



Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Docker

dispensa asw880
marzo 2021

*Containers are almost becoming
synonymous to Docker.*
Dinesh Subhraveti



- Riferimenti

- Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
 - Capitolo 39, **Container e virtualizzazione basata su container**

- Docker
 - <https://www.docker.com/>
 - <https://docs.docker.com/>



- Obiettivi e argomenti

□ Obiettivi

- presentare Docker
- illustrare come eseguire un'applicazione Spring Boot in Docker

□ Argomenti

- Docker
- Docker in pratica
- come funziona Docker
- un'applicazione containerizzata
- discussione



* Docker



□ **Docker** (www.docker.com) è una piattaforma per container per costruire, rilasciare ed eseguire applicazioni distribuite – in modo semplice, veloce, scalabile e portabile

- un **container Docker** è un'unità software standardizzata, che impacchetta un servizio software, insieme alle sue configurazioni e dipendenze
 - un container contiene ogni cosa necessaria per eseguire quel servizio software – codice eseguibile, configurazioni, librerie e strumenti di sistema
- i container Docker sono leggeri (usano poche risorse e si avviano velocemente), standardizzati e aperti (e quindi portabili: si possono eseguire con le principali distribuzioni Linux e con Windows e Mac OS, e anche nel cloud) e sicuri



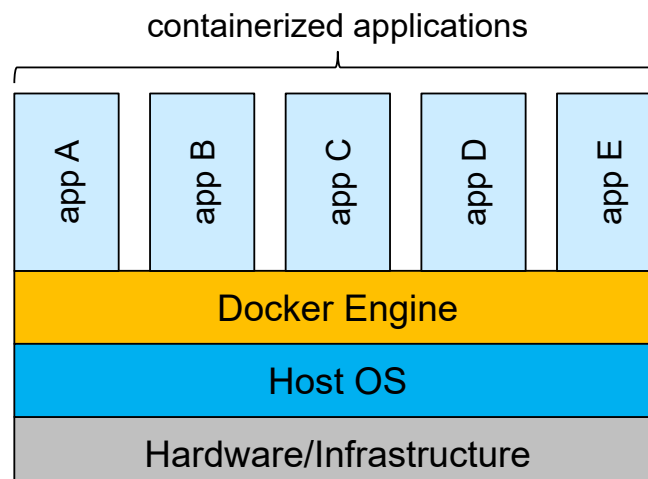
Storia

- La piattaforma Docker (2013) è stata inizialmente costruita sopra ai container LXC (2008)
 - LXC offre un insieme di funzionalità del kernel per la gestione di container – che però sono di basso livello e spesso difficili da usare direttamente
 - Docker si è basato su queste fondamenta per fornire un insieme di strumenti di alto livello e funzionalità più potenti e più semplici da usare
 - oggi Docker si basa sulle librerie *containerd* e *runc* (2014, 2015) – oltre che su *cgroup* e *namespace*
 - Docker è stato un successo immediato ed è utilizzato in produzione da molte aziende – poche tecnologie hanno visto un tasso di adozione simile



Docker

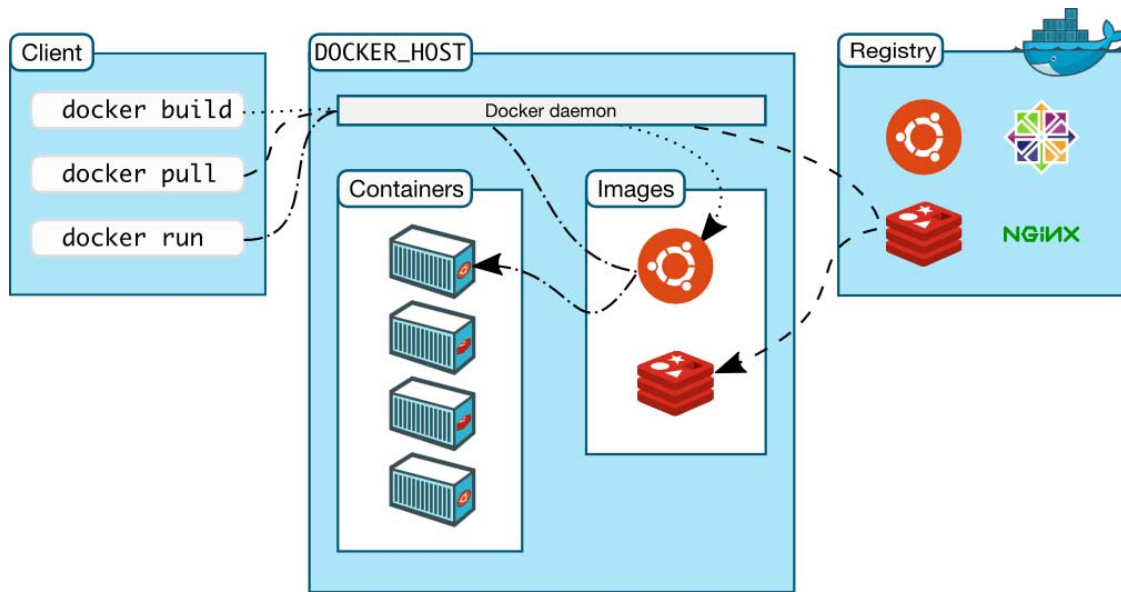
- La piattaforma *Docker* consente una separazione tra le applicazioni e l'infrastruttura di esecuzione
 - per semplificare il rilascio delle applicazioni
 - per garantire la portabilità dei servizi implementati mediante container – sia on premises che nel cloud





