Kubernetes. Введение

Докладчик: Илья Крылов
Дата: май 2020

Что такое Kubernetes?

Kubernetes (далее k8s) - open-source проект для управления кластером контейнеров Linux как единой системой.

Kubernetes управляет и запускает контейнеры Docker на большом количестве хостов, а также обеспечивает совместное размещение и репликацию большого количества контейнеров.

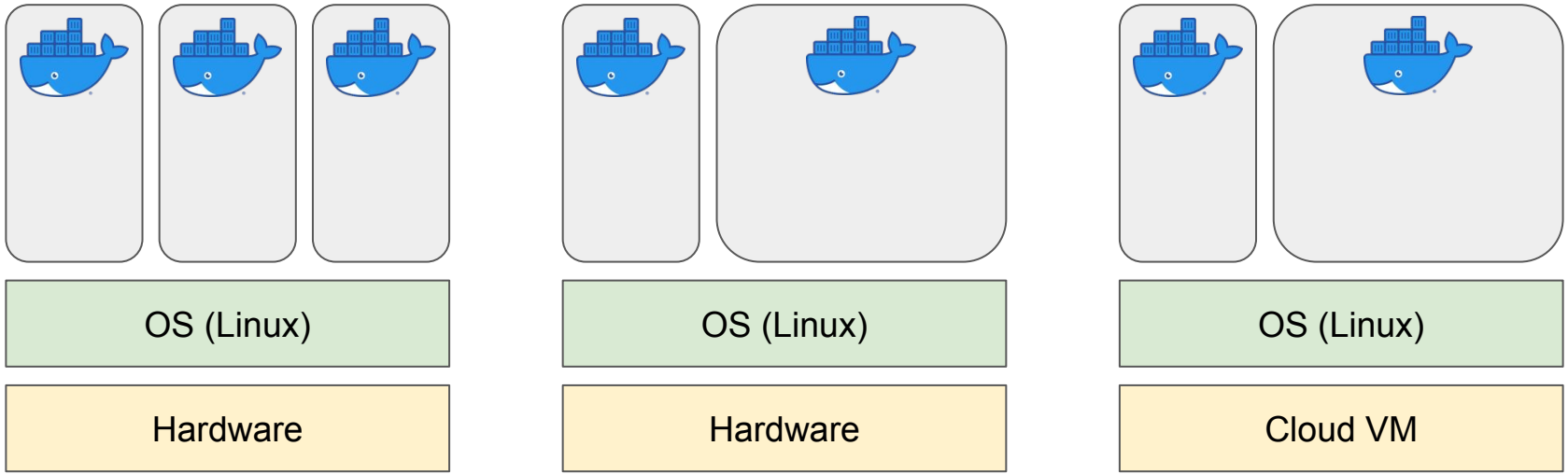
Проект был начат Google и теперь поддерживается многими компаниями, среди которых Microsoft, RedHat, IBM и Docker.

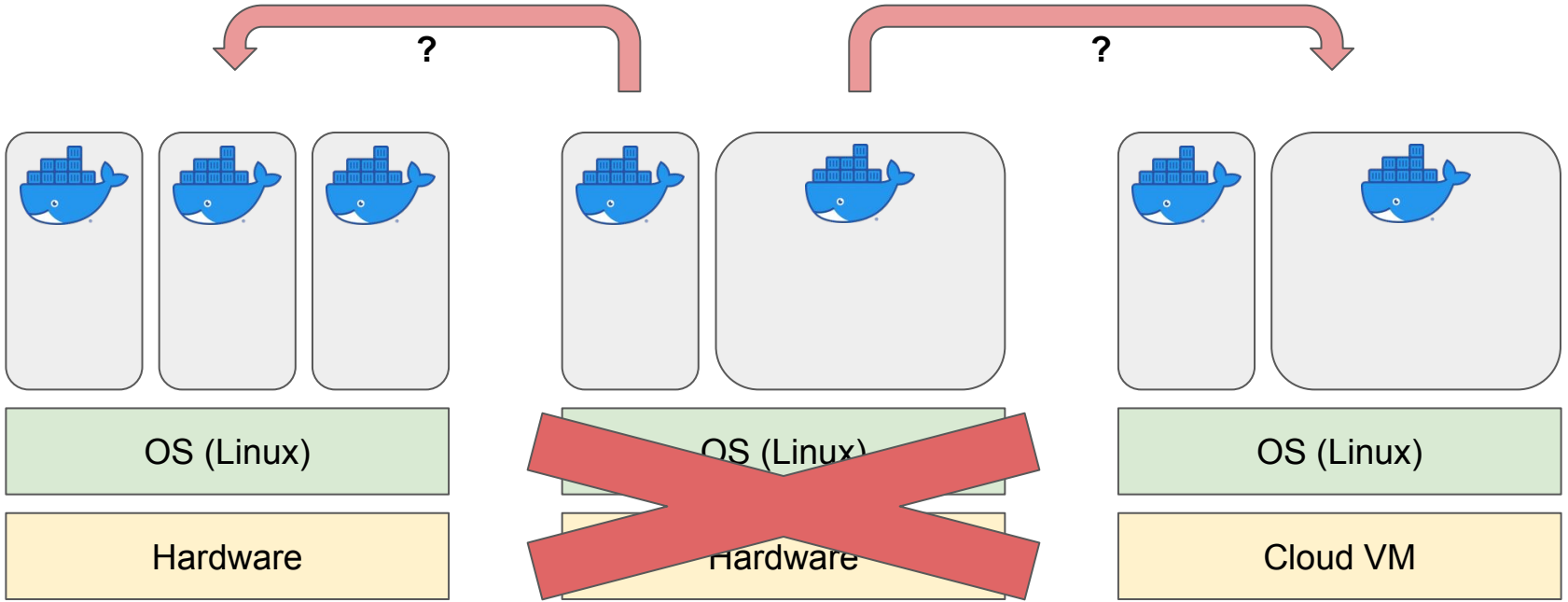
Какую проблему решает k8s?

Две основные проблемы:

1. Масштабирование и запуск контейнеров на большом кол-ве хостов.
2. Балансировка контейнеров между хостами.

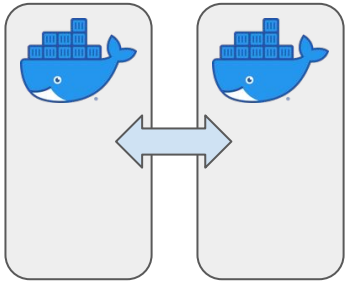
K8s предлагает высокоуровневый API для логического группирования контейнеров, их размещения, а также их последующего балансирования.

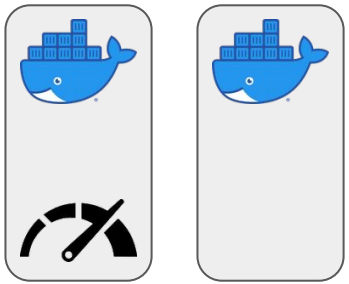

OS (Linux)
Hardware
OS (Linux)
Hardware
OS (Linux)
Cloud VM

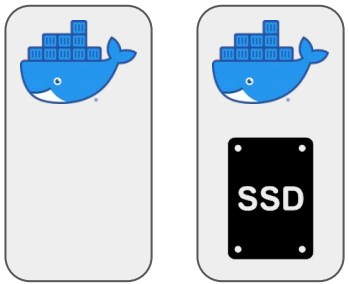


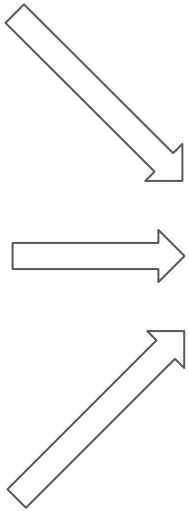
Потенциальные проблемы:

1. Контейнеры могут быть связаны и должны быть расположены на одной ноде.
2. Контейнеры могут “не убраться” на оставшиеся ноды без дополнительных перестановок.
3. При вводе в строй новой ноды придется снова выполнять “переезд” контейнеров в обратном порядке.









Требования

Hardware

Hardware

Hardware

Cloud VM

Cloud VM

- Сложные правила расположения контейнеров
- Self-healing
- Infrastructure as code (IaC)

Задачи, которые решает k8s

- Автоматизация инфраструктуры (развертывания и откаты)
- (Авто) масштабирование
- Supervision
- Service Discovery
- Логирование
- Сбор метрик (мониторинг)
- CI / CD
- Уменьшение vendor lock-in (изоляция от платформы)

Minikube - локальный кластер kubernetes

https://minikube.sigs.k8s.io/

Локальный кластер k8s для Linux/Windows/MacOS.

Используется для знакомства и локальных экспериментов с Kubernetes.

Процедура установки предельно проста: https://minikube.sigs.k8s.io/docs/start/

После установки останется только запустить кластер:

```
$ minikube start
$ minikube stop
```

Kubectl - клиент для управления кластером

Необходимо установить на всех машинах, с которых планируется управлять кластером.

