



Luca Cabibbo
Architettura
dei Sistemi
Software

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

dispensa asw620
ottobre 2023

*Reality is merely an illusion,
albeit a very persistent one.*

Albert Einstein



- Riferimenti

- ❑ Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
 - Capitolo 35, **Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema**
- ❑ Tanenbaum, A.S. and Bos, H. **Modern Operating Systems**, fourth edition. Pearson, 2015.
- ❑ Coulouris, G, Dollimore, J., Kindberg, T., and Blair, G. **Distributed Systems: Concepts and Design**, fifth edition. Pearson, 2012.
- ❑ Bass, L., Weber, I., and Zhu, L. **DevOps: A Software Architect's Perspective**. Addison-Wesley, 2015.
- ❑ Richardson, C. **Microservices Patterns: With examples in Java**. Manning, 2019.
- ❑ Siti web di diversi sistemi di virtualizzazione



- Obiettivi e argomenti

□ Obiettivi

- introdurre la virtualizzazione di sistema e le macchine virtuali
- descrivere alcune tecniche e opzioni di virtualizzazione
- presentare alcuni sistemi di virtualizzazione
- discutere le macchine virtuali come opzione per il rilascio del software

□ Argomenti

- virtualizzazione di sistema e macchine virtuali
- tecniche per la virtualizzazione di sistema
- sistemi di virtualizzazione
- applicazioni e benefici della virtualizzazione di sistema
- macchine virtuali e rilascio del software
- discussione

3

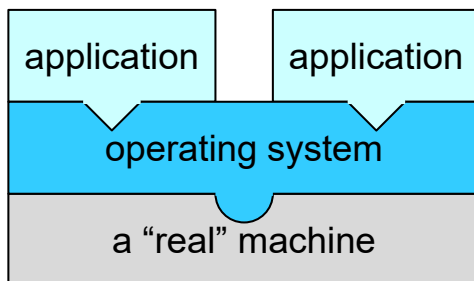
Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW

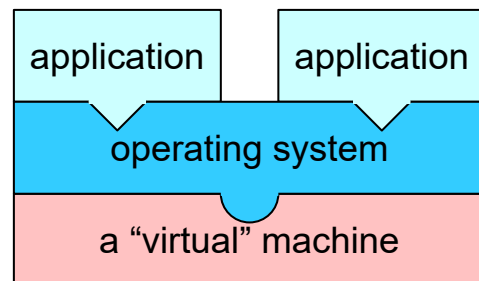


* Virtualizzazione di sistema e macchine virtuali

- La *virtualizzazione di sistema* consente a un computer “reale” di ospitare uno o più computer “virtuali” – chiamati *macchine virtuali*



un computer “reale” – con il suo OS e le sue applicazioni



un computer “virtuale” – con il suo OS e le sue applicazioni

4

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione (in generale)

- In generale, la **virtualizzazione** ha lo scopo di fornire l'accesso a un insieme di risorse computazionali **virtuali** a partire da un insieme di risorse computazionali **reali**
 - ad es., si pensi a un file system oppure a una Virtual Private Network
 - la virtualizzazione delle risorse avviene sulla base di uno strato **software di virtualizzazione** – tra le risorse reali e i consumatori delle risorse virtuali



Virtualizzazione di sistema

- La **virtualizzazione di sistema** (*system virtualization* o *hardware virtualization*) virtualizza l'hardware di un intero computer fisico reale ("sistema") per fornire una o più **macchine virtuali**
 - il software di virtualizzazione è chiamato **hypervisor** oppure **virtual machine monitor (VMM)**
 - viene chiamata spesso semplicemente "virtualizzazione"
- La virtualizzazione di sistema è una tecnologia importante soprattutto nei sistemi distribuiti e nel cloud
 - è una tecnologia abilitante per la gestione flessibile di ambienti di esecuzione (virtuali) – per eseguire in modo flessibile un insieme di applicazioni e servizi
 - è una tecnologia abilitante fondamentale del cloud computing
 - può sostenere qualità come disponibilità e scalabilità



Macchine virtuali

- Una **macchina virtuale** (**virtual machine** o **VM**) è l'emulazione di una macchina reale
 - per “macchina” si intende l'hardware di un computer
 - una macchina virtuale espone la stessa interfaccia di un computer reale – ovvero, un insieme di risorse hardware (virtuali), come uno o più processori, una memoria, dei dispositivi di storage e di rete, ...
 - una macchina virtuale fornisce dunque l'**hardware virtuale di un computer completo** – in cui è poi possibile installare ed eseguire un OS e un insieme di servizi e applicazioni

