



УДК 004.75:004.9

**RESEARCH OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE GAME  
DEVELOPMENT****ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЇ У  
ІГРОВИХ ЗАСТОСУНКАХ****Kalyta N.I. / Калита Н.І.***k.t.s., as.prof. /к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6181-732X

*Kharkiv National University of Radioelectronics,**Kharkiv, Nauky Ave, 14, 61166**Харківський національний університет радіоелектроніки,**Харків, пр. Науки, 14, 61166***Lymar L.V. / Лимар Л.В.***student /студент*

ORCID: 0000-0003-2665-7265

**Анотація.** Блокчейн є однією з сучасних технологій, яка використовується, зокрема, і при розробці ігрових застосунків, - в основному для створення ігрової економіки та опису володіння ігровим предметами, що зумовлено історією створення блокчейн технології. Одним із новітніх варіантів застосування блокчейн технології в ігрових застосунках є збереження ігрового процесу в транзакціях та використання смарт-контрактів, розміщених в блокчейні як серверної частини гри. В роботі наведені результати дослідження ефективності такого підходу. На основі аналізу особливостей технології блокчейн сформульовані показники ефективності: часові та надійності; показані результати обчислювальних експериментів та порівняння ігрових застосунків на технологіях блокчейн і серверній.

**Ключові слова:** блокчейн технологія, ігровий застосунок, смарт-контракт, NFT, транзакція, показник ефективності.

**Вступ.**

Індустрія ігор стрімко розвивається, і все більше при їх розробці використовуються технології, що розширюють можливості ігрових застосунків. Однією з таких технологій є блокчейн, який зазвичай застосовують для збереження ігрових предметів у вигляді NFT (non-fungible token – невзаємозамінний токен, унікальний цифровий елемент) [1, 2].

Сфера застосування блокчейну в ігрових застосунках може бути більшою, але кількість ігор з його реалізацією незначна, а інформації про ефективність рішень щодо використання блокчейну вкрай мало. Тому актуальним є питання оцінки можливостей та ефективності використання блокчейн технології для розробки ігрових застосунків [3].

Оцінка існуючих розробок дозволяє визначити основні тенденції використання блокчейну в ігрових застосунках та обрати напрямки, що потребують додаткового дослідження. Аналіз найпопулярніших ігор показав, що блокчейн технології здебільшого використовуються для створення ігрової економіки та опису володіння ігровим предметами у вигляді NFT. Багато ігор пропонують опції внутрішньоігрової кастомізації, як то скіни персонажів або інші внутрішньоігрові предмети, які гравці можуть заробляти і торгувати з іншими гравцями, використовуючи внутрішньоігрову валюту.



Одним із новітніх варіантів застосування блокчейн технології в ігрових застосунках є збереження ігрового процесу в транзакціях та використання смарт-контрактів, розміщених в блокчейні як серверної частини гри.

### **Мета дослідження.**

Метою роботи є дослідження ефективності використання блокчейну в ігрових застосунках як технології для реалізації серверної частини гри та збереження ігрових активів у вигляді NFT.

Для оцінки ефективності використання блокчейну в ігрових застосунках потрібно розробити показники її визначення, провести експериментальне дослідження на прикладі гри, розробленої з використанням блокчейну, та гри, розробленої на традиційних технологіях. Порівняння отриманих результатів дозволить зробити висновки щодо ефективності блокчейну в ігрових застосунках.

### **Вибір ігрових застосунків для проведення дослідження.**

За час розвитку блокчейн технологій з'явилась велика кількість ігрових застосунків, що використовують блокчейн для побудови ігрових механік. Одним із провідних прикладів використання блокчейну в ігрових застосунках є Dark Forest [4].

Dark Forest – це браузерна 2.5D багатокористувацька онлайн-стратегія в жанрі космічних завоювань, де гравці відкривають і завойовують планети в нескінченному процедурно-генерованому криптографічно заданому всесвіті. Ігровий стан Dark Forest зберігається в блокчейні. Кожен раз, коли гравець виконує якусь дію, наприклад, запускає космічний корабель, він відправляє транзакцію для оновлення стану ланцюжка.

