

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-76-3>

УДК 004.9

ВОВЧАК Орест

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-8573-4438>

e-mail: orest.v.vovchak@lpnu.ua

ВЕРЕС Зеновій

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-2312-2575>

e-mail: zenovii.y.veres@lpnu.ua

МЕТОД ПОБУДОВИ ТА ДИЗАЙН СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ДАНИХ НА БАЗІ ІОТ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Статтю присвячено розробці методу побудови системи, яка отримує телеметричні дані автомобілів, виконує їх опрацювання та зберігання з метою подальшого відстежування та моніторингу стану транспортних засобів підприємства. Надаючи дані в реальному часі про телеметрію транспортних засобів, такого роду система дозволяє менеджерам автопарків контролювати використання транспортних засобів, робити прогностичне виявлення потенційних проблем та виконувати оптимізацію операцій технічного обслуговування.

У роботі описано дизайн та реалізацію такої системи з використанням комбінації провайдера хмарних технологій Google Cloud Platform (GCP) та пристроїв для збору та передачі даних в режимі реального часу. Наведено аргументи доцільності побудови системи порівняно з використанням існуючих комерційних рішень.

Ключові слова: IoT, логістика, телеметрія, телематичні пристрої, хмарні технології, моніторинг, GCP.

VOVCHAK Orest, VERES Zenoviy

Lviv Polytechnic National University

METHOD OF IMPLEMENTATION AND DESIGN OF A TELEMETRY DATA TRACKING SYSTEM BASED ON IOT FOR VEHICLE PERFORMANCE MONITORING

The article is dedicated to the development of a method for implementing a system that receives telemetry data from vehicles, processes and stores it for the purpose of subsequent tracking and monitoring the condition of the enterprise's vehicles. By providing real-time data about vehicle telemetry, such a system allows fleet managers to control the usage of vehicles, make predictive detection of potential problems, and perform the optimization of maintenance operations.

The work describes the design and implementation of such a system using a combination of the cloud technology provider Google Cloud Platform (GCP) and devices for collecting and transmitting data in real-time. The article presents arguments for the feasibility of constructing the system compared to using existing commercial solutions.

Keywords: IoT, logistics, telemetry, telematic devices, cloud technologies, monitoring, GCP

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Питання налагодження ефективної транспортної логістики стало актуальним у другій половині 20-го століття з розвитком міжнародних магістралей та будівництвом нових типів важкого вантажного транспорту. Ріст товаротранспортного ринку, який найпростіше виміряти в грошовому еквіваленті вартості виконаних перевезень, спостерігається майже кожне наступне десятиліття з деякими винятками, як показано на рис. 1.

Як видно з рис.1. [1], цей ринок стабільно зростає на 3% на рік і, за прогнозами експертів [2], цей ріст триватиме до 2027 року.

З 2010 року, директивою 2010/40/EU Європейського союзу введено регулювання щодо використання розумних транспортних систем (Intelligent Transport Systems), з метою підвищення безпеки дорожнього руху та зменшення перевантаженості доріг. Яке передбачає наявність постійного моніторингу певних транспортних засобів цими системами. Згідно нових затверджених правил, всі комерційні транспортні засоби були оснащені пристроями ITS, до яких може входити система відстеження GPS для відстежування та керування напрямками руху цих транспортних засобів.

З цим зростаючим ускладненням логістичних операцій та тиском на зменшення витрат, менеджери автопарків та логістичні оператори звертаються до передових технологій, таких як системи відстеження телеметричних даних на базі IoT, для оптимізації операцій та підвищення ефективності.

