

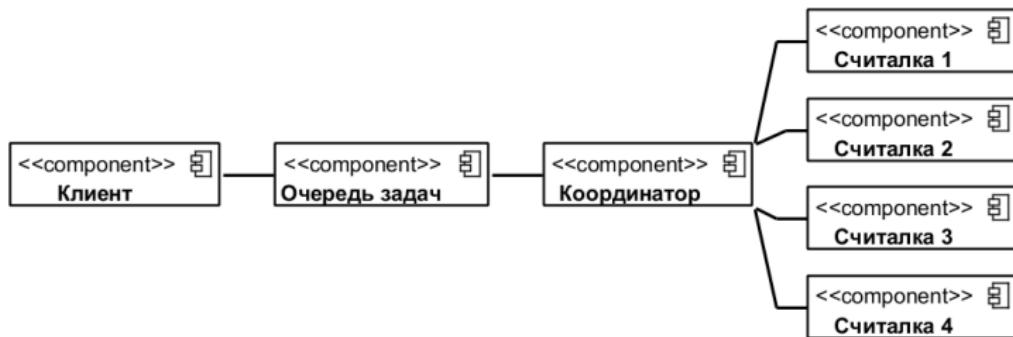
Лекция 10: Проектирование распределённых приложений

Часть вторая: архитектурные вопросы

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

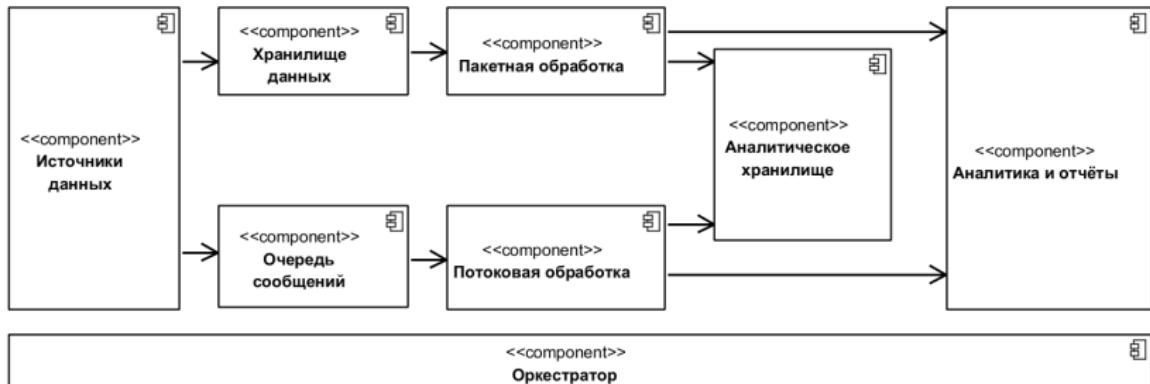
19.05.2026

Big Compute



- ▶ Для сверхсложных задач, предполагающих тысячи вычислительных узлов
- ▶ Требует «embarrassingly parallel» задачу
- ▶ Предполагает использование весьма продвинутых (и дорогих) облачных ресурсов

