Luca Cabibbo

Architettura dei Sistemi Software

Container e virtualizzazione basata su container

Ci interessano per il rilascio di sistemi software distribuiti

dispensa asw660

ottobre 2024

Welcome to the container revolution.

Bret Fisher

- Riferimenti

- Luca Cabibbo. **Architettura del Software**: Strutture e Qualità. Edizioni Efesto, 2021.
  - Capitolo 39, Container e virtualizzazione basata su container
- LXC (Linux Containers) https://linuxcontainers.org/
- Docker https://www.docker.com/
- Siti web di diversi fornitori di servizi per container nel cloud
  https://aws.amazon.com/containers/
  https://cloud.google.com/containers/
- Velichko, I. Learning Containers From The Bottom Up: Efficient Learning Path to Grasp Containers Fundamentals. 2021.
  https://iximiuz.com/en/posts/container-learning-path/
- Richardson, C. **Microservices Patterns**: With examples in Java. Manning, 2019.

- Obiettivi e argomenti

- Obiettivi
  - introdurre i container e la virtualizzazione basata su container
  - confrontare container e macchine virtuali
  - discutere i container come opzione per il rilascio del software
- Argomenti
  - introduzione
  - richiami di nozioni preliminari
  - virtualizzazione basata su container
  - container
  - tecniche per la virtualizzazione basata su container
  - container e macchine virtuali a confronto
  - container e rilascio del software
  - discussione

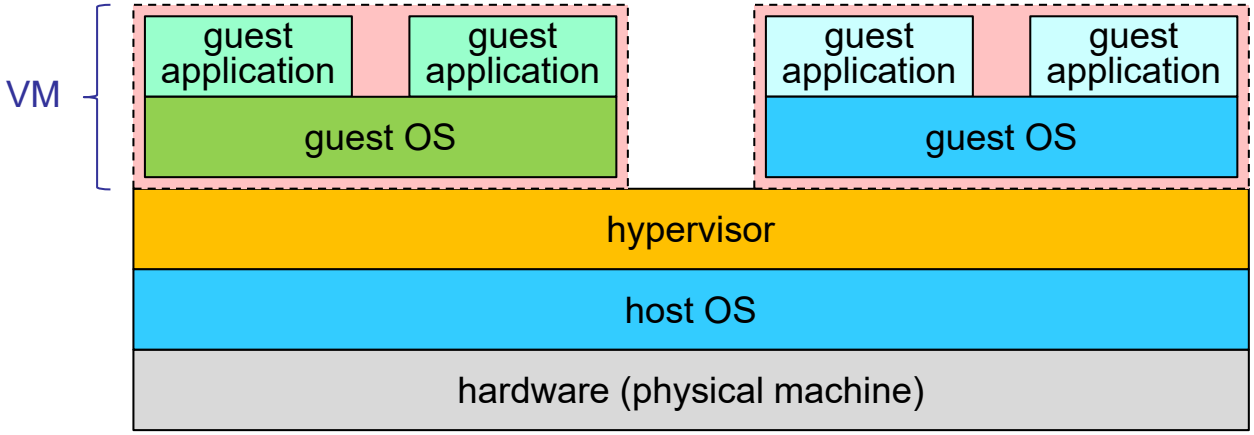
* Introduzione

Sono spesso presentati come "una specie di macchina virtuale leggera" ma NON sono macchine virtuali, sono diversi dalle macchine virtuali sotto più aspetti

- Ci sono due modi per presentare i container e la virtualizzazione basata su container
  - da un punto di vista tecnico, come una variante delle VM e della virtualizzazione di sistema
  - in riferimento all'uso che se ne può fare
- Consideriamo entrambi i punti di vista
  - gli aspetti tecnici, per fare un confronto tra VM e container
  - l'utilizzo dei container, che sono comunque l'aspetto più rilevante per l'architettura del software
  - alla fine, discutiamo l'uso dei container nel contesto del rilascio del software

* Richiami di nozioni preliminari

- La virtualizzazione di sistema, basata su un hypervisor, offre l'astrazione delle macchine virtuali
  Computer virtuali: hardware di un computer che è virtualizzato e su cui possiamo svolgere operazioni
  - una VM è un computer virtuale – ciò che viene virtualizzato è l'hardware di un computer
  - in ciascuna VM è poi possibile installare un OS completo ed eseguire applicazioni e servizi

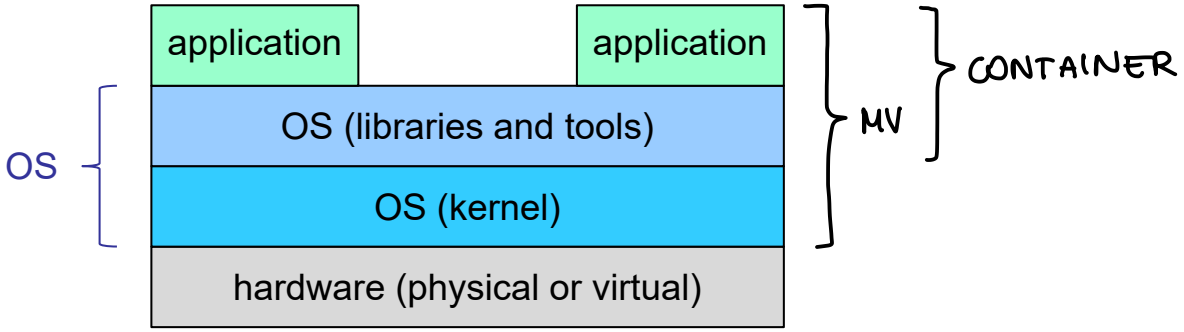


Nozioni preliminari

- La virtualizzazione di sistema (Macchine virtuali)
  - offre diversi benefici
    - fornisce flessibilità operativa
    - sostiene l'isolamento tra le VM, ciascuna con i propri servizi e applicazioni
    - per questo, ha numerose applicazioni
  - può però introdurre un overhead elevato
    - in particolare, nella gestione dell'I/O
    - inoltre, un host che ospita N macchine virtuali deve occuparsi della gestione e dell'esecuzione di N (istanze di) sistemi operativi completi

