Luca Cabibbo

Architettura dei Sistemi Software

Orchestrazione di container con Kubernetes

dispensa asw880

ottobre 2025

Give a man a Container
and you keep him busy for a day.
Teach a man Kubernetes
and you keep him busy for a lifetime.

Kelsey Hightower

- Riferimenti

- Luca Cabibbo. **Architettura del Software**: Strutture e Qualità. Edizioni Efesto, 2021.
  - Capitolo 40, Orchestrazione di container
- Lukša, M. **Kubernetes in Action**. Manning, 2018.
- Stoneman, E. **Learn Kubernetes in a Month of Lunches**, Manning, 2021.
- Kubernetes (version 1.34, 2025)
  https://kubernetes.io/
  https://kubernetes.io/docs/home/

- Obiettivi e argomenti

- Obiettivi
  - introdurre Kubernetes
  - esemplificare l'orchestrazione di container con Kubernetes
- Argomenti
  - introduzione a Kubernetes
  - architettura di Kubernetes
  - risorse Kubernetes
  - orchestrazione con Kubernetes
  - Helm
  - discussione

* Introduzione a Kubernetes

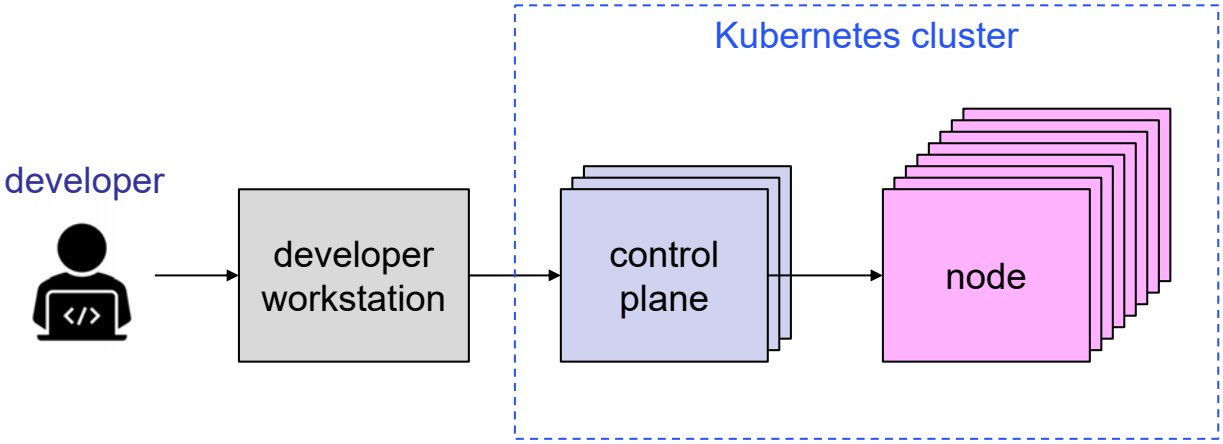
- *Kubernetes* è una piattaforma open source, portabile ed estensibile, per la gestione automatizzata di applicazioni e carichi di lavoro a container sulla base di configurazioni dichiarative
  - il nome Kubernetes (talvolta abbreviato *K8S*) deriva dal greco e significa "timoniere" o "pilota"
  - inizialmente sviluppato da Google (sulla base di 15 anni di esperienza nell'eseguire carichi di lavoro su larga scala a Google), nel 2014 è divenuto un progetto open-source
  - oggi è uno dei sistemi di orchestrazione di container più diffusi
  - per gli obiettivi dell'orchestrazione di container e i principi generali di funzionamento si veda il capitolo sull'orchestrazione di container

Introduzione a Kubernetes

- *Kubernetes* è una piattaforma open source, portabile ed estensibile, per la gestione automatizzata di applicazioni e carichi di lavoro a container sulla base di configurazioni dichiarative
  - in pratica, Kubernetes consente di definire e gestire una piattaforma costituita da un cluster di nodi in cui eseguire una o più applicazioni a container
  - può essere eseguito in una varietà di ambienti – in un singolo PC (come ambiente per lo sviluppo e l'apprendimento) oppure come un cluster di macchine fisiche o virtuali, on premises oppure nel cloud (come ambiente di produzione)
  - nel cloud è possibile creare facilmente un cluster Kubernetes in un gruppo di macchine virtuali – ma è ancora più semplice usare uno dei numerosi servizi completamente gestiti per container basati su Kubernetes – come Google *GKE* (*Google Kubernetes Engine*), Amazon *EKS* (*Elastic Kubernetes Service*) oppure Microsoft *AKS* (*Azure Kubernetes Service*)

* Architettura di Kubernetes

- Descriviamo ora l'architettura di Kubernetes



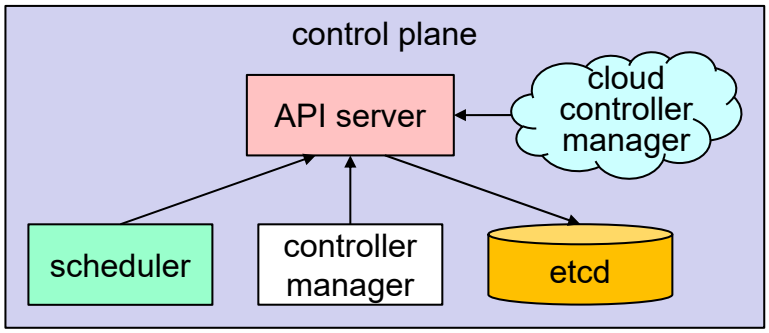
  - un cluster Kubernetes
    - ha l'obiettivo di consentire l'esecuzione di una o più applicazioni a container (in genere una sola applicazione per cluster, soprattutto nel cloud)
    - è basato su diversi componenti software – che vengono eseguiti in due tipi di macchine

Cluster Kubernetes

- Un *cluster Kubernetes* è composto da due tipi di macchine
  - uno o più *nodi* (*nodi worker*) – in cui vengono effettivamente eseguiti i container delle applicazioni (chiamati *pod* in Kubernetes)
  - una o più macchine per il *control plane* – il control plane controlla e gestisce l'intero cluster Kubernetes
  - il control plane gestisce lo stato del cluster, ma (in genere) le sue macchine non partecipano all'effettiva esecuzione delle applicazioni, che viene invece effettuata sui nodi worker
  - gli sviluppatori possono rilasciare in un cluster Kubernetes le proprie applicazioni a container
    - in questa dispensa, usiamo il termine "sviluppatore" per indicare, genericamente, chi si occupa di rilasciare un'applicazione in un cluster Kubernetes

Control plane

- Il control plane gestisce il cosiddetto *Kubernetes Control Plane*, che controlla il cluster e lo fa funzionare



  - le macchine del control plane vengono in genere replicate, per garantire alta disponibilità e scalabilità (dell'orchestratore)

Control plane

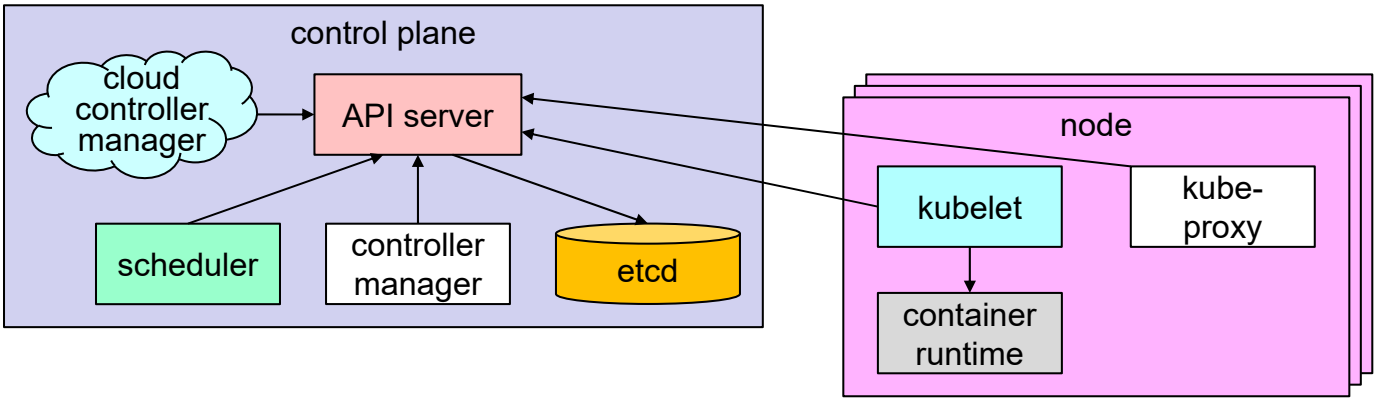
- Il control plane ospita i seguenti componenti software
  - *kube-apiserver* (Kubernetes API Server)
    - il front-end del Control Plane, che gestisce la comunicazione tra i diversi componenti software di Kubernetes
  - *kube-scheduler*
    - lo scheduler, che schedula i pod delle applicazioni – ovvero, assegna un nodo a ciascun pod che deve essere eseguito nel cluster
  - *kube-controller*
    - il controller manager, che esegue funzioni a livello di cluster per controllare (in senso attivo) che lo stato delle applicazioni rilasciate corrisponda a quello desiderato (come discusso più avanti) – ad es., controlla i pod e i nodi
  - *etcd* – un data store distribuito che gestisce in modo persistente e affidabile i dati e la configurazione del cluster

Control plane

- Il control plane ospita i seguenti componenti software
  - *cloud-controller-manager* (è presente solo se il cluster viene eseguito nel cloud)
    - gestisce la logica di controllo specifica per il cloud
    - collega il cluster alle API del provider di cloud utilizzato, e separa i componenti che interagiscono con la piattaforma di cloud da quelli che interagiscono solo con il cluster

Nodi (worker)

- I nodi (worker) eseguono i container (pod) che costituiscono le applicazioni



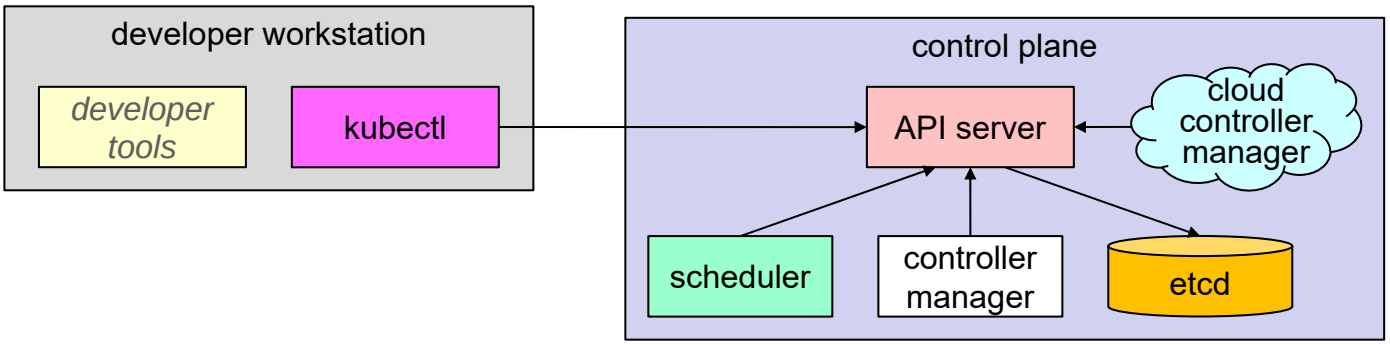
  - vengono in genere usati più nodi (che possono anche essere aggiunti dinamicamente al cluster), per garantire alta disponibilità e scalabilità (delle applicazioni)

Nodi (worker)

- Ogni nodo worker ospita i seguenti componenti software
  - un *container runtime*
    - per eseguire i container associati ai pod (come containerd oppure Docker) – non è parte di Kubernetes
  - *kubelet*
    - un agente che gestisce i pod di quel nodo – è un intermediario tra Kubernetes e il container runtime locale
  - *kube-proxy* (Kubernetes Service Proxy)
    - un proxy di rete che inoltra e bilancia il traffico di rete tra i pod

Client per gli sviluppatori

- Inoltre, sul PC dello sviluppatore di un'applicazione a container va utilizzato un componente software per interagire con il cluster Kubernetes



  - *kubectl*
    - un'interfaccia dalla linea di comando (CLI) che accetta comandi dallo sviluppatore e li inoltra (come chiamate REST) al cluster Kubernetes

