

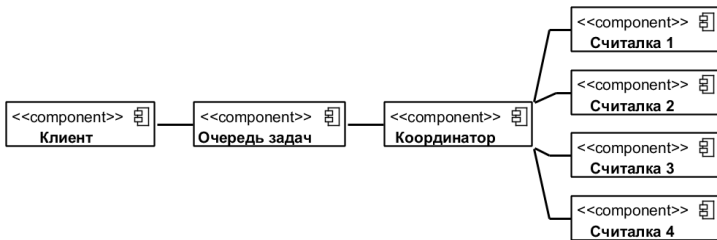
# Лекция 14: Проектирование распределённых приложений

Часть вторая: стратегические вопросы

Юрий Литвинов  
y.litvinov@spbu.ru

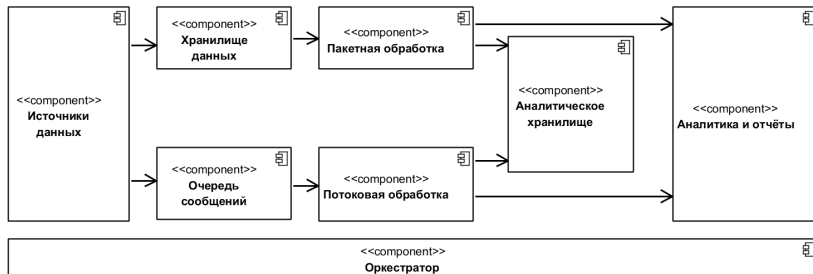
15.12.2022

# Big Compute



- ▶ Для сверхсложных задач, предполагающих тысячи вычислительных узлов
- ▶ Требуется «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



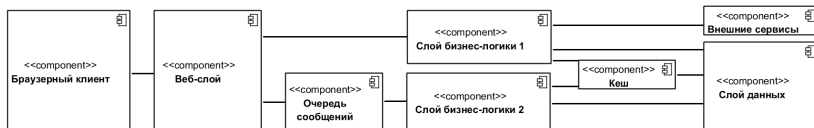
- ▶ Для обработки событий в реальном времени
- ▶ Бывает двух видов:
  - ▶ Издатель/подписчик (например, RabbitMQ)
  - ▶ Event Sourcing (например, Apache Kafka)

# Web-queue-worker



- ▶ Для вычислительно сложных задач в несложной предметной области
- ▶ Позволяет эффективно использовать готовые сервисы
- ▶ Независимое масштабирование фронтенда 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

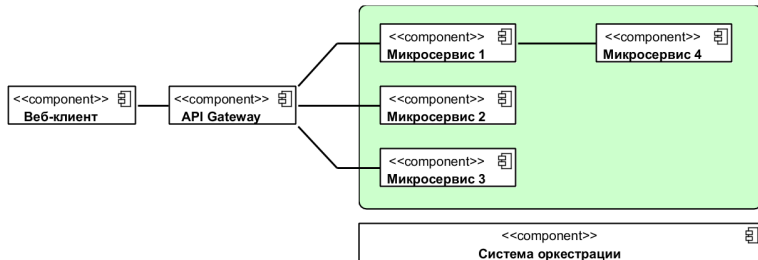


# Пример: N-звенное приложение на Azure



© <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 переключается 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

# Representational State Transfer (REST)

- ▶ Самая популярная сейчас архитектура веб-сервисов
- ▶ Передача всего необходимого в запросе
  - ▶ Нельзя хранить состояние сессии
- ▶ Стандартизованный интерфейс, очень простые запросы
- ▶ Стандартные протоколы (в основном поверх HTTP)
- ▶ Обычно JSON как формат сериализации
- ▶ Кеширование

# Интерфейс сервиса

- ▶ Коллекции
  - ▶ <http://api.example.com/customers/>
- ▶ Элементы
  - ▶ <http://api.example.com/customers/17>
- ▶ HTTP-методы (GET, POST, PUT, DELETE), стандартная семантика, стандартные коды ошибок
- ▶ Передача параметров прямо в URL
  - ▶ [http://api.example.com/customers?user=me&access\\_token=ASFQF](http://api.example.com/customers?user=me&access_token=ASFQF)

## Пример, Google Drive REST API

- ▶ GET <https://www.googleapis.com/drive/v2/files> — список всех файлов
- ▶ GET <https://www.googleapis.com/drive/v2/files/fileId> — метаданные файла по его Id
- ▶ POST <https://www.googleapis.com/upload/drive/v2/files> — загрузить новый файл
- ▶ PUT <https://www.googleapis.com/upload/drive/v2/files/fileId> — обновить файл
- ▶ DELETE <https://www.googleapis.com/drive/v2/files/fileId> — удалить файл