Nozioni preliminari

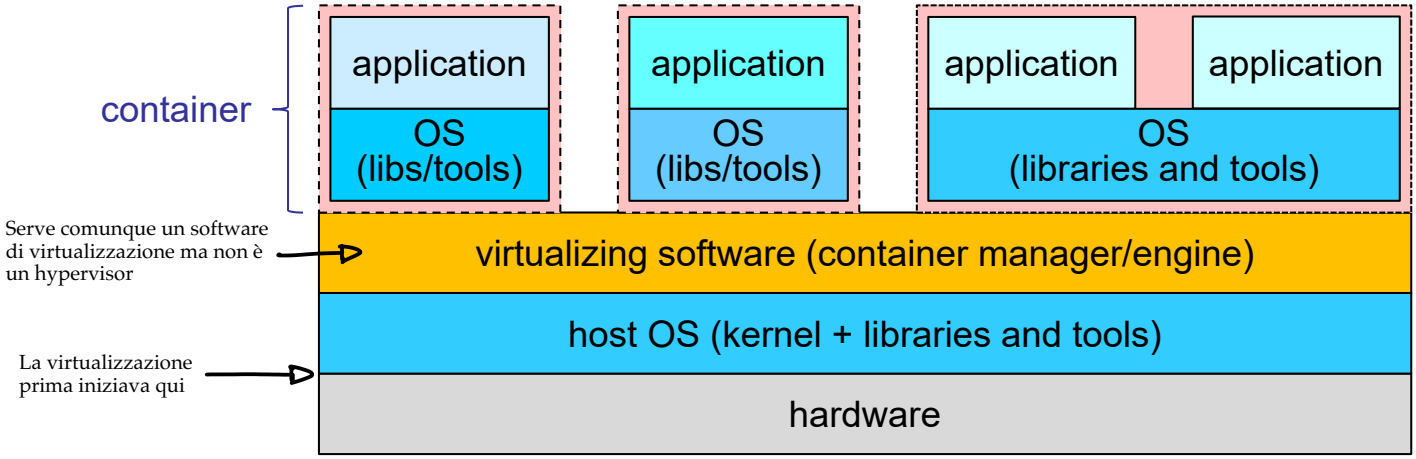
- Un *sistema operativo* (*OS*) è composto da diversi elementi software
  - il *kernel* – che gestisce alcune responsabilità critiche dell'OS
  - un insieme di *librerie* e *strumenti* e degli ulteriori programmi di utilità – che operano sopra al kernel



* Virtualizzazione basata su container

- La **virtualizzazione basata su container** (*container-based virtualization*) – chiamata anche *OS-level virtualization*
  - fornisce l'astrazione dei **container** ("contenitori") – chiamati anche *lightweight container*
  - un container è un'"entità virtuale" che comprende l'hardware di un computer insieme al kernel di un OS
    - un container è simile a una VM, ma virtualizza il sistema operativo anziché l'hardware di un computer
    - in pratica, il kernel di ogni container corrisponde al kernel dell'OS host
  - in ciascun container è poi possibile installare un OS (librerie e strumenti) ed eseguire applicazioni e servizi

Virtualizzazione basata su container



Implementazione

- Alcune considerazioni sulla virtualizzazione basata su container
  - è diffusa soprattutto nel mondo Unix/Linux
  - è una forma di virtualizzazione leggera, che è supportata direttamente dal kernel dell'OS host
    - non richiede un hypervisor sull'host
    - non usa tecniche di emulazione dell'hardware e non richiede il supporto alla virtualizzazione dell'hardware
  - il software di virtualizzazione per container (*container manager* o *container engine*) consente di definire un container come un insieme di processi e di altre risorse
    - ad es., un container che esegue un servizio Java consiste essenzialmente di un processo JVM (eseguito nell'host) – più tutto ciò che serve per questo processo JVM

Si perde libertà operativa perchè la parte di OS che virtualizzaimo deve essere compatibile col kernel

Né della memoria né del processore

isolati

Quindi in questo caso per esempio la parte SO del container deve contenere il programma per fare girare Java, jdk

Implementazione

- Alcune considerazioni sulla virtualizzazione basata su container
  - nel sistema host viene eseguito un solo kernel condiviso
    - questo kernel gestisce sia le risorse del sistema host che quelle dei container in esecuzione
  - il kernel è condiviso dai container
    - ma ogni container può eseguire un proprio OS ed ha delle risorse "virtuali" proprie – ad es., ha un proprio file system completo e un proprio network stack, con un proprio indirizzo IP

Il kernel quindi gestisce sia le risorse dell'host che quelle dei container. Quello che fa è mappare le risorse dei container sulle risorse dell'host, senza indirezione. Quindi se un container vuole leggere o scrivere sul disco, è il (singolo) kernel che leggerà e scriverà sul disco, che sarà virtualizzato rispetto a quello dell'host, ma siccome è sempre il kernel a leggere e scrivere si riduce di molto l'overhead

