатьох системах. Це робить її чудовим вибором для бізнесу, який хоче швидко та економічно налаштувати свої системи баз даних.

Однак, якщо ми подивимося на вартість, пов'язану з кожною технологією довше, блокчейн може забезпечити більш економічне рішення, оскільки пірингові ноди в основному керують мережею. Організаціям не доводиться мати справу з додатковими витратами, пов'язаними з обробкою мережі, що може заощадити багато витрат. Чого не можна сказати, коли доходить до придбання талановитих співробітників.

Блокчейн – це досить нова технологія, яка також означає, що є обмежена кількість талановитих співробітників для практичного застосування блокчейну. Вартість талановитих співробітників блокчейну також висока, що може збільшити витрати, пов'язані з впровадженням і обслуговуванням блокчейна на вищому рівні.

З іншого боку, талановитих співробітників, пов'язаних із базою даних, досить легко знайти. Вони також доступні за ціною, і навіть малий бізнес може дозволити собі найняти експерта з бази даних.

Швидкість виконання також є критичним аспектом, який нам необхідний для порівняння як блокчейна, і бази даних. Бази даних відомі більш швидким часом виконання та можуть також обробляти мільйони даних у будь-який момент часу.

Блокчейн значно повільніший у порівнянні з базами даних. Однак це може бути пов'язано з тим, що блокчейн є відносно новою технологією, і йому все ще потрібно багато часу, щоб розвинути та відповідати стандартам застарілих технологій, таких як бази даних.

Коли транзакція виконується у блокчейні, вона виконує всі дії традиційної бази даних. Тим не менш, він уповільнюється через виконання більшої кількості операцій, включаючи такі:

1) Перевірка підпису. Транзакція блокчейна, коли вона виконується, підписується криптографічно з використанням криптографічних алгоритмів. Цей крок необхідний, щоб переконатися, що кожна транзакція є дійсною і походить із дійсного джерела. Оскільки це складний процес, на його виконання потрібен час. Навіть якщо програма блокчейна працює швидко, перевірка підпису може тягнути час. Для порівняння, централізована база даних не повинна проходити процес перевірки підпису, що робить їх порівняно швидшим.

2) Консенсусні механізми: оскільки блокчейн децентралізований, він значною мірою спирається на консенсусний механізм перевірки транзакцій на блокчейні. Крім того, швидкість консенсусу залежить від типу використовуваного методу консенсусу. Деякі консенсусні методи працюють швидше за інші, але в цілому вони додають більше часу, перш ніж транзакція може бути оброблена. Централізовані бази даних не страждають від подібних проблем, оскільки вони централізовані за своєю природою. Кожна транзакція автоматично перевіряється базою даних і може бути виконана набагато швидше, використовуючи чергу.

3) Надлишковість. Блокчейн являє собою цілісну мережу, у якій кожен нод грає вирішальну роль. Щоб переконатися, що кожен нод може взяти участь, інформація про кожну транзакцію повинна зберігатися та перевірятися кожним нодом.

Ці три аспекти уповільнюють роботу блокчейну. Це означає, що бази даних є порівняно швидше, коли справа доходить до продуктивності.

Тепер, коли ми зрозуміли якусь принципову різницю між блокчейном і базами даних, настав час вивчити кращі варіанти використання для них обох.

Найкращий варіант використання баз даних – корпоративні рішення чи мережі. Причиною цього є те, як база даних працює та забезпечує стабільність усієї мережі. Бази даних, безперечно, зручні для користувача і вже підтримуються багатьма популярними системами керування для розробників та адміністраторів. Навіть веб-сайти з мільйонами відвідувачів використовують бази даних для обслуговування контенту. Наприклад, Forbes використовує базу даних у поєднанні з високопродуктивними системами. Масштабованість це те, що робить бази даних таким хорошим вибором для підприємств. Крім того, такі системи, як фондова біржа, які покладаються на швидкі операції, повинні використовувати бази даних для кращого потоку даних. Тим не менш, блокчейн також добре працює в корпоративних мережах.

Блокчейн не є ідеальним для зберігання величезної кількості числових даних, які необхідно регулярно використовувати. Ще однією перевагою є те, як дані зберігаються у базі даних. Вони не повинні проходити перевірку під час запису або читання. Що робить базу даних відмінним вибором, то це те, наскільки вона ефективна з погляду витрат, особливо якщо є необхідність вести базову бухгалтерію.