7

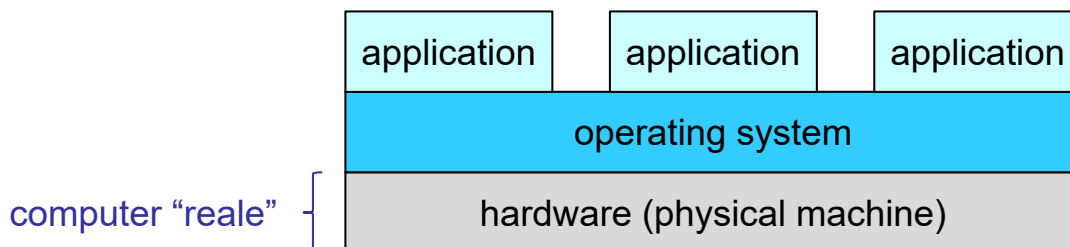
Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione e macchine virtuali

- Un esempio di computer non virtualizzato



8

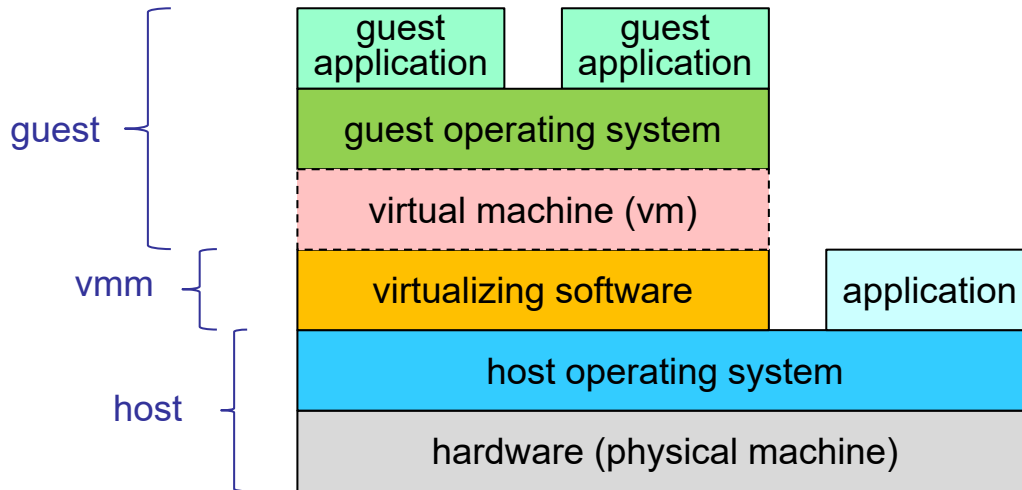
Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione e macchine virtuali

- Un esempio di computer virtualizzato
 - il computer fisico è l'**host**
 - il software di virtualizzazione è un *hypervisor* o *virtual machine monitor* (*VMM*)
 - la macchina virtuale è il **guest**



9

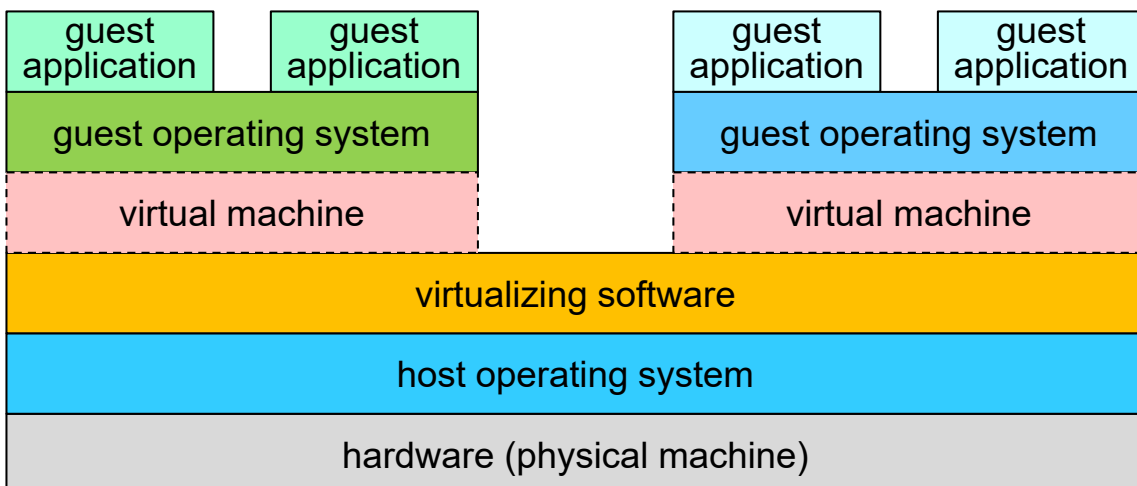
Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione e macchine virtuali