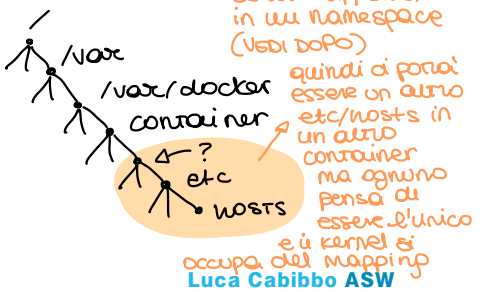
Implementazione

- Alcune considerazioni sulla virtualizzazione basata su container
  - il kernel condiviso gestisce tutti i processi e tutte le altre risorse (ad es., i file), sia dell'host che dei container
    - i processi di un container sono gestiti come processi dell'host
    - il file system di un container viene gestito come sotto-albero del file system dell'host
      - ad es., a partire da /var/lib/docker/containers/*containerid*/filesystem/
      - l'accesso a un file in un container viene realizzato come l'accesso a un file nel file system dell'host

Ogni container può avere la sua distribuzione di sistema operativo (sempre rimanendo compatibile col kernel). Ogni container ha un proprio file system, solo che questo file system è implementato come un sotto sistema del file system dell'host

L'accesso avviene quindi senza overhead

Allo stesso modo i processi del container vengono mappati come processi dell'host. Anche qui le risorse vengono mappate, è solo che la visione dall'host è complessiva, mentre la visione del container è assoluta. Ogni container ha l'impressione di essere in esecuzione su una macchina propria e dedicata, non vede né il file system dell'host né i processi dell'host, mentre l'host vede tutto



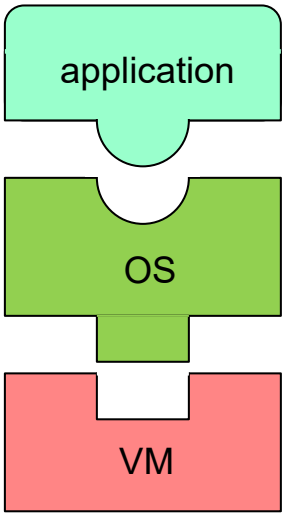
Implementazione

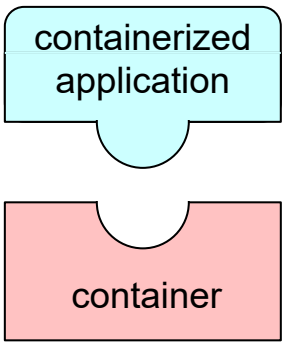
- Alcune considerazioni sulla virtualizzazione basata su container
  - il software di virtualizzazione per container si occupa anche di garantire l'isolamento tra i diversi container – e tra i container e l'host
    - ad es., un container non può interferire con i processi di un altro container o accederne al file system – e non può nemmeno accedere direttamente alle risorse dell'host
    - tuttavia, i container potrebbero non essere completamente isolati dall'host

Il container è isolato sia dagli altri container che dall'host (quindi non vede né processi né risorse degli altri container e dell'host).
Al contrario l'host potrebbe vedere risorse e processi dei container, per cui l'isolamento in questo senso non è completo ma può essere rafforzato (questione della sicurezza, l'accesso all'host deve essere protetto).

Container e interfaccia

- In termini di interfaccia, confrontando VM e container
  - l'interfaccia esposta da una VM è quella dell'hardware di un computer
  - l'interfaccia esposta da un container è quella del kernel di un OS – l'interfaccia delle chiamate di sistema del kernel

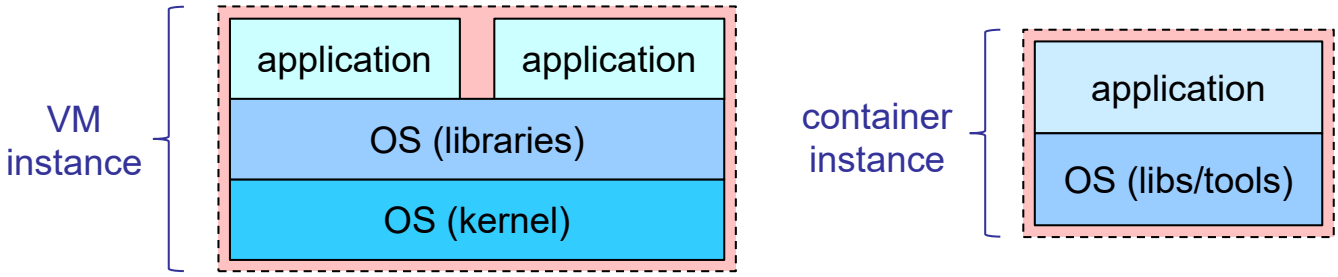




Le applicazioni in un ambiente basato su container devono contenere tutto il software di supporto per l'esecuzione e queste unità eseguibili nei container richiedono di mettere insieme sia l'applicazione sia il software di supporto per l'applicazione come il middleware

Container e istanze

- Un'*istanza di VM* comprende anche l'OS e le applicazioni che vi sono installate
  - in modo analogo, un'*istanza di container* comprende anche le librerie e gli strumenti e le applicazioni che vi sono installate



  - il termine container viene spesso utilizzato anche per indicare un'istanza di container