# Дизайн REST-интерфейса

- ▶ API строится вокруг ресурсов, не действий
  - ▶ <http://api.example.com/customers/> — хорошо
  - ▶ [http://api.example.com/get\\_customer/](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

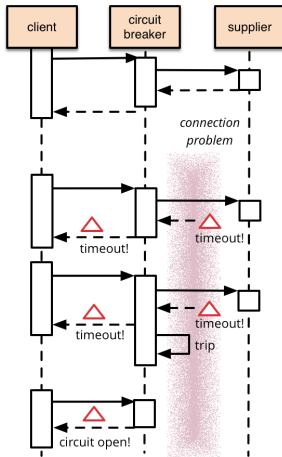


# Общие принципы дизайна распределённых приложений

## Самовосстановление

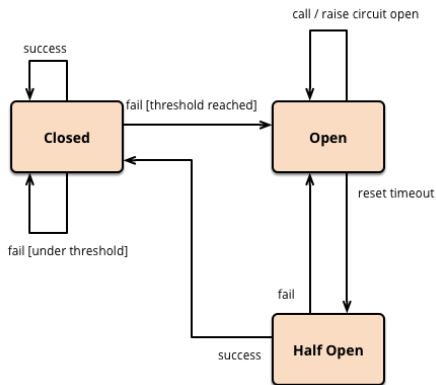
- ▶ Повтор при временном отказе
- ▶ Паттерн «Circuit Breaker»
- ▶ API для самодиагностики
- ▶ Разделение на изолированные группы ресурсов
- ▶ Буферизация запросов
- ▶ Автоматическое переключение на резервный экземпляр, ручное обратно
- ▶ Промежуточное сохранение
- ▶ Плавная потеря работоспособности (graceful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

# Circuit Breaker, поведение



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

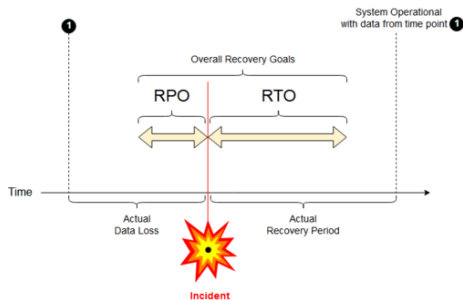
# Circuit Breaker, состояния



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

# Избыточность

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

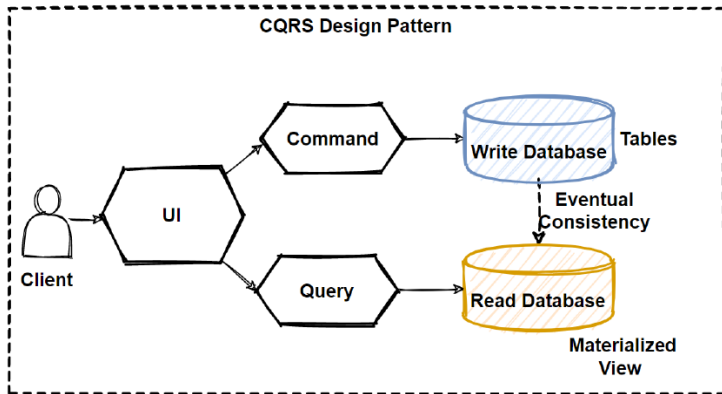


© [https://en.wikipedia.org/wiki/Disaster\\_recovery](https://en.wikipedia.org/wiki/Disaster_recovery)

# Минимизация координации

- ▶ Доменные события (domain events)
- ▶ Паттерн «Command and Query Responsibility Segregation» (CQRS)
- ▶ 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

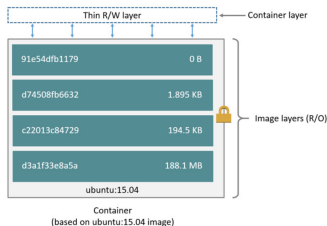
# Docker

- ▶ Средство для “упаковки” приложений в изолированные контейнеры
- ▶ Что-то вроде легковесной виртуальной машины
- ▶ Широкий инструментарий: DSL для описания образов, публичный репозиторий, поддержка оркестраторами



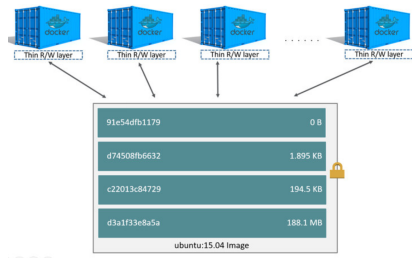
# Docker Image

- ▶ Окружение и приложение
- ▶ Состоит из слоёв
  - ▶ Все слои read-only
  - ▶ Образы делят слои между собой как процессы делят динамические библиотеки
- ▶ На основе одного образа можно создать другой