Add-on

- Oltre a questi componenti software, vengono in genere utilizzati anche degli *add-on* per estendere le funzionalità di base di Kubernetes e per fornire dei servizi utili alle applicazioni a container
  - ogni cluster Kubernetes deve avere un *cluster DNS*, un server DNS che sostiene la comunicazione tra i container delle applicazioni – ad es., CoreDNS
    - questo è l'unico add-on strettamente necessario
  - è inoltre comune utilizzare un add-on per gestire una rete per la comunicazione tra pod (*pod network*) – ad es., Project Calico
  - ulteriori esempi di add-on sono una dashboard (una web UI per rilasciare applicazioni e gestire le risorse del cluster) oppure strumenti per la gestione delle reti, degli ingress (discussi più avanti), per il monitoraggio e per il logging

Add-on

- Oltre a questi componenti software, vengono in genere utilizzati anche degli *add-on* per estendere le funzionalità di base di Kubernetes e per fornire dei servizi utili alle applicazioni a container
  - gli add-on vengono eseguiti nel cluster come risorse Kubernetes, dunque in modo analogo alle risorse delle applicazioni
    - alcuni add-on vengono eseguiti nel control plane (ad es., CoreDNS), ma altri add-on vengono invece eseguiti nei nodi worker
  - complessivamente, le funzionalità di orchestrazione vengono svolte dai componenti software di base di Kubernetes insieme agli add-on utilizzati

Reti e indirizzi di rete

- Alcune cose utili da sapere sulla gestione delle reti e degli indirizzi IP in Kubernetes
  - ogni macchina (fisica o virtuale) del cluster ha un proprio indirizzo IP “esterno” nella rete in cui è collocato – ad es., 10.11.1.71
  - all’interno del cluster viene inoltre definita una rete privata (*pod network*) per la comunicazione tra pod – ad es., la rete 192.168.0.0/16 – a ciascun pod viene assegnato un indirizzo IP in questa rete
  - all’interno del cluster viene definita anche un’altra rete privata (*service network*) per i servizi (discussi più avanti), per semplificare la comunicazione tra i pod – ad es., la rete 10.96.0.0/12
  - tutti i pod rilasciati nel cluster vengono configurati per usare automaticamente il cluster DNS

L'ambiente kube-cluster

- Nel repository GitHub del corso è disponibile un ambiente kube-cluster per Kubernetes
  - una VM per il control plane – kube-1 (10.11.1.71 o 10.11.2.71)
  - due VM per i nodi worker – kube-2 (10.11.1.72 o 10.11.2.72) e kube-3 (10.11.1.73 o 10.11.2.73)
  - una VM per lo sviluppatore – kube-dev (10.11.1.79 o 10.11.2.79), con Java, Python, Docker e kubectl
  - gli add-on utilizzati nell'ambiente kube-cluster sono
    - CoreDNS come cluster DNS
    - Calico Project per la gestione della pod network
    - NGINX Ingress Controller – un ingress controller basato su NGINX, che ascolta per HTTP sulle porte 80 (solo sui nodi worker) e 31080 (su tutte le macchine del cluster)

L'ambiente kube-cluster

- Nel repository GitHub del corso è disponibile un ambiente kube-cluster per Kubernetes
  - nella rete (file /etc/hosts di ogni VM) sono configurati i seguenti alias
    - kube-cluster per le VM del cluster kube-1, kube-2 e kube-3
      - con l'ingress controller che su tutte le macchine ascolta sulla porta 31080
    - kube-control-plane per le VM del control plane kube-1
    - kube-node per i nodi worker kube-2 e kube-3
      - con l'ingress controller che sui nodi worker ascolta sulla porta 80

* Risorse Kubernetes

- Kubernetes definisce un certo numero di astrazioni – chiamate *risorse* (*API resource* oppure *Kubernetes resource object*) – per la configurazione dichiarativa delle applicazioni a container
  - le risorse Kubernetes più importanti sono
    - un *pod* incapsula un'istanza di container da eseguire nel cluster – costituisce l'unità di deployment nell'orchestratore
    - un *replica set* consente di gestire automaticamente l'esecuzione di una o più repliche di un pod
    - un *daemon set* consente di avere una replica di un pod per ciascun nodo worker del cluster
    - un *service* definisce un punto d'ingresso unico e stabile per un insieme logico di pod che forniscono uno stesso servizio
    - un *deployment* consente di gestire in modo dichiarativo il rilascio e l'aggiornamento di un'applicazione

Risorse Kubernetes

- Ecco alcune nozioni correlate alle risorse Kubernetes
  - una *tipologia di risorsa* rappresenta un'astrazione (una classificazione) delle entità software gestite da Kubernetes
    - ad es., il concetto di pod
  - un'*istanza di risorsa* rappresenta un'entità software runtime gestita dal cluster Kubernetes
    - ad es., un'istanza di un pod per un certo servizio
  - una *specifica di risorsa* (o *configurazione di risorsa*) rappresenta lo stato desiderato di un gruppo di una o più istanze di risorse (con caratteristiche simili)
    - ad es., la specifica di un pod per un certo servizio
  - in questa dispensa, usiamo il termine generico "risorsa" (senza nessuna qualificazione) quando il suo significato può essere dedotto dal contesto in cui compare

Specifiche di risorse

- Le specifiche di risorse consentono una configurazione dichiarativa delle applicazioni a container
  - infatti consentono agli sviluppatori di descrivere lo stato desiderato (a runtime) del cluster Kubernetes
    - ciascuna specifica di risorsa descrive un “intento” richiesto durante l’esecuzione di un’applicazione
    - quando viene rilasciata una risorsa, Kubernetes inizia a lavorare costantemente per garantire l’esistenza delle corrispondenti istanze di risorsa
  - per creare e rilasciare una risorsa, bisogna dunque fornire una specifica della risorsa, che contiene informazioni sulla risorsa (ad es., la sua tipologia e il suo nome) e sul suo stato desiderato
    - questo avviene mediante un approccio di tipo *infrastructure-as-code* – in pratica, di solito, mediante un file YAML

- Esempio

- Come primo esempio, consideriamo un servizio REST hello che ascolta al path / sulla porta 8080 e risponde con un saluto
  - si può realizzare come una semplice applicazione Spring Boot
  - ecco il relativo Dockerfile

```
# Dockerfile per il servizio hello

FROM eclipse-temurin:21-jdk

ADD build/libs/hello.jar hello.jar

EXPOSE 8080

ENTRYPOINT ["java", "-Xmx128m", "-Xms128m", "-jar", "hello.jar"]
```

  - l’immagine Docker è stata salvata su Docker Hub come aswroma3/hello-kube:2025-10 e come aswroma3/hello-kube:latest
  - discutiamo il rilascio in Kubernetes di un tale servizio applicativo

- Pod

- Un *pod* è l'unità di esecuzione di un'applicazione a container
  - intuitivamente, un pod rappresenta e incapsula un'istanza di container da eseguire nel cluster – a ogni pod sono associate delle risorse computazionali, come un indirizzo IP unico e delle risorse di storage
  - un pod è la più semplice e piccola unità che uno sviluppatore può creare o rilasciare in Kubernetes

Pod

- Ecco la specifica di un pod hello-pod (file hello-pod.yaml)

