УДК 004.5

Панасюк Б.Ю.

ВИСОКОНАВАНТАЖЕНІ ПРОГРАМНІ СИСТЕМИ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

У статті розглянуто сучасні підходи до розроблення високонавантажених програмних систем. Сформовано типовий алгоритм роботи таких систем. А також, проаналізовано перспективи розвитку високонавантажених програмних систем.

Ключові слова: архітектура програмних систем, мікросервіси, високонавантажені програмні системи.

Abstract.

The article considers modern approaches to the development of high-load software systems. A typical algorithm for the operation of such systems has been formulated. Additionally, the prospects for the development of high-load software systems have been analyzed.

Keywords: software system architecture, microservices, high-load software systems.

Вступ

Високонавантажені програмні системи (ВНПС) – це програмні комплекси, здатні обробляти значні обсяги запитів у режимі реального часу. Вони використовуються у сферах фінансових технологій, телекомунікацій, електронної комерції, соціальних мереж та хмарних обчислень. Ключовими характеристиками таких систем є висока продуктивність, масштабованість, надійність і відмовостійкість.

Результати дослідження

Сучасні підходи до розробки ВНПС передбачають використання спеціалізованих архітектур і технологій, які дозволяють ефективно обробляти великі навантаження [1]. Одним із найпоширеніших підходів є мікросервісна архітектура, яка забезпечує поділ системи на невеликі незалежні сервіси, що взаємодіють через API. Це дозволяє окремо масштабувати різні частини системи, що особливо важливо для високонавантажених сервісів, таких як стрімінгові платформи Netflix або системи онлайн-банкінгу. Для оптимізації швидкодії використовуються технології кешування, наприклад, Redis або Memcached, що дозволяють зменшити кількість звернень до основної бази даних і прискорити виконання запитів. Крім того, важливим аспектом є балансування навантаження, яке здійснюється за допомогою програмних та апаратних рішень, таких як Nginx, HAProxy або спеціалізовані хмарні сервіси на кшталт AWS Elastic Load Balancer.

Одним із головних викликів при розробці ВНПС є забезпечення їхнього горизонтального масштабування, що передбачає збільшення кількості обчислювальних вузлів замість посилення потужності окремих серверів. Це вимагає ефективного управління розподіленими обчисленнями, для чого широко використовуються системи на зразок Apache Kafka для потокової обробки даних та Apache Hadoop для роботи з великими масивами інформації.

Ще одним критичним аспектом є мінімізація затримок при обробці запитів, особливо в реальному часі, наприклад, у високочастотному трейдингу або у системах керування рухом автономних транспортних засобів. Для досягнення високої швидкодії застосовуються спеціальні алгоритми оптимізації запитів та розподілу ресурсів, включаючи адаптивні методи керування навантаженням. Крім того, питання узгодженості даних у розподілених системах залишається відкритим, адже забезпечення строгої консистентності (strong consistency) може знижувати продуктивність [2]. Тому

розробники часто використовують компромісні моделі, наприклад, eventual consistency, які застосовуються у NoSQL-базах даних, таких як Cassandra [3].

Сформуємо типовий алгоритм роботи високонавантаженої програмної системи. Отримання запиту від користувача, що надходить через веб-інтерфейс, API або інший клієнтський додаток, подальші дані передаються через балансувальник навантаження. Балансувальник (наприклад, Nginx) розподіляє запит між доступними серверами.

Перевіряється, чи є відповідь у кеші (Redis, Memcached). Якщо дані є в кеші, то повертається результат без звернення до бази даних, але якщо даних немає, то запит передається далі. У подальшому запит обробляється мікросервісом або монолітним сервером, виконується необхідна валідація, авторизація, обчислення.

Якщо необхідно отримати або оновити дані, відбувається звернення до бази даних. Дані можуть бути оброблені на рівні сервера або зібрані з кількох джерел., а також можливе пост-запитове кешування для зменшення навантаження на БД [4].

Відповідь передається через балансувальник назад до клієнта, при чому використовується асинхронний або синхронний механізм відправлення. Всі ключові операції логуються в систему спостереження, завданням якої є ще й виявлення аномалій і автоматичне масштабування. Якщо навантаження зростає, система автоматично додає нові екземпляри серверів, а у разі падіння сервісу спрацьовує механізм відновлення (failover).

Перспективи розвитку ВНПС пов’язані з інтеграцією передових технологій, таких як квантові обчислення, що можуть забезпечити експоненційне зростання швидкодії у певних типах завдань. Одним із напрямів є використання штучного інтелекту для автоматизованого управління ресурсами, що дозволяє прогнозувати навантаження та динамічно масштабувати інфраструктуру у відповідь на зміну запитів. Також активно досліджується підвищення енергетичної ефективності центрів обробки даних за рахунок оптимізації алгоритмів обробки запитів і впровадження більш ефективних апаратних рішень.

Висновки

Удосконалення архітектури ВНПС сприятиме не лише зниженню витрат на підтримку інфраструктури, а й забезпеченню стабільної роботи сервісів навіть під час пікових навантажень, що є критично важливим для бізнесів, які працюють у сфері онлайн-торгівлі, фінансових послуг і мультимедійного контенту.

СПИСОК ВИКОРСИАТНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Таненбаум, Е. Системи розподілених обчислень: принципи та парадигми / Е. Таненбаум, М. ван Стеен. – 2-ге вид. – Київ: Наук. думка, 2019. – 728 с.
2. Kubernetes: Up & Running: Dive into the Future of Infrastructure / K. Hightower, B. Burns, J. Beda. – 3rd ed. – O’Reilly Media, 2022. – 368 p.
3. Brewer, E. CAP Theorem and NoSQL Databases / E. Brewer // ACM Queue. – 2012. – Vol. 10(2). – P. 20-25.
4. Valduriez, P., & Özsu, M. T. Principles of Distributed Database Systems. – 4th ed. – Springer, 2020. – 850 p.

Панасюк Борис Юрійович **–** аспірант групи 121-24а, Факультет інформаційних технологій та комп’ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: boris.panasyuk@gmail.com

Panasiuk Borys – PhD student, 121-24a, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.