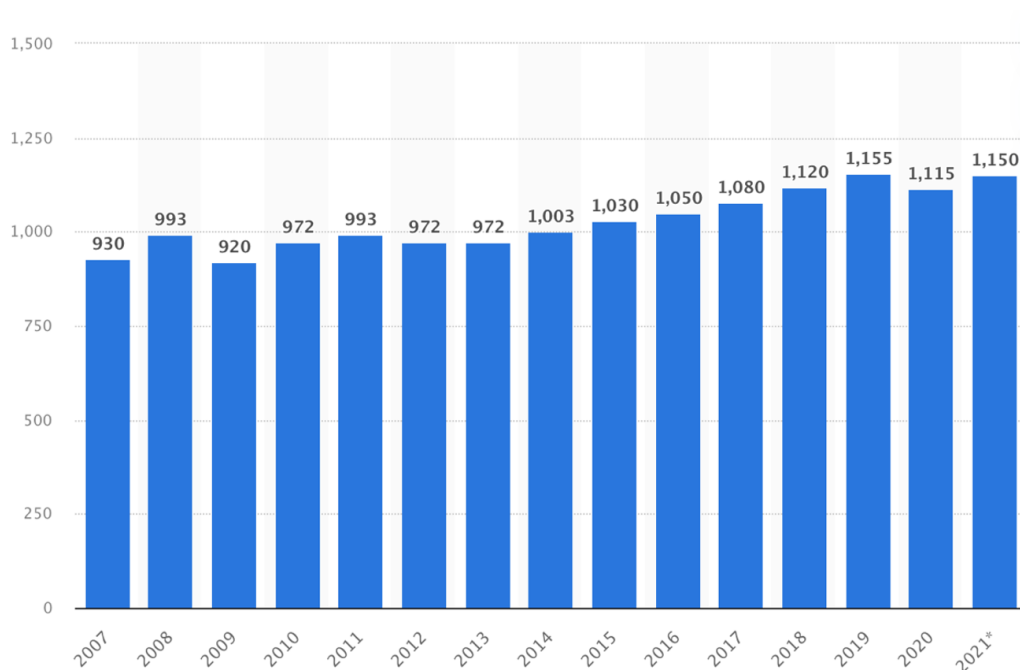


Рис. 1. Грошовий еквівалент обсягу виконаних транспортних перевезень по роках

Для повноцінної телеметричної системи відстежування та моніторингу вантажних автомобілів, потрібні телематичні апаратні пристрої та програмне забезпечення для моніторингу.

1. *Телематичні апаратні пристрої:* Телематичний пристрій - це малий пристрій, який встановлюється в транспортний засіб і збирає дані про різні телеметричні параметри автомобіля, включаючи швидкість, місцезнаходження, споживання пального та роботу двигуна. Пристрій використовує GPS та мобільні мережі для передачі даних у фоновому режимі до хмарної середовище, яке містить необхідні компоненти для зберігання, обробки та аналізу даних.

2. *Програмне забезпечення для моніторингу:* Програмне забезпечення для відстеження і моніторингу використовується для отримання та обробки даних від телематичних пристроїв та відображення місцезнаходження та руху транспортного засобу в реальному часі. Програмне забезпечення також може надавати додаткові функції, такі як геоогорожа (повідомляти, коли водій покидає певну визначену геозону), моніторинг поведінки водія та аналітика роботи.

3. Більшість сучасних транспортних засобів оснащені вбудованими телематичними пристроями, які встановлюються виробником (наприклад, Volvo, Scania, Mercedes). Проте програмне забезпечення для відстеження вимагає окремої підписки. Зазвичай програмне забезпечення для відстеження GPS коштує на основі оплати за транспортний засіб за місяць. Вартість може коливатися від приблизно \$25 до \$50 за транспортний засіб за місяць, залежно від функцій та рівня обслуговування. Деякі постачальники можуть пропонувати знижки за обсяг для більших автопарків або довгострокових контрактів [3].

Формулювання цілей статті

Програмне забезпечення для відстеження, яке належить зазначеним визнаним відраслевим постачальникам (наприклад, Volvo, Scania, Mercedes), приймає сигнали лише від пристроїв, вироблених тією ж компанією. Тим часом більшість компаній середнього та великого розміру мають різноманітний автопарк, який складається з транспортних засобів, вироблених різними виробниками, що створює додаткові виклики для менеджерів автопарків, оскільки їм потрібно працювати з декількома різними інструментами, різного роду користувацькими інтерфейсами та керувати декількома підписками.

Власники великих автопарків постають перед вибором - використовувати стороннє комерційне програмне забезпечення для моніторингу або побудувати таку систему самотужки.