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: hello-pod
  labels:
    app: hello
spec:
  containers:
  - name: hello-container
    image: aswroma3/hello-kube:latest
```

  - nella specifica di un pod, è necessario far riferimento a delle immagini Docker in un registry (che deve essere accessibile da tutti i nodi del cluster) – non è invece possibile far riferimento a immagini nella cache Docker oppure a dei Dockerfile
  - tutte le immagini usate in questa dispensa sono disponibili su Docker Hub

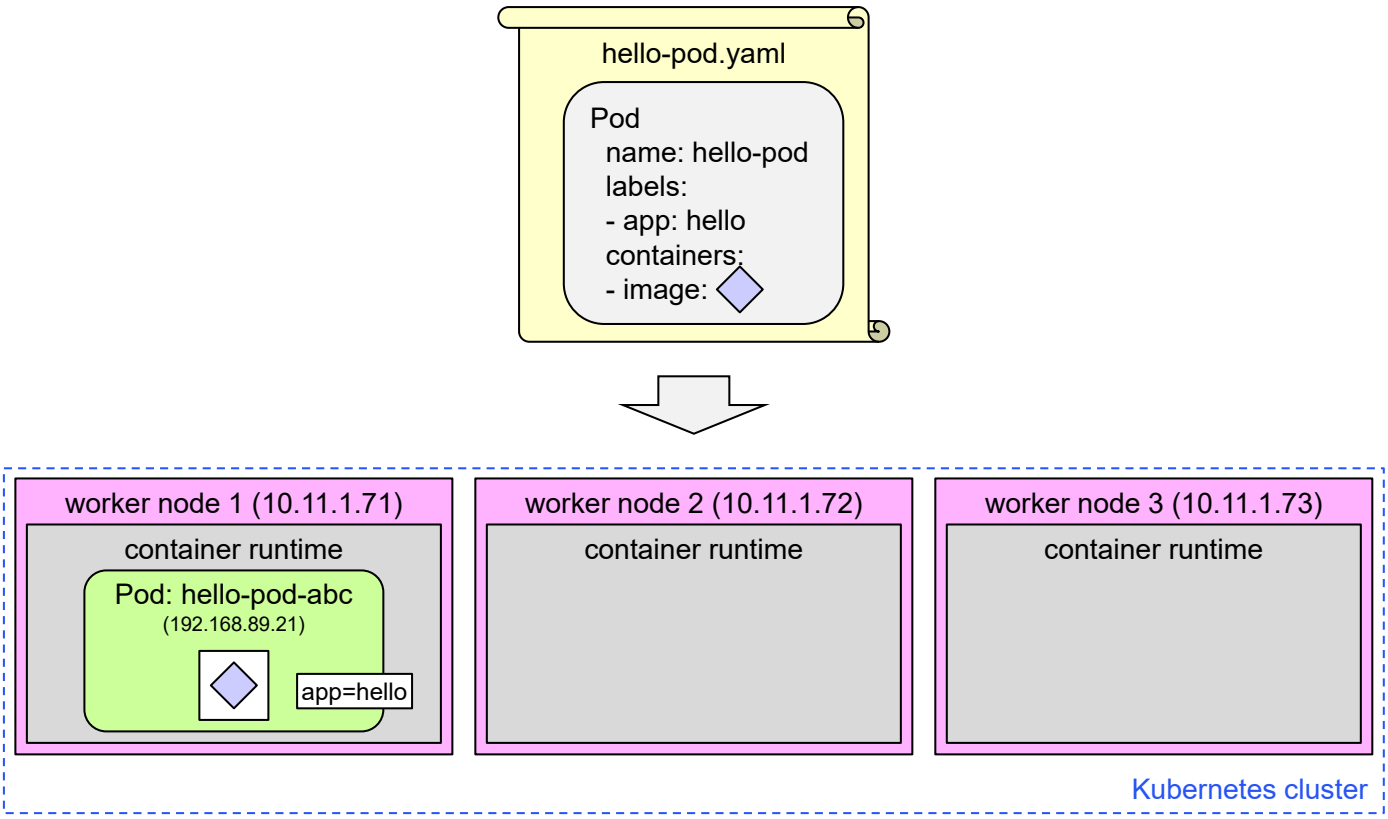
Kubectl

- Ecco alcuni comandi kubectl di uso generale
  - kubectl create *resource* o kubectl create -f *resource-file.yaml*
    - crea la risorsa specificata o le risorse del file specificato
  - kubectl apply -f *resource-file.yaml*
    - crea o aggiorna le risorse del file specificato
  - kubectl delete -f *resource-file.yaml*
    - elimina le risorse del file specificato
  - kubectl get *resource-type*
    - elenca le risorse della tipologia specificata – ad es., pods (po), nodes (no), services (svc), …
  - kubectl describe *resource-type/resource-name*
    - fornisce informazioni sulla risorsa specificata
  - kubectl delete *resource-type/resource-name*
    - elimina la risorsa specificata

Kubectl e pod

- Ecco alcuni comandi kubectl per la gestione dei pod
  - kubectl apply -f hello-pod.yaml
    - in questo caso, crea il pod hello-pod
  - kubectl get pods [-o wide]
    - elenca i pod rilasciati nel cluster [mostrando una descrizione estesa]
  - kubectl describe pods/hello-pod
    - fornisce informazioni sul pod specificato – come l'immagine, il container per il pod e il suo indirizzo IP
    - è possibile accedere al pod mediante il suo indirizzo IP
      - attenzione: per ora è possibile accedere a questo servizio applicativo solo dalle macchine interne del cluster (ad es., da kube-1, ma non da kube-dev, che è esterno al cluster)
  - kubectl delete pods/hello-pod
    - elimina il pod specificato

Rilascio di un pod nel cluster



Rilascio di un pod nel cluster

- Il rilascio di un pod nel cluster avviene in questo modo
  - uno sviluppatore richiede (tramite kubectl) il rilascio di un pod nel cluster
  - kubectl inoltra la richiesta di creazione del pod all'API server
  - l'API server chiede allo scheduler di selezionare un nodo worker in cui creare e avviare il pod
  - l'API server notifica la richiesta di creazione del pod al kubelet del nodo worker selezionato
  - il kubelet del nodo selezionato chiede al container runtime locale di creare e avviare un nuovo container per il pod

Pod con più container

- I pod possono essere usati in due modi
  - *pod a singolo container* – è il caso più comune – in questo caso, si può pensare a un pod come a un'entità che incapsula un singolo container, con Kubernetes che gestisce i pod (e non direttamente i container, che vengono invece gestiti dal container runtime, ad es., containerd)
  - *pod multi-container* – per eseguire più container in un pod – questo è utile se i diversi container del pod devono essere colocalizzati (in un singolo nodo del cluster), ad es., perché devono condividere delle risorse (in genere, dei volumi)
    - tutti i container di un pod vengono infatti rilasciati in uno stesso nodo worker
    - poiché questi container condividono l'indirizzo IP del pod, possono comunicare facilmente tra loro (su localhost) – ma devono comunicare con l'esterno del pod mediante porte distinte

Specifica di un pod

- La specifica di un pod (o di ogni altra risorsa Kubernetes) può contenere numerosi campi
  - la tipologia (kind) di risorsa – ad es., Pod
  - metadati della risorsa – tra cui il nome, il namespace e delle etichette
  - la specifica (spec) della risorsa – nel caso di un pod
    - i container che compongono il pod, ciascuno con
      - nome
      - immagine
      - porte su cui il container comunica
      - variabili d'ambiente
      - …

Label

- I metadati di una risorsa Kubernetes possono contenere delle etichette (zero, una o più)
  - ogni etichetta (*label*) ha una chiave e un valore
    - nell'ambito di un'applicazione, è comune associare a ciascuna risorsa almeno un'etichetta app che specifica il nome dell'applicazione a cui si riferisce quella risorsa
    - nelle applicazioni a microservizi, oltre all'etichetta app (uguale per tutti i microservizi) è anche comune associare a ciascuna risorsa anche un'etichetta service che specifica il microservizio a cui si riferisce quella risorsa – a un microservizio possono essere associate più risorse

Label

- I metadati di una risorsa Kubernetes possono contenere delle etichette (zero, una o più)
  - come discuteremo più avanti, le etichette sono importanti per consentire la selezione delle risorse
    - infatti, la selezione delle risorse avviene in genere sulla base delle etichette – e non sulla base dei nomi delle risorse (come si potrebbe invece pensare)
    - in questa introduzione a Kubernetes, utilizziamo le sole etichette app e, più avanti, anche service

Pod – discussione

- Alcune osservazioni sui pod
  - i pod (e i loro indirizzi di rete) sono effimeri – ogni volta che viene creato (o ricreato) un pod (il che è possibile e comune), gli viene assegnato un indirizzo di rete differente
    - questo solleva il problema della comunicazione con i pod – sia della comunicazione tra pod (all'interno del cluster) che della comunicazione con i client finali (dall'esterno del cluster)
    - il problema della comunicazione tra e con i pod è risolto in Kubernetes dai service (descritti più avanti)
  - Kubernetes raccomanda di non creare pod direttamente
    - piuttosto, consigli di crearli indirettamente mediante l'uso di controller (descritti più avanti)

- Controller

- Un *controller* è una risorsa Kubernetes che ha lo scopo di gestire e controllare un gruppo di pod correlati (in genere, basati su un'identica specifica di container)
  - i controller più comuni sono quelli che consentono di gestire e controllare un numero stabile di repliche di un pod – ne esistono di diversi tipi
    - un *replica set* consente di specificare il numero di repliche desiderato di un tipo di pod
    - un *daemon set* consente di avere esattamente una replica di un pod per ciascun nodo worker del cluster
      - i daemon set sono utili, ad es., per eseguire un agente (demone) di monitoraggio in ciascun nodo del cluster, oppure per la raccolta dei log del nodo
      - per motivi di sicurezza, i nodi del control plane di solito non eseguono repliche dei pod delle applicazioni

Controller

- Un *controller* è una risorsa Kubernetes che ha lo scopo di gestire e controllare un gruppo di pod correlati (in genere, basati su un'identica specifica di container)
  - i controller hanno lo scopo di controllare il proprio gruppo di pod in modo attivo
    - un controller non solo consente di creare un gruppo di pod, ma anche di garantirne l'esistenza, in modo stabile
    - ad es., se uno dei pod di un *replica set* fallisce (o se viene eliminato), allora il pod viene rischedulato (a livello di cluster) e riavviato
      - un pod fallito di un replica set potrebbe essere riallocato in un nodo worker diverso
      - in ogni caso, ad un pod che viene ricreato viene di solito assegnato un indirizzo di rete differente da quello del pod che è fallito

Controller

- Un *controller* è una risorsa Kubernetes che ha lo scopo di gestire e controllare un gruppo di pod correlati (in genere, basati su un'identica specifica di container)
  - ulteriori tipi di controller
    - un *job* consente di garantire che un numero specificato di pod di un certo tipo vengano creati e terminino con successo
    - uno *stateful set* consente di gestire applicazioni stateful
      - in modo simile a un replica set, garantisce l'esistenza di un numero desiderato di repliche di un tipo di pod
      - tuttavia, in un replica set i diversi pod sono considerati equivalenti e intercambiabili
      - invece, in uno stateful set, i pod non sono intercambiabili, ma sono ordinati e hanno un'identità persistente che viene mantenuta nelle successive rischedulazioni dei pod – questo è utile per pod che hanno dei volumi persistenti

Replica Set

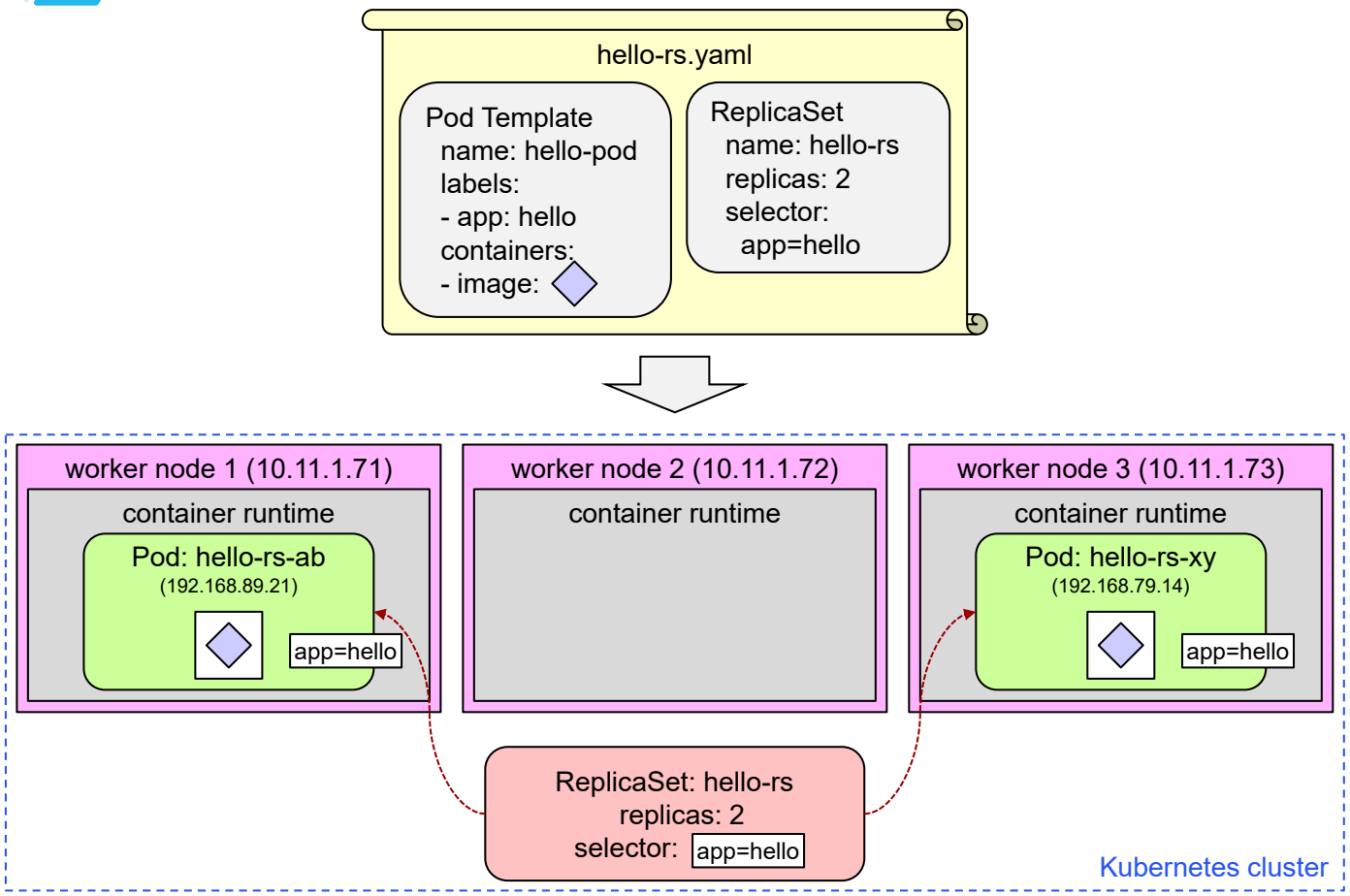
- Ecco la specifica di un replica set (file hello-rs.yaml)

```
apiVersion: apps/v1
kind: ReplicaSet
metadata:
  name: hello-rs
spec:
  replicas: 2
  selector:
    matchLabels:
      app: hello
  template:
    metadata:
      name: hello-pod
      labels:
        app: hello
    spec:
      containers:
      - name: hello-container
        image: aswroma3/hello-kube:latest
```


Replica Set

- Nell'esempio, si noti l'uso dei seguenti campi
  - il campo template definisce una specifica di pod
    - il replica set si occuperà di controllare la creazione del numero desiderato di repliche di pod basati su questo template
    - si ricordi la raccomandazione di Kubernetes di non creare pod direttamente
  - il campo replicas specifica il numero di repliche desiderato
  - il campo selector specifica il criterio di selezione (basato su etichette) dei pod che fanno parte di questo replica set

Replica Set



- Deployment

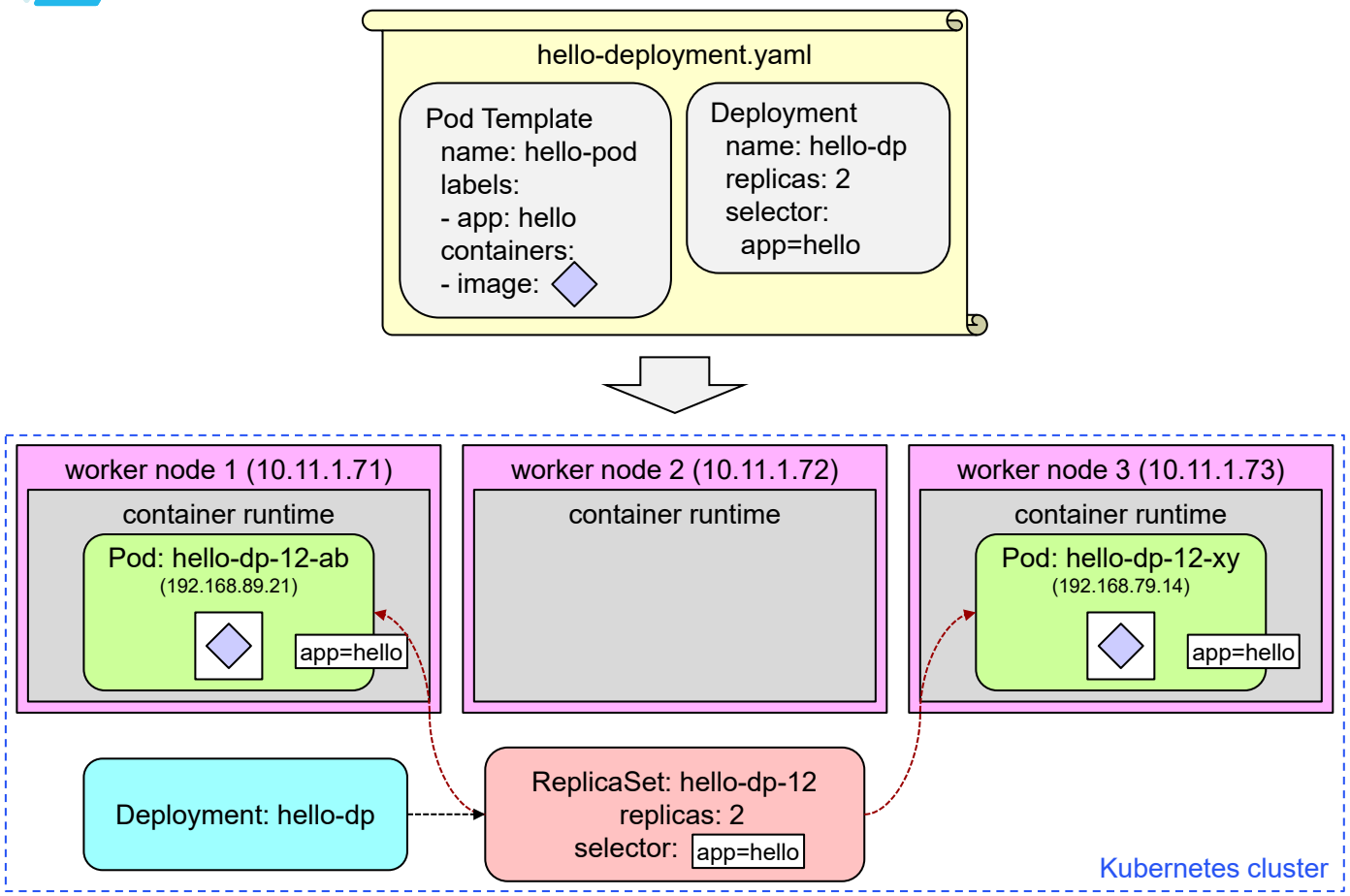
- Un *deployment* è un controller Kubernetes di alto livello che consente una specifica dichiarativa di pod e replica set
  - la specifica di un deployment è simile a quella di un replica set
    - in pratica, Kubernetes gestisce un deployment mediante la creazione di un replica set per il deployment
  - Kubernetes raccomanda anche di non creare replica set direttamente
    - piuttosto, consiglia di crearli indirettamente mediante l'uso di deployment
  - inoltre, con un deployment è semplice effettuare la scalatura (in alto o in basso) di un insieme di pod, nonché di effettuarne un rolling update o un rollback

Deployment

- Ecco la specifica di un deployment (file hello-deployment.yaml)

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: hello-deploy
spec:
  replicas: 2
  selector:
    matchLabels:
      app: hello
  template:
    metadata:
      name: hello-pod
      labels:
        app: hello
    spec:
      containers:
      - name: hello-container
        image: aswroma3/hello-kube:latest
```