Docker Engine

- Il nucleo fondamentale della piattaforma Docker è *Docker Engine*



Docker Engine

- Docker Engine è basato su un'architettura client-server
 - il *server* è un host in grado di eseguire e gestire container Docker
 - esegue il processo demone Docker (*dockerd*)
 - gestisce un insieme di oggetti Docker – container, immagini, reti e volumi
 - il *client* (*docker*) accetta comandi dall'utente mediante un'interfaccia CLI e comunica con il demone Docker sull'host
 - la comunicazione avviene mediante un'API REST
 - il *registry* contiene un insieme di immagini
 - il registry pubblico di Docker è Docker Hub



Container e immagini

- Due tipi fondamentali di oggetti Docker
 - un *container* è, appunto, un'istanza di container, che contiene un'applicazione o un servizio – insieme a tutto ciò che serve per eseguirlo
 - è un concetto **dinamico**, runtime
 - può essere eseguito in un host
 - un'*immagine* è un modello per la creazione di container
 - è un concetto **statico**
 - non può essere eseguita direttamente
 - relazione tra container e immagini
 - ogni container è creato da un'immagine
 - da un'immagine è possibile creare molti container



Immagini

- In pratica, un'*immagine* è un insieme di file – che rappresentano lo snapshot del file system di un container
 - ad es., un'immagine con un OS Ubuntu, Open JDK e una specifica applicazione Java di interesse
 - un'altra immagine potrebbe essere specifica per NGINX oppure per Apache Kafka
 - un'immagine è un concetto **statico**, inerte
 - non viene eseguita direttamente
 - non ha un proprio stato
 - è immutabile



Container

- Un **container** è un'istanza eseguibile di container, creata da un'immagine Docker
 - un “application container” – che contiene un'applicazione o un servizio
 - ad es., un sistema software distribuito potrebbe comprendere
 - N container che sono tutte repliche di un'applicazione web di interesse (basati su una stessa immagine)
 - un ulteriore container per distribuire le richieste dei client tra le N repliche dell'applicazione web di interesse (basato su un'immagine per NGINX)
 - un container è un concetto **dinamico**, runtime
 - può essere eseguito su un host
 - ha un proprio stato – che può cambiare durante l'esecuzione
 - ad es., il contenuto del file system (nel disco) o lo stato delle sessioni (in memoria centrale)

11

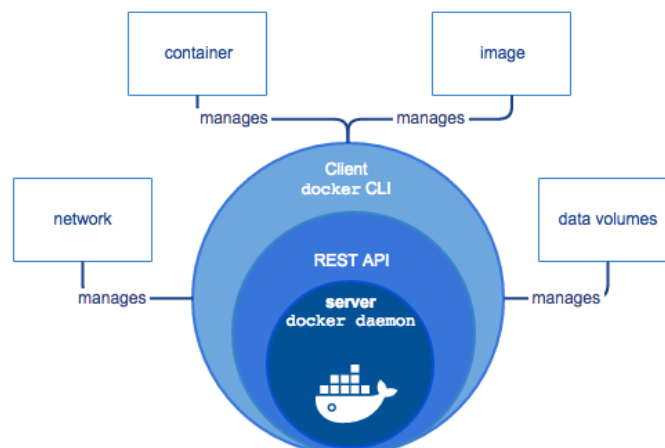
Docker

Luca Cabibbo ASW



Il server Docker

- Per riassumere, il server Docker
 - esegue il processo demone Docker
 - gestisce un insieme di oggetti Docker – soprattutto container e immagini
 - consente l'accesso ai suoi client, locali e remoti, mediante CLI e REST



12

Docker

Luca Cabibbo ASW



Registry di immagini

- Un *registry* è un servizio (pubblico o privato) che contiene una collezione di immagini di container
 - *Docker Hub* (<https://hub.docker.com>) è il registry pubblico di Docker – ma sono possibili anche registry privati
 - un *repository* è una porzione di un registry che contiene un insieme di immagini di container – di solito sono varianti o versioni diverse di una stessa immagine
- Un registry pubblico contiene in genere delle *immagini di base* – che contengono solo un OS, ma in alcuni casi anche del software di base – ma non software applicativo
 - ad es., immagini di base sono *ubuntu*, *postgres*, *wurstmeister/kafka* e *openjdk*



Funzionalità e utilizzo

- Ecco le principali funzionalità offerte dalla piattaforma Docker
 - creare un container (un'istanza di container) a partire da un'immagine di container
 - avviare, monitorare, ispezionare, arrestare e distruggere container
 - creare e gestire immagini di container
 - gestire gruppi correlati di container – in cui eseguire applicazioni distribuite multi-container