У цій статті описано системи відстеження телеметричних даних на базі IoT з використанням Google Cloud Platform (GCP) та порівняно вартість підтримки такого рішення, яке доводить раціональність розробки нової системи для відстеження.

Огляд телематичних апаратних пристроїв

Телематичні апаратні пристрої - це електронні пристрої, які використовуються для збору, обробки та передачі даних з транспортних засобів до центральної системи чи платформи. Вони часто

використовуються в управлінні автопарком, логістиці та інших галузях для відстеження роботи транспортного засобу, поведінки водія або режимів експлуатації. Існує декілька видів таких пристроїв.

Пристрої для відстеження за допомогою GPS маршруту транспортного засобу та передачі цих даних до центральної системи. Вони зазвичай використовуються для відстеження руху транспортних засобів в режимі реального часу, оптимізації маршрутів та відновлення активів.

Пристрої для відстеження продуктивності, які збирають та надсилають інформацію про швидкість, прискорення, гальмування та витрати пального. Вони також можуть включати датчики для моніторингу тиску в шинах і температури двигуна.

Електронні пристрої реєстрації (Electronic logging devices - ELD) для моніторингу дотримання нормативів щодо часу водіння та відпочинку комерційних водіїв. Вони записують дані про рух транспортного засобу та активність водія і передають ці дані до центральної системи для подальшого аналізу та звітування.

Системи моніторингу водіїв використовують датчики та камери для моніторингу поведінки водія, включаючи швидкість, прискорення та гальмування. Вони також можуть відстежувати втому водія і сповіщати про це водія або менеджера автопарку.

Огляд протоколів передачі даних, що використовуються телематичними апаратними пристроями

Існує декілька протоколів для формату даних для передачі даних до центральної системи або платформи. Це забезпечує сумісність комунікацій і дозволяє обмінюватись даними пристроям, які вироблені різними виробниками. Більшість пристроїв використовують один із двох високорівневих протоколів, що використовуються для збору телеметричних даних та загальних діагностичних звітів про транспортний засіб [4-5], а саме OBD-II та J1939:

OBD-II: Бортова діагностика (OBD) - це стандартний протокол, який використовується в більшості сучасних транспортних засобів для моніторингу та передачі даних про продуктивність автомобіля, таких як оберти двигуна, споживання пального та викиди CO₂. OBD-II є останньою версією цього стандарту.

J1939: Союз автомобільних інженерів (SAE) розробив протокол J1939 для великих автомобілів, таких як вантажівки та автобуси. Цей протокол використовує мережу CAN (Controller Area Network) для передачі даних про продуктивність транспортного засобу.

Щодо мережевих протоколів, дослідження вказують *MQTT* та *REST* як найбільш поширені [6]:

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) - це легкий протокол обміну повідомленнями на основі підписки та публікації, який часто використовується в застосуваннях IoT, зокрема в телематичних пристроях. MQTT дозволяє ефективно передавати невеликі пакети даних, завдяки чому його добре використовувати для моніторингу та відстеження даних про продуктивність транспортного засобу в режимі реального часу.

REST: Representational State Transfer (REST) - це веб-протокол, який дозволяє передавати дані між пристроями за допомогою HTTP (Hypertext Transfer Protocol). REST часто використовується в телематичних пристроях для передачі даних на хмарну платформу або сервер.

Також використовуються і інші мережеві протоколи, наприклад, SOAP, XMPP, AMQP [6-7].

Вибір мережевого протоколу для системи відстеження залежить від конкретного сценарію використання.

При проектуванні системи збору, обробки та зберігання даних слід враховувати такі фактори:

- Частота збору інформації з телематичних приладів становить одну-дві хвилини, що впливає на сумарний розмір переданих даних та накладає додаткові вимоги при побудові ефективного сховища цих даних
- Наявні мережі передачі даних мають обмежену пропускну здатність, розмір пакетів даних повинен бути мінімізованим
- Система має функціонувати про частковій втраті даних або їх відсутності протягом нетривалого періоду часу
- Передача даних має відбуватись безперервно, наприклад при перебуванні автомобіля на паркувальному майданчику з мінімальними енергозатратами.