Deployment



- Un esperimento

- Prima di andare avanti, facciamo questo esperimento
  - avviamo l'applicazione con kubectl apply -f hello-deployment.yaml
  - eseguiamo il comando kubectl get all -o wide
    - a questo punto, dovremmo vedere le istanze di risorse mostrate nella figura precedente (anche se con nomi diversi)
      - un deployment, un replica set e due pod
  - "uccidiamo" ora uno dei pod, con il comando kubectl delete pod/*nome-di-uno-dei-pod*
  - eseguiamo di nuovo il comando kubectl get all -o wide
    - a questo punto, dovremmo vedere ancora un deployment, un replica set e due pod
      - uno dei pod è però diverso da quello che è stato "ucciso" – inoltre, il suo indirizzo IP è probabilmente diverso da quello del pod che è stato "ucciso"

Un esperimento

- Questo esperimento consente di comprendere una frase scritta in precedenza
  - "quando viene rilasciata una risorsa, Kubernetes inizia a lavorare costantemente per garantire l'esistenza delle corrispondenti istanze di risorsa"
  - quando rilasciamo un controller (come un replica set o un deployment), Kubernetes si occupa non solo di creare le risorse corrispondenti – ma si occupa anche di monitorarle e, nel caso di un loro fallimento, di ricrearle – sulla base delle specifiche fornite

- Service (prima parte)

- Consideriamo ora il problema della comunicazione tra e con i pod
  - un primo problema da affrontare è che i pod (e i loro indirizzi di rete) sono effimeri – ogni volta che viene creato (o ricreato) un pod (il che è possibile e comune), gli viene assegnato un indirizzo di rete differente
  - una soluzione a questo problema è offerta dai service – un'altra astrazione di Kubernetes, rappresentata da un'altra tipologia di risorsa

Service

- Un *service* è una risorsa che definisce un punto di accesso costante a un gruppo di pod che offrono uno stesso servizio applicativo
  - ogni service ha un nome, un tipo (discusso più avanti), un indirizzo IP (chiamato cluster IP, un indirizzo IP nella service network) e una porta che non cambiano mai durante l'esistenza del service
    - non cambiano nemmeno se, nel corso del tempo, cambiano le istanze del gruppo di pod (istanze di container) a cui il service si riferisce
    - attenzione: la locazione del service cambia se il service viene arrestato e ricreato
  - in particolare, è utile e comune creare dei service in corrispondenza ai deployment – per definire un punto di accesso unico alle repliche di pod specificate da un deployment

Service

- Un *service* è una risorsa che definisce un punto di accesso costante a un gruppo di pod che offrono uno stesso servizio applicativo
  - inoltre, usando un service, un pod può comunicare con un altro pod dell'applicazione tramite il suo cluster IP (che è stabile) – o, ancora più semplicemente, tramite il nome del service associato al pod (grazie al DNS del cluster)
    - ogni accesso fatto mediante l'indirizzo IP (o il nome) e la porta del service verrà inoltrata (tramite kube-proxy) a uno dei pod del service – in genere, il service opera anche da load balancer nei confronti dei suoi pod

Service

- Ecco la specifica di un service (file hello-service-clusterip.yaml)
  - la specifica del deployment è rimasta invariata

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: hello-deploy
... come prima ...
```

```
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: hello-svc
spec:
  type: ClusterIP
  selector:
    app: hello
  ports:
  - port: 8080
    targetPort: 8080
```

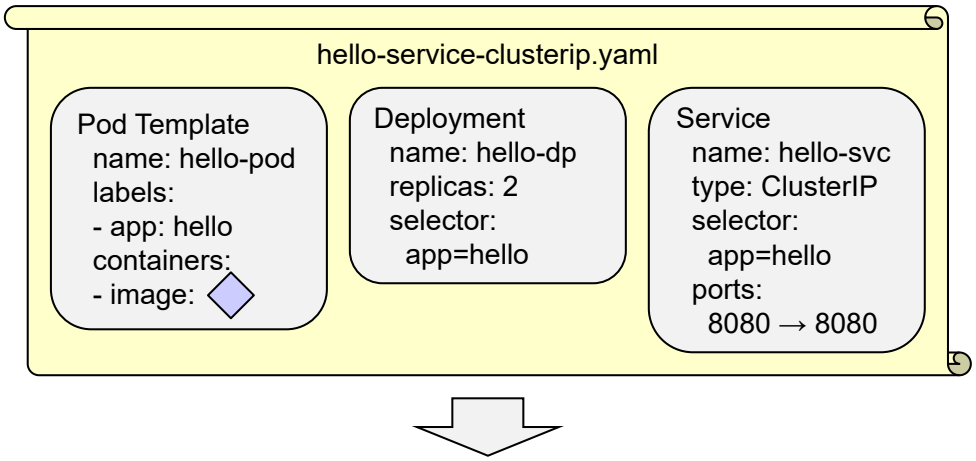
Service

- Nella specifica di un service
  - il campo type indica il tipo di service (i tipi di service sono discussi più avanti) – il default è ClusterIP
  - il selettore consente di selezionare (tramite etichette) i pod a cui è associato il service
  - inoltre, il campo port indica la porta su cui va esposto il service, mentre targetPort indica la porta di interesse esposta dal pod

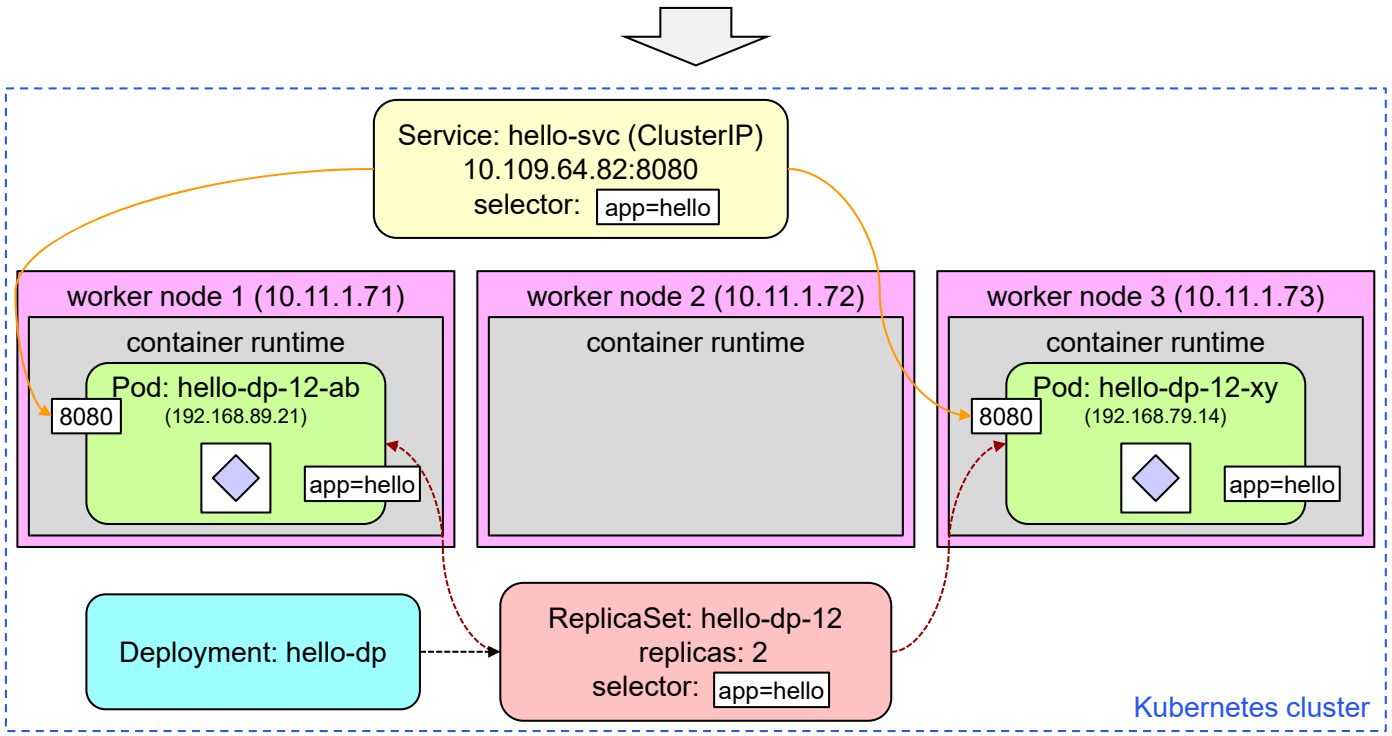
Service

- Ecco alcuni comandi kubectl per la gestione dei service
  - kubectl apply -f hello-service.yaml
    - in questo caso, crea il deployment (con il suo replica set e i suoi pod) e il service hello-svc
  - kubectl get services oppure kubectl get svc
    - elenca i service del cluster
  - kubectl describe svc/hello-svc
    - fornisce informazioni sul service specificato – come il suo tipo (in questo caso, Cluster IP), il suo indirizzo IP, la sua porta, gli endpoint dei pod a cui è associato
    - in questo caso, è possibile accedere al service mediante il suo indirizzo IP (ma sempre solo dalle macchine interne del cluster)
  - kubectl delete svc/hello-svc
    - elimina il service specificato

Deployment e Service



Deployment e Service



- Service (seconda parte)

- Consideriamo ancora il problema della comunicazione tra e con i pod
  - un secondo problema da affrontare è che gli indirizzi di rete assegnati ai pod appartengono alla pod network e quelli assegnati ai service appartengono alla service network
    - queste reti sono però entrambe reti private del cluster, e pertanto rimane il problema dell'accesso ai pod da parte dei client esterni al cluster
  - i service offrono anche una soluzione a questo problema

Service accessibili dai pod interni

- Kubernetes fornisce diversi tipi di service
  - un primo tipo (ClusterIP) sostiene direttamente solo la comunicazione tra i pod interni al cluster
    - *ClusterIP* – associa al service un indirizzo IP interno al cluster (*cluster IP*) – il service agisce da load balancer tra i pod associati al service
    - questo tipo di service è utile per semplificare la comunicazione interna tra pod
      - un'alternativa è usare un servizio di service discovery applicativo come Consul oppure il servizio di service discovery di Kubernetes (discusso più avanti)

Service accessibili dai client esterni

- Kubernetes fornisce diversi tipi di service
  - altri tipi di service sono accessibili anche da client esterni al cluster (ad es., dalla VM kube-dev)
    - *NodePort* – estende ClusterIP, allocando (come suggerisce il nome) anche una porta per il service sui nodi del cluster
      - in questo modo, ogni nodo del cluster è in grado di accettare richieste sulla porta associata al service e di inoltrarle al service (“ingress routing mesh”)
      - ha degli inconvenienti (ad es., la porta deve essere nel range 30000-32767, si può avere un solo servizio per porta), ed è sconsigliato in produzione – ma è utile durante lo sviluppo

Service accessibili dai client esterni

- Kubernetes fornisce diversi tipi di service
  - altri tipi di service sono accessibili anche da client esterni al cluster (ad es., dalla VM kube-dev)
    - *LoadBalancer* – estende NodePort, ed espone il servizio esternamente usando un load balancer esterno – si noti che Kubernetes non offre direttamente un servizio di questo tipo, ma può chiedere al provider di cloud in cui viene eseguito il cluster Kubernetes di allocare un load balancer esterno e di effettuare il routing verso il service
      - è adatto ad esporre un servizio all’esterno in produzione, ed è un modo standard di esporre un servizio su Internet

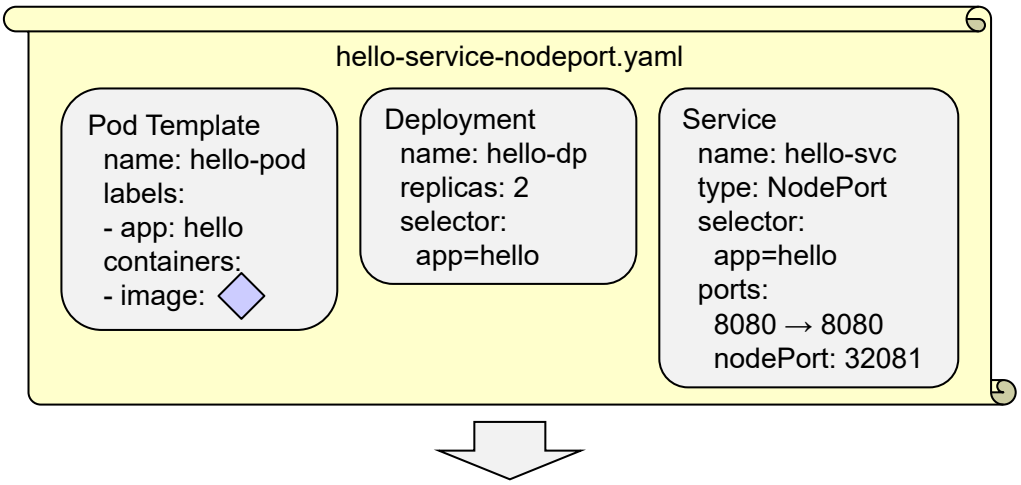
NodePort

- Ecco la specifica di un service di tipo NodePort (file hello-service-nodeport.yaml)
  - la specifica del deployment è rimasta invariata

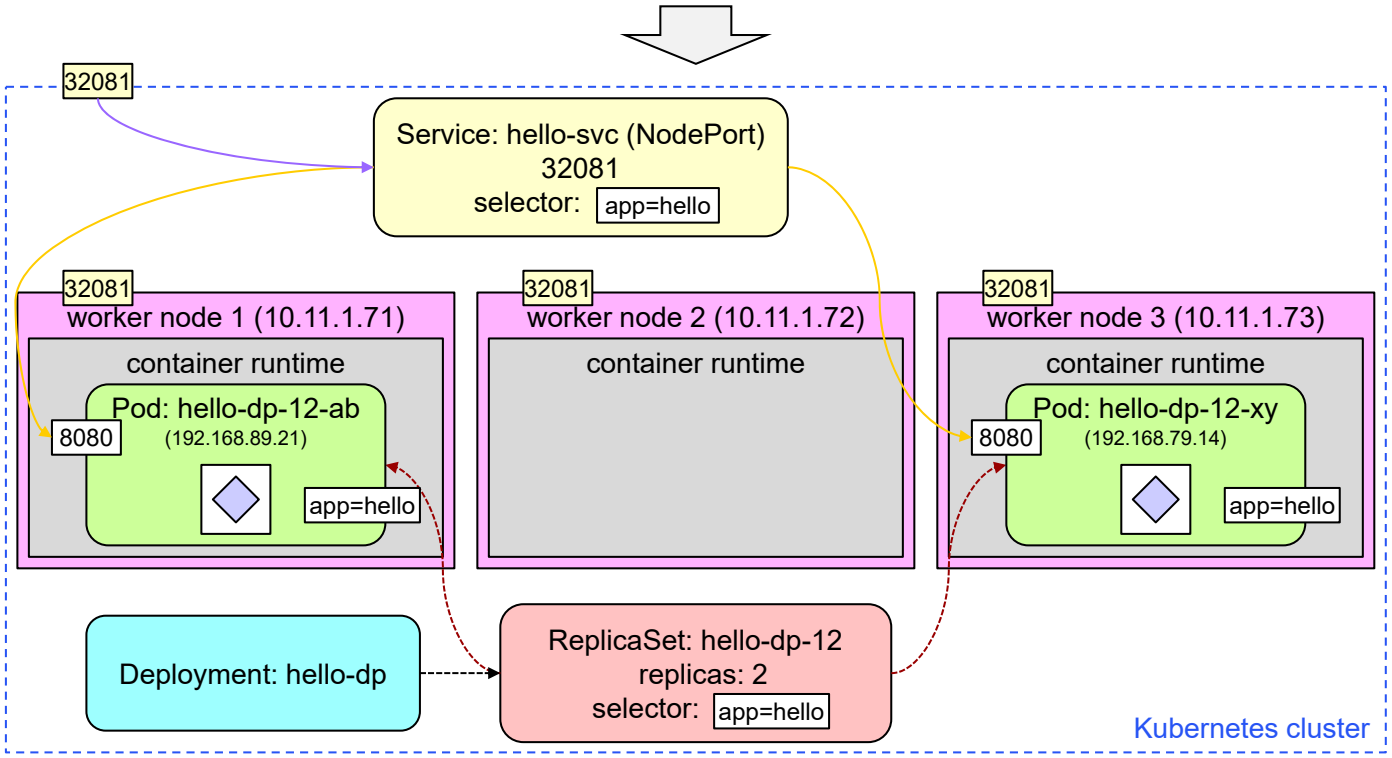
```
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: hello-svc
spec:
  type: NodePort
  selector:
    app: hello
  ports:
  - port: 8080
    targetPort: 8080
    nodePort: 32081
```

  - il campo nodePort (opzionale) indica la porta esterna per il service – se assente, viene assegnata in modo casuale nell'intervallo (di solito) 30000-32767

NodePort



NodePort



NodePort

- Ecco un client minimale basato su curl
  - il client accede al service sulla porta 32081
  - supponiamo che il DNS usato dal client (oppure il suo file /etc/hosts) associ il nome kube-node a qualunque nodo del cluster Kubernetes