Підсумовуючи, найкращі варіанти використання для бази даних включають наступне:

- програми або системи, які використовують безперервний потік даних;
- зберігання конфіденційної інформації;
- онлайн обробка транзакцій, яка має бути швидкою;
- програми або системи, де перевірка даних не потрібна;
- реляційні дані;
- автономні програми.

Мета блокчейна зовсім інша. Це пірінгова мережа, яка встановлює для своїх користувачів дві важливі речі: прозорість та довіру. Розподілений леджер робить її унікальною. Це може змінити роботу галузі та покращити кожен її аспект.

Будь-яка система, яка потребує правильної перевірки, може використовувати блокчейн. Наприклад, бізнес-транзакції B2B можуть принести величезну користь. Це включає ланцюжок поставок, управління матеріальними запасами і розподіл. Ключовим моментом тут є прозорість, оскільки дозволяє компаніям стежити за кожним рухом, не вносячи при цьому більшої складності. Проте блокчейн не так сильно масштабується і може уповільнювати роботу систем під час обробки великомасштабних записів даних.

Як ми вже знаємо, біткойн використовує блокчейн. Це дозволяє будь-кому відправляти активи з одного місця на інше, не розкриваючи особи. Більше того, це також гарантує, що ніхто не може зробити подвійні витрати.

Ще один чудовий приклад використання блокчейна – дозволені мережі. Дозволені мережі, такі як голосування, можуть не тільки отримати вигоду з децентралізованого підходу, але й принести довіру та прозорість всій системі голосування.

HyperLedger – це ініціатива з відкритим вихідним кодом, яка створює структури для організацій, щоб вони могли без особливих труднощів реалізовувати дозволені мережі. Є й інші способи досягнення консенсусу, які роблять блокчейн надзвичайно налаштованим для потреб організації. Оскільки блокчейн не є реляційним, він не є ідеальним для систем, які сильно залежать від реляційної інформації.

Блокчейн також ідеально підходить для автоматизації завдань на платформі. Смарт-контракти введені в блокчейн Ethereum, що дає можливість використовувати процедури, що зберігаються. Якщо ця умова виконана, код виконується автоматично. Блокчейн Ethereum також використовує доказ частки (Proof of Stake), який ефективніший і вимагає менше енергії.

Підсумовуючи, найкращі варіанти використання для блокчейна включають наступне:

- вартість передачі;
- вартість зберігання;
- грошові операції;
- довірена перевірка даних;
- системи голосування;
- децентралізовані програми (dApps).

Вибір нової технології зберігання даних не такий вже й складний. Ми обговорили принципову різницю між ними, і традиційна база даних, і блокчейн – явні переваги. База даних є перевагою, коли справа доходить до корисності, швидкості та точності. Проте блокчейн також є перевагою у галузі інновацій, верифікації та автоматизації.

Блокчейн вводить зниження продуктивності через метод перевірки. Це ясно означає, що ви повинні уникати блокчейн, де швидкий час виконання є важливим фактором. Бази даних – відмінний вибір, коли критично важливий бізнес-процес необхідно підтримувати чи масштабувати одночасно. Процес читання та запису також непростий, коли йдеться про блокчейн, що робить базу даних більш привабливою для застосування загального призначення.

Обираємо блокчейн, якщо шукаємо довіру, прозорість та перевірку. База даних, з іншого боку, ідеально підходить для високопродуктивних програм або послуг. Це також відмінний вибір для додатків, які потребують масштабування.

Висновки. Бази даних контролюються адміністратором та мають централізований характер. Блокчейн децентралізований і немає централізованого підходу. Однак є приватні блокчейни, які можуть використовувати деяку форму централізації.

З архітектурної точки зору – база даних використовує архітектуру клієнт/сервер, тоді коли блокчейн використовує розподілену мережеву архітектуру.

З точки зору обробки даних – база даних підтримує CRUD (створення, читання, оновлення та видалення) коли блокчейн використовує тільки операції читання та запису.

З точки зору цілісності даних – дані блокчейну підтримують цілісність, коли в базі даних зловмисники можуть змінювати дані.

З точки зору прозорості – публічний блокчейн повністю прозорий, в той час коли бази даних не є прозорою і тільки адміністратор вирішує, яка публіка може отримати доступ до даних.

З точки зору вартості – блокчейни порівняно складніше реалізувати та підтримувати тому і спеціалісти с даної технології коштують дорожче і знайти їх важче, в той час коли база даних, що є старою технологією, проста в реалізації та обслуговуванні.