- Un altro esempio, in cui l'host ospita più VM



10

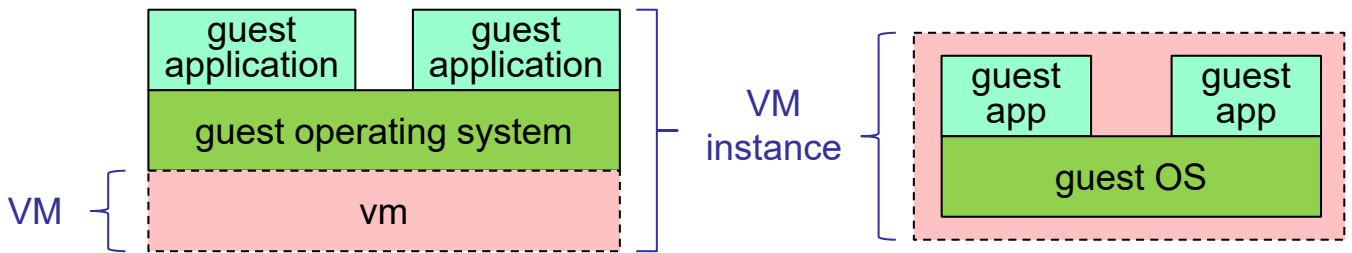
Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



VM e istanze di VM

- Una precisazione sul termine “macchina virtuale”
 - una *macchina virtuale (VM)* è un’entità virtuale che emula l’*hardware* di un computer reale
 - un’*istanza di macchina virtuale (VM instance)* è una VM insieme al suo OS, alle sue applicazioni e al suo stato

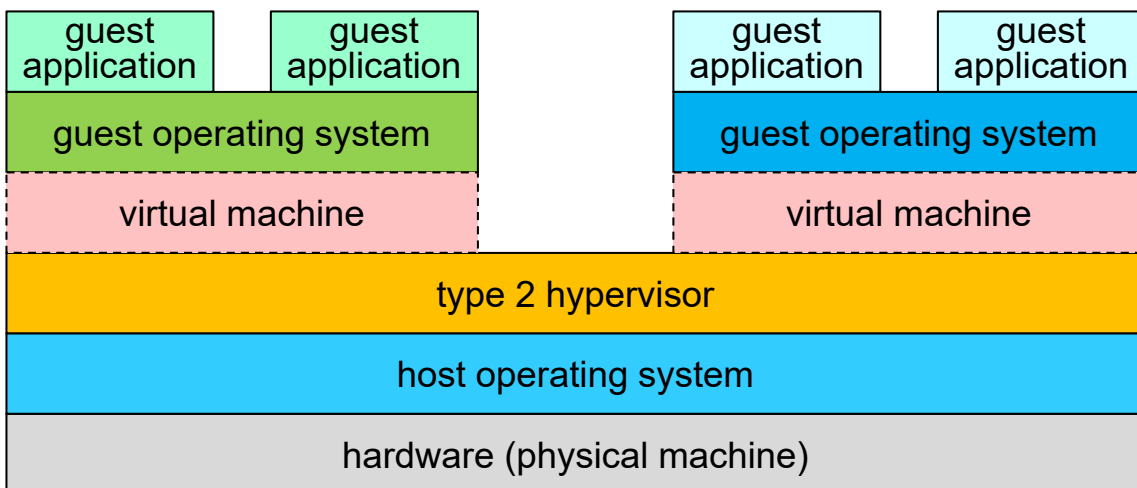


- il termine macchina virtuale viene però spesso utilizzato in pratica anche per indicare un’istanza di macchina virtuale