Container e immagini

Una differenza è che l'uso di immagini nella virtualizzazione di sistema è opzionale, l'uso di immagini nella virtualizzazione basata su container è necessario, quindi praticamente obbligatorio

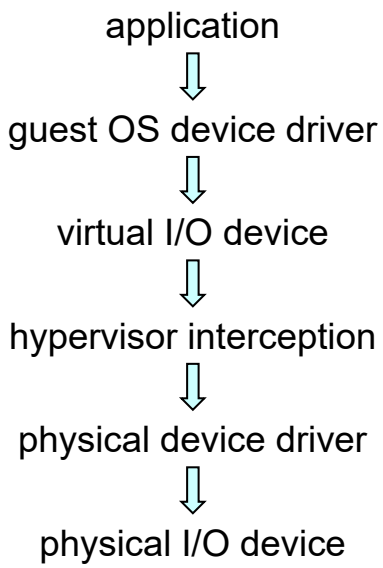
- Un'*immagine di VM* comprende il contenuto di una VM – per facilitare la creazione di una o più istanze di VM a partire da quell'immagine
  - in modo analogo, un'*immagine di container* consiste nell'immagine del file system di un container
    - comprende una o più applicazioni da eseguire nel container – insieme alle librerie e gli strumenti e a tutto il software necessario per eseguire quelle applicazioni
    - in modo che sia possibile creare facilmente una o più istanze di container a partire da quell'immagine
  - un'immagine di container (Statica) diventa un'istanza di container (Dinamica) a runtime, quando viene eseguita in un container manager/engine

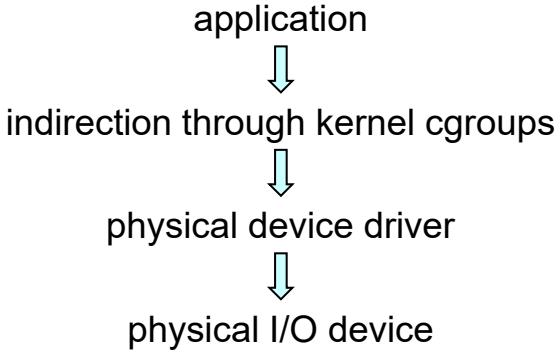
Discussione

- Un confronto preliminare tra container e VM
  - \+ i container introducono un overhead minore rispetto alle VM (sono “più leggeri”)
    - le prestazioni sono quasi native – non viene utilizzata né la virtualizzazione del processore né la virtualizzazione dell’I/O né un hypervisor

Discussione

- Un confronto preliminare tra container e VM
  - i container introducono un overhead minore rispetto alle VM (sono “più leggeri”)
    - esempio: gestione di un’operazione di I/O tramite hypervisor e container





Discussione

- Un confronto preliminare tra container e VM
  - i container introducono un overhead minore rispetto alle VM (sono “più leggeri”)
    - le prestazioni sono quasi native – non viene utilizzata né la virtualizzazione del processore né la virtualizzazione dell’I/O né un hypervisor
  - i container offrono però una flessibilità operativa minore rispetto alle VM
    - l’OS di un container deve essere compatibile con il kernel eseguito nell’host
  - i container offrono anche un isolamento minore rispetto alle VM

* Container

- Consideriamo ora i container dal punto di vista del loro utilizzo
- Ogni container (istanza di container) viene in genere utilizzato per eseguire un servizio software o un’applicazione specifica (anche se talvolta più di uno/una)
  - il container viene dunque usato per realizzare l’ambiente di esecuzione virtuale richiesto da quello specifico servizio software
    - il container “contiene” tutto ciò che serve per eseguire questo servizio software – il servizio è “contenitorizzato”

In una macchina virtuale io normalmente posso eseguire tantissime applicazioni, posso eseguire qualunque applicazione e quindi nella libreria e strumenti del sistema operativo della macchina virtuale c’è normalmente installato tutto il software che mi permetterebbe di eseguire qualunque applicazione che mi viene in mente

In un container invece, che è pensato per eseguire poche applicazioni o addirittura una applicazione, tra le librerie e gli strumenti andranno installate solo le cose che servono per eseguire quella unica applicazione che voglio eseguire

Container

Vedremo che ci sono standard in modo da poter eseguire questi container OVUNQUE, sul mio computer, su un altro, nel cloud, in un data center. Questo garantisce una portabilità completa, ammesso che lo standard venga seguito (parallelismo con i container fisici usati per trasporti e commercio che offrono una forma standard)

- Un **container** è un'unità di software standardizzata, che impacchetta una o più applicazioni software, insieme alle loro configurazioni e dipendenze – in modo tale che queste applicazioni possano essere eseguite in modo veloce e affidabile in un opportuno ambiente di esecuzione per container

Impacchettate nelle configurazioni a run time insieme alle loro librerie e dipendenze. Con configurazioni e dipendenze si intendono solo quelle mirate al funzionamento dell'applicazione

Container

- Un container è un'unità di software standardizzata, che impacchetta una o più applicazioni software, insieme alle loro configurazioni e dipendenze
  - il container ha lo scopo di fornire al software applicativo di interesse un ambiente di esecuzione completo e autonomo, con tutte le dipendenze necessarie – senza nessuna dipendenza verso l'host
    - queste dipendenze comprendono in genere le librerie e gli strumenti dell'OS, le librerie runtime richieste dai linguaggi usati e il middleware
    - le dipendenze specifiche del software applicativo di interesse vengono installate e configurate nel container (anziché nell'host) – insieme al codice del software applicativo