В таблиці 1. Наведено порівняння основних характеристик MQTT та REST протоколів.

Згідно з проведеними тестами [8] у для передачі 1 тис. повідомлень з використанням протоколів MQTT та HTTPS встановлено, що MQTT працює у 20 разів швидше та вимагає на 50 разів менше трафіку при надсиланні послідовних часових рядів даних, а також є більш ефективним з точки зору споживаної енергії.

Таблиця 1.

Порівняння основних характеристик протоколів

	MQTT	REST
Комунікація з сервером	Асинхронна	Синхронна
Розмір даних, що передаються (Payload)	Малий (bytes)	Великий (kbt-mbt)
Пропускна здатність смуги передачі	Висока	Низька
Безпека	SSL/TLS	HTTPS
Енергоефективність	Висока	Низька
Формат даних	Бінарний	Текстовий
Структура API	Не структурована	HTTP протокол
Складність імплементації серверної частини	Висока	Низька

Побудова серверної компоненти системи моніторингу

Серверна компонента відповідає за аналіз та збереження надісланих телеметричних даних. Для його розгортання можна використовувати фізичний сервер, розташований на обчислювальному майданчику компанії-надавача послуг, або віртуальною машиною, розташованою у хмарі, на основі хмарних рішень.

Використання розгортання програмних рішень з використанням рішень хмарних провайдерів надає певні переваги [9-11].

Масштабованість. Хмарні рішення дозволяють швидко масштабування кількості серверів у бік збільшення або зменшення, щоб задовольнити змінювані потреби. За допомогою хмарного програмного забезпечення для відстеження телеметрії можна додавати або видаляти віртуальні сервери, збільшувати або зменшувати їхню обчислювальну потужність, додавати диски для зберігання даних з мінімальними зусиллями та мінімізацією витрат на їх оплату.

Гнучкість. Хмарні рішення дозволяють розгорнути серверні компоненти в різноманітних хмарних оточеннях, таких як публічні, приватні та гібридні хмари. Додатково, хмарні рішення можуть інтегруватися з широким діапазоном інструментів та послуг, включаючи бази даних, інструменти для аналітики та сервіси потокової обробки даних.

Ціна. Завдяки використанню моделі "сплати та користуйся", можна уникнути первинних витрат на придбання та обслуговування серверів та купівлі ліцензій для програмного забезпечення.

Безпека. Хмарні рішення, як правило, забезпечують більш надійний захист, ніж рішення, розміщені на власних серверах, оскільки постачальники хмарних послуг мають більше ресурсів для інвестування в безпеку і надають ряд функцій для підвищення безпеки, такі як керування ідентифікацією та доступом, шифрування та виявлення загроз.

Надійність. Зазвичай постачальники хмарних послуг пропонують високий рівень доступності та можуть надавати послуги відновлення після аварій та резервного копіювання, щоб гарантувати, що дані не будуть втрачені у разі системного збою або відключення.

Окрім самого розгортання, хмарні служби пропонують готові до використання компоненти програмного забезпечення, які можуть бути корисними при створенні будь-яких програмних рішень. Наприклад, замість створення власного рішення для автентифікації та авторизації, інженер може скористатися компонентами хмарної платформи від компанії Google (Google Cloud Platform - GCP), такими як Firebase Authentication, який забезпечує авторизацію на основі токенів (повна назва - OIDC) з усіма типовими процедурами безпеки, такими як вхід, реєстрація, зміна паролю, скидання паролю, верифікація телефону/електронної пошти та виявлення аномальної поведінки користувача. Створення такого рішення з безпеки може зайняти тижні та місяці для одного інженера і потребуватиме постійного тестування, щоб переконатися, у відсутності вразливостей. Сервіс Firebase Authentication доступний на безкоштовній основі для рішень, які мають менше 10,000 активних користувачів.