* Docker in pratica

- L'interazione con un host Docker avviene mediante un'interfaccia (CLI o remota, l'interfaccia remota è basata su un'API REST)
 - questa API è basata sul comando **docker** – con numerose opzioni/comandi/operazioni per la gestione di immagini e container (e di altri oggetti Docker) e del loro ciclo di vita
 - i comandi **docker image** per la gestione delle immagini
 - i comandi **docker container** per la gestione dei container
 - alcuni comandi di uso comune esistono in due versioni, una estesa e una breve
 - ad es., **docker container run** e **docker run**
 - ad es., **docker image ls** e **docker images**



Docker in pratica

- Alcuni comandi Docker di base
 - **docker image build** (oppure **docker build**) consente di costruire un'immagine (personalizzata)
 - **docker build -t *image-name context***
 - **docker container create** (oppure **docker create**) consente di creare un nuovo container da un'immagine
 - **docker create --name=*container-name image-name***
 - **docker container start** (oppure **docker start**) consente di mandare in esecuzione un container (già creato)
 - **docker start *container-name***
 - **docker container run** (oppure **docker run**) crea e manda in esecuzione un nuovo container (eventualmente anonimo), mediante un comando singolo
 - **docker run [--name=*container-name*] *image-name***



Creazione ed esecuzione di container

- Un primo esempio minimale – basato sull’immagine **hello-world** disponibile presso il Docker Hub
 - **docker run hello-world**

Hello from Docker!
 This message shows that your installation appears to be working correctly.

To generate this message, Docker took the following steps:

1. The Docker client contacted the Docker daemon.
2. The Docker daemon pulled the "hello-world" image from the Docker Hub. (amd64)
3. The Docker daemon created a new container from that image which runs the executable that produces the output you are currently reading.
4. The Docker daemon streamed that output to the Docker client, which sent it to your terminal.

To try something more ambitious, you can run an Ubuntu container with:

```
$ docker run -it ubuntu bash
```

Share images, automate workflows, and more with a free Docker ID:

<https://hub.docker.com/>

For more examples and ideas, visit:

<https://docs.docker.com/engine/userguide/>



Creazione ed esecuzione di un container

- Un altro esempio, basato su un’altra immagine predefinita
 - **docker run docker/whalesay cowsay Hello, world!**

```
< Hello, world! >
-----
\
  ##           .
  ## ## ##    ==
  ## ## ## ## ===
  /"_____/"  ===
~ ~ { ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ /   ===- ~ ~ ~
  \_____o_____/
   \_____/_____/\
    \_____/_____/\
```



Costruzione di immagini

- Per la costruzione di un'immagine personalizzata, Docker utilizza un approccio di tipo *infrastructure-as-code* – sulla base di un file di testo speciale di nome **Dockerfile**
 - il **Dockerfile** contiene tutti i comandi da eseguire per costruire un'immagine personalizzata
 - il comando `docker build -t image-name context` consente di costruire automaticamente un'immagine (di nome *image-name*) a partire da un contesto *context*
 - il contesto può essere una cartella locale – in particolare, `.` – oppure una locazione su un repository Git
 - il contesto deve contenere il **Dockerfile**, insieme a ogni altro file di interesse (ad es., file binari, script e template)



Dockerfile – FROM e ENTRYPOINT

- Un **Dockerfile** è composto da una sequenza di istruzioni

```
# Hello world
FROM busybox:latest
ENTRYPOINT ["echo", "Hello, world!"]
```

- l'istruzione **FROM** specifica l'immagine di base da cui costruire l'immagine personalizzata (ed eventualmente la sua versione)
 - ad es., `busybox` (è una distribuzione Linux minimale) oppure `ubuntu:18.04`
- **ENTRYPOINT** [`"executable"`, `"param1"`, `"param2"`, ...] è un'istruzione che specifica l'eseguibile o il comando che deve essere eseguito dai container che verranno creati da questa immagine
- un **Dockerfile** deve iniziare con un'istruzione **FROM** e, di solito, termina con una singola istruzione **ENTRYPOINT**



Creazione dell'immagine e del container

- Costruzione di un'immagine
 - `docker build -t myhello .` – dalla cartella che contiene il `Dockerfile` visto in precedenza
 - crea una nuova immagine di nome `myhello`
- Creazione di un container
 - `docker create --name=myhello myhello`
 - crea un nuovo container di nome `myhello` a partire dall'immagine `myhello`
- Esecuzione di un container
 - `docker start -i myhello`
 - avvia il container `myhello` (in modo interattivo)
 - in questo caso, visualizza `Hello, world!` e poi termina
Hello, world!



Dockerfile – CMD

- L'istruzione `CMD` consente di specificare degli argomenti per l'istruzione `ENTRYPOINT` – con l'osservazione che questi argomenti possono essere sovrascritti all'avvio del container

```
# Hello world
FROM bosybox:latest
ENTRYPOINT ["echo"]
CMD ["Hello, world!"]
```

- `docker build -t myhello2 .`

- `docker run myhello2`

Hello, world!

- `docker run myhello2 Ciao, mondo!`

Ciao, mondo!