Hypervisor di tipo 1 e 2

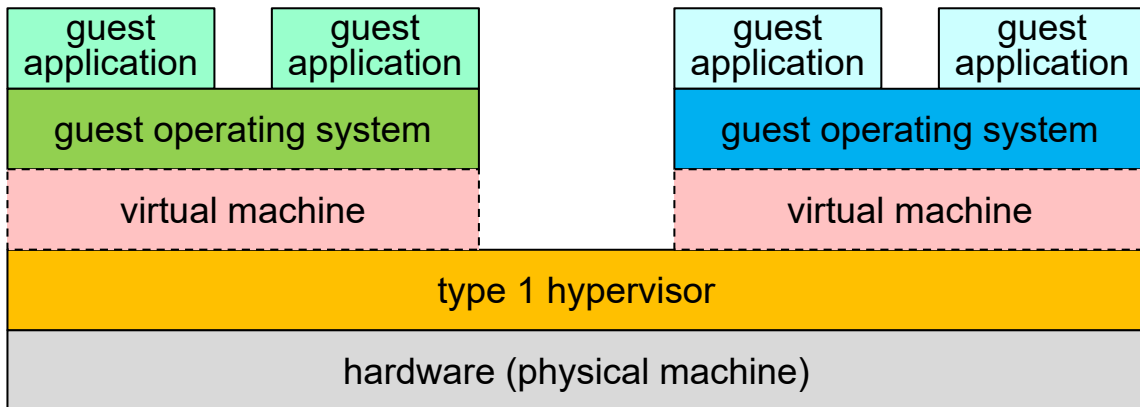
- Due tipi principali di hypervisor
 - *type 2 (hosted VMM o hosted hypervisor)*
 - VMware Workstation, Oracle VM Virtualbox, ...





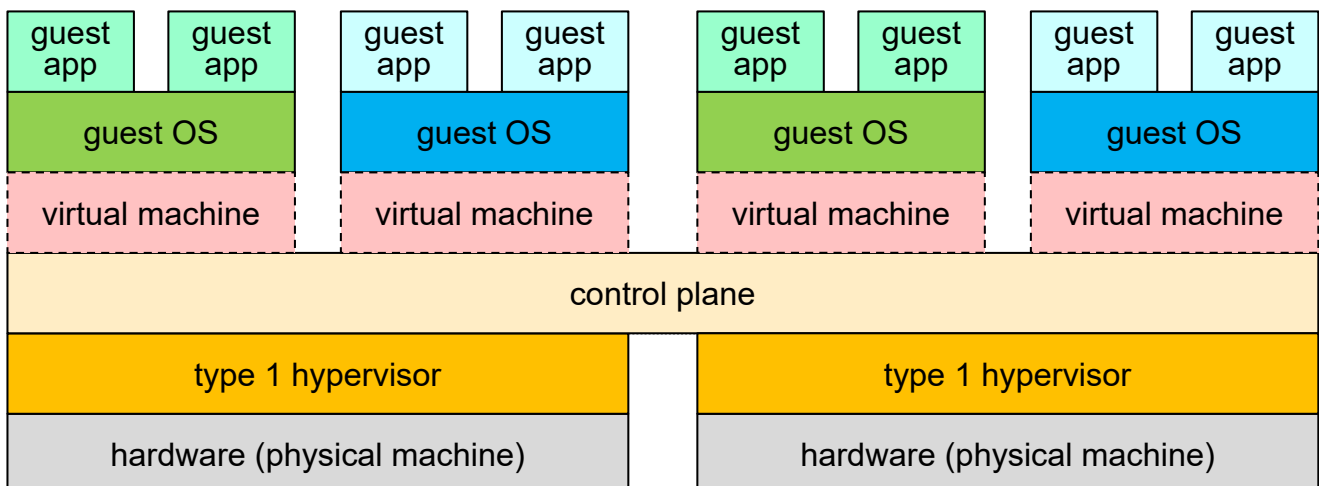
Hypervisor di tipo 1 e 2

- Due tipi principali di hypervisor
 - *type 1 (native VMM o bare-metal hypervisor)*
 - VMware vSphere, Xen, ...