```
curl kube-node:32081
```

  - nel caso in cui la porta associata al service non sia nota, si può usare kubectl per determinarla

```
SERVICE_PORT=$(kubectl get svc/hello-svc \
      -o go-template='{{(index .spec.ports 0).nodePort}}')
curl kube-node:${SERVICE_PORT}
```

- Un altro esperimento

- Prima di andare avanti, facciamo questo esperimento
  - avviamo l'applicazione con kubectl apply -f hello-service-nodeport.yaml
  - eseguiamo il comando kubectl get all -o wide
    - a questo punto, dovremmo vedere le istanze di risorse mostrate nella figura precedente (anche se con nomi diversi)
      - tra di queste, il service hello-svc, di tipo NodePort, a cui è associato un indirizzo IP (cluster IP) e una porta
  - "uccidiamo" uno dei pod, come nell'esperimento precedente
  - eseguiamo di nuovo il comando kubectl get all -o wide
    - a questo punto, dovremmo vedere che non sono cambiati né l'indirizzo IP né la porta associati al service hello-svc
      - infatti, un service definisce un punto di accesso costante a un gruppo di pod per un servizio applicativo – mentre la composizione di questo gruppo può variare nel tempo

- Ingress

- Un *ingress* è una risorsa per effettuare il routing di richieste HTTP e HTTPS indirizzate ai nodi del cluster verso service interni al cluster
  - si tratta di una modalità aggiuntiva per rendere uno o più service (di tipo NodePort o LoadBalancer) accessibili a client esterni al cluster
    - non solo con riferimento a una porta, ma anche a un hostname oppure a un path
  - l'uso degli ingress richiede l'installazione nel cluster di un ingress controller (come add-on)
    - nell'ambiente kube-cluster viene utilizzato NGINX Ingress Controller – è configurato per ascoltare richieste HTTP sulla porta 31080 di tutte le macchine (con alias kube-cluster) ma anche sulla porta 80 dei nodi worker (con alias kube-node)

Ingress

- Ecco la specifica di un ingress (file hello-ingress.yaml)

```
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: hello-svc
spec:
  type: NodePort
  selector:
    app: hello
  ports:
  - port: 8080
    targetPort: 8080
    # nodePort: 32081
```

```
---
apiVersion: networking.k8s.io/v1
kind: Ingress
metadata:
  name: hello-ing
spec:
  ingressClassName: nginx
  rules:
  - host: hello.aswroma3.it
    http:
      paths:
      - pathType: Prefix
        path: /
        backend:
          service:
            name: hello-svc
            port:
              number: 8080
```

  - il service hello-svc viene esposto su http://hello.aswroma3.it/ – sulla porta associata all'ingress controller, nel nostro caso 80

Ingress

- Un ingress può specificare più regole di routing
  - ciascuna di queste regole può associare un service (campi service.name e service.port.number) a un URI composto dal nome di un host (campo host) e da un path (campo path)
    - nell'esempio, il service hello-svc (su 8080) è esposto sull'URI http://hello.aswroma3.it/ (su 80)

Ingress

- Un ingress può specificare più regole di routing
  - ciascuna di queste regole può associare un service (campi service.name e service.port.number) a un URI composto dal nome di un host (campo host) e da un path (campo path)
  - inoltre
    - il campo host è opzionale, e può essere specificato in modo esatto (hello.aswroma3.it) oppure con delle wildcard (*.hello.com)
    - il campo path può essere specificato in modo esatto (pathType: Exact) oppure come un prefisso (pathType: Prefix)
    - è possibile la riscrittura dell'URI della richiesta
    - è possibile effettuare il "canary" di alcune richieste su servizi differenti

Ingress

- Per accedere effettivamente a un service mediante un ingress dall'esterno del cluster, è inoltre necessario che il nome dell'host specificato sia registrato nel DNS che serve il client esterno – e che il DNS associ questo nome ai nodi worker del cluster
  - per fare degli esperimenti
    - è possibile associare l'host all'indirizzo IP dei nodi worker del cluster nel file /etc/hosts del client, e poi usare

```
curl http://hello.aswroma3.it
```

    - oppure si può usare curl con l'opzione --connect-to (redirige una richiesta da una coppia host:porta a un'altra)

```
curl http://hello.aswroma3.it \
     --connect-to hello.aswroma3.it:80:kube-node:80
```

    - oppure si può usare curl indicando un header di tipo Host (presenta la richiesta come se rivolta all'host specificato)

```
curl kube-node --header "Host: hello.aswroma3.it"
```

Ingress

hello-ingress.yaml

Pod Template
name: hello-pod
labels:
- app: hello
containers:
- image:

Deployment
name: hello-dp
replicas: 2
selector:
app=hello

Service
name: hello-svc
type: NodePort
selector:
app=hello
ports:
8080 → 8080

Ingress
name: hello-ing
rules:
- hello/ → hello-svc:8080

Ingress

http://hello/

Ingress: hello-ing
hello/ → hello-svc:8080

Service: hello-svc (NodePort)
32081
selector: app=hello

http://hello/
worker node 1 (10.11.1.71)
container runtime
Pod: hello-dp-12-ab
(192.168.89.21)
8080
app=hello

http://hello/
worker node 2 (10.11.1.72)
container runtime

http://hello/
worker node 3 (10.11.1.73)
container runtime
Pod: hello-dp-12-xy
(192.168.79.14)
8080
app=hello

Deployment: hello-dp

ReplicaSet: hello-dp-12
replicas: 2
selector: app=hello

Kubernetes cluster

Ingress

- Ecco un client minimale basato su curl
  - il client accede al service sull'host hello.aswroma3.it
  - supponiamo che il DNS usato dal client (oppure il suo file /etc/hosts) associ hello a qualunque nodo worker del cluster Kubernetes