Esempio: Apache HTTP Server

- Nei **Dockerfile** è possibile usare anche altre istruzioni
 - ad es., il **Dockerfile** per un server Apache HTTP

```
# Dockerfile for Apache HTTP Server
FROM ubuntu:18.04

# Install apache2 package
RUN apt-get update && \
    apt-get install -y apache2

# Other instructions
ENV APACHE_LOG_DIR /var/log/apache2
VOLUME /var/www/html
EXPOSE 80

# Launch apache2 server in the foreground
ENTRYPOINT ["/usr/sbin/apache2ctl", "-D", "FOREGROUND"]
```

- ora spieghiamo le nuove istruzioni



L'istruzione RUN

- L'istruzione **RUN** specifica un comando che va eseguito durante la costruzione di un'immagine
 - ad es., per richiedere l'esecuzione di un comando o di uno script durante il **provisioning** dell'immagine di container – e non durante l'**esecuzione** del container
 - un **Dockerfile** può contenere più istruzioni **RUN** – che vengono eseguite in sequenza
- La differenza principale tra l'istruzione **ENTRYPOINT** e le istruzioni **RUN** è il momento della loro esecuzione
 - le istruzioni specificate da **RUN** vengono eseguite durante la costruzione di un'immagine
 - l'istruzione specificata da **ENTRYPOINT** verrà eseguita dai container creati a partire dall'immagine



L'istruzione RUN

- Di solito è preferibile avere in un **Dockerfile** una sola istruzione **RUN** (o comunque poche) – che specificano una sequenza di comandi separati da **&& ** – anziché tante istruzioni **RUN**

- ad esempio

```
# Install apache2 package (migliore!)  
RUN apt-get update && \  
    apt-get install -y apache2
```

- va preferito a

```
# Install apache2 package (peggiore!)  
RUN apt-get update  
RUN apt-get install -y apache2
```

- la spiegazione per questo consiglio viene fornita più avanti



Altre istruzioni

- Altre istruzioni per il **Dockerfile**
 - l'istruzione **COPY *src dest*** copia un insieme di file o cartelle dalla sorgente ***src*** (che deve essere relativa al contesto della costruzione dell'immagine) alla destinazione ***dest*** (nel container)
 - l'istruzione **ADD *src dest*** è simile – ma consente di copiare nel container anche dei file remoti (ovvero esterni al contesto)
 - l'istruzione **ENV *key value*** imposta una variabile d'ambiente nel container



L'istruzione VOLUME

- Altre istruzioni per il Dockerfile
 - l'istruzione **VOLUME path** definisce un punto di montaggio (mount) esterno – per dati nel sistema host o in un altro container
 - l'istruzione **VOLUME** va usata in congiunzione con altre opzioni dei comandi **docker create** e **docker run**
 - l'opzione **-v host-src:container-dest** per montare nel container una cartella del sistema host – è una cartella condivisa tra l'host e il container
 - l'opzione **-volumes-from=container-name** per montare nel container un volume gestito da un altro container



L'istruzione EXPOSE

- Altre istruzioni per il Dockerfile
 - l'istruzione **EXPOSE port** specifica che il container ascolta a runtime alla porta **port**
 - questa istruzione va di solito usata in congiunzione con altre opzioni dei comandi **docker create** e **docker run** per pubblicare (questo è il termine usato da Docker per il port forwarding) alcune porte di un container nel suo host
 - l'opzione **-p host-port:container-port** per pubblicare una porta specifica esposta dal container su una porta specifica dell'host
 - l'opzione **-P** per pubblicare tutte le porte esposte dal container su porte casuali dell'host
 - va notato che i container possono comunque comunicare tra di loro anche su porte non esposte oppure non pubblicate sull'host



Esempio: Apache HTTP Server

□ Dockerfile per un server Apache HTTP

```
# Dockerfile for Apache HTTP Server
FROM ubuntu:18.04

# Install apache2 package
RUN apt-get update && \
    apt-get install -y apache2

# Other instructions
ENV APACHE_LOG_DIR /var/log/apache2
VOLUME /var/www/html
EXPOSE 80

# Launch apache2 server in the foreground
ENTRYPOINT ["/usr/sbin/apache2ctl", "-D", "FOREGROUND"]
```



Esempio: Apache HTTP Server

□ Costruzione dell'immagine

- `docker build -t myapache .` – dalla cartella che contiene il Dockerfile

□ Creazione del container

- `docker create`
 - v ~/projects/www:/var/www/html -p 8080:80
 - name=myapache myapache
- le pagine servite dal server HTTP sono quelle nella cartella dell'host ~/projects/www
- il server HTTP è reindirizzato alla porta 8080 dell'host

□ Esecuzione del container

- `docker start myapache` – avvia il container myapache
- poi si potrà accedere al server HTTP dall'host su <http://localhost:8080>



Altri comandi Docker

- Altri comandi Docker utili
 - per elencare i container in esecuzione (o anche arrestati)
 - `docker container ls` – oppure `docker ps [-a]`
 - per ispezionare le porte usate da un container – utile soprattutto quando si usa l'opzione `-P`
 - `docker container port container-name` – oppure `docker port`
 - il risultato è della forma `80/tcp -> 0.0.0.0:8080`
 - per ispezionare un container o un'immagine
 - `docker container inspect container-name` – oppure `docker inspect`
 - restituisce le informazioni sul container o l'immagine (in formato JSON) – ad es., la configurazione della rete (tra cui la pubblicazione delle porte) e la condivisione di volumi