Big Data

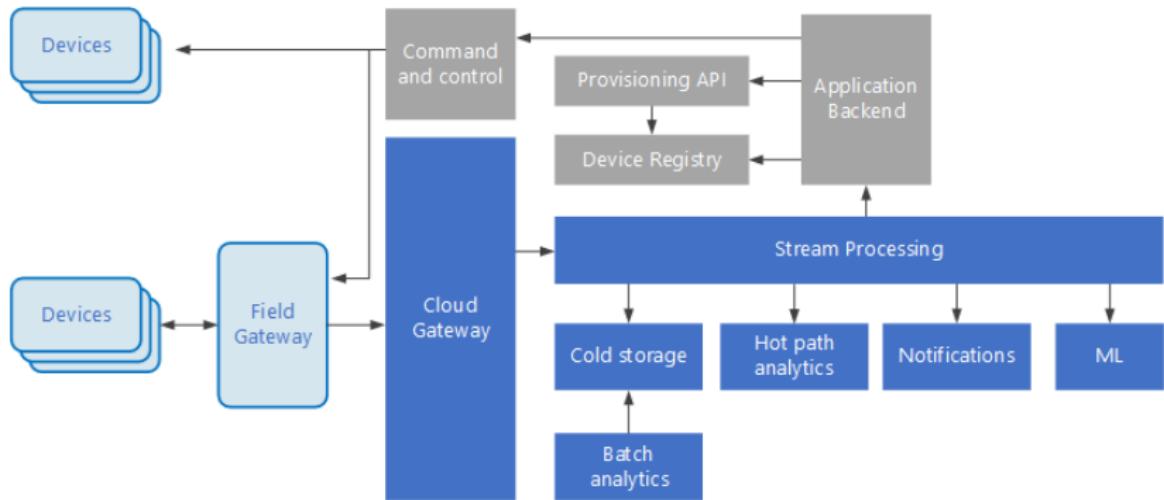


- ▶ Для аналитики над большими данными
 - ▶ Либо данных много и их можно обрабатывать неторопливо
 - ▶ Либо данных много и их надо обрабатывать в реальном времени
- ▶ Данные не лезут в обычную СУБД

Big Data, хорошие практики

- ▶ Распределённые хранение и обработка
 - ▶ Например, Apache Hadoop, Apache Spark
- ▶ Schema-on-read
 - ▶ Data lake — распределённое хранилище слабоструктурированных данных
- ▶ Обработка на месте (TEL вместо ETL)
- ▶ Разделение данных по интервалам обработки
- ▶ Раннее удаление приватных данных

Пример: IoT



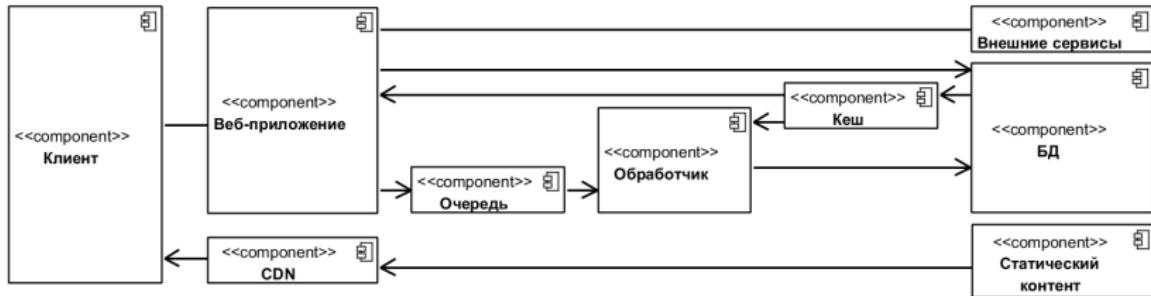
© <https://github.com/MicrosoftDocs/architecture-center/blob/main/docs/guide/architecture-styles/big-data.md>

Событийно-ориентированная архитектура



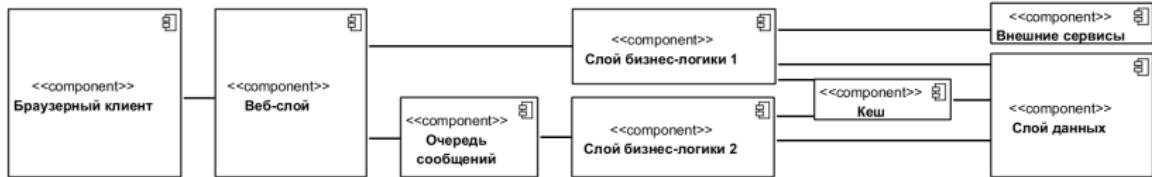
- ▶ Для обработки событий в реальном времени
- ▶ Бывает двух видов:
 - ▶ Издатель/подписчик (например, RabbitMQ)
 - ▶ Event Sourcing (например, Apache Kafka)