La configurazione del software che facciamo nel container è mirata per quella specifica configurazione. Ad esempio se il middleware fosse installato sull' host una sola volta dovrei preoccuparmi delle compatibilità rispetto alla mia applicazione nel container. Invece la configurazione del middleware qui è proprio pensata e configurata per la mia (singola) applicazione quindi non ci sono conflitti

Container

- Un container è un'unità di software standardizzata, che impacchetta una o più applicazioni software, insieme alle loro configurazioni e dipendenze
  - il container è anche un ambiente standardizzato di esecuzione per la sua applicazione (o applicazioni)
    - ciascuna applicazione (nel proprio container) può così essere rilasciata ed eseguita in modo coerente in una varietà di piattaforme, sia nel proprio computer che on premises che nel cloud
    - esistono diversi formati standard per container – quello più popolare oggi è Docker (Che non è più proprietario di docker)

Tipi di container

- Una classificazione dei container, in relazione al loro utilizzo
  - un *OS container* è un container pensato per essere usato come una VM leggera – con un proprio OS, in cui eseguire più applicazioni o servizi
  - un *application container* è un container pensato per contenere ed eseguire una singola applicazione o servizio
    - ci concentriamo soprattutto sugli application container

Infatti di software per virtualizzazione di container ne esistono diversi ma che sono indirizzati e privilegiano uno solo di questi due tipi di container

Application container

- Gli application container consentono di focalizzare ciascun container su una singola applicazione o servizio
  - il container deve contenere solo le dipendenze per quello specifico servizio software
    - questo riduce il rischio di inconsistenze nello stack software
  - inoltre, i singoli container sono più leggeri – possono essere creati e avviati più velocemente, e a runtime usano solo le risorse richieste per il loro specifico servizio
    - questo sostiene disponibilità, scalabilità e modificabilità
  - i container sono isolati tra di loro
    - questo sostiene affidabilità e sicurezza
  - dal punto di vista di un'applicazione o servizio in esecuzione in un container, è come se l'applicazione o il servizio venisse eseguito in un proprio nodo – con un proprio indirizzo IP e un proprio file system

Ad esempio pensa alle porte su cui ascoltare un servizio: il container pensa di essere un intero computer con indirizzo ip e file system che deve occuparsi solo di far girare quella singola applicazione, quindi non ci sono dubbi, ascolta solo sulla porta 80 o 8080 in quanto "si sta preoccupando solo di quello"

* Tecniche per la virtualizzazione basata su container

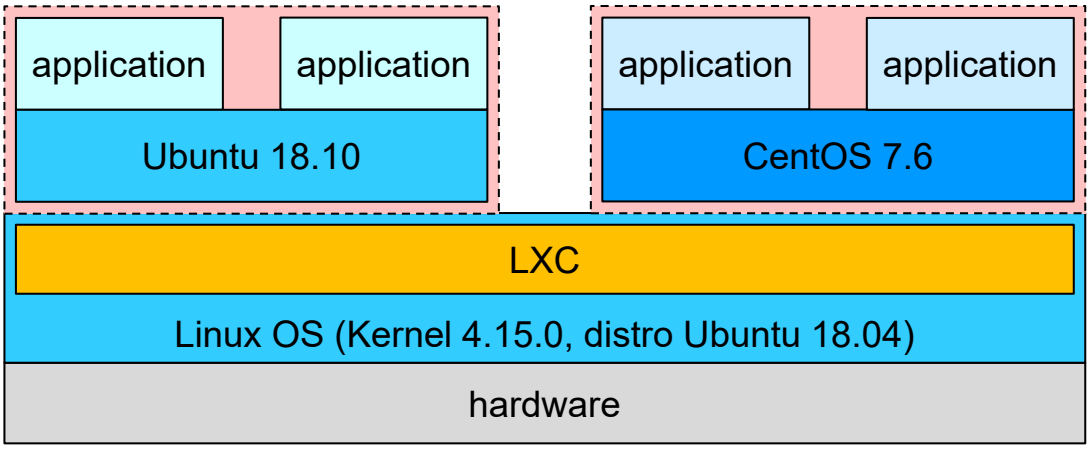
- Esistono diverse tecnologie per container, nel contesto dei sistemi operativi UNIX e Linux
  - ad es., LXC, OpenVZ per Linux, Solaris Containers per Solaris, FreeBSD jail per FreeBSD e Docker
  - descriviamo alcune tecniche di virtualizzazione per container

- Supporto per i container in Linux

- Alcuni intuizioni sui container *LXC* (*Linux Containers*, 2008) – la prima implementazione completa di container per Linux
  - nel kernel Linux, ogni processo può generare altri processi, in modo gerarchico La struttura dei processi è un albero
  - un container è un sottoalbero dell'albero dei processi del sistema – a cui sono associate delle risorse (come CPU, memoria e disco) e che viene mantenuto isolato dagli altri container (con le loro risorse)
  - il kernel di un container è quello dell'host – ma l'OS di un container può essere diverso dall'OS dell'host