Инструкция по установке: https://kubernetes.io/ru/docs/tasks/tools/install-kubectl/

Конфигурационный файл для kubectl:

1. **`$HOME/.kube/config`** - расположение по умолчанию
2. **`KUBECONFIG`** - переменная окружения
3. **`--kubeconfig`** - параметр запуска

Node - узел кластера

Физическая или виртуальная машина, которая является частью k8s-кластера.

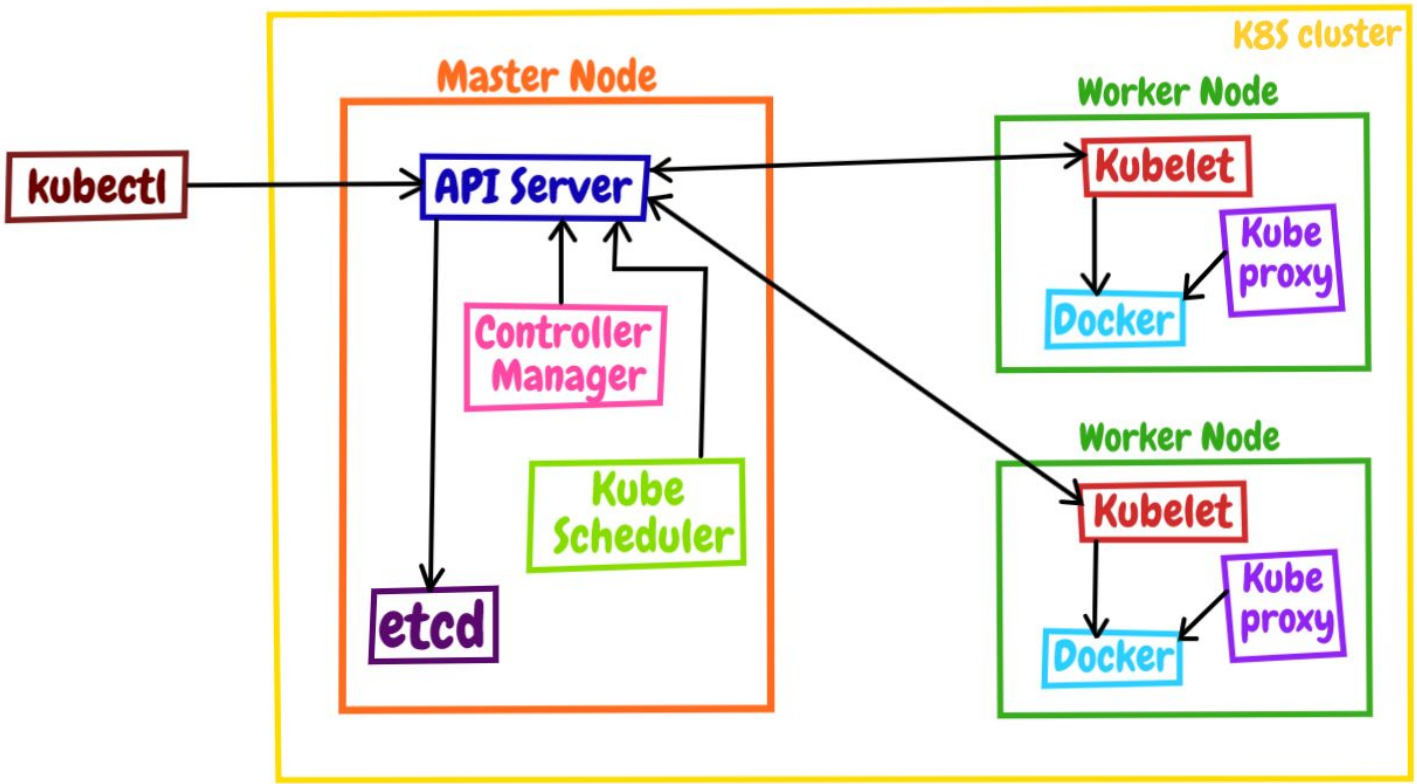
Может играть разные роли:

- **Master** - предназначена для размещения управляющих и координирующих элементов кластера (etcd, API server, планировщик и различные менеджеры).
- **Worker** - предназначена для рабочей нагрузки (размещение и выполнение приложений в pod’ах).

Обычно эти роли распределены по разным машинам, но в некоторых случаях могут совмещаться одной и той же машиной (например, в dev-окружениях).

```
$ kubectl get nodes - просмотр списка узлов
$ kubectl describe node minikube - просмотр данных об одном узле
```

Архитектура Kubernetes-кластера

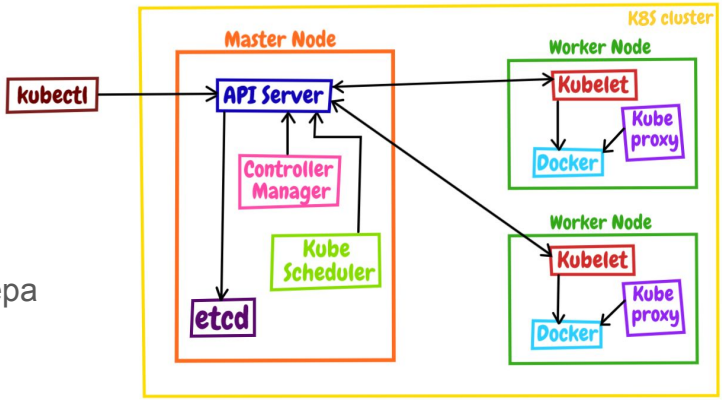


Источник изображения: https://medium.com/@keshiha/k8s-architecture-bb6964767c12

Компоненты master-узлов

API Server
Фронтенд управляющего контура, с которым взаимодействуют все прочие компоненты. Он принимает и обрабатывает запросы по REST API.

Controller Manager
Общее название для набора служб, следящих за состоянием кластера и вносящих необходимые изменения для приведения фактического состояния кластера к желаемому.
Важно: контроллеры не выполняют фактическую работу, они занимаются лишь конфигурированием.



Kube Scheduler
Компонент, отвечающий за распределение рабочей нагрузки по доступным узлам. Распределение выполняется как на основании заданных настроек, так и на основании текущего использования ресурсов.

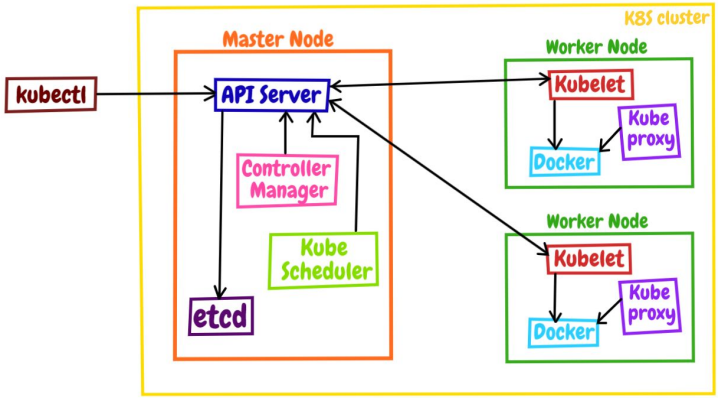
etcd
Простое распределенное хранилище типа “ключ-значение”. Хранит в себе информацию о кластере и его состоянии.

Компоненты worker-узлов

Kubelet
Постоянно опрашивает **API server** на предмет того, какие pod'ы назначены для данного узла и запускает/удаляет их путем взаимодействия с **container runtime engine**.
Информирует **API server** о статусе работающих на узле pod'ов.

Kube Proxy
Компонент, управляющий сетевыми настройками узла (настройка маршрутизации).

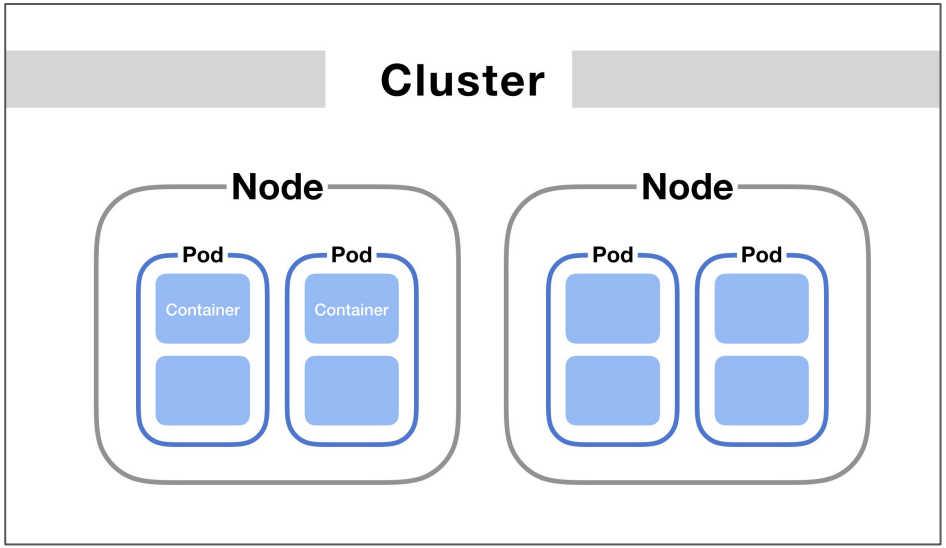
Container Runtime
Компонент для работы с контейнерами (Docker, Containerd, Cri-o, …).



