ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГОРОДА МОСКВЫ

Государственное автономное образовательное учреждение

Высшего образования города Москвы

«Московский городской педагогический университет»

(ГАОУ ВО МГПУ)

Институт цифрового образования

Лабораторная работа №3

«Проектирование архитектуры хранилища больших данных для автомобильной компании (Connected Cars) »

По дисциплине «Инструменты для хранения и обработки больших данных»

Выполнила: Татаринова Екатерина Михайловна

Группа: АДЭУ-221

Преподаватель: доцент Босенко Т.М.

Москва 2025

Задача: создать архитектуру хранилища больших данных для автомобильной компании

Цель: обеспечить сбор и анализ телеметрии с подключенных автомобилей, разработка систем помощи водителю (ADAS), управление обновлениями "по воздуху"

Определение требований

Источники данных и типы:

Структурированные данные	Полуструктурированные данные	Неструктурированные данные
CAN-шина: диагностические коды, статус двигателя, температура, расход топлива, скорость, давление в шинах	Телеметрия в реальном времени с частотой генерации до нескольких килобайт в секунду на один автомобиль	Видео с камер (мультиспектральное видео, тепловизионные потоки)
GPS: координаты, время, высота над уровнем моря	События о состоянии автомобиля (ошибки, предупреждения)	Облачные данные с лидаров (LiDAR point clouds)
OBD-II интерфейс: стандартизированная диагностическая информация	Данные о производительности двигателя	Изображения с радаров

Объемы и скорость поступления данных

Для парка из 10 000 подключенных автомобилей с интервалом отправки данных 5-10 секунд:

- Ежесекундный объем: 50-100 Мб (при средней нагрузке)
- Ежедневный объем: 4.3-8.6 Тб

- Пиковые нагрузки при критических событиях (ДТП, отказы систем)

Бизнес-цели:

- Аналитика в реальном времени с задержкой до нескольких сотен миллисекунд для систем безопасности и помощи водителю
- Batch-аналитика для отчетов и предсказательных моделей
- Запуск и интеграция моделей машинного обучения для предсказания состояния автомобиля и поведения на дороге

Компоненты архитектуры

- Слой сбора данных (Ingestion): Apache Kafka
    - Apache Kafka обеспечивает масштабируемость на уровне петабайт в день
    - Поддержка репликации данных из граничных (edge) кластеров в облако через Cluster Linking
    - Встроенная поддержка транзакций и гарантия доставки сообщений
- Слой хранения (Storage): Yandex Object Storage , ClickHouse
    - облачное хранилище данных, которое подходит для безопасного хранения конфиденциальной информации, в том числе персональных данных.
    - ClickHouse — российская колоночная СУБД, которая хорошо подходит для аналитических запросов и может использоваться для хранения персональных данных, если обеспечить надлежащую защиту. Но ClickHouse не является объектным хранилищем.
- Слой обработки (Processing): Apache Spark, Apache Flink

Flink:

- Агрегирование данных датчиков в окнах 5 секунд

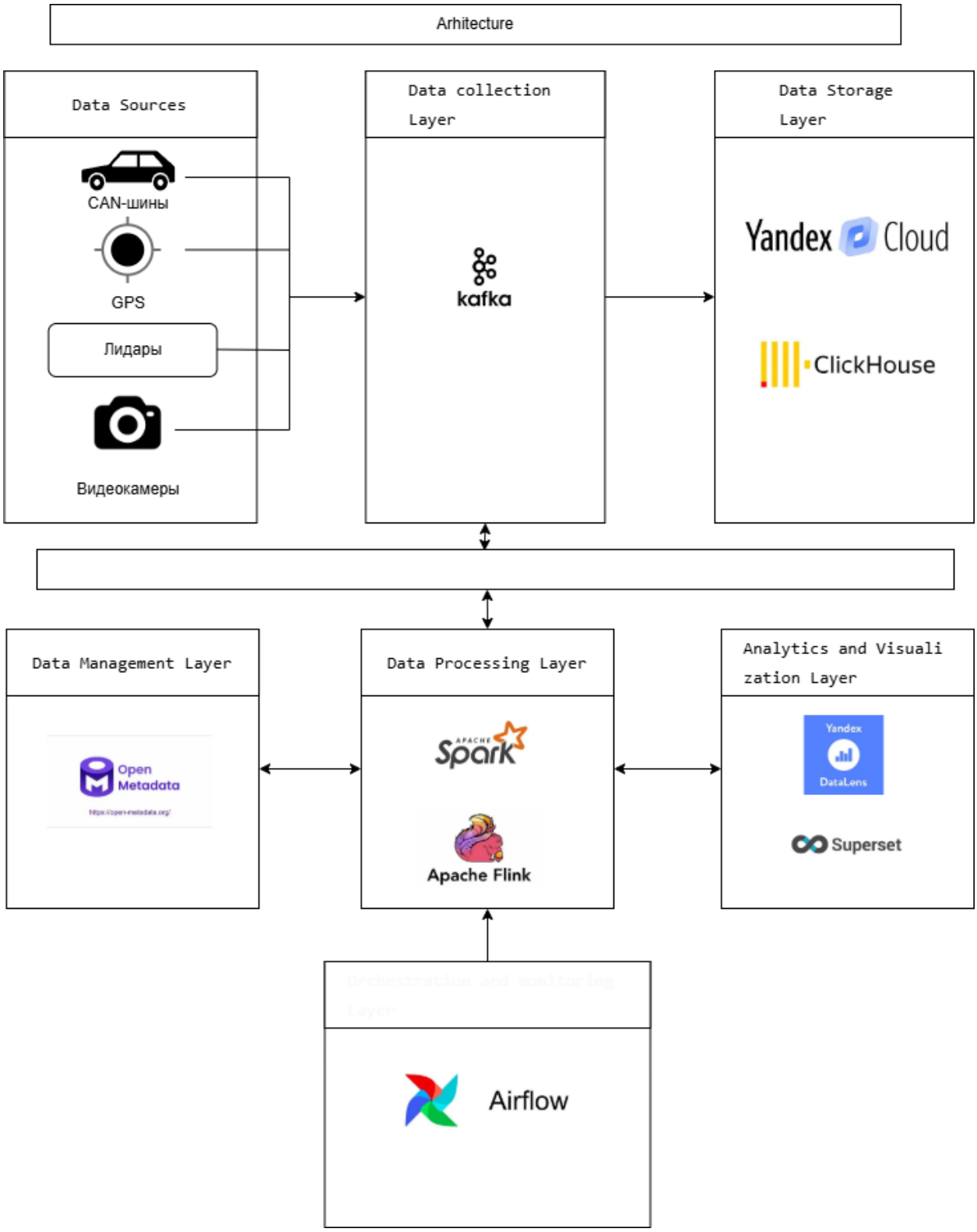
- Обнаружение аномалий в реальном времени (резкое торможение, превышение температуры)
- Трансляция событий в Azure Event Hubs для соединенных систем
- Предикция отказов с использованием встроенного взаимодействия с моделями ML