Container LXC

stesso kernel, diverse distribuzioni di SO
sempre compatibili con quel kernel



Container LXC

- In pratica, *LXC* (*Linux Containers*) è un insieme di strumenti semplici – ma basati su un'API potente – per creare e gestire container in un host Linux (reale o virtuale)
  - LXC consente di creare ed eseguire uno o più container – con le loro applicazioni
    - i container sono isolati tra di loro e dall'OS host, e si comportano come macchine indipendenti
  - i container LXC sono simili per funzionalità alle VM
    - ma sono controllati direttamente dal kernel dell'OS host, senza la necessità di un hypervisor
  - LXC fornisce l'astrazione dei container utilizzando e combinando alcune funzionalità del kernel Linux – in particolare
    - i control group – per controllare l'uso delle risorse
    - i namespace – per controllare la visibilità delle risorse

Control group

- Un *control group* (*cgroup*) è
  - un gruppo di processi – che ha radice in un certo processo e comprende tutti i suoi figli (e discendenti) correnti e futuri
  - a cui sono associati dei parametri e/o dei limiti nell'uso di risorse (come CPU, memoria, rete, file system, …)
  - i cgroup consentono di isolare, limitare e misurare l'uso di risorse assegnate a un gruppo di processi

Namespace

- Un *namespace* rappresenta una collezione autocontenuta di risorse a cui sono dati dei nomi virtuali, che vengono poi mappati su delle risorse reali
  - esempi di risorse sono gli id dei processi e degli utenti, le risorse di rete, il nome dell'host e le sue porte, i file nel file system
  - i namespace consentono di disaccoppiare un gruppo di processi dalle risorse reali che gli verranno assegnate – per controllare la visibilità delle risorse e per evitare conflitti nei nomi e inconsistenze nei riferimenti
  - in pratica, i namespace consentono di separare le risorse di gruppi di processi differenti

Discussione

- Un container LXC offre un ambiente di esecuzione simile a una distribuzione Linux standard, con un certo livello di controllo e di isolamento delle risorse
  - sono in genere utilizzati come "OS container" – per eseguire anche più applicazioni o servizi
- L'utilizzo di LXC avviene mediante degli strumenti per la gestione dei container
  - che sono basati su un'API potente – ma che non è semplice da utilizzare Cioè è molto potente ma difficile da usare e quindi poco usata

- Sul software di virtualizzazione per container

non c'è sul libro

- Dopo aver visto l'esempio dei container LXC, è utile astrarre un po' per comprendere meglio il funzionamento tecnologico dei container e del software di virtualizzazione per container

Container e container runtime

- Da un punto di vista tecnico, è possibile dire che
  - un *container* è un insieme di processi limitato (cgroup) e isolato (namespace)
    - i container non sono macchine virtuali!
  - per avviare un container non è sufficiente avviare i suoi processi – bisogna prima creare e configurare le sue risorse (cgroup e namespace) – ovvero, bisogna anche preparare un "box" in cui eseguire questi processi
  - la creazione di questi "box" viene svolta da un *container runtime* – un software di virtualizzazione per container, di livello piuttosto basso
    - un esempio di container runtime è la libreria *runc*

Container e container runtime

- Un esempio di container runtime è la libreria *runc*
  - in pratica, *runc* può essere usato come un normale strumento dalla linea di comando – senza usare nessuno altro strumento di virtualizzazione per container di alto livello (come LXC o Docker)
  - per avviare un container con *runc* è richiesto un "bundle" ("pacchetto") contenente gli eseguibili e i parametri del container
    - questo bundle può essere minimale – non deve necessariamente includere le librerie complete di un OS
  - dunque, per eseguire un container non è necessaria un'immagine completa di container
    - tuttavia, è comune organizzare un tale bundle come un file system che ricorda la struttura di una distribuzione Linux tipica – ovvero, come un'immagine di container

Container e container manager

Runc è in grado di eseguire UN container. Se voglio eseguire un insieme coordinato di container serve un'astrazione un po' più potente, e quindi un container manager. Un esempio di questo è containerd (demone per container)

- Un container runtime ha l'obiettivo di gestire il ciclo di vita di un singolo container – tuttavia, è comune eseguire in un singolo host decine o centinaia di container
  - un *container manager* è un software di virtualizzazione per container, di livello più alto, per gestire l'esecuzione di molti container e la loro coesistenza in un singolo host
    - un esempio di container manager è la libreria *containerd*
  - le responsabilità di un container manager includono, ad es., la gestione dello storage e delle reti utilizzate dai container, la gestione dei log, nonché un supporto alla gestione delle loro immagini
  - in pratica, anche *containerd* può essere usato come un normale strumento dalla linea di comando

Container e container engine

Semplificano ulteriormente la gestione di un insieme di container nell'ambito dello stesso host, un esempio è Docker