Pod - группа контейнеров

Pod (англ. “стручок”) - запрос на запуск одного или более контейнеров на одном узле. Эти контейнеры разделяют доступ к таким ресурсам, как тома хранилища и сетевой стек (каждый pod имеет свой собственный внутренний IP).

Также pod’ом можно назвать и совокупность контейнеров, которые запускаются в ответ на этот запрос.



Контейнер можно запустить только внутри pod’а.
Pod’ы - базовые строительные блоки, на основе которых строятся другие сущности k8s.

Источник изображения: https://matthewpalmer.net/kubernetes-app-developer/articles/kubernetes-networking-guide-beginners.html

Pod: пример

```yaml
apiVersion: v1          ← версия API
kind: Pod               ← тип сущности
metadata:               ← метаданные
  name: my-pod
  namespace: default    ← пространство имен
  labels:
    name: nginx
spec:                   ← спецификация
  containers:
    - name: nginx
      image: nginx
      ports:
        - containerPort: 80
```

Pod: запуск

```
$ kubectl apply -f 01_pod.yml
pod/my-pod created

$ kubectl get pods -o wide
NAME     READY   STATUS    RESTARTS   AGE     IP            NODE
my-pod   1/1     Running   0          30s     172.17.0.4    minikube

$ kubectl describe pod my-pod

$ kubectl delete pod my-pod
pod "my-pod" deleted
```

Версии API

Kubernetes поддерживает несколько версий API, например:

- v1
- v2beta4
- v3alpha1
- extensions/v1beta1

Alpha-версии API (выключены по умолчанию): могут содержать баги, поддержка может быть прекращена в любое время, совместимость с будущими версиями не гарантируется. Не рекомендуется использовать в production.

Beta-версии API (включены по умолчанию): хорошо протестированы и поддержка не может быть прекращена, но возможны незначительные изменения в семантике. При нарушении совместимости с будущими версиями предоставляются инструкции по миграции. Не рекомендуется использовать в production в общем случае.

Стабильные версии API - production-ready, совместимость с будущими версиями.

Namespaces - пространства имен

1. Имена ресурсов должны быть уникальными в пределах одного и того же пространства имён.
2. Каждый ресурс Kubernetes может находиться только в одном пространстве имён.
3. Пространства имён не могут быть вложенными.

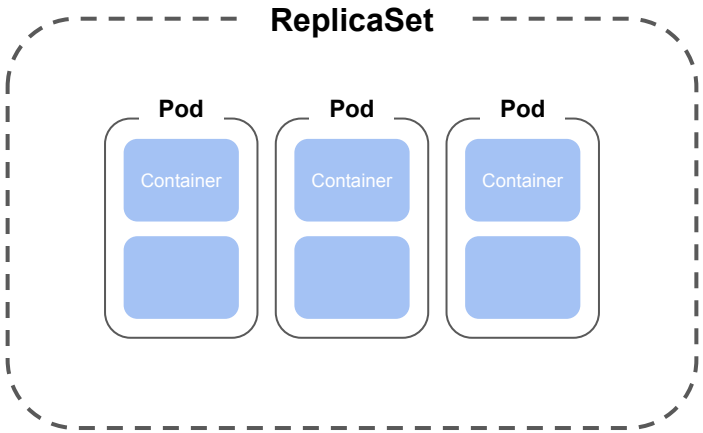
Пространства имён — это способ разделения ресурсов кластера между несколькими пользователями/проектами. По умолчанию в Kubernetes определены три пространства имён:

- **default** — пространство имён по умолчанию для объектов без какого-либо другого пространства имён.
- **kube-system** — пространство имён для объектов, созданных Kubernetes (системных).
- **kube-public** — создаваемое автоматически пространство имён, которое доступно для чтения всем пользователям (включая также неаутентифицированных пользователей).

`$ kubectl get namespaces` - получение списка namespace’ов

ReplicaSet - группа однотипных pod’ов (реплик)

Запускает определенное количество однотипных pod’ов и гарантирует поддержание данного количества. Pod’ы могут быть запущены на разных узлах кластера.



ReplicaSet: пример

```
apiVersion: apps/v1
kind: ReplicaSet
metadata:
  name: my-replicaset
spec:
  replicas: 2          ← кол-во контейнеров
  selector:
    matchLabels:
      app: my-app      ← селектор для поиска “своих” pod’ов
  template:            ← шаблон pod’а
    metadata:
      labels:
        app: my-app
    spec:
      containers:
        - image: nginx:1.12
          name: nginx
          ports:
            - containerPort: 80
```

ReplicaSet: запуск

```
$ kubectl apply -f 02_replicaset.yml
replicaset.apps/my-replicaset created

$ kubectl get pods -o wide
NAME                  READY   STATUS    RESTARTS   AGE   IP             NODE
my-replicaset-fqcsr   1/1     Running   0          33s   172.17.0.5     minikube
my-replicaset-pwp5m   1/1     Running   0          33s   172.17.0.4     minikube

$ kubectl get replicasets -o wide
NAME            DESIRED   CURRENT   READY   AGE     CONTAINERS   IMAGES        SELECTOR
my-replicaset   2         2         2       35s     nginx        nginx:1.12    app=my-app
```

Пробуем удалить один из pod’ов и убеждаемся,
что ReplicaSet автоматически восстанавливает заданное кол-во.

```
$ kubectl delete pod my-replicaset-pwp5m
pod "my-replicaset-pwp5m" deleted
```

ReplicaSet: обновление версии образа

Пробуем обновить версию image в описании ReplicaSet и заново применить изменения.
Для этого меняем значение параметра “image” на “nginx:1.13” и делаем “apply”.

```
$ kubectl apply -f 02_replicaset.yml
replicaset.apps/my-replicaset configured
```

Видим, что pod’ы не пересоздались и они используют старую версию образа.

```
$ kubectl describe pod my-replicaset-fqcsr
```

Меняем значение параметра “replicas” на 5 и еще раз делаем “apply”.

```
$ kubectl apply -f 02_replicaset.yml
replicaset.apps/my-replicaset configured
```

Это изменение также можно сделать через “kubectl scale --replicas=5 my-replicaset”,
но это может нарушить принцип IaC.

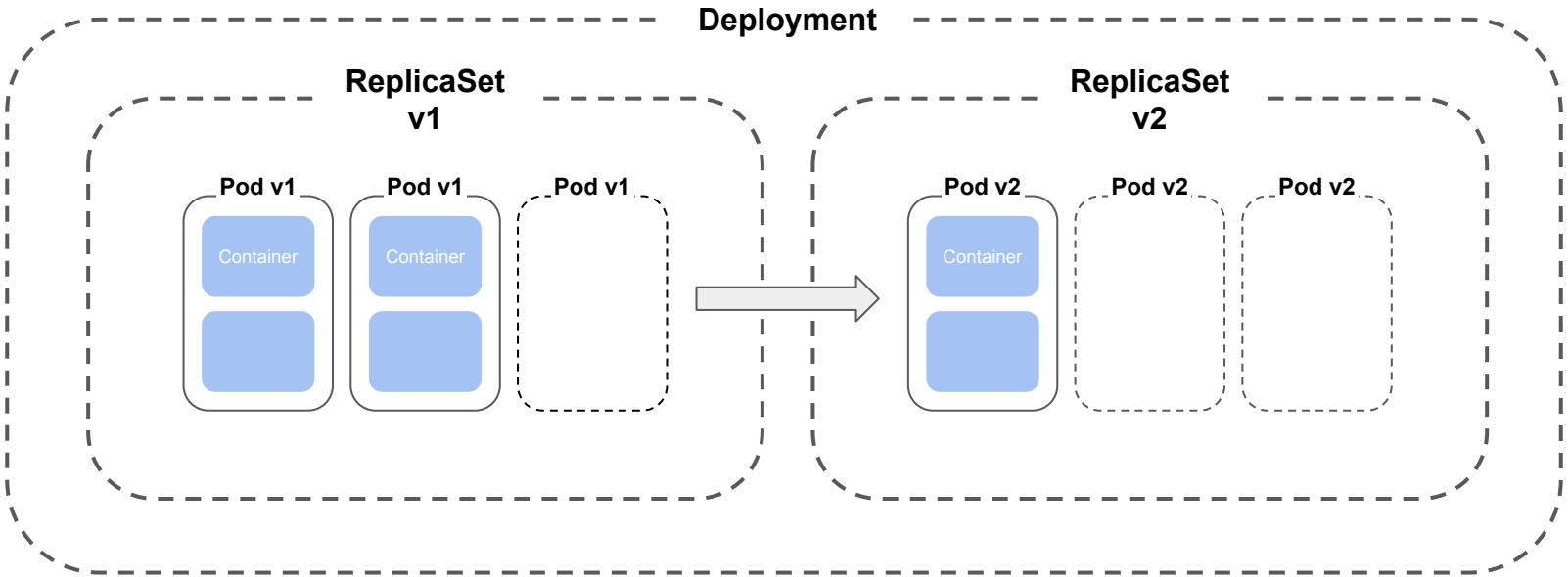
```
$ kubectl describe replicaset my-replicaset
```

Видим, что новая версия образа используется только для новых pod’ов.
То есть ReplicaSet не имеет механизмов для обновления уже запущенных pod’ов.

```
$ kubectl delete replicaset my-replicaset
replicaset.apps "my-replicaset" deleted
```

Deployment - развертывание

Обеспечивает механизм обновления pod’ов с помощью ReplicaSet’ов.