Додатковою перевагою є наявність угоди щодо рівня обслуговування (Service Level Agreement - SLA) у платних тарифах. Ця угода є договором між постачальником служби та замовником, в якій визначено мінімальний гарантований рівень обслуговування, який постачальник зобов'язується надавати замовнику. Цей договір містить, наприклад, час роботи кожного сервісу, час вирішення проблеми у випадку збоїв, а також штрафи або кредити які сплачує постачальник при недотриманні рівня обслуговування. Надавачі хмарних рішень пропонують ряд застосунків для моніторингу, резервного копіювання та відновлення інформаційних систем, даних та послуг після аварій, катастроф, кібератак або інших надзвичайних подій, які можуть вплинути на їхню нормальну функціональність.

Побудова серверної частини системи на основі хмарної платформи GCP

Проектована система телеметричного відстеження складається з таких типових частин:

MQTT брокер, який відповідає за отримання та розподіл повідомлень між пристроями та програмами. Брокер виконує роль центрального вузла, дозволяючи пристроям публікувати дані, згрупованими в розділі (topic), а програмам - підписуватися на отримання даних з певних розділів.

Шина даних (Message bus), яка забезпечує масштабований та надійний спосіб передачі повідомлень між пристроями та програмами, гарантуючи, що повідомлення будуть доставлені, навіть за умови виходу з ладу пристрою або програма матиме проблеми з підключенням.

Обробка даних включає в себе аналіз та обробку даних, отриманих від підключених пристроїв, з метою виявлення закономірностей та аномалій. Процес обробки даних також включає в себе процес додавання контексту до існуючих даних, щоб зробити їх більш інформативними. Цей процес включає в себе додавання метаданих, групування даних, їх категоризацію, аналіз тексту або обробку даних для покращення їхньої якості.

Сховище даних, призначене для зберігання та управління великими обсягами даних, які генеруються підключеними пристроями. Сховище даних має підтримувати складні запити на великих наборах даних, а також надавати програмні інтерфейси для доступу до даних сторонніми програмами та користувачами.

Процес передачі даних та обробки даних в проєктованій системі відбувається наступним чином.

Пристрій надсилає повідомлення до MQTT брокера, який спрямовує повідомлення до відповідного розділу. Наявність розділів дозволяє здійснити категоризацію повідомлень, яку публікують або передають через MQTT брокер. Розділи допомагають у структуруванні і організації повідомлень, що передаються через MQTT мережу. Наприклад, у проєктованій системі будуть розділи для різних типів датчиків або пристроїв ("engine temperature", "speed", "engine rotation", "oil pressure")

Публікування даних з використанням розділів допомагає визначити тип та контекст інформації та зменшити обсяг даних, які необхідно передавати від пристроїв до надавача хмарних рішень. Цей механізм дозволяє забезпечити вибірку передачу даних і ефективно управляти розподілом інформації в MQTT мережі.

Шина даних надсилає повідомлення на компоненти, які називають обробники або процесори даних. На цьому етапі виконуються різноманітні операції з даними, такі як фільтрація даних та вилучення повідомлень від пристроїв, які перебувають в ремонті або надсилають некоректні дані, збагачення, агрегація, та перетворення для подальшого зберігання. Ці операції можуть виконуватись як паралельно, так і послідовно.

Застосування шини даних дозволяє реалізувати подіє-орієнтовану архітектуру (англ. Event-Driven Architecturt -EDA) - це підхід до розробки програмних систем, де взаємодія між компонентами системи здійснюється за допомогою подій. У такій архітектурі компоненти системи можуть генерувати, споживати і реагувати на події. Кожен компонент системи незалежний і має обмежену відповідальність. Вони реагують на події, які стосуються їхньої функціональності. Така архітектура проєктованої системи дозволяє обробляти телеметричні дані в режимі реального часу.

Хмарні сервіси від компанії Google містять всі необхідні інструменти та служби для створення проєктованого програмного забезпечення згідно з вищеописаною логікою [12-13]. Дизайн архітектури для цієї системи відображено на рис. 2.