Altri comandi Docker

- Altri comandi Docker utili
 - per visualizzare i log generati in un container
 - `docker container logs container-name` – oppure `docker logs`
 - per arrestare un container in esecuzione
 - `docker container stop container-name` – oppure `docker stop`
 - per rimuovere un container
 - `docker container rm container-name` – oppure `docker rm`
 - per arrestare tutti i container in esecuzione (da usare con cautela!)
 - `docker stop $(docker ps -a -q)`
 - per rimuovere tutti i container (da usare con cautela!)
 - `docker rm $(docker ps -a -q)`



Altri comandi Docker

- Altri comandi Docker utili
 - per elencare le immagini nella cache locale
 - `docker image ls` – oppure `docker images`
 - per rimuovere un'immagine dalla cache locale
 - `docker image rm image-name` – oppure `docker rmi`
 - per rimuovere tutte le immagini dalla cache locale (da usare con cautela!)
 - `docker rmi -f $(docker images -q)`



Altri comandi Docker

- Altri comandi Docker utili
 - il client Docker può essere utilizzato anche per specificare comandi da eseguire su un host Docker remoto *docker-host*
 - `docker -H=tcp://docker-host:2375 command`
 - `docker -H=tcp://docker-host:2376 command`
 - la porta 2376, a differenza della 2375, supporta un accesso sicuro su TLS
 - l'host Docker deve essere abilitato all'accesso remoto
 - in alternativa, è possibile specificare l'host Docker remoto usando la variabile d'ambiente `DOCKER_HOST`
 - `export DOCKER_HOST=tcp://docker-host:2375`
 - `docker command` – il comando viene eseguito su *docker-host* anziché localmente



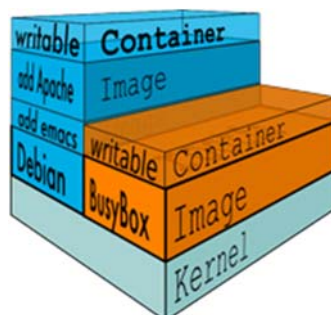
* Come funziona Docker

- Discutiamo ancora il funzionamento di Docker – in particolare, i seguenti aspetti
 - formato delle immagini e dei container
 - costruzione di immagini
 - creazione di container
 - esecuzione di container
 - condivisione di dati (volumi)
 - reti
 - registry



- Formato delle immagini (e dei container)

- Un elemento fondamentale di Docker è il formato usato per il file system delle immagini e dei container
 - il file system di un'immagine (o di un container) è costituito da una sequenza di strati – ciascuno strato è un insieme di file

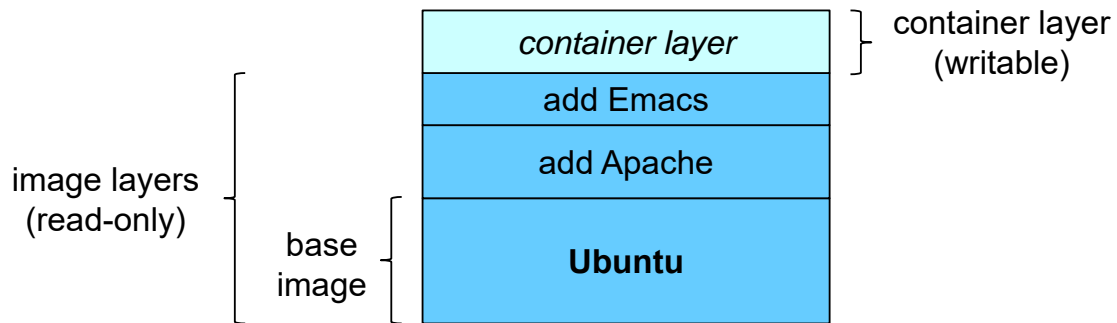


- questi strati sono combinati in un singolo file system coerente mediante uno **Union File System (UFS)**
 - un file viene letto nello strato più alto in cui si trova
 - in un container, l'unico strato che può essere scritto a runtime è lo strato più alto



Formato delle immagini (e dei container)

- Un elemento fondamentale di Docker è il formato usato per il file system delle immagini e dei container
 - il file system di un'immagine (o di un container) è costituito da una sequenza di strati – ciascuno strato è un insieme di file



Formato delle immagini (e dei container)

- Nel file system di ogni immagine (o container), la base è sempre un'immagine di base – di solito contiene un OS e le sue librerie
 - ogni strato successivo corrisponde in genere all'installazione di un package, un middleware o di un'applicazione
 - oltre a questi strati, ciascun container (ma non le immagini) possiede un ultimo strato aggiuntivo, che rappresenta l'unica parte modificabile del file system del container
 - tutte le scritture, le modifiche e le cancellazioni eseguite nel container operano su quest'ultimo strato aggiuntivo
 - questo formato "leggero"
 - consente di condividere strati tra immagini e tra container
 - facilita l'aggiornamento delle immagini (ad es., per aggiornare un'applicazione a una nuova versione) – che può essere effettuato mediante l'aggiornamento o l'aggiunta di strati, anziché la ricostruzione completa delle immagini