Deployment: пример

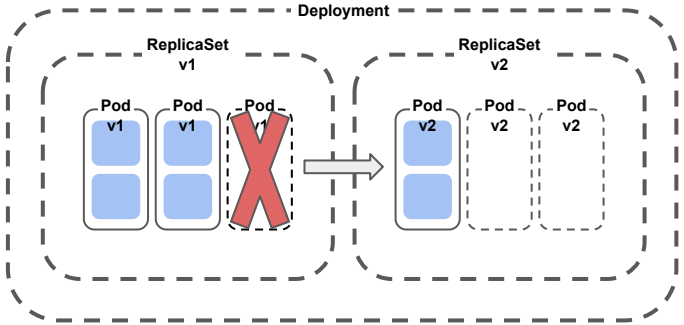
```yaml
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
 name: my-deployment
spec:
 replicas: 2              ← кол-во контейнеров
 strategy:
   type: Recreate         ← стратегия обновления
 selector:                ← селектор для поиска “своих” pod’ов
   matchLabels:
     name: my-app
 template:                ← шаблон pod’а
   metadata:
     labels:
       name: my-app
   spec:
     containers:
       - name: nginx
         image: nginx:1.12
         ports:
           - containerPort: 80
```

Deployment: запуск

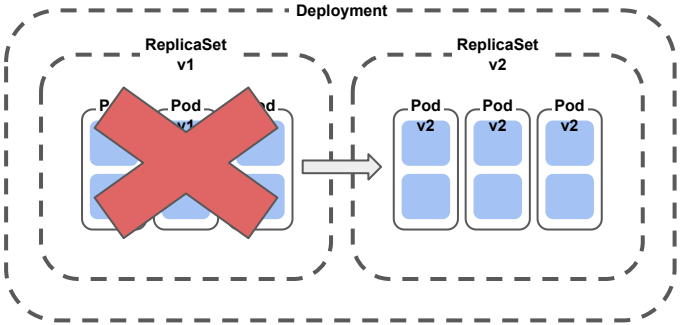
```
$ kubectl apply -f 03_deployment.yml
deployment.apps/my-deployment created

$ kubectl get deployments -o wide
NAME            READY   UP-TO-DATE   AVAILABLE   AGE   CONTAINERS   IMAGES       SELECTOR
my-deployment   2/2     2            2           12s   nginx        nginx:1.12   name=my-app

$ kubectl get pods -o wide
NAME                             READY   STATUS    RESTARTS   AGE   IP           NODE
my-deployment-6f9b6dd5dc-2tw4d   1/1     Running   0          15s   172.17.0.5   minikube
my-deployment-6f9b6dd5dc-mh69k   1/1     Running   0          15s   172.17.0.4   minikube

$ kubectl describe deployment my-deployment

$ kubectl get replicasets

Теперь можно выполнить запрос “curl <IP-адрес Pod’a>” с любой машины кластера (не извне!)
$ kubectl run --rm -it --image amouat/network-utils test bash
# curl 172.17.0.5
```

Deployment: стратегии обновления

```
spec:
  strategy:
    type: RollingUpdate      ← тип по умолчанию
    rollingUpdate:
      maxSurge: 25%          ← лимит превышения
      maxUnavailable: 25%    ← лимит недоступности
```




```
spec:
  strategy:
    type: Recreate
```



ReplicaSet'ы остаются пустыми после обновления. Это история изменений данного deployment'а. В параметре "**revisionHistoryLimit**" можно задать, сколько replicaset'ов должен хранить данный deployment (по умолчанию равно 10).

Deployment: обновление версии образа

Пробуем обновить версию image в описании Deployment и заново применить изменения.
Для этого меняем значение параметра “image” на “nginx:1.13” и делаем “apply”.

```
$ kubectl apply -f 03_deployment.yml
deployment.apps/my-deployment configured
```

Видим, что старые pod’ы удалились и были запущены новые, с новой версией образа.
Новые pod’ы принадлежат новому replicaset’у.

```
$ kubectl get replicasets
NAME                       DESIRED   CURRENT   READY   AGE
my-deployment-6f9b6dd5dc   0         0         0       3m15s
my-deployment-746f5c5d87   2         2         2       20s
```

Удаляем deployment (это удалит также и связанные с ним replicaset’ы):

```
$ kubectl delete -f 03_deployment.yml
```

Deployment: откат изменений

Запускаем новый deployment с фиксацией изменений:

```
$ kubectl apply -f 03_deployment.yml --record=true
deployment.apps/my-deployment created
```

Пробуем обновить версию образа (заведомо с ошибкой):

```
$ kubectl set image deployment.apps/my-deployment nginx=nginx:1.131 --record=true
deployment.apps/my-deployment image updated
```

Видим, что deployment не может развернуться:

```
$ kubectl rollout status deployment.apps/my-deployment
Waiting for deployment "my-deployment" rollout to finish: 0 of 2 updated replicas are available...
$ kubectl get pods
NAME                             READY   STATUS             RESTARTS   AGE
my-deployment-658c68868d-d245d   0/1     ImagePullBackOff   0          27s
my-deployment-658c68868d-k2bpg   0/1     ImagePullBackOff   0          27s
```

Смотрим историю изменений данного deployment’а:

```
$ kubectl rollout history deployment.apps/my-deployment
deployment.apps/my-deployment
REVISION  CHANGE-CAUSE
1         kubectl apply --filename=03_deployment.yml --record=true
2         kubectl set image deployment.apps/my-deployment nginx=nginx:1.131 --record=true
```

Deployment: откат изменений (продолжение)

Можем подробнее посмотреть описание каждой ревизии:

```
$ kubectl rollout history deployment.apps/my-deployment --revision=2
```

Откатываемся на предыдущую ревизию (также есть параметр “--to-revision”):

```
$ kubectl rollout undo deployment.apps/my-deployment
deployment.apps/my-deployment rolled back
```

Проверяем, что откат прошел успешно:

```
$ kubectl rollout status deployment.apps/my-deployment
deployment "my-deployment" successfully rolled out
```

Проверяем версию образа:

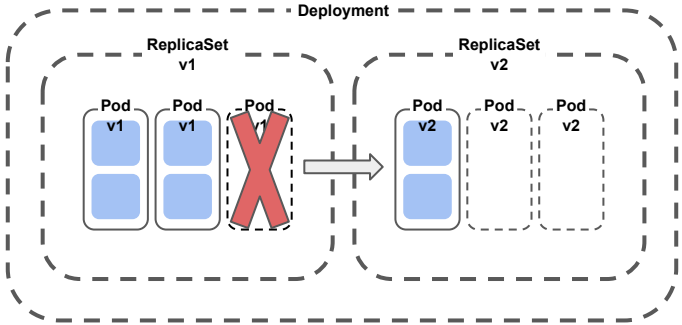
```
$ kubectl describe deployment my-deployment | grep Image
    Image:        nginx:1.12
```

Удаляем deployment:

```
$ kubectl delete -f 03_deployment.yml
deployment.apps "my-deployment" deleted
```

Service - сетевой доступ к приложению

Тип ресурса Kubernetes, который заставляет прокси настраиваться для пересылки запросов на набор контейнеров.



IP-адреса pod’ов постоянно меняются.

Service - это абстракция для предоставления сетевого доступа к приложению, работающему на группе pod’ов, а также для балансировки запросов к этим pod’ам.