З точки зору продуктивності – бази даних дуже швидкі та пропонують відмінну масштабованість, в той час як блокчейн пригнічується методами перевірки та узгодження.

Найкращі варіанти використання для бази даних:

- програми або системи, які використовують безперервний потік даних;
- зберігання конфіденційної інформації;
- оперативна обробка транзакцій, яка має бути швидкою;
- програми або системи, де перевірка даних не потрібна;
- реляційні дані;
- автономні програми.
- Найкращі варіанти використання для блокчейну:
- вартість передачі;
- вартість зберігання;
- грошові операції;
- довірена перевірка даних;
- системи голосування;
- децентралізовані програми dApps.

Блокчейн можна вважати типом бази даних, оскільки він може зберігати інформацію, але неправильно вважати, що він схожий на звичайну базу даних. Відмінності між блокчейном і базою даних дуже суттєві, а їхні особливості дозволяють використовувати їх у різних випадках використання.

По суті, важливо не те, яка технологія виграє у протистоянні блокчейн проти баз даних, а те, наскільки вона відповідає вашим цілям. Кожному підприємству важливо зрозуміти, чого воно хоче, перш ніж вирішить вибрати блокчейн або традиційну базу даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nakamoto S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system [J]. Consulted, 2008.
2. Romano D, Schmid G, Romano D, et al. Beyond Bitcoin: A Critical Look at Blockchain-Based Systems [J]. 2017, 1(2):15.
3. Narayanan, Arvind, and Jeremy Clark. «Bitcoin's academic pedigree». Communications of the ACM 60.12 (2017): 36-45.
4. D. M. Katz, M. Bommarito and J. Zelner, «The trust machine», The Economist, Otc. 2015. URL: <https://www.economist.com/news/leaders/21677198-technology-behind-bitcoin-could-transform-how-economy-works-trust-machine> (дата звернення: 17.11.2022).
5. Ethereum Project Homepage. URL: <https://www.ethereum.org> (дата звернення: 17.11.2022).
6. Buterin, Vitalik. "A next-generation smart contract and decentralized application platform." white paper (2014). URL: http://www.the-blockchain.com/docs/Ethereum_white_paper-a_next_generations_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf (дата звернення: 15.11.2022).
7. Fabric Project Homepage. URL: <https://www.hyperledger.org/projects/fabric> (дата звернення: 15.11.2022).
8. Azaria A, Ekblaw A, Vieira T, et al. MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management[C]. International Conference on Open and Big Data. IEEE. 2016:25-30.
9. Створення децентралізованих блокчейн-програм: дізнайтеся, як використовувати блокчейн як основу для програм нового покоління. Шахід Шейх, 2021. 227 с.
10. Створення Ethereum DApps: децентралізовані програми на блокчейні Ethereum. Роберто Інфанте, 2019. 509 с.
11. Private blockchain is just a confusing name for a shared database. URL: <https://freedom-to-tinker.com/2015/09/18/private-blockchain-is-just-a-confusing-name-for-a-shared-database> (дата звернення: 16.11.2022).

12. Blockchains vs centralized databases. URL: <https://www.multichain.com/blog/2016/03/blockchains-vs-centralized-databases> (дата звернення: 16.11.2022).
13. EU Government Pegs BLockchain. URL: <https://www.coindesk.com/eu-government-pegs-blockchain-beneficiary-e30-billion-research-fund> (дата звернення: 18.11.2022).
14. Mas working with industry to apply distributed ledger technology in securities settlement and cross border payments. 2017. URL: <http://www.mas.gov.sg/News-and-Publications/Media-Releases/2017/MAS-working-with-industry-to-apply-Distributed-Ledger-Technology> (дата звернення: 18.11.2022).
15. 2006 E.coli break out. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/2006_North_American_E._coli_O157:H7_outbreak_in_spinach (дата звернення: 18.11.2022).
16. Dinh T T A, Wang J, Chen G, et al. BLOCKBENCH: A Framework for Analyzing Private Blockchains [J]. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1703.04057> (дата звернення: 17.11.2022).
17. Stella Project Report by European Central Bank and Bank of Japan. URL: https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.stella_project_report_september_2017.pdf (дата звернення: 17.11.2022).
18. Croman K, Decker C, Eyal I, et al. On Scaling Decentralized Blockchains [J]. 2016:106-125.
19. Gervais A, Karame G O, Glykantzis V, et al. On the Security and Performance of Proof of Work Blockchains [C]. ACM Sigsac Conference on Computer and Communications Security. ACM. 2016:3-16.
20. Aniello L, Baldoni R, Gaetani E, et al. A prototype evaluation of a tamper-resistant high-performance blockchain-based transaction log for a distributed database [C]. European Dependable Computing Conference. 2017.
21. Skeen D, Stonebraker M. A Formal Model of Crash Recovery in a Distributed System[M]. IEEE Press, 1983.
22. Suankaewmanee K, Hoang DT, Niyato D, Sawadsitang S, Wang P, Han Z. Performance analysis and application of mobile blockchain. arXiv preprint arXiv:1712.03659. 2017 Dec 11.