```
curl hello.aswroma3.it
```

  - nel caso in cui l'ingress controller sia associato a una porta diversa dalla porta 80 – ad es., la porta 31080

```
curl hello.aswroma3.it:31080
```

  - nel caso in cui l'host hello non sia registrato nel DNS, per fare degli esperimenti veloci nel cluster kube-cluster

```
curl hello.aswroma3.it --connect-to hello.aswroma3.it:80:kube-node:80
```

    - oppure anche

```
curl kube-node --header "Host: hello.aswroma3.it"
```


- Namespace

- Un *namespace* consente di associare una portata (scope) a ciascuna risorsa
  - utile quando il cluster viene utilizzato per eseguire più applicazioni, oppure è condiviso tra più utenti
    - ovvero, quando è possibile che ci siano sovrapposizioni di nomi tra le risorse di applicazioni o utenti diversi
    - i namespace consentono di separare le risorse in "gruppi" distinti – nonché di operare all'interno di un solo "gruppo" alla volta
  - in pratica, i namespace sono un modo per gestire più cluster virtuali in un unico cluster fisico
  - se per una risorsa non viene specificato nessun namespace, allora quella risorsa viene allocata nel namespace default
  - nota: i namespace di Kubernetes sono una cosa diversa dai namespace di Linux (usati, ad es., da runc e containerd)

Namespace

- Un primo modo di utilizzare i namespace (file hello-namespace.yaml)
  - scrivere la specifica di un namespace
  - nelle altre specifiche, indicare esplicitamente (tra i metadati) il namespace da usare per ciascuna risorsa

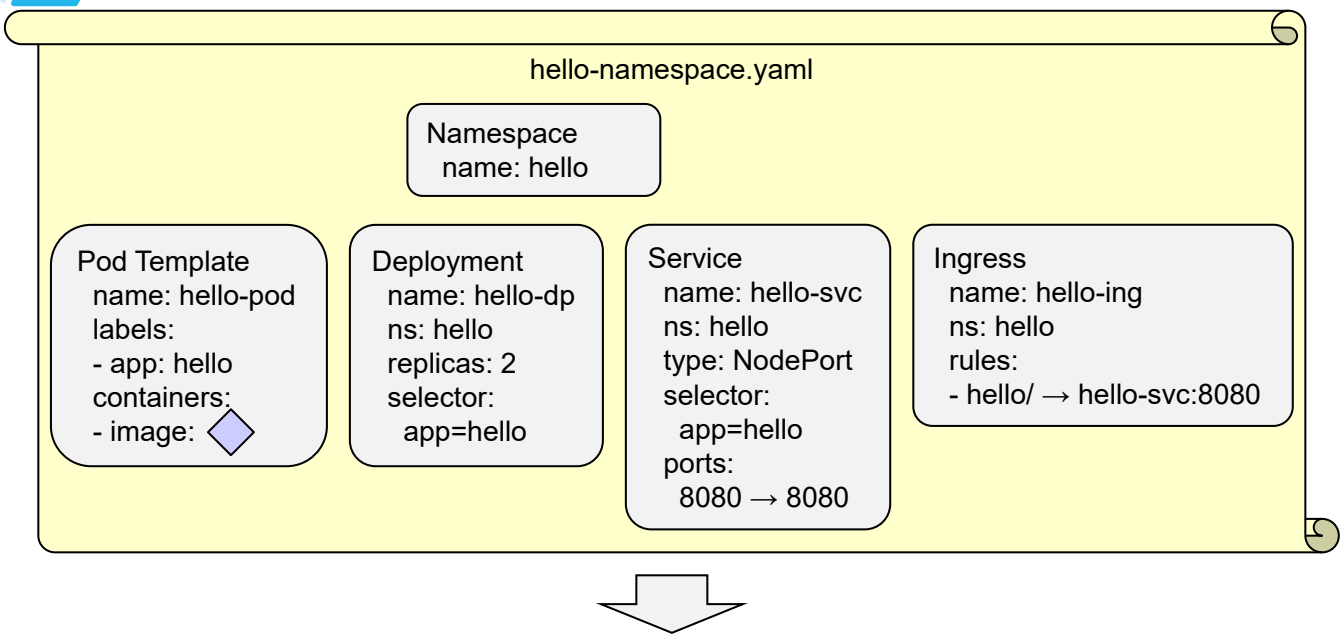
```yaml
apiVersion: v1
kind: Namespace
metadata:
  name: hello

---
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: hello-deploy
  namespace: hello
... come prima ...
```

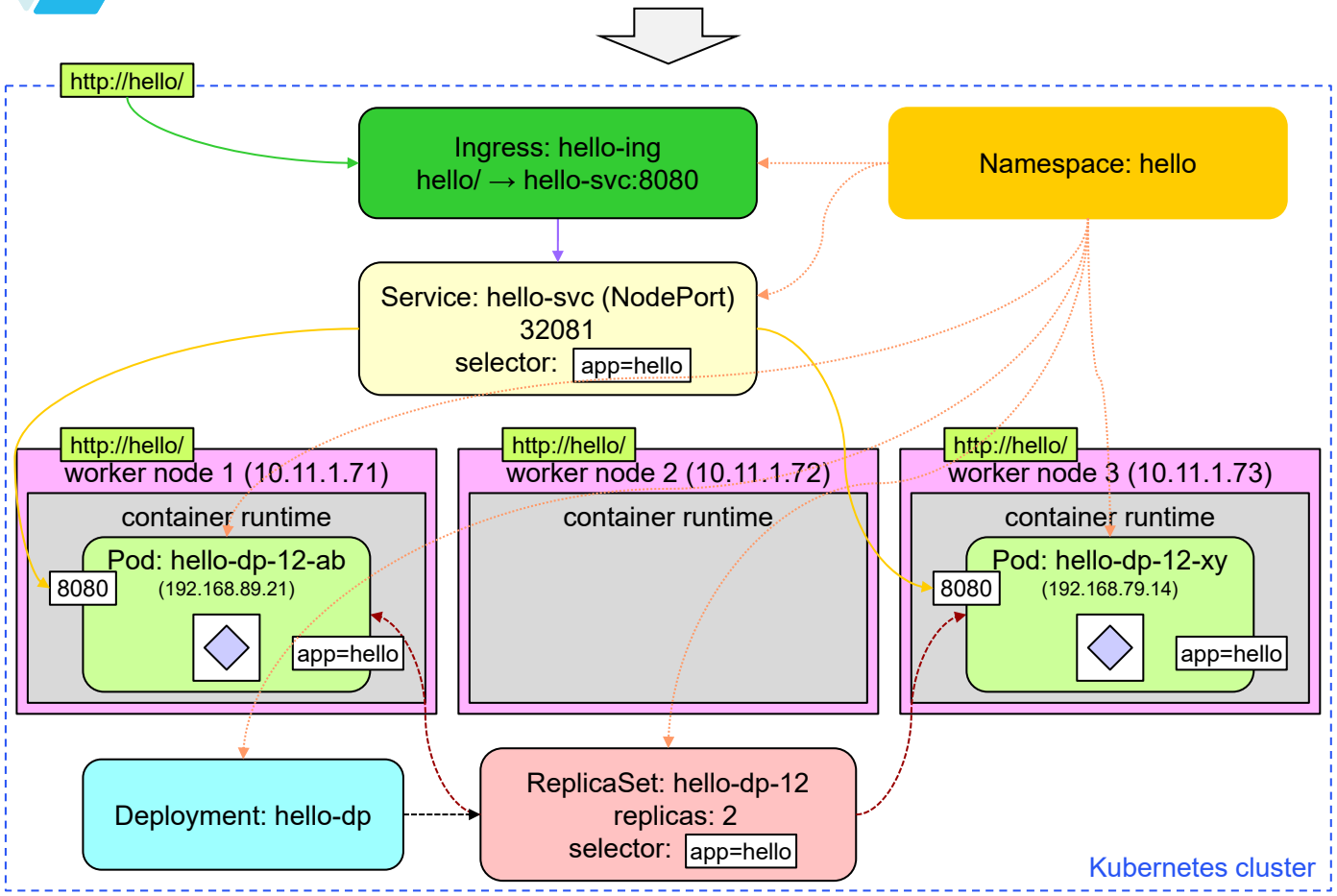
```yaml
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: hello-svc
  namespace: hello
... come prima ...

---
apiVersion: networking.k8s.io/v1
kind: Ingress
metadata:
  name: hello-ing
  namespace: hello
... come prima ...
```


Namespace



Namespace



Namespace

- Ecco alcuni comandi kubectl per la gestione dei namespace
  - kubectl create namespace hello
    - crea il namespace di nome hello
  - kubectl get namespaces oppure kubectl get ns
    - elenca tutti i namespace
  - kubectl get pods --namespace hello oppure kubectl get pods -n hello
    - elenca tutti i pod del namespace specificato
  - kubectl get pods --all-namespaces
    - elenca tutti i pod di tutti i namespace
  - kubectl get pods
    - elenca tutti i pod del namespace default
  - kubectl delete namespace hello
    - cancella il namespace hello (con tutte le sue risorse)

Namespace

- Un secondo modo di utilizzare i namespace
  - usare l'ultima specifica mostrata in precedenza – senza la risorsa namespace né l'indicazione del namespace tra i metadati delle altre risorse
  - usare il seguente script per avviare l'applicazione – l'opzione -n consente di creare le risorse del file nel namespace specificato
    - kubectl create namespace hello
    - kubectl apply -f hello-application.yaml -n hello
  - usare il seguente script per arrestare l'applicazione
    - kubectl delete -f hello-application.yaml -n hello
    - kubectl delete namespace hello
  - questo modo di procedere consente di mantenere le specifiche delle risorse indipendenti dai namespace utilizzati per il loro rilascio

- Probe

- Kubernetes (tramite kubelet) usa i *probe* ("sonda") per verificare lo stato di salute dei pod
  - i probe sono in qualche modo simili ai controlli sullo stato di salute dei container che con Docker sono abilitati dall'istruzione HEALTHCHECK nei Dockerfile
  - è però utile sapere che eventuali istruzioni HEALTHCHECK nei Dockerfile sono ignorate da Kubernetes – al loro posto vanno utilizzati i probe

Probe

- I probe possono essere definiti nella specifica di un pod

```
...
  template:
    ...
    spec:
      containers:
      - image: aswroma3/hello-kube:latest
        livenessProbe:
          ...
        readinessProbe:
          ...
```

  - ogni probe ha dei parametri propri
  - il caso più semplice è un probe è basato su una richiesta HTTP GET su una porta e un path del pod
    - il pod "passa" (supera) il check se la risposta ha un codice 2xx o 3xx, e non lo passa con un codice di errore 4xx e 5xx

Probe

- Ci sono diversi tipi di probe
  - un *liveness probe* consente di verificare periodicamente lo stato di salute di un pod
    - se il check fallisce, il pod viene ucciso e riavviato

```
livenessProbe:
  httpGet:
    path: /actuator/health
    port: 8080
  periodSeconds: 5
  failureThreshold: 3
  initialDelaySeconds: 120
```

    - in questo caso, lo stato di salute dell'applicazione nel pod viene verificato ogni 5 secondi – e sono ammessi al più 3 fallimenti consecutivi – ma aspettando prima 2 minuti per l'avvio del pod
    - è utile, ad es., se il pod può andare in loop o essere coinvolto in un deadlock, senza però andare in crash

Probe

- Ci sono diversi tipi di probe
  - anche un *readiness probe* consente di verificare periodicamente lo stato di salute di un pod
    - tuttavia, se il check fallisce, Kubernetes si limita a non inoltrare richieste al pod – fino a quando il pod non tornerà a passerà il check

```
readinessProbe:
  httpGet:
    path: /actuator/health
    port: 8080
  periodSeconds: 10
```

    - è utile, ad es., quando il tempo di avvio di un pod non è breve – in particolare, durante i rolling update

Probe

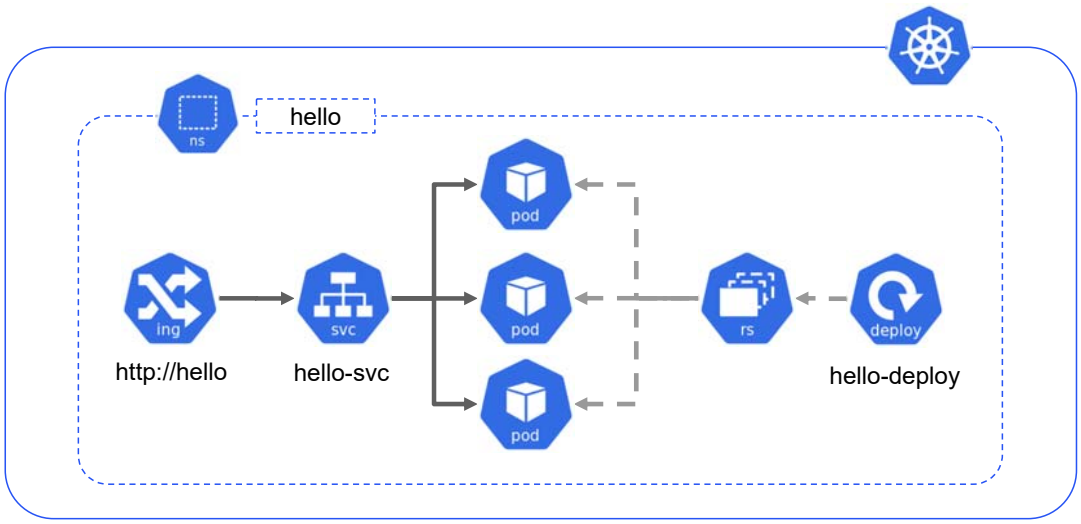
- Ci sono diversi tipi di probe
  - uno *startup probe* è utile per i pod che richiedono un tempo alto di avvio ed inizializzazione