Service: пример

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: my-service
spec:
  type: ClusterIP          ← тип сервиса
  ports:
    - port: 80             ← входящий порт сервиса
      targetPort: 80       ← целевой порт у pod'ов сервиса
  selector:                ← селектор для определения целевых pod'ов
    app: my-app
```

Service: запуск

```
$ kubectl apply -f 04_deployment_for_service.yml -f 05_service_cluster_ip.yml
configmap/my-configmap created
deployment.apps/my-deployment created
service/my-service-cluster-ip created
$ kubectl get services
NAME                    TYPE        CLUSTER-IP       EXTERNAL-IP   PORT(S)    AGE
my-service-cluster-ip   ClusterIP   10.108.193.101   <none>        80/TCP     114s

Сервис с указанным селектором автоматически создает еще один тип сущности - endpoints.
$ kubectl get endpoints
NAME                    ENDPOINTS                       AGE
my-service-cluster-ip   172.17.0.4:80,172.17.0.5:80   130s

Теперь можно выполнить запрос “curl <IP сервиса>” с любой машины кластера (не извне!)
$ kubectl run --rm -it --image amouat/network-utils test bash
# curl 10.108.193.101
Hello from my-deployment-784598767cdz87v
# curl 10.108.193.101
Hello from my-deployment-784598767ces77b
# curl my-service-cluster-ip
Hello from my-deployment-784598767ces77b

Не удаляем сервис и deployment, они нужны для дальнейших экспериментов.
```

Container probes - проверки доступности

```
containers:
  - image: nginx:1.12
    name: nginx
    ports:
      - containerPort: 80
    readinessProbe:          ← проверка готовности контейнера
      httpGet:
        path: /
        port: 80
      periodSeconds: 2
      failureThreshold: 3
      successThreshold: 1
      timeoutSeconds: 1
    livenessProbe:           ← проверка работоспособности контейнера
      httpGet:
        path: /
        port: 80
      periodSeconds: 10
      failureThreshold: 3
      successThreshold: 1
      timeoutSeconds: 1
      initialDelaySeconds: 10
```

Service: типы сервисов

- Без селектора
- ClusterIP
- NodePort
- LoadBalancer
- ...

Service: сервисы без селектора

У сервиса можно не заполнять поле “selector”, в этом случае endpoints придется создать отдельно. Это позволяет, например, создать сервис для некой службы извне кластера.

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: my-postgresql
spec:
  ports:
    - protocol: TCP
      port: 5432
      targetPort: 5432
```

```
apiVersion: v1
kind: Endpoints
metadata:
  name: my-postgresql
subsets:
  - addresses:
      - ip: 192.0.2.42
    ports:
      - port: 5432
```

Service: тип сервиса ClusterIP

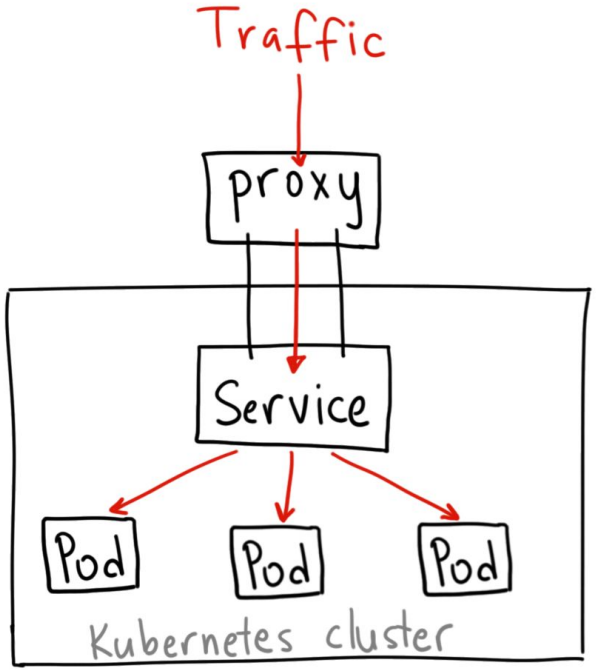
Тип “ClusterIP” используется по умолчанию.
Сервису выделяется отдельный IP внутри кластера.
Так как IP внутренний, то доступа к сервису снаружи кластера нет.

Но его можно предоставить с помощью proxy:

```
$ kubectl proxy --port=8080
```

Теперь доступ к сервису можно получить так:

```
http://localhost:8080/api/v1/namespaces/
<NAMESPACE>/services/<SERVICE-NAME>:<PORT-NAME>/proxy/
```



Источник изображения: https://medium.com/google-cloud/kubernetes-nodeport-vs-loadbalancer-vs-ingress-when-should-i-use-what-922f010849e0

Minikube: доступ к сервисам ClusterIP

На предыдущем шаге у нас уже был запущен сервис с типом ClusterIP:

```
$ kubectl get services
NAME                    TYPE        CLUSTER-IP       EXTERNAL-IP   PORT(S)    AGE
my-service-cluster-ip   ClusterIP   10.108.193.101   <none>        80/TCP     2m23s
```

В новом окне терминала запускаем proxy:

```
$ kubectl proxy --port=8080
Starting to serve on 127.0.0.1:8080
```

Теперь мы можем обратиться к нашему сервису по данному адресу:

```
$ curl http://localhost:8080/api/v1/namespaces/default/services/my-service-cluster-ip/proxy/
Hello from my-deployment-784598767c-dz87v
```

Удаляем наш сервис:

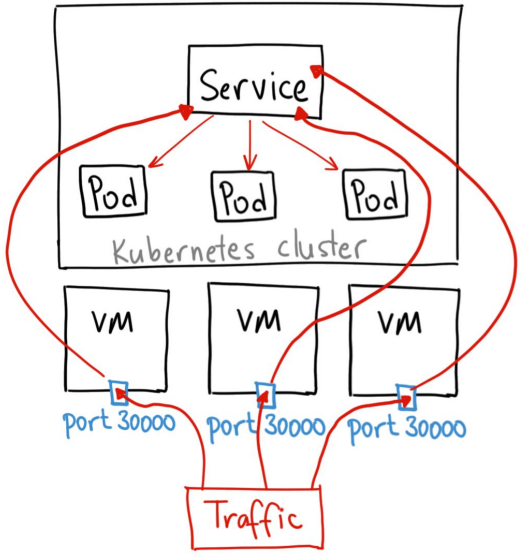
```
$ kubectl delete -f 05_service_cluster_ip.yml
```

Service: тип сервиса NodePort

Сервису выделяется отдельный IP внутри кластера (по аналогии с ClusterIP) и на каждом узле кластера открывается порт (из диапазона **30000-32767**), который пробрасывается на этот внутренний IP сервиса.

Доступ снаружи кластера осуществляется по данному порту у любого узла кластера (<IP узла>:30000).

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: my-service
spec:
  type: NodePort
  selector:
    app: my-app
  ports:
    - port: 80
      targetPort: 80
      nodePort: 30000
```



Источник изображения: https://medium.com/google-cloud/kubernetes-nodeport-vs-loadbalancer-vs-ingress-when-should-i-use-what-922f010849e0

Minikube: доступ к сервисам NodePort

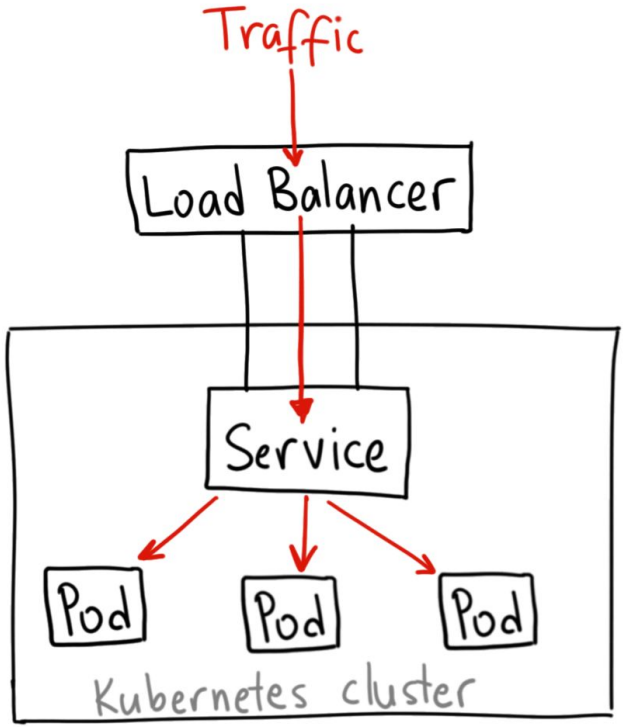
```
$ kubectl apply -f 06_service_node_port.yml
service/my-service-node-port created

$ kubectl get services
NAME                  TYPE        CLUSTER-IP       EXTERNAL-IP   PORT(S)        AGE
my-service-node-port  NodePort    10.96.250.242    <none>        80:30000/TCP   114s

$ minikube ip
192.168.64.3

$ minikube service --url my-service-node-port
http://192.168.64.3:30000/

$ curl 192.168.64.3:30000
Hello from my-deployment-784598767c-rms7m

$ kubectl delete -f 06_service_node_port.yml
```

Service: тип сервиса LoadBalancer

Сервис данного типа использует внешний балансировщик (внешний IP), как правило представляемый облачным провайдером.

Внешний балансировщик направляет трафик на NodePort и ClusterIP сервисы, который создаются автоматически.

Недостаток этого типа в том, что для каждого сервиса у провайдера будет запрашиваться отдельный внешний IP-адрес, за которой, как правило, взимается плата.



Minikube: доступ к сервисам LoadBalancer