Web-queue-worker



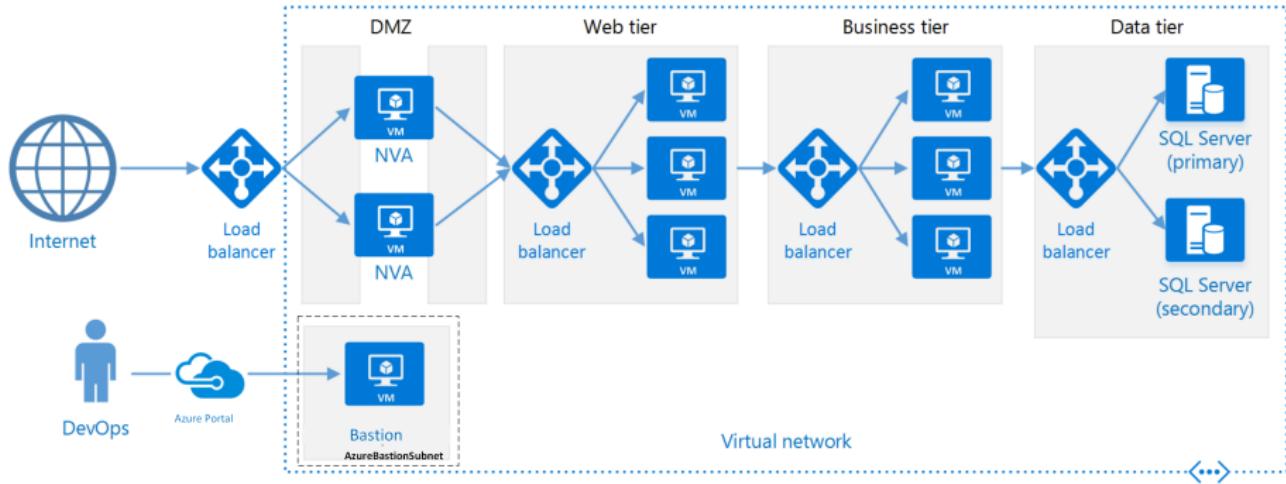
- ▶ Для вычислительно сложных задач в несложной предметной области
- ▶ Позволяет эффективно использовать готовые сервисы
- ▶ Независимое масштабирование фронта и обработчика
- ▶ Может превратиться в Big Ball of Mud

N-звенная архитектура



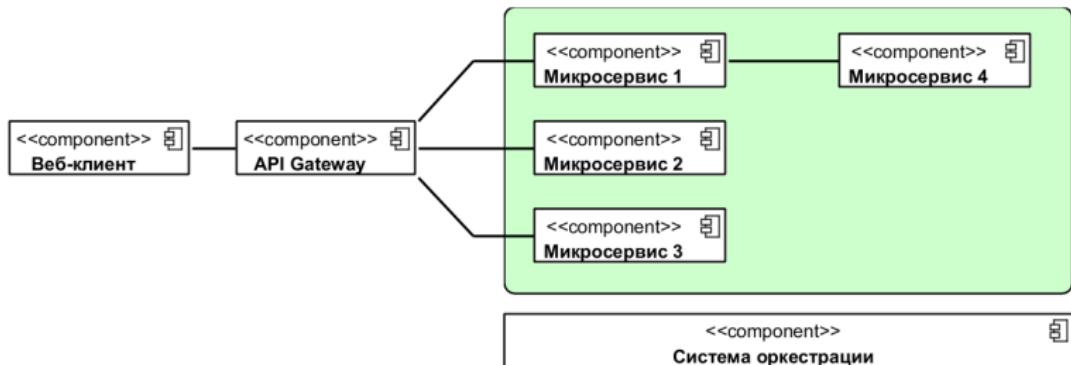
- ▶ Для быстрого переноса монолита в облако
- ▶ Для простых веб-приложений
- ▶ Проблемы с масштабированием и сопровождаемостью

Пример: N-звенное приложение на Azure



© <https://github.com/MicrosoftDocs/architecture-center/blob/main/docs/guide/architecture-styles/n-tier.md>

Микросервисная архитектура



- ▶ Для приложений со сложной предметной областью
- ▶ Альтернатива монолиту, со своими достоинствами и недостатками
- ▶ Микросервис пишется одним человеком за две недели
 - ▶ На самом деле, пишется и поддерживается небольшой командой
- ▶ Микросервис — ограниченный контекст в смысле DDD

Особенности

- ▶ Каждый микросервис — отдельное приложение
 - ▶ Независимость языков и технологий
 - ▶ Имеет своё хранилище данных, не имеет права шарить данные
 - ▶ В каком-то смысле, объект из ООП
 - ▶ Каждому сервису наиболее подходящая СУБД
- ▶ Мелкозернистая масштабируемость
- ▶ Независимое развёртывание
- ▶ Изоляция ошибок
- ▶ Маленькая и простая кодовая база

Проблемы

- ▶ Сложность перекладывается с реализации на оркестрацию
 - ▶ Неочевидно, неразвитые инструменты
 - ▶ В целом сложнее, чем рассмотренные выше стили
 - ▶ Сложное управление и мониторинг, требуется развитая культура DevOps
 - ▶ Сложная в плане управления зависимостями разработка
- ▶ Технологический зоопарк
- ▶ Нагрузка на сеть
- ▶ Сложно поддерживать целостность данных
 - ▶ Eventual Consistency