Dark Forest належить до ігрових застосунків з неповною інформацією - це застосунки, в яких гравці можуть не знати повного стану світу. Наприклад, покер є грою з неповною інформацією, оскільки гравець не знає які карти у його опонента на руках.

До цього часу було майже неможливо побудувати неповні інформаційні налаштування в децентралізованих системах. Це пов'язано з тим, що шари даних більшості децентралізованих систем за своєю структурою є повністю відкритими і прозорими. Якщо повний стан гри зберігається в прозорому шарі даних, який може перевірити будь-хто, тоді не може існувати поняття приватної інформації.

Для реалізації частини гри з неповною інформацією на блокчейні в Dark Forest використовуються докази з нульовим знанням (Zero-Knowledge Proof, ZKP- протокол, який дозволяє довести, що вам відомий деякий конкретний математичний факт, не розкриваючи при цьому ніякої інформації про сам факт.

Для генерації ZKP для будь-якої математичної функції використовується zkSNARK (Zero-Knowledge Succinct Non-Interactive Argument of Knowledge, стислий неінтерактивний аргумент нульового знання про знання) [5]. Оскільки zkSNARKS дозволяють виконувати обчислення над приватними даними, але таким чином, щоб їх можна було перевірити, вони відкривають можливості використання блокчейну для ігор з неповною інформацією, які раніше були неможливі через прозорий і відкритий характер даних на блокчейні.

Центральною механікою в Dark Forest є туман війни. У всесвіті з туманом



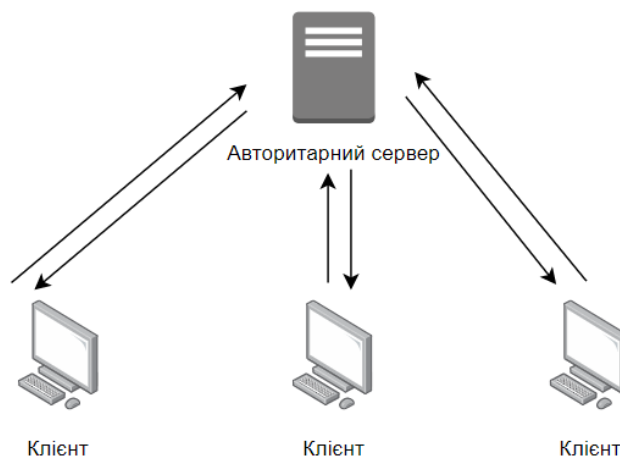
війни локації всіх гравців є приватними і приховані один від одного. Це означає, що гравці не завантажують координати своїх планет в блокчейн Ethereum, які можуть бути публічно перевірені, а замість цього кожен гравець завантажує в блокчейн хеш свого місцезнаходження. Це гарантує, що гравці залишаються "прив'язаними" до певного місця, але також і те, що місце розташування не може бути визначене шляхом перевірки шару даних Ethereum. Коли гравці роблять ходи, вони також зобов'язані подавати ZK-докази того, що їхні ходи є дійсними - гравець не може рухатися занадто далеко або занадто швидко.

Dark Forest захищений двома ланцюгами нульового знання - *init* і *move*. Гравці генерують ZKP з ланцюга *init*, коли вони приєднуються до гри, і ZKP з ланцюга *move*, коли вони роблять хід. Смарт-контракт, розміщений в блокчейні, отримує публічний хеш разом з ZK-доказом того, що вони відповідають дійсній приватній парі координат.

Ігровим застосунком, найбільш схожим на Dark Forest за ігровим процесом та механіками серед ігор, що не використовують блокчейн, є Galcon 2 [6]. Galcon 2 – це 2D стратегія в режимі реального часу з багатокористувальницьким та однокористувальницьким режимами гри.

### Мережна архітектура ігрових застосунків.

Головним аспектом онлайн гри є мережна взаємодія між гравцями. В Galcon 2 використовується клієнт-серверна архітектура, в якій кожен гравець керує власним клієнтом, а всі гравці підключені до центрального сервера (рисунок 1).