Hypervisor di tipo 1 e 2

- Due tipi principali di hypervisor
 - gli hypervisor di tipo 1 possono supportare la virtualizzazione di un cluster di host fisici – mediante uno strato software distribuito (*control plane*)

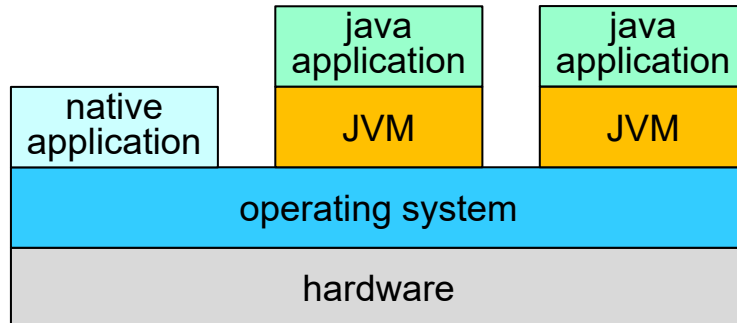




Virtualizzazione di processo



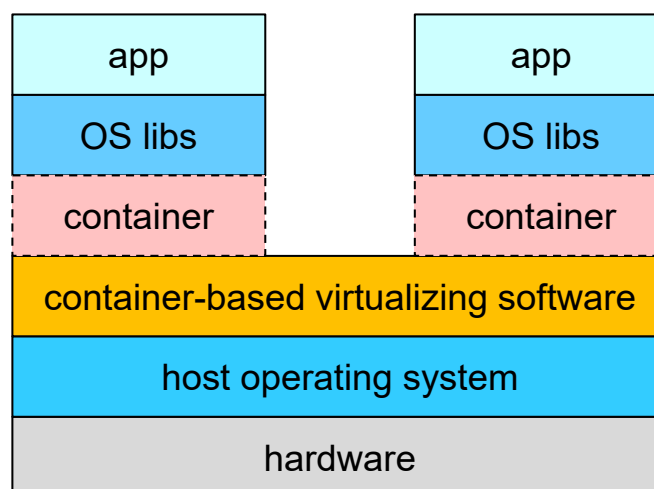
- Un'altra forma di virtualizzazione è la *virtualizzazione di processo* (*process virtualization*)
 - ad es., la Java Virtual Machine (JVM)



Virtualizzazione basata su container



- Un'altra forma di virtualizzazione è la *virtualizzazione basata su container* (*container-based virtualization* o *OS-level virtualization*)
 - ogni *container* è un computer dotato di un kernel di OS virtuale (il kernel dell'OS host)





* Tecniche per la virtualizzazione di sistema

- L'hardware di un computer (reale o virtuale) è composto da un insieme di risorse (reali o virtuali) – CPU, memoria, I/O, reti, storage, ...
 - l'hypervisor deve fornire e gestire le risorse virtuali delle VM in termini delle risorse fisiche sottostanti
 - ci sono più tecniche di virtualizzazione per ciascun tipo di risorsa
 - descriviamo ora alcune tecniche e opzioni di virtualizzazione usate nella virtualizzazione di sistema



- Requisiti generali per la virtualizzazione

- Requisiti per la virtualizzazione
 - l'hypervisor deve fornire l'illusione che ogni VM agisca come un computer reale
 - l'hypervisor dovrebbe fornire questa illusione in modo efficace ed efficiente, con queste caratteristiche
 - **fedeltà** – il comportamento di un programma in una VM dovrebbe corrispondere a quello in un computer reale
 - **sicurezza** – l'hypervisor dovrebbe avere controllo completo delle risorse virtualizzate
 - **efficienza** – la maggior parte del codice della VM dovrebbe essere eseguito direttamente dal computer host, senza intervento dell'hypervisor



- Virtualizzazione del processore

- Un processore è caratterizzato dalla sua ISA (Instruction Set Architecture) – l'ISA definisce le istruzioni del processore e il suo stato (registri e memoria)
 - due approcci principali per la virtualizzazione dei processori
 - emulazione del processore
 - virtualizzazione del processore



Emulazione del processore



- L'*emulazione del processore* – utile soprattutto quando il processore reale e quello virtuale sono di tipi differenti – avviene mediante la *virtualizzazione dell'ISA* (emulazione della CPU)
 - intuitivamente, si basa sulla *traduzione binaria* delle istruzioni
 - oggi è una tecnica di minore importanza, grazie all'ampia diffusione dei processori x86