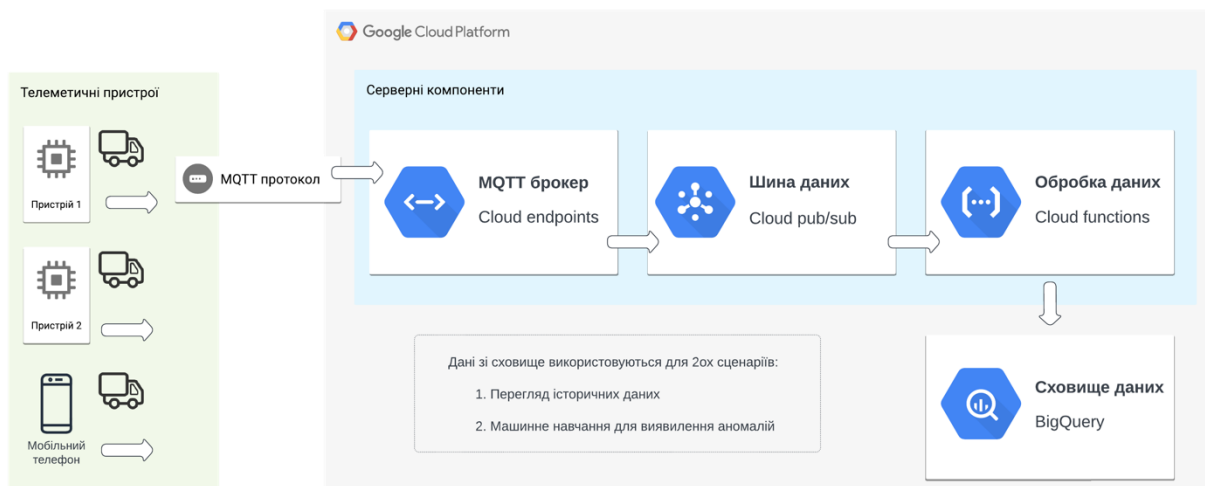


Рис. 2. Дизайн архітектури серверного додатку з використанням GCP

Ключовими компонентами, які використовуються для побудови проєктованого рішення є:

MQTT брокер розгорнуто як кластер з трьох екземплярів, які підключені до служби балансування навантаження Cloud Load Balancing, який виконує рівномірний розподіл навантаження між серверами для запобігання їх перевантаження, або автоматичному блокуванні надсилання повідомлень на перевантажений сервер задля підвищення надійності роботи системи.

Служба обміну повідомленнями (*Cloud Pub/Sub*), яка забезпечує масштабований і гнучкий спосіб отримання та розподілу даних, їх збереження у випадку пікових навантажень (коли всі пристрої одночасно будуть надіслати дані).

Платформа безсерверних обчислень (*Cloud Functions*), яка дозволяє виконувати код як реакцію на настання певної події. Вона забезпечує гнучкий та масштабований спосіб обробки даних в реальному часі в асинхронному режимі. *Cloud Functions* можна використовувати для фільтрації, трансформації або збагачення телеметричних даних при їх отриманні.

Сховище великих даних *BigQuery*, яке дозволяє зберігати та аналізувати великі обсяги даних. Він забезпечує масштабований та економічно вигідний спосіб зберігання телеметричних даних та виконання складних запитів з метою аналізу зібраної інформації.

Також ця система матиме веб-застосунок для користувачів, який дозволить менеджеру компанії переглядати розташування транспортних засобів, показники продуктивності та отримувати доступ до історичних даних (Рис. 3).