```
$ kubectl apply -f 07_service_load_balancer.yml
service/my-service-load-balancer created

$ kubectl get services
NAME                       TYPE           CLUSTER-IP       EXTERNAL-IP    PORT(S)          AGE
my-service-load-balancer   LoadBalancer   10.101.73.163      <pending>      80:30844/TCP     23s
```

В отдельном терминале запускаем туннель:

```
$ minikube tunnel

$ kubectl get services
NAME                       TYPE           CLUSTER-IP       EXTERNAL-IP     PORT(S)          AGE
my-service-load-balancer   LoadBalancer   10.101.73.163    10.101.73.163   80:30844/TCP     23s

$ curl 10.101.73.163
Hello from my-deployment-784598767c-rms7m

$ kubectl delete -f 07_service_load_balancer.yml
```

Service: тип сервиса ExternalName

Этот тип сервиса перенаправляет трафик на указанное “externalName” (например, foo.bar.example.com).
Это делается путем добавления CNAME-записи в DNS кластера.

По сути, это разновидность сервиса без селектора, в endpoint’е которого указано другое DNS-имя.

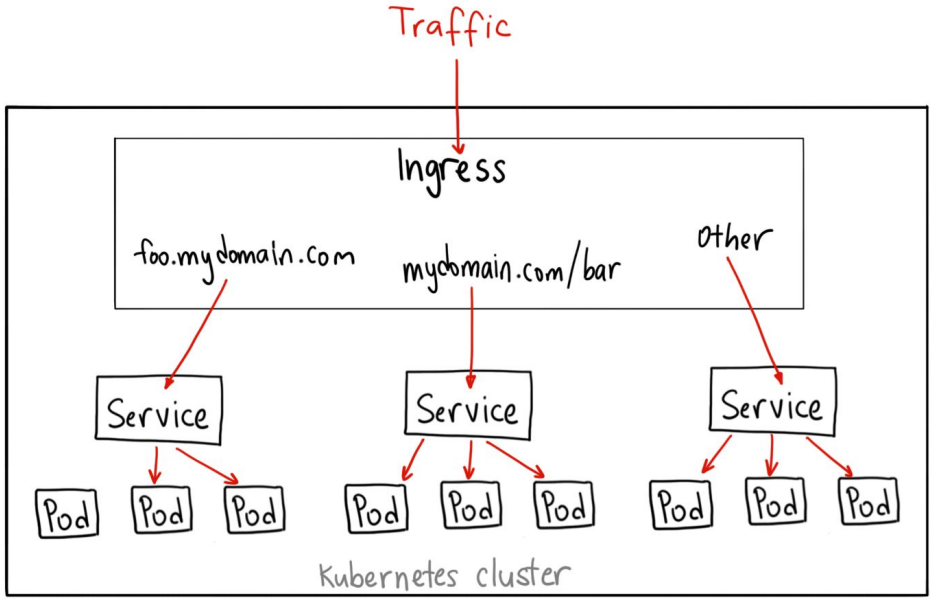
```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: my-service
spec:
  type: ExternalName
  externalName: my.database.example.com
```

Ingress: маршрутизатор для сервисов

Это не тип сервиса, но эта абстракция связана с предоставлением доступа к сервисам извне.

Для его использования необходимо дополнительно настроить Ingress Controller.

```
apiVersion: networking.k8s.io/v1beta1
kind: Ingress
metadata:
  name: my-ingress
spec:
  rules:
  - host: foo.mydomain.com
    http:
      paths:
      - backend:
          serviceName: foo
          servicePort: 8080
  - host: mydomain.com
    http:
      paths:
      - path: /bar/*
        backend:
          serviceName: bar
          servicePort: 8080
```



Minikube: доступ к сервисам с помощью Ingress

```
$ kubectl apply -f 06_service_node_port.yml
service/my-service-node-port created

$ kubectl get services
NAME                  TYPE        CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)        AGE
my-service-node-port  NodePort    10.100.29.80    <none>        80:30000/TCP   4s
```

Устанавливаем NGINX Ingress controller внутрь Minikube:

```
$ minikube addons enable ingress
The 'ingress' addon is enabled

$ kubectl apply -f 08_ingress.yml
ingress.networking.k8s.io/my-ingress created

$ kubectl get ingresses
NAME         CLASS    HOSTS              ADDRESS        PORTS   AGE
my-ingress   <none>   hello-world.info   192.168.64.3   80      40s

$ curl hello-world.info --resolve hello-world.info:80:192.168.64.3
Hello from my-deployment-784598767c-nwzdl

$ kubectl delete -f 08_ingress.yml -f 06_service_node_port.yml -f 04_deployment_for_service.yml
```

Job - одноразовая задача

Создает один или несколько pod’ов и ожидает успешного их завершения.

Если какие-то pod’ы завершились ошибкой, то Job будет запускать их новые копии до тех пор, пока количество успешных выполнений не будет равно заданному.

Типовые применения:

- Запуск тестов
- Применение миграций базы данных
- Выполнение одноразовых скриптов

Job: пример

```
apiVersion: v1
kind: Job
metadata:
  name: pi
spec:
  completions: 8                  ← ожидаемое кол-во успешных выполнений
  parallelism: 4                  ← кол-во параллельных запусков
  backoffLimit: 4                 ← макс. кол-во попыток
  activeDeadlineSeconds: 60       ← макс. время выполнения
  ttlSecondsAfterFinished: 100    ← макс. время жизни завершенного job'а (alpha-версия)
  template:
    spec:
      containers:
      - name: pi
        image: perl
        command: ["perl",  "-Mbignum=bpi", "-wle", "print bpi(2000)"]
      restartPolicy: Never
```

CronJob - задача, выполняемая по расписанию

Абстрация, которая автоматически создает Job’ы по указанному расписанию.

Расписание запуска Job’ов задается в Cron-формате.

Типовые применения:

- Создание бекапов
- Рассылка писем/уведомлений
- Планирование тяжелых задач на наименее загруженное время

CronJob: пример

```
apiVersion: batch/v1beta1
kind: CronJob
metadata:
  name: hello
spec:
  schedule: "*/1 * * * *"          ← расписание в cron-формате
  jobTemplate:                     ← шаблон job'а
    spec:
      template:
        spec:
          containers:
          - name: hello
            image: busybox
            args:
            - /bin/sh
            - -c
            - date; echo Hello from the Kubernetes cluster
          restartPolicy: OnFailure
```

Volume - абстракция файлового хранилища

Volume решает две проблемы:

- Файловая система контейнера существует только до его удаления/перезапуска.
- Некоторым контейнерам в pod’е может потребоваться общее место для хранения файлов (или общие конфигурационные файлы).
- Изолирует приложение от конкретных технологий хранения данных.

Volume живет только вместе с pod’ом.

Volume: типы файловых хранилищ

- emptyDir
- hostPath
- configMap
- secret
- persistentVolumeClaim
- ...

Volume: тип emptyDir

Каталог, создаваемый для pod’а и живущий до тех пор, пока pod не будет удален. Все контейнеры pod’а могут одновременно писать и читать данные из этого volume.

В качестве системы хранения используется файловая система узла, на котором выполняется данный pod.

Существует возможность расположить каталог в оперативной памяти:

```
emptyDir: {
  medium: Memory
}
```

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: test-pd
spec:
  containers:
  - image: k8s.gcr.io/test-webserver
    name: test-container
    volumeMounts:
    - mountPath: /cache
      name: cache-volume
  volumes:
  - name: cache-volume
    emptyDir: {}
```

Volume: тип hostPath

Каталог узла, подключаемый к pod’у.

Обычно используется для тех случаев, когда pod отслеживает состояние самого узла (предоставляется доступ к системным каталогам /var, /proc, /sys и т.д.).

В качестве системы хранения используется файловая система узла.