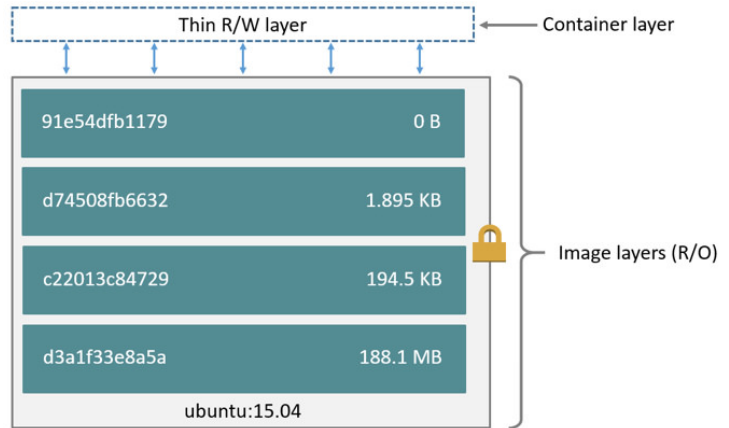
Immagini e container

□ Un'immagine

91e54dfb1179	0 B
d74508fb6632	1.895 KB
c22013c84729	194.5 KB
d3a1f33e8a5a	188.1 MB
ubuntu:15.04	

Image

□ Un container (o meglio, il suo file system)

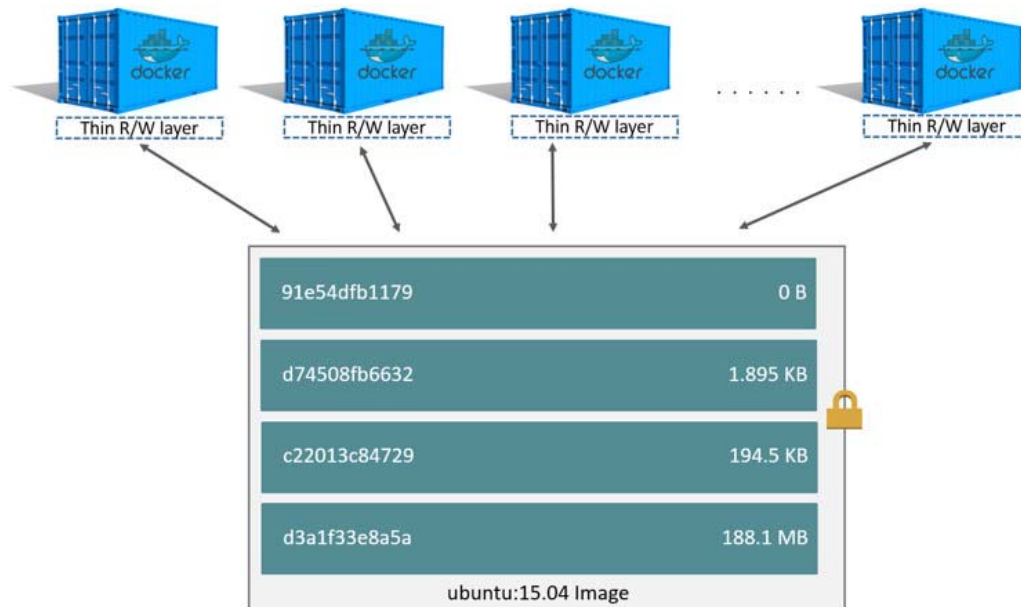


Container
(based on ubuntu:15.04 image)



Immagini e container

□ Un'immagine condivisa da più container





- Costruzione di immagini

- La costruzione di un'immagine personalizzata è basata sull'esecuzione di un **Dockerfile**, e avviene come segue
 - per prima cosa, l'immagine di base specificata da **FROM** viene scaricata dal registry in una cache di immagini dell'host (se non è già presente nella cache)
 - questa immagine di base (composta da uno o più strati) viene usata come strato (o strati) di base della nuova immagine personalizzata
 - poi, ripetutamente, ciascuna istruzione del **Dockerfile** (in particolare, **RUN**) viene eseguita utilizzando un nuovo strato scrivibile sopra all'immagine corrente
 - il risultato dell'esecuzione di un'istruzione del **Dockerfile** viene poi salvato (prima di eseguire la successiva istruzione)
 - Docker consiglia di minimizzare il numero di strati nelle immagini e nei container – e dunque di minimizzare il numero di istruzioni **RUN** di un **Dockerfile**

41

Docker

Luca Cabibbo ASW



- Creazione di container

- La creazione di un container avviene sempre a partire da un'immagine
 - un container consiste di un file system e di meta-dati
 - il file system (a strati) del container è ottenuto dall'immagine iniziale, a cui viene aggiunto sopra un nuovo strato scrivibile, specifico per il container – questo strato viene allocato nel file system dell'host
 - le immagini sono invece immutabili e possono essere condivise da più container