Дизайн REST-интерфейса

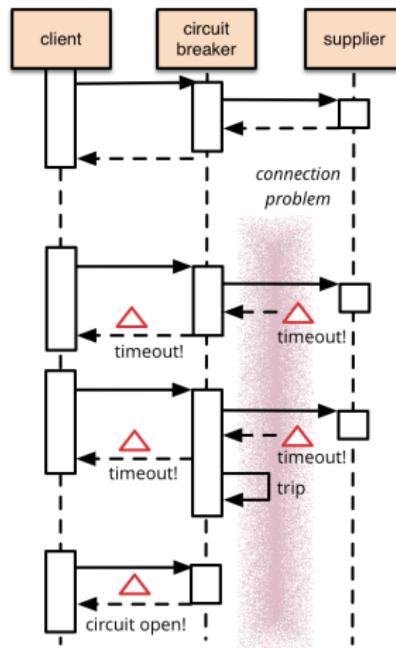
- ▶ API строится вокруг ресурсов, не действий
 - ▶ `http://api.example.com/customers/` — хорошо
 - ▶ `http://api.example.com/get_customer/` — плохо
- ▶ Отношения между сущностями:
`http://api.example.com/customers/5/orders`
 - ▶ Максимум одно отношение — надо будет, сделают ещё запросы
- ▶ API — модель предметной области, не данных
- ▶ Семантика HTTP
 - ▶ Заголовки Content-Type, Accept
 - ▶ Коды возврата (200, 204, 404, 400, 409)
- ▶ Механизмы фильтрации и «пагинации»
- ▶ Поддержка Partial Content
- ▶ Hypertext as the Engine of Application State (HATEOAS)
- ▶ Версионирование — не ломать обратную совместимость

Общие принципы дизайна распределённых приложений

Самовосстановление

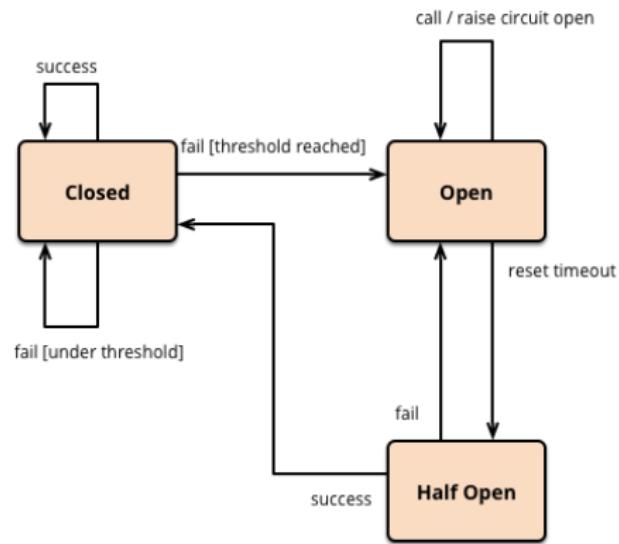
- ▶ Повтор при временном отказе
- ▶ API для самодиагностики
- ▶ Разделение на изолированные группы ресурсов
- ▶ Буферизация запросов
- ▶ Автоматическое переключение на резервный экземпляр, ручное обратно
- ▶ Промежуточное сохранение
- ▶ Плавная потеря работоспособности (graceful degradation)
- ▶ Тестирование отказов, Chaos engineering

Circuit Breaker, поведение



© <https://martinfowler.com/bliki/CircuitBreaker.html>

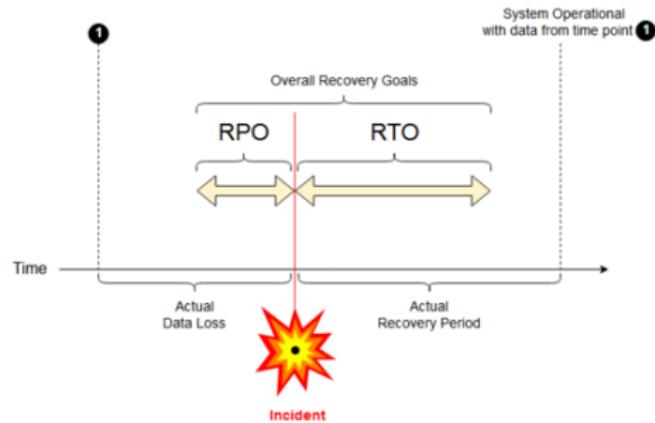
Circuit Breaker, состояния



© <https://martinfowler.com/bliki/CircuitBreaker.html>

Избыточность

- ▶ Бизнес-требования к надёжности
 - ▶ Recovery Time Objective, Recovery Point Objective, Maximum Tolerable Outage
- ▶ Балансирующие нагрузки
- ▶ Репликация БД
- ▶ Разделение по регионам
- ▶ Шардирование