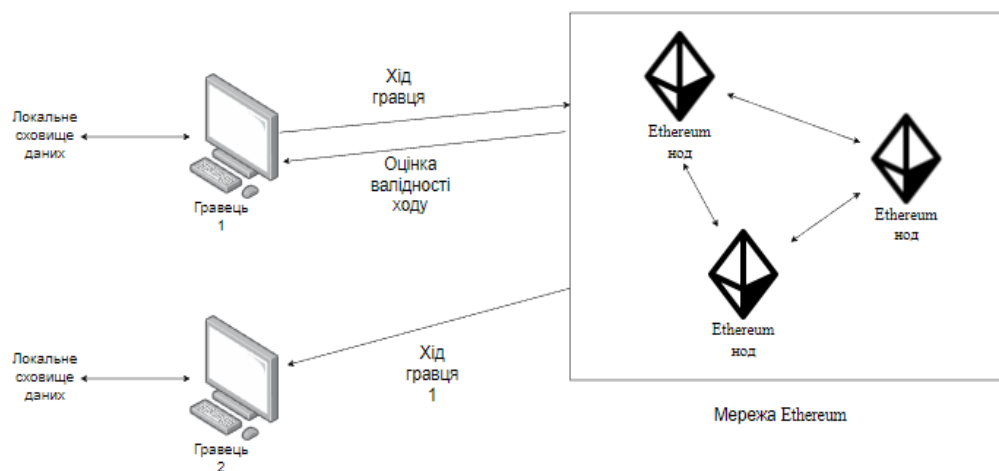
**Рисунок 1 - Схема клієнт-серверної архітектури**

Джерело: [7]

Архітектура Dark Forest відповідає традиційному ігровому бекенду та являє собою набір смарт-контрактів, розгорнутий на блокчейні Gnosis Chain, сумісному з віртуальною машиною Ethereum. В якості клієнтської версії Dark Forest використовує статичний сайт, який підключається до вузла блокчейну та дозволяє завантажувати дані з блокчейну, і на основі отриманих даних відмальовується графічне зображення гри. Коли гравець робить хід, він відправляє транзакцію на блокчейн, і коли ця транзакція буде підтверджена і видобута, вона відобразиться у браузері гравця. Вся приватна інформація



(координати планети гравця) зберігається в локальному сховищі браузера. Схема розподіленої архітектури Dark Forest зображена на рисунку 2.



**Рисунок 2 - Схема архітектури Dark Forest**

Джерело: [8]

### Результати і обговорення.

На основі аналізу основних технологій та принципів розробки ігор з використанням блокчейну розробимо показники оцінки ефективності.

Онлайн ігри вимагають швидкого обміну даними між клієнтом і сервером. В Dark Forest використовується хешування даних та zkSNARK, які можуть уповільнювати передачу даних як на клієнтській стороні, так і на стороні блокчейну. Також важливо окремо оцінити час генерації хешу при ініціалізації гравця в системі.

Важливими показниками ефективності є продуктивність самого блокчейну, яку можна вимірювати як кількість здійснених транзакції за секунду. Специфікою блокчейну є наявність комісії за транзакцію, що сплачується валідаторам мережі за їхні послуги блокчейну. Кожна дія в Dark Forest є транзакцією, яку має сплатити гравець, тому потрібно окремо оцінити вартість за транзакцію.

В застосунку Dark Forest також є ігрові предмети, що видаються гравцю у вигляді NFT. Таким способом має бути закріплена абсолютна власність гравця над цим предметом, отже потрібно оцінити надійність NFT предметів.

Таким чином, оцінювати ефективність технології блокчейн в ігрових застосунках будемо за показниками:

- час відповіді на запит у блокчейн;
- тривалість генерації хешу при ініціалізації гравця;
- кількість транзакцій в секунду в блокчейні;
- вартість підтвердження транзакції;
- надійність NFT предметів.

Оскільки Dark Forest має відкритий вихідний код, збір показників ефективності проводився з використанням плагінів для ігрового застосунку, розробленими авторами. Для виміру деяких показників використані дослідження



та інформація з відкритих джерел про ефективність блокчейну Gnosis Chain, на якому розроблено серверну частину Dark Forest [9].

В Galcon 2 зашифрований вихідний код гри, і зміна клієнтської частини є складною задачею, тому для оцінки показників ефективності використовувався сервер подібної конфігурації та загальноприйняті вимоги до серверної частини ігрового застосунку.