Spark используется для глубокого анализа исторических данных:

- Трансформация данных от raw к silver и gold слоям
- Вычисление агрегированных статистик по парку
- Обучение и валидация ML моделей

- Слой аналитики и визуализации (Analytics & Visualization):
  - Apache Superset — платформа для исследования и визуализации данных с открытым исходным кодом.
  -
- Слой оркестрации (Orchestration): Apache Airflow
  - Зрелость экосистемы и широкое распространение в индустрии
  - Встроенная поддержка KubernetesExecutor для масштабирования на тысячи DAG-ов
  - Интеграция с Spark, Flink и облачными сервисами AWS
  - Возможность управления сложными зависимостями между пайплайнами обработки
- Управление данными (Data Governance): OpenMetadata.
  - Каталогизация всех таблиц и данных в системе
  - Отслеживание родословной данных (lineage) для целей аудита
  - Управление качеством данных и документирование схем

Создание диаграммы архитектуры


Arhitecture
Data Sources
CAN-шины
GPS
Лидары
Видеокамеры
Data collection Layer
kafka
Data Storage Layer
Yandex Cloud
ClickHouse
Data Management Layer
Open Metadata
Data Processing Layer
Spark
Apache Flink
Analytics and Visualization Layer
Yandex DataLens
Superset
Orchestration and monitoring Layer
Airflow

Потоки данных

Данные с CAN-шины, GPS, лидаров и камер передаются с автомобилей через MQTT по защищенным каналам в AWS IoT Core.

Далее данные направляются в Apache Kafka, где осуществляется масштабируемое хранение и передача сообщений для потребителей.

Потоковая обработка с Apache Flink анализирует данные для обнаружения аномалий, принятия решений ADAS и обогащения потоков.

Одновременно данные сохраняются в ClickHouse и Yandex Object Storage с многоуровневой структурой хранения (raw, bronze, silver, gold).

Батч-обработка с Apache Spark очищает и агрегирует данные для последующего анализа и машинного обучения.

Для аналитики используются Apache Superset и ClickHouse, откуда данные визуализируются в Apache Superset и Yandex Datalens

Оркестрация всего процесса — Apache Airflow, а мониторинг — Prometheus с визуализацией в Yandex Datalens

Производительность и масштабируемость

Масштабирование Kafka достигается увеличением числа партиций и кластеров.

Flink масштабируется за счет увеличения параллелизма задач обработки.

Использование edge-вычислений на устройствах снижает нагрузку на облачное хранилище.

Репликация и multi-region развертывания для отказоустойчивости.

Горизонтальное масштабирование Airflow через KubernetesExecutor.

Безопасность

Рост стоимости хранения видеоданных решается адаптивным сжатием, tierring-стратегией и выборочным сохранением.

Качество данных обеспечивается валидацией на стороне Flink, использованием quarantine-слоя и data contracts.

Управление сложностью системы решается с помощью Data Mesh подхода, централизованного каталога OpenMetadata и CI/CD для пайплайнов.

Вывод

Предложенная архитектура эффективно решает задачи обработки больших объемов разнообразных данных Connected Cars с акцентом на низкую задержку, масштабируемость и надежность. Использование Data Lakehouse сочетает гибкость и производительность, а современный технологический стек гарантирует готовность платформы к росту числа автомобилей и объема данных. Внимание к мониторингу, оркестрации и управлению данными обеспечивает стабильную и прозрачную эксплуатацию системы.