Virtualizzazione del processore

- Se il processore reale e quello virtuale sono dello stesso tipo, allora molte istruzioni del software in esecuzione in una VM possono essere eseguite direttamente dal processore dell'host
 - in particolare, tutte le istruzioni che il guest esegue in “user mode”
 - tuttavia, ci sono alcune istruzioni che il guest esegue in “kernel mode” che sono “problematiche” – e non vanno eseguite direttamente dal processore host
 - ad es., le istruzioni del kernel dell'OS guest per abilitare e disabilitare le interruzioni e le istruzioni per la gestione della MMU (Memory Management Unit)

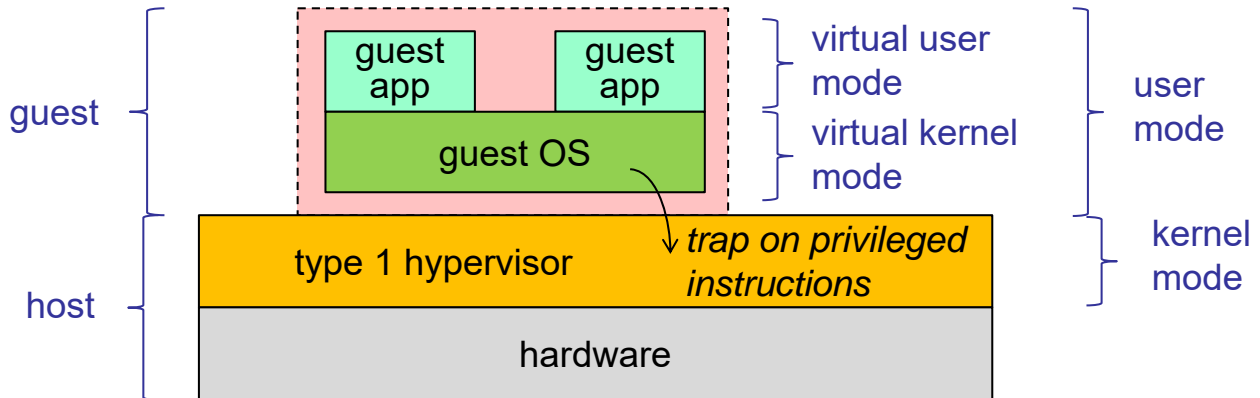


Virtualizzazione assistita dall'hardware

- La tecnica principale per la virtualizzazione del processore è la *virtualizzazione assistita dall'hardware* (chiamata anche *trap-and-emulate*)
 - le istruzioni della VM vengono eseguite dal processore reale dell'host – che normalmente le esegue direttamente – ma che cattura le istruzioni non virtualizzabili della VM (“trap”) e le gestisce come chiamate all'hypervisor (“emulate”)
 - si basa sull'uso di tecnologie hardware di virtualizzazione – ad es., Intel VT-x e AMD SVM nei processori x86 (dal 2005)



Virtualizzazione assistita dall'hardware



23

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione del processore



- Ulteriori tecniche di virtualizzazione dei processori
 - **virtualizzazione full**
 - combina l'esecuzione diretta (della maggior parte delle istruzioni) con la traduzione binaria (delle istruzioni "problematiche")
 - **paravirtualizzazione**
 - l'OS guest viene modificato per eliminare tutte le istruzioni "problematiche" del suo kernel, sostituendole con chiamate all'hypervisor
- sono tecniche usate soprattutto prima delle tecnologie hardware di virtualizzazione dei processori – la virtualizzazione dei processori x86 è iniziata alla fine degli anni '90

24

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione di più processori

- La virtualizzazione dei processori è particolarmente efficace quando applicata a processori multi-core oppure a computer multi-processore
 - i processori fisici (con i loro core) dell'host vengono virtualizzati in CPU virtuali (*virtual CPU* o *vCPU*) e assegnati alle VM
 - ciascuna vCPU ha un solo core
 - ad ogni VM possono essere assegnate una o più vCPU
 - è anche possibile specificare delle quote
 - in questo modo, un sistema multi-processore viene virtualizzato in un sistema multi-computer



- Virtualizzazione della memoria

- Nella virtualizzazione di sistema, la virtualizzazione della memoria centrale riguarda l'assegnazione e la gestione di aree di memoria alle VM
 - è necessario gestire un doppio livello di virtualizzazione della memoria fisica – perché ogni VM ha una propria memoria virtuale (fornita dall'OS)
 - oggi i processori forniscono un supporto hardware alla virtualizzazione annidata della memoria – ad es., le tecnologie Intel EPT e AMD NPT (dal 2008)
 - l'hypervisor deve anche garantire l'isolamento tra le aree di memoria assegnate alle diverse VM
- Gli hypervisor offrono anche delle tecniche specializzate per una gestione efficiente della memoria
 - ad es., deduplicazione delle pagine e ballooning