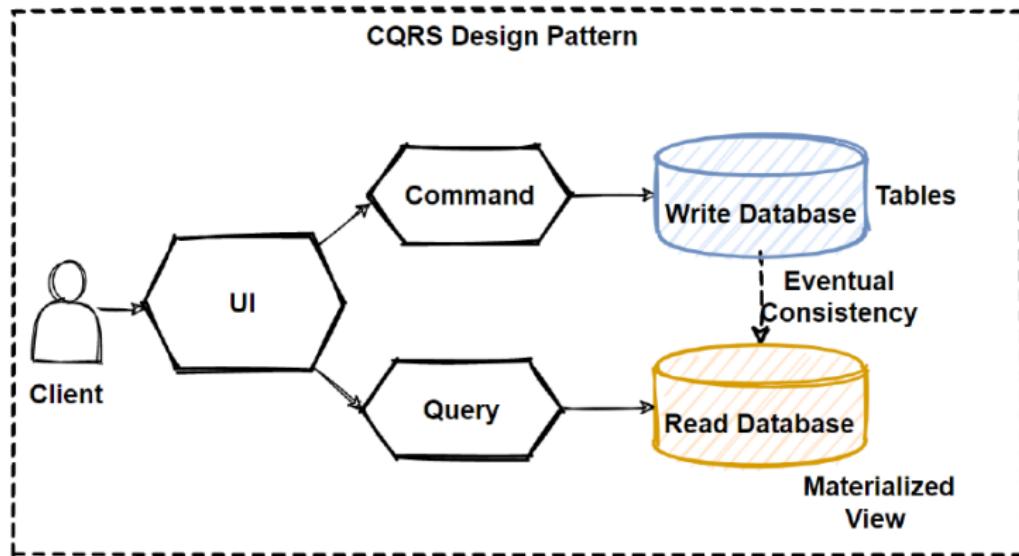
©

https://en.wikipedia.org/wiki/Disaster_recovery

Минимизация координации

- ▶ Доменные события (domain events)
- ▶ Event Sourcing
- ▶ Асинхронные, идемпотентные операции
- ▶ Шардирование
- ▶ Eventual Consistency, компенсационные транзакции

Command and Query Responsibility Segregation



© <https://medium.com/design-microservices-architecture-with-patterns/cqrs-design-pattern-in-microservices-architectures-5d41e359768c>

CAP-теорема

В любой распределённой системе можно обеспечить не более двух из трёх свойств:

- ▶ Согласованность данных (Consistency) — во всех вычислительных узлах данные консистентны
- ▶ Доступность (Availability) — любой запрос завершается корректно, но без гарантии, что ответы всех узлов одинаковы
- ▶ Устойчивость к разделению (Partitioning Tolerance) — потеря связи между узлами не портит ответы
 - ▶ Этот пункт в распределённых системах должен быть обеспечен всегда, потому что отказы неизбежны. Остаётся выбрать один из двух

ACID vs BASE

ACID:

- ▶ Atomicity — транзакция не применится частично
- ▶ Consistency — завершённая транзакция не нарушает целостности данных
- ▶ Isolation — параллельные транзакции не мешают друг другу
- ▶ Durability — если транзакция завершилась, её данные не потеряются

BASE:

- ▶ Basically Available — отказ узла может привести к некорректному ответу, но только для клиентов, обслуживавшихся узлом
- ▶ Soft-state — состояние может меняться само собой, согласованность между узлами не гарантируется
- ▶ Eventually consistent — гарантируется целостность только в некоторый момент в будущем

Проектирование для обслуживания

- ▶ Делать всё наблюдаемым
 - ▶ Трассировка, в т.ч. распределённая
 - ▶ Логирование
- ▶ Мониторинг, метрики
- ▶ Стандартизация форматов логов и метрик
- ▶ Автоматизация задач обслуживания
- ▶ Конфигурация — это код