```
startupProbe:
  httpGet:
    path: /actuator/health
    port: 8080
  periodSeconds: 10
  failureThreshold: 30
```

    - in questo caso, l'applicazione nel pod deve avere un tempo massimo di avvio di 10*30=300 secondi (5 minuti)
      - altrimenti, il pod viene ucciso e riavviato
    - questo probe viene usato solo durante l'avvio del pod – nel frattempo gli altri tipi di probe sono disabilitati
    - utile per avere probe a granularità temporale differente – più lunga per lo startup, più breve per liveness e readiness

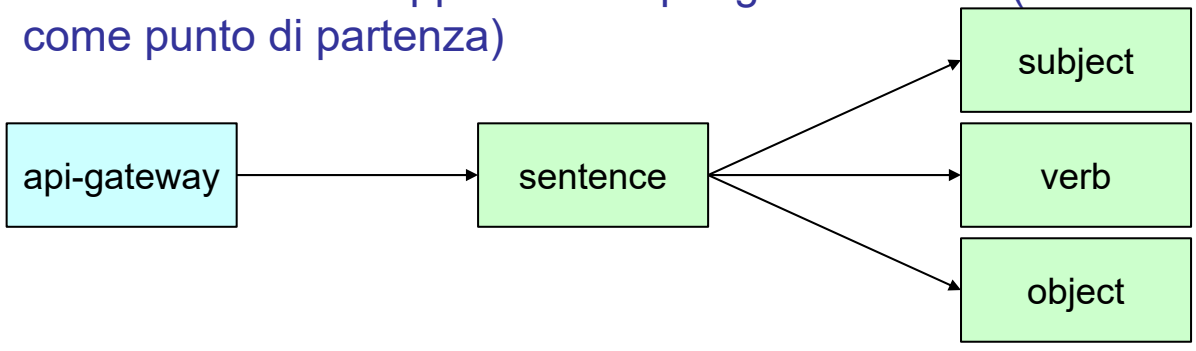
- Architettura dell'applicazione hello

- Per riassumere, la seguente figura descrive l'architettura dell'applicazione hello, rappresentando le risorse Kubernetes utilizzate



* Orchestrazione con Kubernetes

- Discutiamo ora il rilascio su Kubernetes di un'applicazione multi-servizi e multi-container
  - come applicazione di esempio, consideriamo di nuovo l'applicazione sentence per generare frasi in modo casuale
  - questa applicazione è basata su un servizio principale sentence che utilizza degli ulteriori servizi per generare parole di tipo diverso (subject, verb e object) e un API gateway api-gateway
  - questa applicazione è stata inizialmente presentata nella dispensa su Spring Cloud – e poi ripresa nella dispensa sull'esecuzione di applicazioni Spring con Docker (che usiamo come punto di partenza)



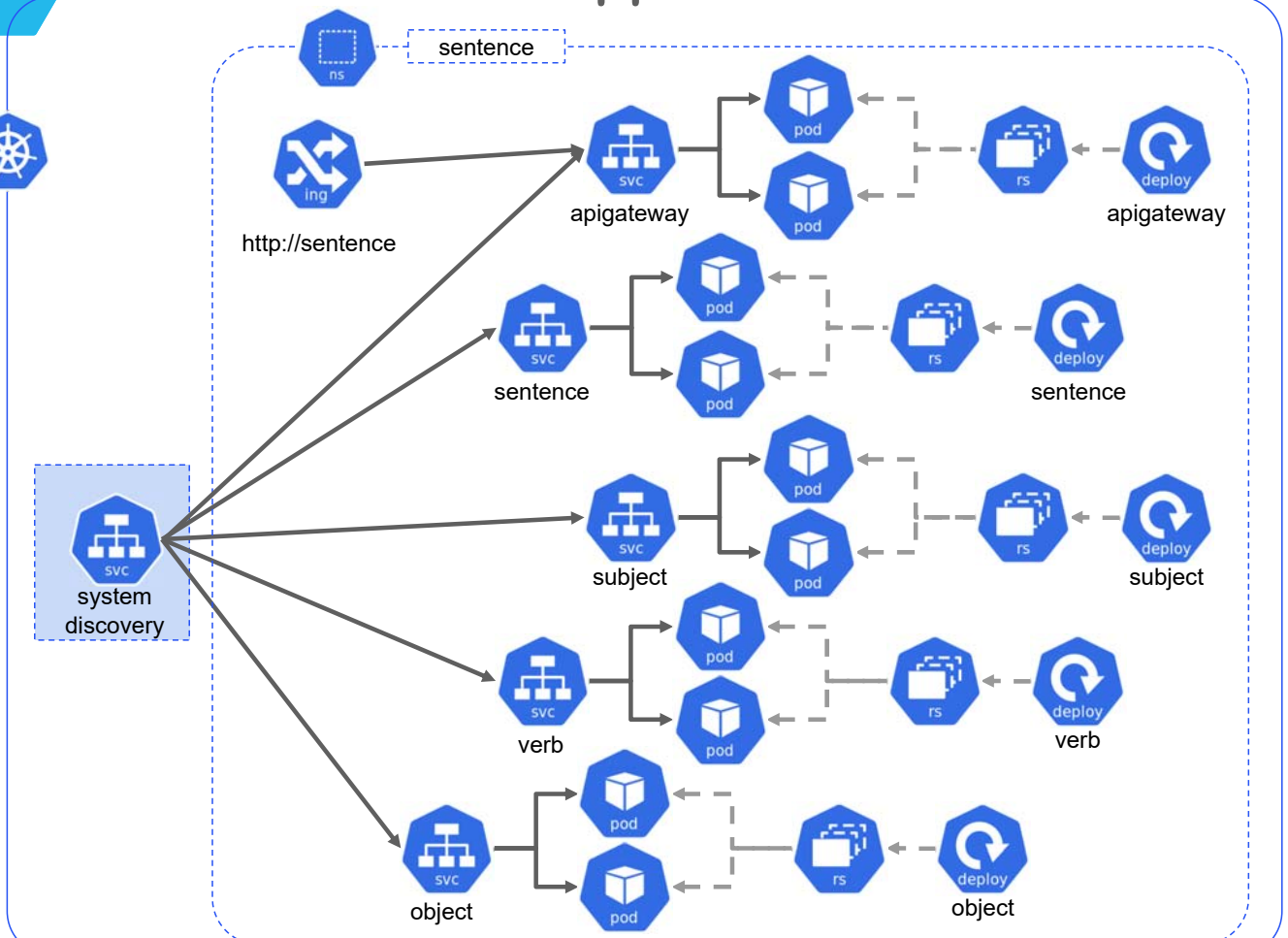
Un'applicazione per frasi casuali

- Per rilasciare l'applicazione sentence con Kubernetes, possiamo usare
  - per il servizio applicativo principale sentence
    - un'immagine di container sentence-sentence-kube:latest (sentence-sentence-kube:2025-10)
    - un deployment – per allocare più pod
    - un service sentence – di tipo ClusterIP
  - per gli ulteriori servizi applicativi subject, verb e object
    - un' immagine di container sentence-word-kube:latest (sentence-word-kube:2025-10), con tre profili subject, verb e object
    - un deployment per ciascun tipo di parola
    - un service per ciascun tipo di parola, di tipo ClusterIP

Un'applicazione per frasi casuali

- Per rilasciare l'applicazione sentence con Kubernetes, possiamo usare
  - per l'API gateway apigateway
    - un'immagine di container sentence-apigateway-kube:latest (sentence-apigateway-kube:2025-10)
    - un deployment – per allocare più pod
    - un service apigateway di tipo NodePort – esposto mediante un ingress su http://sentence.aswroma3.it/, per effettuare il routing delle richieste dei client verso il servizio richiesto
  - inoltre, per la comunicazione tra i servizi utilizziamo il servizio di service discovery di Kubernetes
    - in alternativa, è possibile usare Consul
    - oppure si potrebbe usare il DNS fornito da Kubernetes (ma in questo caso l'implementazione richiesta è leggermente differente, ed anche il comportamento è differente)

Architettura dell'applicazione sentence



Modifiche alle applicazioni

- Rispetto a quanto visto nella dispensa sull'esecuzione di applicazioni Spring con Docker, i nostri servizi applicativi vanno configurati come segue (il codice non va modificato)
  - la configurazione di tutte le applicazioni va modificata come segue
    - va rimossa la dipendenza starter per Consul (che non viene più usato)
    - al suo posto, va utilizzata la dipendenza spring-cloud-starter-kubernetes-client-loadbalancer
    - dalla configurazione (file application.properties) va rimossa la sezione per Consul (si può anche lasciare, perché comunque viene ignorata)
    - nel nostro esempio, non è invece necessaria nessuna configurazione per il servizio di service discovery di Kubernetes

Modifiche alle applicazioni

- Rispetto a quanto visto nella dispensa sull'esecuzione di applicazioni Spring con Docker, i nostri servizi applicativi vanno configurati come segue (il codice non va modificato)
  - nel servizio sentence, i client REST possono continuare a fare riferimento alle diverse istanze per il servizio delle parole utilizzando gli URI http://subject, http://verb e http://object – così come si faceva usando Consul per la service discovery
    - se anziché il servizio di service discovery di Kubernetes si volesse invece basare la comunicazione tra servizi sul DNS di Kubernetes, si dovrebbero però utilizzare gli URI http://subject:8080, http://verb:8080 e http://object:8080

Modifiche alle applicazioni

- Rispetto a quanto visto nella dispensa sull'esecuzione di applicazioni Spring con Docker, i nostri servizi applicativi vanno configurati come segue (il codice non va modificato)
  - nel servizio apigateway, nemmeno la configurazione dell'API gateway e delle sue rotte va modificata
    - se invece si volesse basare la comunicazione sul DNS di Kubernetes, andrebbero però cambiati gli URI usati nelle diverse rotte – ad es., da lb://sentence a http://sentence:8080

Dockerfile

- Per ciascuno dei servizi bisogna definire un Dockerfile
  - come esempio, questo è il Dockerfile per il servizio sentence
  - l'applicazione Spring per il servizio sentence viene associata a una porta nota (del container, non dell'host) – ad es., 8080

```
# Dockerfile per il servizio sentence
FROM eclipse-temurin:21-jdk
ADD build/libs/sentence.jar sentence.jar
EXPOSE 8080
ENTRYPOINT ["java", "-Xmx128m", "-Xms128m", "-jar", "sentence.jar"]
```

  - i Dockerfile per gli altri servizi sono simili
  - le immagini Docker di interesse per questa applicazione sono state create e salvate su Docker Hub
    - per farlo, si può utilizzare anche Docker Compose

Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - pod template e deployment per le parole

```
---
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: subject
spec:
  replicas: 2
  selector:
    matchLabels:
      app: sentence
      service: subject
```

```
template:
  metadata:
    labels:
      app: sentence
      service: subject
  spec:
    containers:
    - name: subject-container
      image: aswroma3/sentence-word-kube:latest
      env:
      - name: SPRING_PROFILES_ACTIVE
        value: subject
      ports:
      - containerPort: 8080
```

  - analogamente per verb e object

Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - pod template e deployment per le frasi

```
---
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: sentence
spec:
  replicas: 2
  selector:
    matchLabels:
      app: sentence
      service: sentence
  template:
    metadata:
      labels:
        app: sentence
        service: sentence
    spec:
      containers:
      - name: sentence-container
        image: aswroma3/sentence-sentence-kube:latest
        ports:
        - containerPort: 8080
```


Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - pod template e deployment per l'API gateway