*1). Дослідження часу відповіді на запит у блокчейн.*

Час відповіді на запит є одним з найважливіших показників для багатокористувацьких ігор. Для жанрів ігрових застосунків зі швидким ігровим процесом, як онлайн шутер, цей показник має бути максимально низьким, адже гра буде виглядати не плавною, гравці будуть стикатись з різними проблемами синхронізації даних та відображення стану гри на стороні клієнту. Для кожного ігрового жанру існують свої потреби у показнику часу відповіді, але загалом оптимальним є 200-400 мс. Плагін до Dark Forst зафіксував час відповіді від 1006 мс до 1628 мс.

Для збору результатів з гри Galcon 2 обрано конфігурацію серверу, що потрібна для реалізації механік гри та підтримки близько 100 гравців на сервері: CPU - Intel Xeon-E 2386G - 6c/12t - 3.5 GHz/4.7 GHz; оперативна пам'ять (RAM) - 32 GB; сховище збереження даних 500 Гб SSD NVMe. Час відповіді сервера на запит становить від 124 мс до 360 мс.

Результати дослідження часу відповіді на запит зображені у вигляді графіку (рисунок 3). Середній час відповіді для блокчейну становить 1493,35 мс, для серверу – 235,05 мс.



**Рисунок 3 - Час відповіді на запит у блокчейн та звичайному сервері**

*Авторська розробка*

Отже, на даному етапі розвитку блокчейн ще є досить повільним порівняно з традиційним підходом. Одною з причин таких результатів є використання методу



підтвердження даних SNARK.

#### 2). Дослідження тривалості генерації хешу при ініціалізації гравця.

Тривалість генерації хешу при ініціалізації гравця характерна лише для ігор з використанням технологій SNARK і не має аналогів у застосунках без використання блокчейну. Оскільки цей процес відбувається на початку гри, важливо оцінити його тривалість, адже він впливає на перше враження гравця. В іграх без використання блокчейну та простою 2D графікою нормальним часом запуску застосунку є час до 15 секунд, в іграх з 3D графікою – до 60с [10].

Плагін до Dark Forest, на 24 експериментах зафіксував проміжок часу, за який було згенеровано початковий хеш в інтервалі від 29 с до 45 с, що в середньому становить 35,6 с і є хорошим результатом для функції такої складності, але все ще може бути проблемою першого враження гравця.

#### 3). Дослідження швидкості передачі транзакцій.

Показник кількості транзакцій в секунду (Transactions Per Second, TPS) вимірює здатність мережі обробляти транзакції в режимі реального часу, а також її потенціал до масштабування. Показником-аналогом для серверу є кількість запитів в секунду (Requests per second, RPS). Основна функція веб-сервера полягає в отриманні та обробці запитів, але якщо сервер перевантажений запитами, продуктивність може спадати.

Згідно [9] Gnosis Chain може обробляти 90 транзакцій в секунду. На сервері RPS обчислимо як  $(RAM/використання\ пам'яті\ задачею) \cdot (1/час\ виконання\ задачі)$  і отримаємо проміжок від 4000 до 8000 RPS при часі виконання задачі 100 і 50 мс відповідно.

#### 4). Дослідження вартості підтвердження транзакції

Комісію за відправлення транзакції або взаємодію зі смарт-контрактом в мережі блокчейну сплачують користувачі. Аналогічним показником в серверній архітектурі є вартість хостингу, але її сплачує сам розробник. Розроблена конфігурація серверу коштуватиме близько 100 USD в місяць згідно з ресурсу [11], згідно [9] середня вартість 1000 транзакцій становить 0,142 USD, тобто вартість 700 тисяч транзакцій коштує близько 100 USD.

#### 5). Дослідження надійності NFT.

**Таблиця 1 – Порівняння NFT та бази даних**

<i>Критерій оцінки</i>	<i>NFT</i>	<i>База даних</i>
Тип мережевої архітектури	Однорангова	Клієнт-серверна
Тип доступу перегляду даних	Публічний	За дозволом (правами адміністратора)
Можливі операції над даними	Запис та зчитування	Запис, читання, оновлення та видалення
Швидкість	Залежить від мережі, але повільніша за БД	Дуже швидка
Ймовірність невдачі	Ні	Так
Можливість втрати даних	Ні	Так
Можливість зміни даних	Ні	Так

*Авторська розробка*



NFT в ігрових застосунках є методом збереження власності гравця, такої як внутрішньоігрові предмети. Аналогом даного підходу в іграх без блокчейну є збереження даних в базі даних. База даних для зберігання інформації використовує структуру даних і може працювати майже з усіма типами даних. У таблиці 1 наведені додаткові показники, які слугують для оцінки надійності.