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: test-webserver
spec:
  containers:
  - name: test-webserver
    image: k8s.gcr.io/test-webserver:latest
    volumeMounts:
    - mountPath: /var/local/aaa
      name: mydir
    - mountPath: /var/local/aaa/1.txt
      name: myfile
  volumes:
  - name: mydir
    hostPath:
      # Ensure the file directory is created.
      path: /var/local/aaa
      type: DirectoryOrCreate
  - name: myfile
    hostPath:
      path: /var/local/aaa/1.txt
      type: FileOrCreate
```

ConfigMap - хранилище параметров

API объект, используемый для хранения неконфиденциальных параметров в виде пар “ключ-значение”.

Pod’ы могут использовать значения из ConfigMap’ов несколькими способами:

- Конфигурационные файлы, подключаемые как “volumes”.
- Через переменные окружения
- Через параметры запуска контейнеров

ConfigMap: пример (volumes)

```
apiVersion: v1
kind: ConfigMap
metadata:
  name: my-configmap
data:
  default.conf: |
    server {
      listen 80 default_server;
      server_name  _;
      default_type text/plain;
      location / {
        return 200 'Hello from $hostname\n';
      }
    }
```

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: my-deployment
spec:
  replicas: 2
  selector:
    matchLabels:
      app: my-app
  template:
    metadata:
      labels:
        app: my-app
    spec:
      containers:
        - name: nginx
          image: nginx:1.12
          ports:
            - containerPort: 80
          volumeMounts:
            - name: config
              mountPath: /etc/nginx/conf.d/
      volumes:
        - name: config
          configMap:
            name: my-configmap
```

ConfigMap: пример (переменные окружения)

```yaml
apiVersion: v1
kind: ConfigMap
metadata:
  name: game-demo
data:
  player_initial_lives: 3
  ui_theme: "dark_moon"
```

```yaml
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: configmap-demo-pod
spec:
  containers:
    - name: demo
      image: game.example/demo-game
      env:
        - name: PLAYER_INITIAL_LIVES
          valueFrom:
            configMapKeyRef:
              name: game-demo
              key: player_initial_lives
        - name: UI_THEME
          valueFrom:
            configMapKeyRef:
              name: game-demo
              key: ui_theme
```

Secret - конфиденциальные данные

Объект, содержащий конфиденциальное значение (например, пароль, токен, ключ). Хранение важных параметров в виде секретов более безопасно и гибко, чем включение их в конфигурацию pod’а или в образы контейнеров.

Для использования секрета pod’у необходимо указать его.
Секрет может использоваться следующими способами:

- Файл, подключенный через “volume” контейнера.
- Значение переменной окружения.
- kubelet использует секреты для подключения к API-серверу, для загрузки образов из docker registry и т.д.

Secret: пример (volumes)

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: mysecret
type: Opaque


data:                          ← base64 encoded
  username: YWRtaW4=
  password: MWYyZDFlMmU2N2Rm

или

stringData:                    ← raw values
  username: admin
  password: 1f2d1e2e67df
```

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: mypod
spec:
  containers:
  - name: mypod
    image: redis
    volumeMounts:
    - name: foo
      mountPath: "/etc/foo"
      readOnly: true
  volumes:
  - name: foo
    secret:
      secretName: mysecret

/etc/foo/username
/etc/foo/password
```

Secret: пример (переменные окружения)

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: mysecret
type: Opaque


data:                          ← base64 encoded
  username: YWRtaW4=
  password: MWYyZDFlMmU2N2Rm

или

stringData:                    ← raw values
  username: admin
  password: 1f2d1e2e67df
```

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: mypod
spec:
  containers:
    - name: mypod
      image: redis
      env:
        - name: DB_USERNAME
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: mysecret
              key: username
        - name: DB_PASSWORD
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: mysecret
              key: password
```

Secret: расшифровка исходного значения

```
$ kubectl get secret mysecret -o yaml
```

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  creationTimestamp: 2016-01-22T18:41:56Z
  name: mysecret
  namespace: default
  resourceVersion: "164619"
  uid: cfee02d6-c137-11e5-8d73-42010af00002
type: Opaque
data:
  username: YWRtaW4=
  password: MWYyZDFlMmU2N2Rm
```

```
$ echo 'MWYyZDFlMmU2N2Rm' | base64 --decode
```

PersistentVolume, PersistentVolumeClaim

PersistentVolume (PV) - такой же ресурс кластера, как и узел (только он предоставляет не вычислительные ресурсы, а дисковые тома). Примеры: NFS, iSCSI, RBD, CephFS, Glusterfs, FC (Fibre Channel) и другие. В рамках PV впоследствии можно выделять pod’ам место для хранения данных.

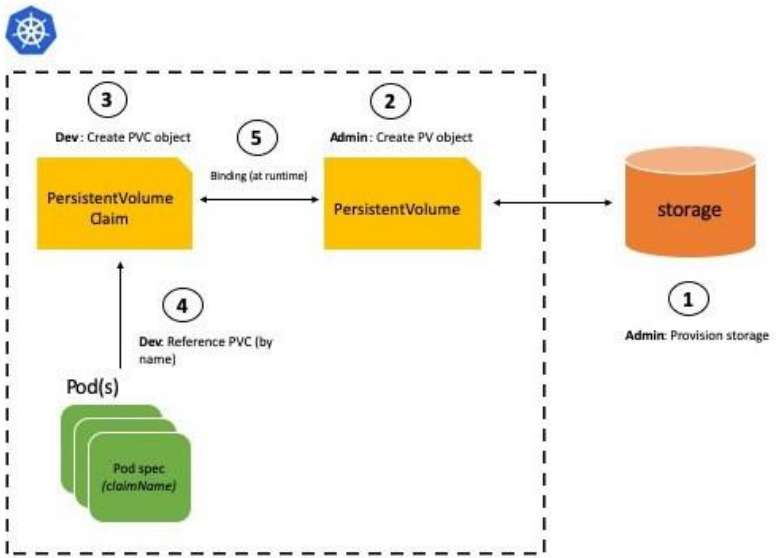
PersistentVolumeClaim (PVC) - запрос к PV на выделение места под хранение данных. Это аналог создания pod’а на узле. Pod’ы могут запрашивать определенные ресурсы узла, то же самое делает и PVC. Основные параметры запроса:

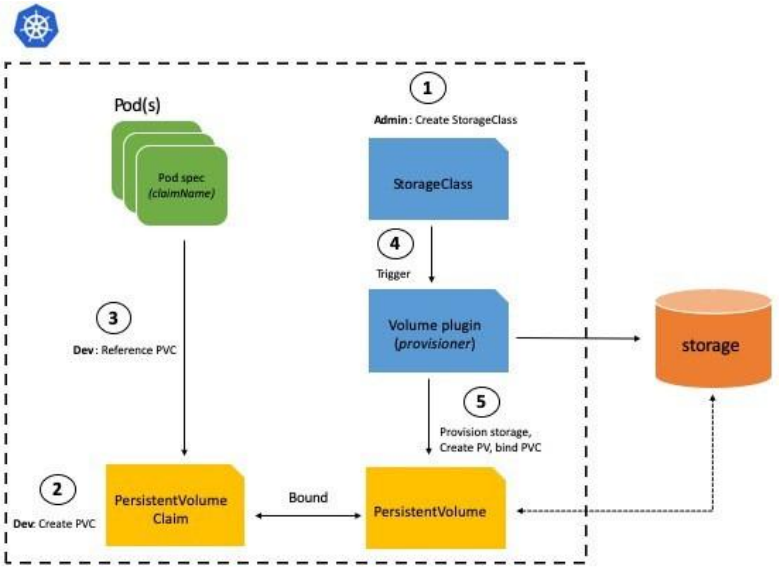
- Объем места
- Тип доступа

Типы доступа у PVC могут быть следующие:

- ReadWriteOnce – том может быть смонтирован на чтение и запись к одному pod’у.
- ReadOnlyMany – том может быть смонтирован на много pod’ов в режиме только чтения.
- ReadWriteMany – том может быть смонтирован к множеству pod’ов в режиме чтения и записи.

Статическое и динамическое создание PersistentVolume’ов





Источник изображения: https://itnext.io/tutorial-basics-of-kubernetes-volumes-part-2-b2ea6f397402

Volume: тип persistentVolumeClaim (пример)

Создаем каталог на узле, в котором будем хранить данные, и запускаем tunnel:

```
$ minikube ssh
(minikube) $ sudo mkdir /mnt/share && sudo chmod 777 /mnt/share
(minikube) $ exit
```

Запускаем tunnel:

```
$ minikube tunnel
```

Запускаем deployment с подмонтированным каталогом и получаем внешний IP-адрес сервиса:

```
$ kubectl apply -f 09_deployment_for_volume_pvc.yml
$ kubectl get services
NAME                       TYPE         CLUSTER-IP   EXTERNAL-IP  PORT(S)        AGE
my-service-load-balancer   LoadBalancer 10.98.14.152 10.98.14.152 80:32565/TCP   37s
```

Volume: тип persistentVolumeClaim (пример)

Тестируем наш сервис:

```
$ curl http://10.98.14.152
Hello from my-deployment-86bc66c6c4-cqfls
```

Получаем список файлов в общем каталоге:

```
$ curl http://10.98.14.152/files/
<html>
<head><title>Index of /files/</title></head>
<body bgcolor="white">
<h1>Index of /files/</h1><hr><pre><a href="../">../</a>
</pre><hr></body>
</html>
```

Загружаем файл:

```
$ curl http://10.98.14.152/files/ -T 01_pod.yml
```

Проверяем доступность файла:

```
$ curl http://10.98.14.152/files/01_pod.yml
```

Удаляем за собой:

```
$ kubectl apply -f 09_deployment_for_volume_pvc.yml
```

Распределение и балансировка pod’ов по узлам

- nodeSelector, nodeName
- Taints, Tolerations
- Requests, Limits
- Affinity, Anti-Affinity
- cordon, uncordon, drain

nodeSelector, nodeName

В спецификации pod’а указываются метки узлов (nodeSelector), на которых мы хотим его запустить, или указывается определенный узел (nodeName).

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: nginx
spec:
  containers:
  - name: nginx
    image: nginx
  nodeSelector:
    disktype: ssd
```

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: nginx
spec:
  containers:
  - name: nginx
    image: nginx
  nodeName: kube-01
```

Taints, Tolerations

Задаем для узла определенный список блокировок (taints). Если в спецификации pod'а явно не указана сопротивляемость этим блокировкам (tolerations), то он не сможет попасть на этот узел.

Для обхода блокировки pod использует tolerations:

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  ...
spec:
  containers:
    ...
  tolerations:
  - key: "key"
    operator: "Equal"
    value: "value"
    effect: "NoSchedule"
```

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  ...
spec:
  containers:
    ...
  tolerations:
  - key: "key"
    operator: "Exists"
    effect: "NoSchedule"
```

Задаем блокировку для узла:

```
$ kubectl taint nodes node1 key=value:NoSchedule
```

Удаляем блокировку для узла:

```
$ kubectl taint nodes node1 key:NoSchedule-
```

Виды блокировок:

NoSchedule
Не размещать на узле pod'ы без соответствующих toleations.

PreferNoSchedule
Предпочитать не размещать на узле pod'ы без соответствующих toleations (но не требовать).

NoExecute
Не размещать на узле pod'ы без соответствующих toleations. Все уже работающие на узле pod'ы без соответствующих toleations будут удалены с узла.

Requests, Limits

В спецификации pod’а указывается план (requests) и лимиты (limits) использования ресурсов.
Подходящий узел подбирается автоматически с учетом текущей нагрузки.

```
containers:
  - image: nginx:1.12
    name: nginx
    ports:
      - containerPort: 80
    resources:
      requests:              ← сколько ресурсов запрашивает контейнер
        cpu: 50m
        memory: 100Mi
      limits:                ← при превышении контейнер будет убит (перезапущен)
        cpu: 100m
        memory: 100Mi
```

QoS-классы pod’ов (Quality of Service):

- Guaranteed (limits = requests)
- Burstable (limits > requests)
- BestEffort (не указаны limits и requests)

QoS-класс pod’а можно увидеть в его описании (через **kubectl describe pod ...**).

Affinity, Anti-Affinity

В спецификации pod’а указываются как требования, так и пожелания к узлам, а также к уже существующим pod’ам на этих узлах.

```
apiVersion: v1
kind: Pod
spec:
  affinity:
    nodeAffinity:
      requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
        nodeSelectorTerms:
        - matchExpressions:
          - key: kubernetes.io/e2e-az-name
            operator: In
            values:
            - e2e-az1
            - e2e-az2
      preferredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
      - weight: 1
        preference:
          matchExpressions:
          - key: another-node-label-key
            operator: In
            values:
            - another-node-label-value
  containers:
  - name: with-node-affinity
    image: k8s.gcr.io/pause:2.0
```

```
apiVersion: v1
kind: Pod
spec:
  affinity:
    podAffinity:
      requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
      - labelSelector:
          matchExpressions:
          - key: security
            operator: In
            values:
            - S1
        topologyKey: kubernetes.io/hostname
    podAntiAffinity:
      preferredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
      - weight: 100
        podAffinityTerm:
          labelSelector:
            matchExpressions:
            - key: security
              operator: In
              values:
              - S2
          topologyKey: failure-domain.beta.kubernetes.io/zone
  containers:
  - name: with-pod-affinity
    image: k8s.gcr.io/pause:2.0
```

cordon, uncordon, drain

Запрет размещать на узле новые pod’ы:

```
$ kubectl cordon $NODENAME
```

Снятие запрета на размещение новых pod’ов:

```
$ kubectl uncordon $NODENAME
```

Запрет размещать на узле новые pod’ы и удаление всех существующих:

```
$ kubectl drain $NODENAME
```

Для последующего ввода узла в строй необходимо выполнить “uncordon”.

Helm - пакетный менеджер для Kubernetes

Установка Helm: https://helm.sh/docs/intro/install/

Добавление репозитория (аналог “add-apt-repository”):

```
$ helm repo add stable https://kubernetes-charts.storage.googleapis.com/
```

Обновление репозиториев (аналог “apt update”):

```
$ helm repo update
```

Поиск доступных пакетов по ключевых словам:

```
$ helm search repo redis
NAME                                    CHART VERSION   APP VERSION     DESCRIPTION
stable/prometheus-redis-exporter        3.4.1           1.3.4           Prometheus exporter for Redis metrics
stable/redis                            10.5.7          5.0.7           DEPRECATED Open source, advanced key-value stor...
stable/redis-ha                         4.4.4           5.0.6           Highly available Kubernetes implementation of R...
stable/sensu                            0.2.3           0.28            Sensu monitoring framework backed by the Redis ...
```

Просмотр списка установленных в кластер “пакетов” (во всех namespace’ах):

```
$ helm ls -A
```

Helm: установка пакета “kube-ops-view”

Исследуем содержимое пакет, скачав его:
```
$ helm fetch stable/kube-ops-view --untar
```

Отдельно скачиваем настройки пакета для их модификации:
```
$ helm inspect values stable/kube-ops-view > kube-ops-view-values.yml
```

Заполним следующие поля в файле “kube-ops-view-values.yml”:
```
ingress:
  enabled: true
  hosts:
    - kube-ops-view.local
```

Добавим данный хост в наш локальный файл “/etc/hosts”:
```
$ sudo sh -c "echo \"$(minikube ip) kube-ops-view.local\" >> /etc/hosts"
```

Включим Ingress для minikube:
```
$ minikube addons enable ingress
```

Установим пакет с нашими настройками:
```
$ helm install --namespace=kube-system ops-view stable/kube-ops-view -f kube-ops-view-values.yml
```

Проверяем доступность приложения: http://kube-ops-view.local/

Helm: обновление и откат, удаление

Проверяем ревизию установленного пакета “kube-ops-view”:

```
$ helm ls -A
NAME      NAMESPACE    REVISION  UPDATED                                  STATUS    CHART                  APP VERSION
ops-view  kube-system  1         2020-05-28 15:25:28.671502 +0300 MSK  deployed  kube-ops-view-1.1.4    19.9.0
```

Меняем значение “replicaCount” на “2” в файле “kube-ops-view-values.yml” и обновляем пакет:

```
$ helm upgrade --namespace=kube-system -f kube-ops-view-values.yml ops-view stable/kube-ops-view
```

Проверяем, что обновление завершилось:

```
$ helm history ops-view --namespace=kube-system
$ helm get values ops-view --namespace=kube-system | grep replicaCount
replicaCount: 2
```

Откатываем наше изменение:

```
$ helm rollback ops-view 1 --namespace=kube-system
Rollback was a success! Happy Helming!
$ helm get values ops-view --namespace=kube-system | grep replicaCount
replicaCount: 1
```

Удаляем пакет:

```
$ helm uninstall --namespace=kube-system ops-view
release "ops-view" uninstalled
```

Дополнительная информация и источники

- Официальная документация Kubernetes: https://kubernetes.io/docs/home/
- Официальная документация Minikube: https://minikube.sigs.k8s.io/
- Видео “Введение в Kubernetes - Discovery - Javascript.Ninja”: https://www.youtube.com/watch?v=L3tgJXsMUTU
- Видео “Наш опыт с Kubernetes в небольших проектах (Флант, RootConf 2017)”: https://www.youtube.com/watch?v=CgCLPYJRxbU
- Статья “Основы Kubernetes”: https://habr.com/ru/post/258443/
- Статья “K8S Architecture”: https://medium.com/@keshiha/k8s-architecture-bb6964767c12
- Статья “Так что же такое pod в Kubernetes?”: https://habr.com/ru/company/flant/blog/427819/
- Статья “Kubernetes Networking Guide for Beginners”: https://matthewpalmer.net/kubernetes-app-developer/articles/kubernetes-networking-guide-beginners.html
- Статья “Kubernetes NodePort vs LoadBalancer vs Ingress? When should I use what?”: https://medium.com/google-cloud/kubernetes-nodeport-vs-loadbalancer-vs-ingress-when-should-i-use-what-922f010849e0
- Статья “Хранилища данных (Persistent Volumes) в Kubernetes”: https://serveradmin.ru/hranilishha-dannyh-persistent-volumes-v-kubernetes/
- Статья “Kubernetes Volumes: the definitive guide (Part 2)”: https://itnext.io/tutorial-basics-of-kubernetes-volumes-part-2-b2ea6f397402

Спасибо за внимание!