```
---
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: apigateway
spec:
  replicas: 2
  selector:
    matchLabels:
      app: sentence
      service: apigateway
  template:
    metadata:
      labels:
        app: sentence
        service: apigateway
    spec:
      containers:
      - name: apigateway-container
        image: aswroma3/sentence-apigateway-kube:latest
        ports:
        - containerPort: 8080
```

Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - service per le parole

```
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: subject
spec:
  selector:
    app: sentence
    service: subject
  ports:
  - protocol: TCP
    port: 8080
    targetPort: 8080
```

  - analogamente per verb e object

Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - service per le frasi e per l'API gateway

```
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: sentence
spec:
  selector:
    app: sentence
    service: sentence
  ports:
  - protocol: TCP
    port: 8080
    targetPort: 8080
```

```
---
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: apigateway
spec:
  selector:
    app: sentence
    service: apigateway
  type: NodePort
  ports:
  - protocol: TCP
    port: 8080
    targetPort: 8080
#    nodePort: 32082
```

Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - ingress per l'API gateway – è il punto di ingresso dell'applicazione

```
---
apiVersion: networking.k8s.io/v1
kind: Ingress
metadata:
  name: sentence
spec:
  ingressClassName: nginx
  rules:
  - host: sentence.aswroma3.it
    http:
      paths:
      - pathType: Prefix
        path: /
        backend:
          service:
            name: apigateway
            port:
              number: 8080
```


Specifica dell'applicazione

- Ecco il file sentence-application.yaml per l'applicazione sentence
  - per rendere visibile il servizio di service discovery ai servizi dell'applicazione, utilizziamo anche le seguenti regole per la sicurezza (attenzione, sono molto permissive)

```
---
apiVersion: rbac.authorization.k8s.io/v1
kind: Role
metadata:
  name: namespace-reader
rules:
  - apiGroups: [""]
    resources: ["configmaps", "pods",
                "services", "endpoints",
                "secrets"]
    verbs: ["get", "list", "watch"]
```

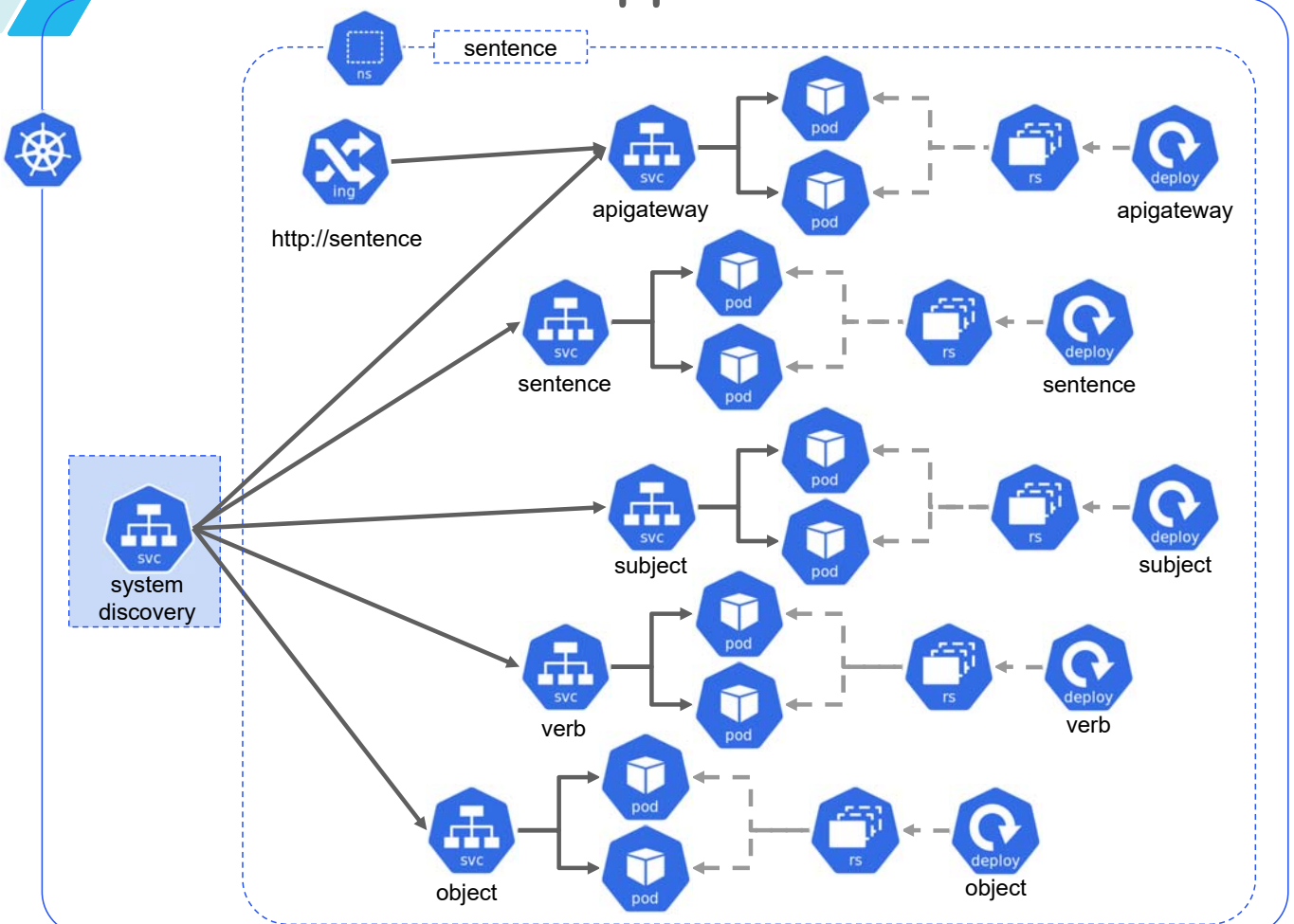
```
---
apiVersion: rbac.authorization.k8s.io/v1
kind: RoleBinding
metadata:
  name: namespace-reader-binding
subjects:
- kind: ServiceAccount
  name: default
  apiGroup: ""
roleRef:
  kind: Role
  name: namespace-reader
  apiGroup: ""
```

Avvio, accesso e arresto dell'applicazione

- Per avviare l'applicazione
  - kubectl create namespace sentence
  - kubectl apply -f sentence-application.yaml -n sentence
- Per accedere all'applicazione nel cluster kube-cluster
  - curl sentence.aswroma3.it
    --connect-to sentence.aswroma3.it:80:kube-node:80

  oppure
  - curl kube-node --header "Host: sentence.aswroma3.it"
- Per arrestare l'applicazione
  - kubectl delete -f sentence-application.yaml -n sentence
  - kubectl delete namespace sentence

Architettura dell'applicazione sentence



- Rilascio su AWS

- Discutiamo ora (in modo semplificato) come rilasciare l'applicazione sentence a container su AWS
  - creiamo un cluster Kubernetes utilizzando il servizio completamente gestito Elastic Kubernetes Service (EKS)
  - installiamo e configuriamo nel cluster un ingress controller – ad es., Ingress-NGINX Controller (è diverso da NGINX Ingress Controller usato nell'ambiente kube-cluster, ma le configurazioni sono compatibili)
    - in corrispondenza, EKS crea automaticamente una nuova istanza di Elastic Load Balancer (ELB) associata all'ingress controller e gli assegna anche un indirizzo IP esterno (visibile attraverso la dashboard di AWS) – ad es. xyz.eu-west-1.elb.amazonaws.com

Rilascio su AWS

- Discutiamo ora (in modo semplificato) come rilasciare l'applicazione sentence a container su AWS
  - possiamo usare una configurazione di deployment per l'applicazione identica a quella vista – ed esponiamo l'applicazione mediante un ingress, ad es., sull'host sentence.aswroma3.it
    - in effetti, potrebbe essere utile esporre verso l'esterno l'API gateway con un service di tipo LoadBalancer, oppure anche introdurre delle ulteriori configurazioni relative alla sicurezza
  - aggiungiamo sul servizio Route 53 di AWS un record DNS che risolve sentence.aswroma3.it con xyz.eu-west-1.elb.amazonaws.com

- Un errore comune

- Attenzione ad evitare i seguenti errori comuni
  - dopo aver modificato (il codice sorgente di) una delle applicazioni, ricordarsi (sempre!) di fare quanto segue
    - effettuare (o ripetere) la build (Java) delle applicazioni
    - effettuare (o ripetere) la build (Docker) delle immagini Docker
    - effettuare (o ripetere) il push su Docker Hub delle immagini Docker (in questo caso è necessario!)
    - potrebbe anche essere necessario cancellare le immagini modificate dalla cache delle immagini dei container nei nodi worker del cluster (soprattutto se non è cambiato il numero di versione delle immagini che si vogliono utilizzare)

* Helm

- Di per sé, i file di configurazione delle risorse Kubernetes non sono parametrici – ma devono contenere tutte le informazioni per la creazione delle risorse di interesse
  - tuttavia, è spesso utile utilizzare dei file di configurazione parametrici – per creare delle risorse di interesse in modo personalizzato
    - esempi di parametri potrebbero essere la versione di un'immagine Docker, il numero di repliche, il valore di alcune variabili d'ambiente, o anche l'opzionalità di una sezione di una configurazione
  - questo è utile, in particolare, se chi definisce i file di configurazione è un team differente da chi dovrà usarli
    - ad es., Bitnami offre delle immagini Docker per Kafka, con una configurazione molto complessa, che potremmo voler utilizzare in modo personalizzato – ad es., per usare Kafka in modo non sicuro o sicuro, non persistente o persistente

Helm

- Helm è un “package manager” per Kubernetes – che risolve il precedente problema (in realtà, i suoi obiettivi sono più ampi)
  - la soluzione fornita da Helm è intuitivamente basata su
    - un formato parametrico per i file di configurazione delle risorse – ad es., con una sintassi specifica per i parametri e per le sezioni opzionali
    - la possibilità di poter specificare i propri parametri in appositi file di configurazione
    - un pre-processor per le configurazioni, che può creare le risorse Kubernetes di interesse interagendo direttamente con Kubernetes
  - queste idee sono rappresentate dai concetti di Helm chiamati chart, config e release

Helm

- Tre concetti importanti di Helm
  - una *chart* è un insieme di informazioni necessarie per poter creare un’istanza di applicazione Kubernetes
  - una *config* contiene le informazioni di configurazione che possono essere utilizzate in una chart per dar luogo a una configurazione Kubernetes eseguibile
  - una *release* è una istanza eseguibile di una chart, combinata con una specifica config

Helm

- Per esempio, è possibile eseguire Kafka in Kubernetes utilizzando Helm come segue
  - utilizzare la chart bitnamicharts/kafka per Kafka
  - creare un file di configurazione kafka-values.yaml per personalizzare la propria installazione di Kafka – ad es., una configurazione non sicura e non persistente
  - avviare Kafka con il comando (qui mostrato semplificato) helm install -f kafka-values.yaml kafka bitnamicharts/kafka

* Discussione

- L'orchestrazione di container è fondamentale per poter rilasciare in produzione le applicazioni multi-servizi e multi-container – in un singola macchina oppure in un cluster di macchine, fisiche o virtuali – on premises oppure nel cloud
  - l'orchestrazione di container sostiene infatti la disponibilità e la scalabilità delle applicazioni di questo tipo – e consente di sfruttare l'elasticità delle piattaforme virtualizzate e nel cloud
  - per questo, i container e gli orchestratori di container sono diventati delle tecnologie abilitanti per le applicazioni altamente scalabili – di solito realizzate come applicazioni a microservizi
  - nel contesto dei sistemi di orchestrazione di container, oggi Kubernetes è certamente tra quelli più diffusi

Discussione

- Le funzionalità di orchestrazione offerte da Kubernetes che sono state esemplificate o discusse in questa dispensa
  - architettura a servizi/microservizi
  - uso di un linguaggio dichiarativo per la specifica delle applicazioni, basato su un insieme di astrazioni (risorse)
  - scalabilità e disponibilità dell'orchestratore
  - disponibilità delle applicazioni
  - comunicazione interna tra servizi
  - comunicazione con i client esterni

Discussione

- Kubernetes offre anche delle ulteriori funzionalità di orchestrazione – che non sono state discusse in questa dispensa
  - scalabilità delle applicazioni – modifica del numero di repliche di ciascun tipo di pod – gestita manualmente oppure automaticamente, sulla base del carico della CPU o di altre metriche
  - aggiornamento delle applicazioni senza interruzione di servizio (basato sull'aggiornamento delle versioni delle immagini per i pod dei deployment)
    - Kubernetes supporta direttamente diverse strategie: rolling update, ri-creazione dei pod (con una breve interruzione di servizio), rollback – e ne supporta altre indirettamente
  - gestione di dati persistenti e volumi
  - gestione di dati di configurazione e segreti
  - gestione della sicurezza