# Docker Container

- ▶ Образ с дополнительным write слоем
- ▶ Содержит один запущенный процесс
- ▶ Может быть сохранен как новый образ



# DockerHub

- ▶ Внешний репозиторий образов
  - ▶ Официальные образы
  - ▶ Пользовательские образы
  - ▶ Приватные репозитории
- ▶ Простой CI/CD
- ▶ Высокая доступность



# Базовые команды

- ▶ `docker run` — запускает контейнер (при необходимости делает pull)
  - ▶ `-d` — запустить в фоновом режиме
  - ▶ `-p host_port:container_port` — прокинуть порт из контейнера на хост
  - ▶ `-i -t` — запустить в интерактивном режиме
  - ▶ Пример: `docker run -it ubuntu /bin/bash`
- ▶ `docker ps` — показывает запущенные контейнеры
  - ▶ Пример: `docker run -d nginx; docker ps`
- ▶ `docker stop` — останавливает контейнер (шлёт SIGTERM, затем SIGKILL)
- ▶ `docker exec` — запускает дополнительный процесс в контейнере

# Dockerfile

*# Use an official Python runtime as a parent image*

FROM python:2.7-slim

*# Set the working directory to /app*

WORKDIR /app

*# Copy the current directory contents into the container at /app*

ADD . /app

*# Install any needed packages specified in requirements.txt*

RUN pip install --trusted-host pypi.python.org -r requirements.txt

*# Make port 80 available to the world outside this container*

EXPOSE 80

*# Define environment variable*

ENV NAME World

*# Run app.py when the container launches*

CMD ["python", "app.py"]

# Двухфазная сборка

```
FROM mcr.microsoft.com/dotnet/aspnet:6.0 AS base
WORKDIR /app
EXPOSE 80
EXPOSE 443
```

```
FROM mcr.microsoft.com/dotnet/sdk:6.0 AS build
WORKDIR /src
COPY ["ConferenceRegistration/ConferenceRegistration.csproj", "ConferenceRegistration/"]
RUN dotnet restore "ConferenceRegistration/ConferenceRegistration.csproj"
COPY . .
WORKDIR "/src/ConferenceRegistration"
RUN dotnet build "ConferenceRegistration.csproj" -c Release -o /app/build
```

```
FROM build AS publish
RUN dotnet publish "ConferenceRegistration.csproj" -c Release -o /app/publish
```

```
FROM base AS final
WORKDIR /app
COPY --from=publish /app/publish .
ENTRYPOINT ["dotnet", "ConferenceRegistration.dll"]
```



# Docker Compose

**version:** "3"

**services:**

**web:**

**image:** username/repo:tag

**deploy:**

**replicas:** 5

**resources:**

**limits:**

**cpus:** "0.1"

**memory:** 50M

**restart\_policy:**

**condition:** on-failure

**ports:**

- "80:80"

**networks:**

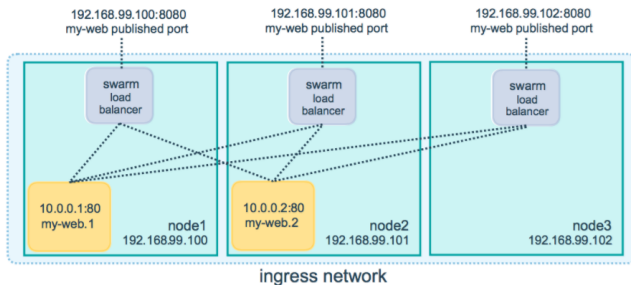
- webnet

**networks:**

**webnet:**

# Docker Swarm

- ▶ Машина, на которой запускается контейнер, становится главной
- ▶ Другие машины могут присоединяться к swarm-у и получать копию контейнера
- ▶ Docker балансирует нагрузку по машинам



© <https://www.docker.com>

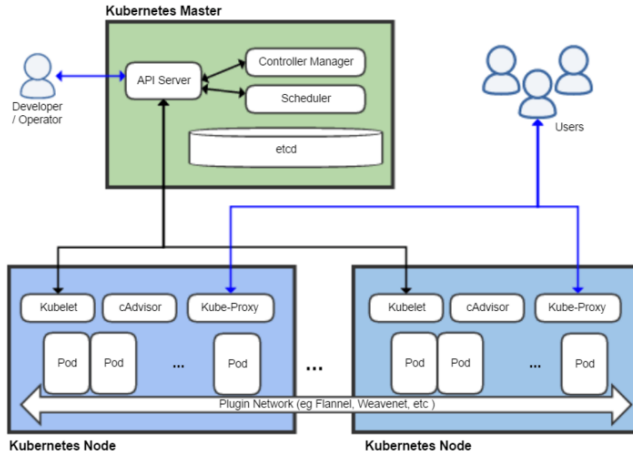
# Kubernetes

- ▶ Оркестратор контейнеров
- ▶ Отвечает за раскидывание контейнеров по хостам, масштабирование, мониторинг и управление жизненным циклом
  - ▶ Сильно продвинутый Docker Compose
- ▶ Open-source, Google, Go