42

Docker

Luca Cabibbo ASW



- Esecuzione di container

- Esecuzione di un container
 - quando viene richiesta l'esecuzione di un container, il container engine alloca le risorse runtime per il container
 - ad es., alloca (nel kernel dell'host) un insieme di namespace e configura la rete per il container
 - poi avvia il container, a partire dal suo file system
 - infine, il container esegue il comando specificato da **ENTRYPOINT** (con gli argomenti specificati da **CMD** o dalla linea di comando)



- Volumi e condivisione di dati

- Lo storage dei container è di per sé effimero – quando un container viene distrutto, tutti i suoi dati vengono persi
 - come è possibile gestire dati persistenti?
- Un **volume** è una directory al di fuori dell'UFS dei container
 - un volume può essere acceduto, condiviso e riusato da più container
 - un volume consente di gestire dati persistenti, in modo indipendente dal ciclo di vita dei singoli container che lo possono accedere



Volumi e condivisione di dati

- Una prima possibilità è montare una cartella dell'host come volume in un container in esecuzione nell'host, mediante l'opzione **-v** di **docker create** o di **docker run**
 - **docker create -v ~/projects/www:/var/www/html ...**
 - in questo caso, i dati risiedono nell'host (ovvero, in una posizione assoluta predefinita del file system dell'host) – e non nel container
 - pertanto, le modifiche a questi dati vengono effettuate nell'host, in modo persistente
 - un esempio di utilizzo è per redirezionare nell'host i file di log di un server eseguito in un container



Volumi e condivisione di dati

- Un'altra possibilità è avere volumi condivisi tra container – ma non legati a una specifica cartella dell'host (in una posizione assoluta predefinita del suo file system) – in questo caso va usata anche l'opzione **-volumes-from**
 - va prima creato un container, usando l'opzione **-v** per indicare una cartella condivisa del container – senza però legare questo volume a nessuna cartella dell'host
 - il volume risiederà in questo container
 - in pratica, questo volume risiede nell'host, ma non in una posizione assoluta predefinita
 - poi è possibile creare altri container che accedono a quel volume condiviso, con l'opzione **-volumes-from *container-name***
 - se viene cancellato il container in cui risiede un volume, il volume viene comunque mantenuto (a meno che ne venga richiesta una cancellazione esplicita)



- Reti

- Docker consente di gestire la comunicazione in rete tra container, nonché con l'host
 - durante l'installazione, Docker crea automaticamente tre reti, **bridge**, **host** e **none** – ma è anche possibile crearne altre
 - la rete **bridge** (in modalità "bridge") è associata all'interfaccia virtuale **docker0** sull'host e a una rete privata **172.17.0.1/16**
 - quando un container viene mandato in esecuzione, Docker gli associa un indirizzo IP libero della rete **bridge**
 - è possibile collegare un container a una rete differente usando l'opzione **--network=network**
 - i container possono comunicare tra di loro conoscendo la posizione assoluta (indirizzo IP e porta) dei diversi servizi presenti in rete
 - la rete **host** aggiunge invece un container alla rete dell'host



Reti

- Altre informazioni sulle reti
 - **docker inspect** consente di trovare le informazioni necessarie per comunicare in rete con un container
 - ad es., il server Apache HTTP potrebbe essere esposto all'indirizzo **172.17.0.2:80** (della rete privata)
 - è anche possibile rendere questi servizi accessibili all'host e al di fuori dell'host mediante il port mapping (port forwarding) – tramite le opzioni **-p** e **-P** di **docker create** e **docker run**
 - Docker gestisce queste opzioni configurando automaticamente nell'host le regole NAT di **iptables**
 - l'opzione **--ip** consente anche di associare a un container uno specifico indirizzo IP (valido per l'host)



Reti

- Altre informazioni sulle reti
 - usando una *rete definita dall'utente* (anziché la rete `bridge`) i container possono comunicare tra di loro anche mediante il loro nome “logico” – oltre che mediante il loro indirizzo IP
 - il container engine opera da DNS per i suoi container
 - creazione di una rete definita dall'utente
 - `docker network create -d network-driver network-name`
 - ad es., `docker network create -d bridge my-net`
 - collegamento di un container a una rete
 - `docker run --network=my-net --name=container1 -it busybox`
 - gli altri container collegati a questa rete possono vedere questo container mediante il suo nome “logico” `container1`
 - un container può anche essere collegato a più reti



- Registry

- Un registry è un servizio per la gestione di un insieme di immagini di container
 - operazioni principali di un registry
 - `docker pull image-name` – effettua il download di un'immagine dal registry alla cache locale dell'host – altrimenti, `docker build` lo fa automaticamente
 - `docker push image-name` – effettua l'upload di un'immagine al registry
 - interrogazione del registry
 - il registry pubblico di Docker è *Docker Hub* – alcune delle immagini che gestisce sono “ufficiali”
 - in alternativa, *Docker Registry* è uno strumento per gestire un proprio registry privato
 - nello spirito di Docker, Docker Registry può essere eseguito come un container