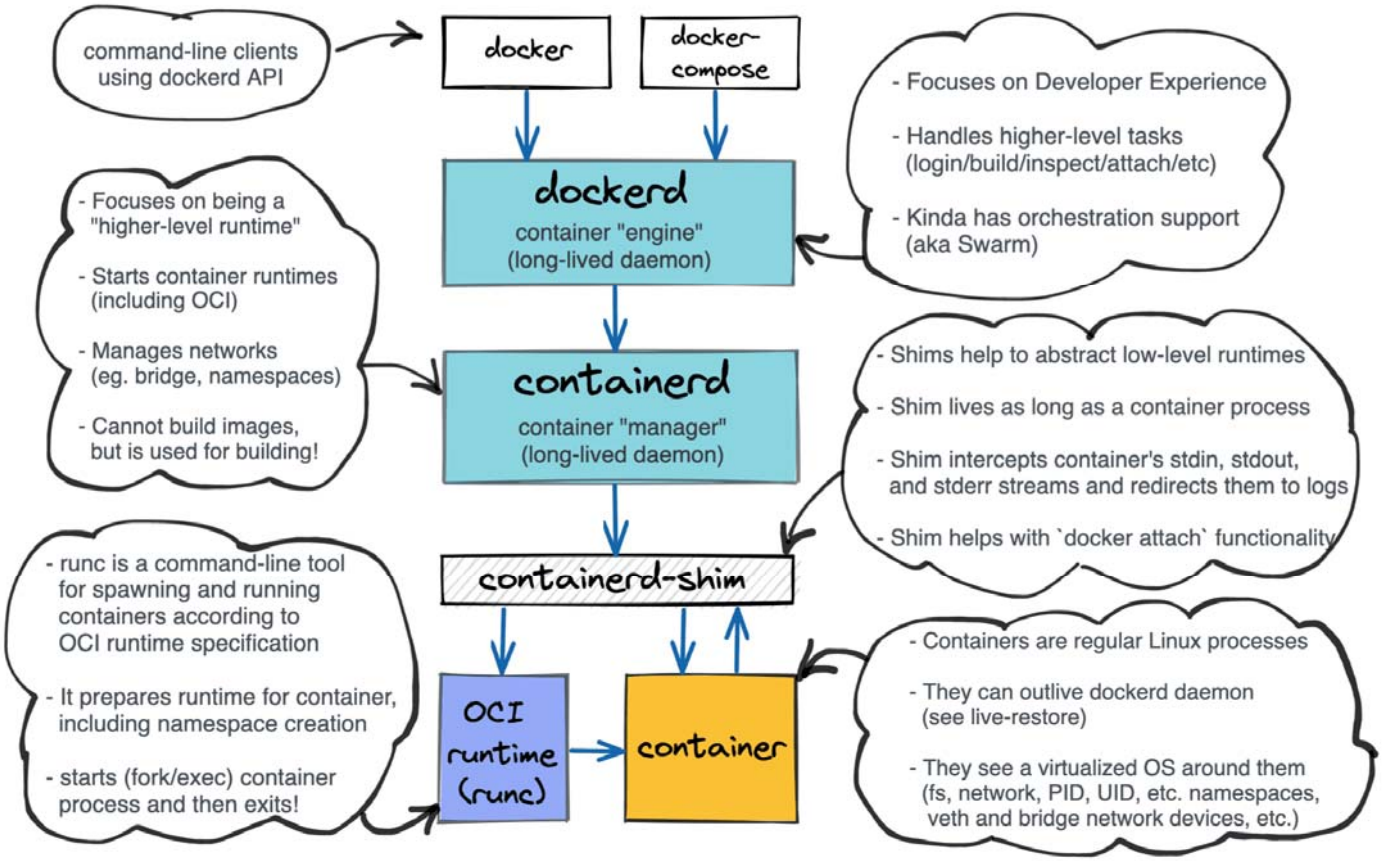
new

- Inoltre, un *container engine* è un software di virtualizzazione per container, di livello ancora più alto, che ha lo scopo di semplificare per lo sviluppatore l'esperienza di uso dei container
  - esempi di container engine sono *Docker* (https://www.docker.com/) e *Podman* (https://podman.io/)

Semplifica molto anche la gestione delle immagini di container

Container runtime, manager e engine

new



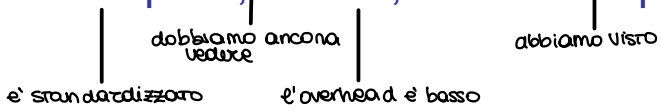
Container e container orchestrator

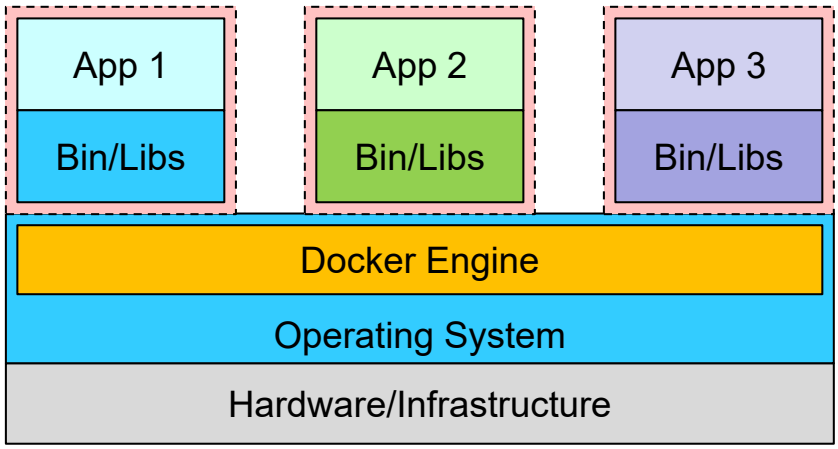
Piano ancora più alto. L'idea di base è quella di semplificare la gestione di container non in un singolo computer ma in un cluster di computer

- Un container manager (o un container engine) ha l'obiettivo di gestire i container in un singolo host – tuttavia, può essere desiderabile poter eseguire i container di un'applicazione in un cluster di computer anziché in un singolo host
  - un *container orchestrator* è un software speciale e di livello ancora più alto per container, per gestire e coordinare l'esecuzione di molteplici container in un cluster di host
    - un esempio di container orchestrator è *Kubernetes*
  - parleremo di orchestrazione di container in un successivo capitolo