REFERENCES:

1. Nakamoto S. (2008) Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system [J]. Consulted.
2. Romano D, Schmid G, Romano D, et al. (2017) Beyond Bitcoin: A Critical Look at Blockchain-Based Systems [J], 1(2):15.
3. Narayanan, Arvind, and Jeremy Clark. (2017) "Bitcoin's academic pedigree". Communications of the ACM 60.12: 36-45.
4. D. M. Katz, M. Bommarito and J. Zelner (2015) "The trust machine", The Economist, Otc. URL: <https://www.economist.com/news/leaders/21677198-technology-behind-bitcoin-could-transform-how-economy-works-trust-machine> (accessed 11/17/2022).
5. Ethereum Project Homepage. URL: <https://www.ethereum.org> (access date: 11/17/2022).
6. Buterin, Vitalik (2014) "A next-generation smart contract and decentralized application platform." white paper. URL: http://www.the-blockchain.com/docs/Ethereum_white_paper-a_next_generatsion_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf (date accessed: 11/15/2022).
7. Fabric Project Homepage. URL: <https://www.hyperledger.org/projects/fabric> (access date: 11/15/2022).
8. Azaria A, Ekblaw A, Vieira T, et al. (2016) MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management[C]. International Conference on Open and Big Data. IEEE: 25-30.
9. Building Decentralized Blockchain Applications: Learn how to use blockchain as the foundation for the next generation of applications. Shahid Sheikh, 2021. 227 p.

10. Creation of Ethereum DApps: decentralized applications on the Ethereum blockchain. Roberto Infante, 2019. 509 p.
 11. Private blockchain is just a confusing name for a shared database. URL: <https://freedom-to-tinker.com/2015/09/18/private-blockchain-is-just-a-confusing-name-for-a-shared-database> (access date: 11/16/2022).
 12. Blockchains vs centralized databases. URL: <https://www.multichain.com/blog/2016/03/blockchains-vs-centralized-databases> (access date: 11/16/2022).
 13. EU Government Pegs Blockchain. URL: <https://www.coindesk.com/eu-government-pegs-blockchain-beneficiary-e30-billion-research-fund> (access date: 11/18/2022).
 14. Mas working with industry to apply distributed ledger technology in securities settlement and cross border payments (2017). URL: <http://www.mas.gov.sg/News-and-Publications/Media-Releases/2017/MAS-working-with-industry-to-apply-Distributed-Ledger-Technology> (access date: 18.11.2022).
 15. E.coli break out (2006). URL: https://en.wikipedia.org/wiki/2006_North_American_E._coli_O157:H7_outbreak_in_spinach (date accessed: 11/18/2022).
 16. Dinh T T A, Wang J, Chen G, et al. (2017) BLOCKBENCH: A Framework for Analyzing Private Blockchains [J]. URL: <https://arxiv.org/abs/1703.04057> (accessed 11/17/2022).
 17. Stella Project Report by European Central Bank and Bank of Japan. URL: https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.stella_project_report_september_2017.pdf (access date: 11/17/2022).
 18. Croman K, Decker C, Eyal I, et al. (2016) On Scaling Decentralized Blockchains [J]: 106-125.
 19. Gervais A, Karame G O, Glykantzis V, et al. (2016) On the Security and Performance of Proof of Work Blockchains [C]. ACM Sigsac Conference on Computer and Communications Security. ACM: 3-16.
 20. Aniello L, Baldoni R, Gaetani E, et al. (2017) A prototype evaluation of a tamper-resistant high-performance blockchain-based transaction log for a distributed database [C]. European Dependable Computing Conference.
 21. Skeen D, Stonebraker M. (1983) A Formal Model of Crash Recovery in a Distributed System[M]. IEEE Press.
 22. Suankaewmanee K, Hoang DT, Niyato D, Sawadsitang S, Wang P, Han Z. (2017) Performance analysis and application of mobile blockchain. arXiv preprint arXiv:1712.03659. Dec 11.
-