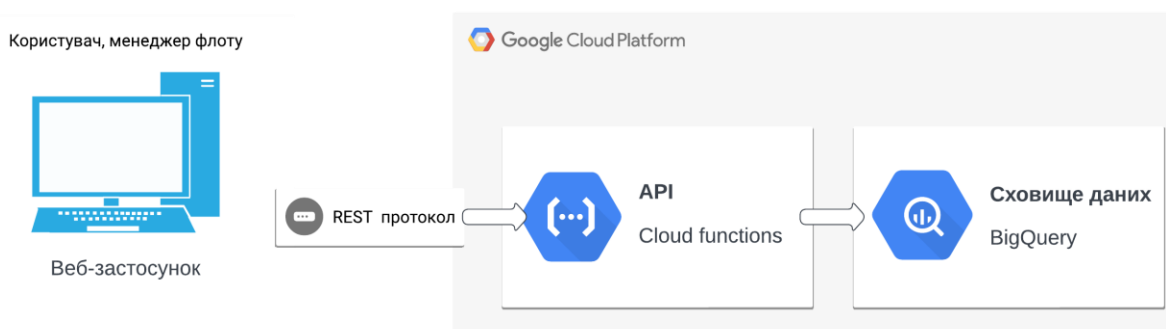


Рис. 3. Дизайн архітектури веб-додатку з використанням GCP

Аналіз ціни розробки у хмарному середовищі GCP

Важливим аспектом для впровадження системи є вартість її обслуговування. Це включає не лише вартість пристроїв та інфраструктури, але й постійні витрати на обробку даних, їх зберігання та візуалізацію.

Для оцінювання загальних витрат на кожну з компонент системи, необхідно врахувати кількість транспортних засобів, які будуть підключені до системи. Припустимо, що обсяг даних такий:

1. Один пристрій генерує сигнал з даними розміром 1 кілобайт
2. Сигнали надсилаються кожної хвилини, коли автомобіль перебуває у русі
3. З метою зменшення кількості малоінформативних повідомлень, надсилання сигналу, коли автомобіль перебуває у стані спокою, відбувається з інтервалом у 10 хвилин
4. Згідно законодавства Європейського Союзу, автомобіль може перебувати у русі не більше 9 годин в добу

Враховуючи наведені фактори можна обчислити, що сумарно за добу один автомобіль виконає надсилання не більше $9 * 60 + 15 * 6 = 630$ сигналів.

Деякі послуги GCP передбачають безкоштовне використання до досягнення певних лімітів. Це дуже важливий фактор вибору хмарних рішень для підприємств та організацій, які експлуатують обмежену кількість транспортних засобів та обмеженні у ресурсах для купівлі дорогих рішень управління тисячами автомобілів. Наприклад, використання шини *Cloud Pub/Sub* коштує лише \$0.40 за мільйон повідомлень, і перші 10 ГБ переданих даних щомісяця є безкоштовними.

Наведемо підсумковий розрахунок місячної вартості інфраструктури у GCP для підприємства, яке використовує 10, 100 та 1000 автомобілів у Таблицях 2-4.

Таблиця 2.

Витрати на оренду інфраструктури для флоту з 10 автомобілів

Сервіс	Умови використання	ціна \$
MQTT broker	10 пристроїв * 1kb * 18 900 викликів за 30 днів = 189 mb даних	~ 0.86
Cloud pub sub	10 пристроїв * 18 900 викликів за 30 днів = 189 000	~ 0
Cloud functions	Припускаємо потребу опрацювати 300 000 викликів	~ 4.5
Data warehouse	\$5 на ТВ даних, оскільки система генеруватиме приблизно 200 MB у місяць, ціною можна знехтувати	~ 0
Веб додаток	Враховуючи, що ціна не залежить від кількості пристроїв та наявність безкоштовного тарифу на хостинг, ціною можна знехтувати	~ 0

Таблиця 3.

Витрати на оренду інфраструктури для флоту з 100 автомобілів		
Сервіс	Умови використання	ціна \$
MQTT broker	100 пристроїв * 1kb * 18 900 викликів за 30 днів = 1890 mb	~ 8,6
Cloud pub sub	100 пристроїв * 18 900 викликів за 30 днів = 1 890 000	~0,8
Cloud functions	Залежно від складності обробки та запитів, але припускаємо 3 000 000 викликів	~ 45
Data warehouse	\$5 на ТВ даних, оскільки система генеруватиме приблизно 2 GB у місяць, ціною можна знехтувати	~ 0
Веб додаток	Враховуючи, що ціна не залежить від кількості пристроїв та наявність безкоштовного тарифу на хостинг, ціною можна знехтувати	~ 0

Таблиця 4.