Отже, підхід з традиційною базою даних є більш швидким, та зручним в маніпулюванні даними зі сторони розробника. Зберігання даних гравця у NFT є набагато надійнішим і є підтвердження власності гравця, що не може бути змінено або видалено.

### **Висновки.**

У статті розглянуто застосування технології блокчейн у ігрових застосунках. На основі аналізу особливостей технології визначені параметри, які можуть бути використані в якості показників ефективності. Для проведення досліджень та обчислювальних експериментів обрано ігрові застосунки на блокчейні та традиційній серверній архітектурі. Отримані часові характеристики та показники надійності збереження даних дозволяють зробити висновок, що використання блокчейну як серверної частини ігрового застосунку значно поступається традиційному серверному підходу, але гарантує вищу прозорість та захист даних. Але цей висновок не заперечує перспективності блокчейну, оскільки при виборі технологій для ігрового застосунку потрібно брати до уваги жанр гри, призначення, очікувані наслідки, перспективи впровадження тощо.

### **Література:**

1. Що таке NFT і як продати цифрове мистецтво за мільйони // <https://ain.ua/ru/2021/03/18/nft-renesans-abo-yak-prodati-cifrove-mistectvo-za-miljoni/> (дата звернення: 29.11.22)
2. NFT games with the highest player count. URL: <https://www.statista.com/statistics/1266486/blockchain-games-user-number/> (дата звернення: 29.11.22)
3. Калита Н.І., Лимар Л.В. Ефективність використання блокчейн технології в ігрових застосунках: зб. матеріалів 1-ї Міжнар. наук.-практичної конф. «Science: Development and Factors its Influence», Amsterdam, December 26-28, 2022. Netherlands, 2022. P.402-404.
4. Announcing Dark Forest. URL: <https://blog.zkga.me/announcing-darkforest> (дата звернення: 29.11.22).
5. Zero-Knowledge Proofs for Engineers: Introduction. URL: <https://blog.zkga.me/intro-to-zksnarks> (дата звернення: 29.11.22).
6. Galcon 2 Review: A Veteran's Space War. <https://www.gamezebo.com/reviews/galcon-2-review-a-veterans-space-war/> (дата звернення 29.11.22).
7. Peer-to-peer vs client-server architecture for multiplayer games. URL: <https://blog.hathora.dev/peer-to-peer-vs-client-server-architecture/> (дата звернення: 09.12.22)
8. Why Dark Forest Matters. URL: <https://omarmezenner.mirror.xyz/gFCfCVwTfUU91SDXeROEaDQe4984nbFBIgv9>



QSY0r1U (дата звернення 10.12.22).

9. Gnosis Chain Explorer. URL: <https://gnosisscan.io/> (дата звернення: 08.12.22).

10. Why your game needs to load within 30 seconds. URL: <https://www.pocketgamer.biz/monetizer/59041/opinion-why-your-game-needs-to-load-within-30-seconds/> (дата звернення: 08.12.22).

11. How to Calculate Server Max Requests per Second. URL: <https://medium.com/geekculture/how-to-calculate-server-max-requests-per-second-38a39bb96a85> (дата звернення: 12.12.22).

***Abstract.** Blockchain is one of the modern technologies that is used in the development of game applications - mainly to create a game economy and describe the ownership of game items, which is due to the history of the creation of blockchain technology. One of the latest options for using blockchain technology in game applications is to save the game process in transactions and use smart contracts placed in the blockchain as a server part of the game. The article presents the results of research into the effectiveness of this approach. Based on the analysis of the features of the blockchain technology, efficiency indicators were formulated: time and reliability; the results of computational experiments and a comparison of game applications based on blockchain, and server technologies are demonstrated.*

***Key words:** blockchain technology, game application, smart contract, NFT, transaction, efficiency indicator.*

Стаття надіслана: 23.01.2023 г.

© Калита Н.І., Лимар Л.В.