



БІНАРНІ ПРОТОКОЛИ ЗВ'ЯЗКУ У ПОДІЄВО-ОРІЄНТОВАНІЙ РОЗПОДІЛЕНІЙ СИСТЕМІ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Хламов С.В., доцент, кафедра МСТ, ХНУРЕ

Орлов С.В., аспірант, кафедра МСТ, ХНУРЕ

Табор Д.І., аспірант, кафедра ТСМ, ДУІКТ

Abstract. *The paper examines binary communication protocols in an event-driven distributed system and their influence on system performance. A comparative analysis of REST API based on JSON and gRPC using Protocol Buffers showed reduced response time, network traffic, and CPU usage. The results confirm the efficiency of binary protocols for improving scalability and reliability of distributed systems.*

Keywords: *binary protocols, event-driven architecture, distributed systems, gRPC, Protocol Buffers.*

У сучасних умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій та зростання вимог до швидкодії програмних платформ особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності міжсервісної взаємодії в розподілених інформаційних системах. Перехід від монолітних архітектур до мікросервісних і подієво-орієнтованих моделей зумовлений необхідністю забезпечення масштабованості, відмовостійкості, гнучкості супроводу та незалежного розгортання окремих функціональних модулів. У таких умовах визначальним фактором продуктивності системи стає механізм передачі даних між сервісами, оскільки саме він безпосередньо впливає на затримки обробки запитів, пропускну здатність та раціональність використання обчислювальних ресурсів.

Подієво-орієнтована архітектура (Event-Driven Architecture, EDA) базується на принципі асинхронного обміну повідомленнями між незалежними сервісами через події, що генеруються у відповідь на зміну стану системи. Такий підхід дозволяє зменшити рівень жорсткої зв'язаності між компонентами, підвищити стійкість до відмов окремих підсистем та забезпечити ефективне горизонтальне масштабування. Водночас висока інтенсивність інформаційного обміну створює підвищені вимоги до способів серіалізації та протоколів передачі даних, особливо в умовах високонавантажених корпоративних середовищ.

Традиційно для організації міжсервісної взаємодії широко застосовуються текстові формати обміну даними, зокрема JSON та XML, які характеризуються універсальністю, платформною незалежністю та зручністю візуального аналізу. Проте використання текстових форматів супроводжується значною надлишковістю структури повідомлень, збільшенням обсягу передаваних пакетів, а також додатковими витратами процесорного часу на серіалізацію та десеріалізацію даних. За умов високого навантаження це призводить до зростання затримок, перевантаження мережевої інфраструктури та зниження загальної продуктивності системи.

Перспективним напрямом оптимізації виступає використання бінарних протоколів зв'язку, зокрема Protocol Buffers, Apache Avro, MessagePack та gRPC.



Їх застосування забезпечує компактне представлення структурованих даних, зменшення обсягу мережевого трафіку та підвищення швидкості обробки повідомлень [1]. На відміну від текстових форматів, бінарна серіалізація передбачає використання формалізованих схем даних, що сприяє підвищенню типобезпечності, зменшенню кількості помилок інтеграції та покращенню керованості міжсервісної взаємодії. Особливу практичну цінність має технологія gRPC, яка реалізує високопродуктивний механізм віддаленого виклику процедур на основі HTTP/2 та Protocol Buffers.

У межах дослідження було проведено порівняльний аналіз продуктивності подієво-орієнтованої розподіленої системи при використанні REST API на основі JSON та бінарної взаємодії через gRPC із застосуванням Protocol Buffers. Експериментальне середовище включало набір мікросервісів, що здійснювали обмін подіями через брокер повідомлень, а також підсистему навантажувального тестування для моделювання реальних умов експлуатації.

Оцінювання ефективності здійснювалося за такими критеріями: середній час відповіді сервісу, максимальна пропускна здатність, рівень навантаження на центральний процесор, використання оперативної пам'яті та стабільність роботи системи при зростанні кількості одночасних запитів. Для проведення експериментального дослідження використовувалися інструменти Postman та Apache JMeter.

Результати тестування показали, що для GET-запитів середній час відповіді REST-сервісу становив 181,6 мс, тоді як при використанні gRPC аналогічний показник склав 128,4 мс, що свідчить про скорочення затримки на 29,3 %. Для POST-запитів середній час відповіді через REST становив 147,2 мс, а через gRPC – 103,7 мс, що забезпечило підвищення продуктивності на 29,5 %. Додатково встановлено, що середній розмір повідомлення у форматі JSON складав 4,8 КБ, тоді як при використанні Protocol Buffers цей показник зменшувався до 2,1 КБ, що дозволило скоротити мережевий трафік на 56,3 %. При моделюванні навантаження у 1000 одночасних запитів рівень використання CPU для REST-реалізації досягав 78 %, тоді як для gRPC – 61 %, що підтверджує вищу ефективність використання обчислювальних ресурсів.

Отримані результати свідчать про доцільність впровадження бінарних протоколів зв'язку в сучасних подієво-орієнтованих системах, де критичними є вимоги до швидкодії, масштабованості та стабільності функціонування. Використання gRPC у поєднанні з Protocol Buffers забезпечує не лише суттєве підвищення продуктивності програмної системи, але й покращує архітектурну узгодженість між сервісами, що є важливою передумовою побудови високонавантажених корпоративних інформаційних платформ нового покоління.

Список літератури

1. Khlamov, S., Orlov, S., Trunova, T., Frolov A., & Zhuzhniev, D. (2025). Performance efficiency of the event-driven distributed system using binary communication protocols. Системи контролю інформації та інтелектуальні технології. Досягнення та застосування (с. 174-197). <https://doi.org/10.36059/978-966-397-538-2-10>.