- Introduzione ai container Docker

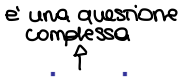
- *Docker* è una piattaforma per container (un container engine)
  - per costruire, rilasciare ed eseguire applicazioni distribuite – in modo semplice, veloce, scalabile e portabile





Container Docker

- Un *container Docker* è un'unità di 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, standardizzati e aperti e sicuri
  - un'immagine di container Docker diventa un'istanza di container a runtime quando viene eseguita nel Docker Engine



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

Discussione

- Docker (dal 2013) è stato un successo immediato ed è utilizzato in produzione da molte aziende – poche tecnologie hanno visto un tasso di adozione simile
  - i benefici principali di Docker sono leggerezza, efficienza, semplicità, velocità di provisioning, apertura, possibilità di rilascio su una varietà di piattaforme
  - una delle caratteristiche principali di Docker è proprio la portabilità
  - i container Docker sono ottimizzati per il rilascio di applicazioni o servizi individuali – sono "application container"
  - l'ecosistema di strumenti per Docker è molto interessante
    - in particolare, supporta la composizione e l'orchestrazione di container (discusse in successivi capitoli e dispense)
  - ulteriori informazioni su Docker (presenti nel Capitolo 39 del libro) sono presentate nella dispensa su Docker

* Container e macchine virtuali a confronto

- I container e le macchine virtuali hanno caratteristiche che sono tra loro complementari
  - le VM sono molto flessibili
    - ogni VM ha un proprio OS completo e le proprie applicazioni
  - i container offrono invece una flessibilità minore
    - l'OS di un container deve essere compatibile con l'OS dell'host (che è di solito Unix o Linux)
  - l'isolamento tra VM è completo
  - l'isolamento offerto dai container non è invece completo
  - tuttavia, la flessibilità e l'isolamento forniti dalla virtualizzazione di sistema non sono sempre richiesti
    - i container offrono degli ambienti di esecuzione che sono adeguati per molte applicazioni

Container e macchine virtuali a confronto

- I container e le macchine virtuali hanno caratteristiche che sono tra loro complementari
  - inoltre, la flessibilità offerta dalle VM ha un costo – una VM
    - richiede una quantità di risorse maggiori nel sistema host
    - può introdurre un overhead di esecuzione maggiore
    - richiede un tempo maggiore per l'avvio (minuti)
  - i container sono invece più "leggeri" delle VM
    - le prestazioni sono quasi native
    - richiedono una quantità minore di risorse
      - ad es., un'installazione Linux minimale richiede 1.1MB ca – le librerie di Ubuntu Server richiedono 180MB ca
    - è possibile una maggior densità di container per host
    - i container possono essere creati e avviati più velocemente
      - frazioni di secondo o al più secondi (escluso il pull dell'immagine)

* Container e rilascio del software

- I container sono un'altra opzione di rilascio per i sistemi software distribuiti
  - ogni container ("application container") incapsula un servizio software, insieme allo stack software necessario per quel servizio

Per ESEGUIRE quella applicazione, non per supportarla: ad esempio, se serve un db, sarà su un altro container; se serve kafka, sarà su un altro container, ecc ecc

Benefici

- Benefici nell'usare i container per il rilascio del software
  - ogni container incapsula un singolo servizio software – il rilascio di un'istanza di quel servizio può essere gestito, in modo semplice e affidabile, come la creazione di un container
  - isolamento dei guasti e sicurezza – ogni container (con il relativo servizio) viene eseguito in modo abbastanza isolato
  - i container sono leggeri – è possibile allocare risorse ai container (e ai relativi servizi) e scalarli a grana fine
  - la creazione e l'avvio di un container richiedono in genere da una frazione di secondo a pochi secondi – meno che una VM
  - i container possono essere rilasciati sia nel cloud che on premises, in un proprio data center privato
  - in particolare, i container possono essere rilasciati in una piattaforma per l'orchestrazione di container (ad es., Kubernetes), sia on premises che nel cloud

Inconvenienti

- Inconvenienti nell'usare i container per il rilascio del software
  - l'isolamento tra container non è completo
  - overhead nell'amministrazione e nell'aggiornamento delle immagini dei container
  - overhead nell'amministrazione dell'infrastruttura di esecuzione dei container – a meno che i container non vengano eseguiti in una soluzione ospitata nel cloud (come AWS EKS o Google GKE)

* Discussione

- Sia i container che le macchine virtuali hanno i loro vantaggi e inconvenienti
  - le VM offrono un isolamento e una generalità maggiore – ma al prezzo di un overhead maggiore
  - i container offrono prestazioni migliori e un migliore utilizzo delle risorse – ma con un isolamento e una flessibilità minori
  - dunque, container e VM hanno caratteristiche complementari
    - ciascuna tecnologia offre dei vantaggi che potrebbero essere utili in situazioni specifiche

Discussione

- È limitativo pensare ai container solo come a una forma leggera di virtualizzazione
  - i container stanno cambiando in modo significativo il modo in cui i sistemi software distribuiti vengono rilasciati e mandati in esecuzione – e quello in cui vengono progettati e sviluppati
    - l'adozione dei container richiede un cambiamento nell'architettura del software
  - l'adozione dei container è così rapida, che nel giro di pochi anni ci si attende un uso regolare dei container in molti sistemi software
    - "da Gmail a YouTube passando dalla Ricerca, tutti i prodotti e servizi Google vengono eseguiti in container … ogni settimana eseguiamo oltre diversi miliardi di container"
    - "l'80% di tutti i container nel cloud viene eseguito in AWS"