Uso di Docker Hub

- Utilizzo di Docker Hub – bisogna prima creare un proprio account, ad es., `aswroma3`
 - login
 - `docker login [-u aswroma3] [-p password] [server]`
 - creazione e “taggatura” di un’immagine
 - `docker build -t aswroma3/myhello .` oppure
 - `docker build -t myhello .` seguito da `docker tag myhello aswroma3/myhello`
 - salvataggio di un’immagine sul registry (deve essere “taggata”)
 - `docker push aswroma3/myhello`
 - caricamento di un’immagine dal registry (opzionale)
 - `docker pull aswroma3/myhello`
 - creazione ed esecuzione di un container dall’immagine
 - `docker run aswroma3/myhello`



Docker Registry



- Gestione di un Docker Registry (privato) – nello spirito di Docker, può essere eseguito come un container
 - avvio del registry (l’opzione `-d` esegue il container in background) – supponiamo sul nodo `myregistry`
 - `docker run -d -p 5000:5000 --restart=always --name registry -v /var/local/docker/registry:/var/lib/registry registry:2`
 - creazione e “taggatura” di un’immagine
 - `docker build -t myhello .`
 - `docker tag myhello myregistry:5000/myhello`
 - salvataggio di un’immagine sul registry (deve essere “taggata”)
 - `docker push myregistry:5000/myhello`
 - caricamento di un’immagine dal registry
 - `docker pull myregistry:5000/myhello`
 - creazione ed esecuzione di un container dall’immagine
 - `docker run myregistry:5000/myhello`



- Raccomandazioni generali

- Alcune raccomandazioni sui container – e le relative immagini
 - un solo processo per container
 - sostiene il riuso di immagini e container
 - sostiene la scalabilità orizzontale
 - container “effimeri” (*ephemeral*, ovvero temporanei, passeggeri, e senza stato) – per quanto possibile
 - in modo che un container possa essere arrestato e distrutto e poi sostituito da un altro container il più rapidamente possibile
 - sostiene disponibilità e scalabilità
 - container minimali
 - usa l’immagine di base più ridotta possibile, evita l’installazione di package non necessari e minimizza il numero di strati
 - sostiene la disponibilità

53

Docker

Luca Cabibbo ASW



* Un’applicazione contenitorizzata

- Prima di concludere, ecco un esempio relativo all’esecuzione di una semplice applicazione web (Spring Boot) in un container Docker
 - l’applicazione **lucky-word** – si veda la dispensa su Spring Boot
- Ecco il **Dockerfile** (nella cartella principale del progetto Spring Boot) che utilizza un’immagine con Open JDK

```
# Dockerfile for the lucky-word application
FROM openjdk:11-jdk

# Install the application binary
ADD build/libs/lucky-word.jar lucky-word.jar

EXPOSE 8080

# Launch the Java application
ENTRYPOINT ["java", "-Xmx128m", "-Xms128m"]

CMD ["-jar", "lucky-word.jar"]
```

54

Docker

Luca Cabibbo ASW



Un'applicazione contenitorizzata

- Ecco come costruire ed eseguire questa applicazione
 - prima di tutto, bisogna effettuare la build dell'applicazione Spring Boot **lucky-word** (nell'ambiente di sviluppo)

```
gradle build
```

- dopo di che, bisogna costruire un'immagine di container per l'applicazione (nell'ambiente per Docker)

```
# crea l'immagine del container  
docker build --rm -t lucky-word .
```

- infine, bisogna creare e avviare il container (sempre nell'ambiente per Docker)

```
# esegue l'applicazione con il profile di default  
docker run -p 8080:8080 lucky-word
```

```
# oppure, per eseguire l'applicazione con il profilo italiano  
docker run -p 8080:8080 lucky-word  
-jar -Dspring.profiles.active=italian lucky-word.jar
```



Un errore comune

- Attenzione ad evitare i seguenti errori comuni (che prima o poi commettono tutti)
 - dopo aver modificato (il codice sorgente di) un'applicazione, ricordarsi (sempre!) di fare quanto segue
 - effettuare (o ripetere) la build (Java) dell'applicazione
 - effettuare (o ripetere) la build (Docker) dell'immagine Docker
 - effettuare (o ripetere) il push su Docker Hub dell'immagine Docker (se necessario)
 - talvolta può essere necessario anche rimuovere la versione precedente dell'immagine Docker dalla cache locale



* Discussione

- La piattaforma Docker si è imposta molto rapidamente come tecnologia di riferimento per i container
 - molte aziende (comprese grandi aziende come Google!) usano Docker non solo per lo sviluppo e il test, ma anche come ambiente di produzione per applicazioni con requisiti critici di disponibilità, scalabilità ed elasticità
 - Docker è supportato sia on premises che sul cloud
 - grazie a Docker, i container sono divenuti una tecnologia per il rilascio di applicazioni alternativa e complementare alla virtualizzazione
 - le motivazioni per l'uso di Docker saranno più evidenti dopo aver discusso la composizione e l'orchestrazione di container Docker – che è l'argomento di successive dispense
 - il consiglio di Sam Newman (autore di **Building Microservices**) è
 - “I strongly suggest you give Docker a look”