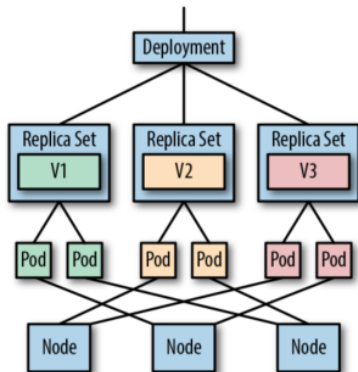
© <https://kubernetes.io/>

# Архитектура Kubernetes



© <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kubernetes>

# Объекты Kubernetes



© J. Arundel, J. Domingus, Cloud Native DevOps with Kubernetes

# Deployment

**apiVersion:** apps/v1

**kind:** Deployment

**metadata:**

**name:** demo

**labels:**

**app:** demo

**spec:**

**replicas:** 1

**selector:**

**matchLabels:**

**app:** demo

**template:**

**metadata:**

**labels:**

**app:** demo

**spec:**

**containers:**

- **name:** demo

**image:** cloudfnated/demo:hello

**ports:**

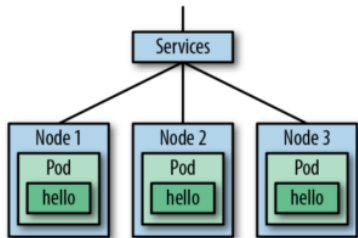
- **containerPort:** 8888

Запуск:

kubectl apply -f k8s/deployment.yaml

© J. Arundel, J. Domingus, Cloud Native DevOps  
with Kubernetes

# Сервисы



© J. Arundel, J. Domingus, Cloud Native DevOps with Kubernetes

# Service

**apiVersion:** v1

**kind:** Service

**metadata:**

**name:** demo

**labels:**

**app:** demo

**spec:**

**ports:**

- **port:** 9999

**protocol:** TCP

**targetPort:** 8888

**selector:**

**app:** demo

**type:** ClusterIP

Запуск:

```
kubectl apply -f k8s/service.yaml
```

```
kubectl port-forward service/demo 9999:8888
```

© J. Arundel, J. Domingus, Cloud Native DevOps with Kubernetes



## Рекомендации и техники

- ▶ Конфигурация — это код, не управляйте кластером вручную
- ▶ Мониторинг
  - livenessProbe:**
    - httpGet:**
      - path:** /healthz
      - port:** 8888
    - initialDelaySeconds:** 3
    - periodSeconds:** 3
- ▶ Blue/green deployment, rainbow deployment, canary deployment
  - ▶ Не используйте тэг latest для Docker-образов
- ▶ Используйте инструменты
  - ▶ Helm, Kubernetes Dashboard и аналоги, Prometheus, Clair, Velero, ...
- ▶ Метрики: Requests-Errors-Duration, Utilization-Saturation-Errors

# Облачная инфраструктура

- ▶ Виды сервисов:
  - ▶ Infrastructure as a Service
  - ▶ Platform as a Service
  - ▶ Software as a Service
- ▶ Основные провайдеры:
  - ▶ Amazon Web Services (почти 50% рынка)
  - ▶ Microsoft Azure (порядка 10%)
  - ▶ Google Cloud
  - ▶ Всё остальное (Heroku, Yandex.Cloud, ...)

# Пример: экосистема AWS

- ▶ Вычисления:
  - ▶ EC2 (Elastic Computations)
  - ▶ ECS (Elastic Container Service)
- ▶ Сеть:
  - ▶ VPC (Virtual Private Cloud)
  - ▶ ELB (Elastic Load Balancer)
  - ▶ API Gateway
- ▶ Устройства хранения:
  - ▶ EFS (Elastic File System)
  - ▶ EBS (Elastic Block Storage)
- ▶ SaaS, базы данных:
  - ▶ RDS (Relational Database Service)
  - ▶ DynamoDB
  - ▶ ElasticSearch Service

# Infrastructure as Code

«The enabling idea of infrastructure as a code is that systems and devices which are used to run software can be treated as if they, themselves, are software» (Infrastructure as Code, Kief Morris)

- ▶ Платформонезависимое представление инфраструктуры
- ▶ Воспроизводимое развёртывание
- ▶ Пример: Terraform