Витрати на оренду інфраструктури для флоту з 1000 автомобілів		
Сервіс	Умови використання	ціна \$
MQTT broker	1000 пристроїв * 1kb * 18 900 викликів за 30 днів = 18 900 mb	~ 86
Cloud pub sub	1000 пристроїв * 18 900 викликів за 30 днів = 1 890 000	~7,6
Cloud functions	Залежно від складності обробки та запитів, але припускаємо 30 000 000 викликів	~ 450
Data warehouse	\$5 на ТВ даних, оскільки система генеруватиме приблизно 20 GB у місяць, ціною можна знехтувати	~ 0
Веб додаток	Враховуючи, що ціна не залежить від кількості пристроїв та наявність безкоштовного тарифу на хостинг, ціною можна знехтувати	~ 0

Аналіз наведених даних у Таблицях 2-4 вказує, що ціна обслуговування інфраструктури для флоту 10-1000 автомобілів коливається в межах XX – XXX доларів. Враховуючи, що ціна типових рішень, представлених на ринку Європейського союзу, такі як GPSWOX чи FleetUP становить від 3 євро на один автомобіль, запропонована система має економічну доцільність для її побудови.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У статті представлено архітектуру для реалізації системи збору, обробки та збереження телеметричних даних для відстеження роботи вантажних автомобілів. Пропонована система базується на використанні компонент хмарного надавача послуг Google Cloud Platform (GCP), брокера MQTT, службу обміном повідомлень, обробників даних та сховища даних. Запропонований розподіл системи на компоненти для досягнення масштабування, надійності та економічної ефективності. У статті також проведено аналіз вартості запропонованої системи, який доводить ефективність використання хмарних сервісів при реалізації системи телеметричного відстеження для організацій з невеликою кількістю автомобілів у їхньому транспортному парку.

Аналіз вартості виявив, що використання хмарних компонентів GCP дозволяють організаціям платити тільки за ресурси, які вони використовують, уникаючи інвестицій в дороге обладнання та програмне забезпечення. Згідно отриманим результатами вартість обслуговування інфраструктури для 100 автомобілів буде становити в межах 60 доларів в місяць.

References

1. Statista.com – Size of global logistic industry [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/943517/logistics-industry-global-cagr>.
2. Eurostat – Transport workers per 1000 people in 2020. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210923-2>.
3. Alliedmarketresearch – Automotive Telematics Market. [Online]. Available: <https://www.alliedmarketresearch.com/automotive-telematics-market>.
4. J. Mikulski, Ed., "Telematics in the Transport Environment: 12th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2012, Katowice-Ustron, Poland, Selected Papers," Proceedings of the 12th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2012, Katowice-Ustron, Poland, Apr. 2012.
5. A. Festag and C. Dombrowski, "Telematics in the Automotive Industry: Safety, Security, and Comfort," in Telematics in the Automotive Industry: Safety, Security, and Comfort. Berlin, Germany: Springer, 2012, pp. 1-9.
6. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things / D.Hanes, G. Salgueiro, P. Grossetete, R. Barton, J. Henry. – Indianapolis, Indiana: Cisco Press, 2017
7. IoT Use Case Adoption Report 2021. [Online] Access mode: <https://iot-analytics.com/product/iot-use-case-adoption-report-2021-2/>
8. Flespi blog - HTTP vs MQTT performance tests [Online] - <https://flespi.com/blog/http-vs-mqtt-performance-tests>
9. L. Bass, P. Clements, R. Kazman. Software Architecture in Practice, 4th Edition. – Boston, Massachusetts: Addison-Wesley Professional, 2021
10. R. Kazman, H. Cervantes (Universidad Autonoma Metropolitana-Iztapalapa). Designing Software Architectures: A Practical Approach – Boston, Massachusetts: Addison-Wesley Professional, 2016
11. Len Bass, Ingo Weber (National ICT Australia), Liming Zhu (National ICT Australia). DevOps: A Software Architect's Perspective – Boston, Massachusetts: Addison-Wesley Professional, 2015
12. Cloud.google.com - Google Cloud Architecture Framework. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/architecture/framework>
13. Cloud.google.com - Google Cloud for supply chain and logistics. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/solutions/supply-chain-logistics>