- Virtualizzazione dell'I/O

- Di solito l'hypervisor non assegna alle VM i dispositivi hardware di I/O (come dischi e schede di rete) presenti fisicamente nell'host
 - l'hypervisor assegna a ciascuna VM dei dispositivi virtuali, che possono anche essere diversi da quelli presenti fisicamente sull'host e che sono configurabili separatamente per ciascuna VM
 - l'hypervisor può anche assegnare alle VM dei dispositivi virtuali che non hanno una controparte fisica equivalente – ad es., uno switch virtuale
 - l'OS guest accede a questi dispositivi virtuali mediante i propri driver, come se fossero dispositivi reali
 - le operazioni di I/O per questi dispositivi virtuali vengono poi catturate dall'hypervisor, che le gestisce in modo opportuno – spesso è necessario utilizzare anche i driver dei dispositivi fisici

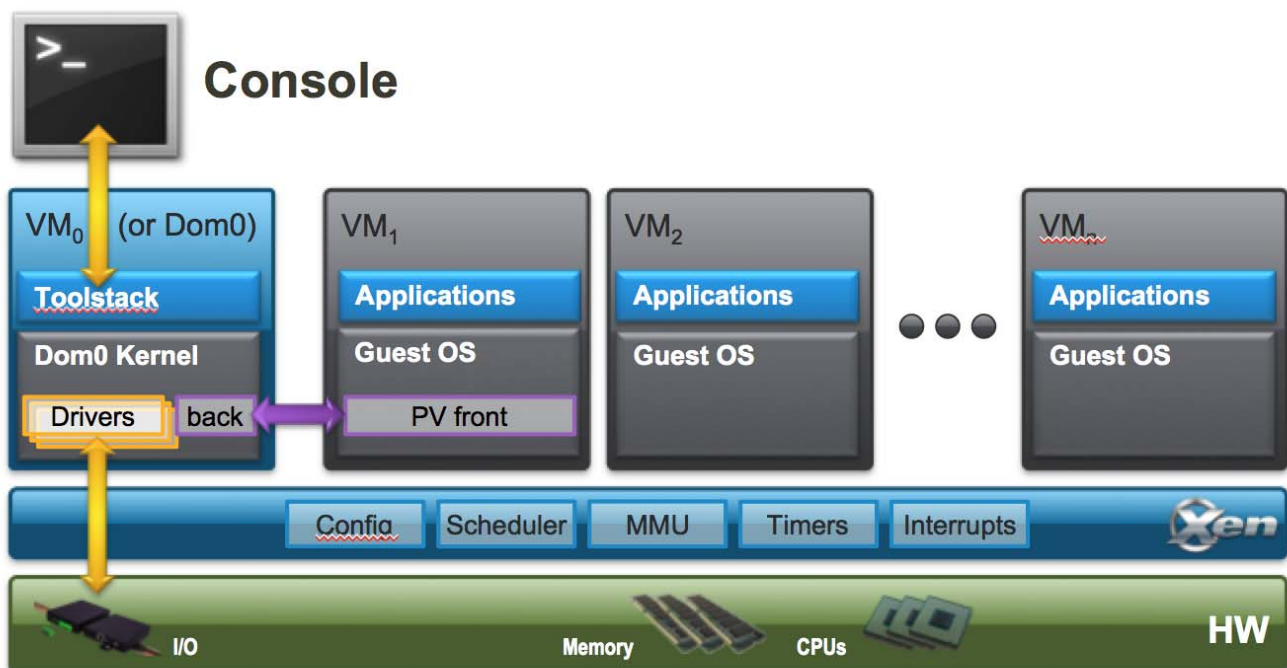
27

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Esempio – Xen e il “dominio 0”



28

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



- Virtualizzazione dello storage

- La virtualizzazione dello storage ha l'obiettivo di astrarre lo strato fisico di memorizzazione persistente da quello delle VM
 - alcune possibili opzioni
 - un disco virtuale che corrisponde direttamente a un disco fisico oppure a una sua partizione
 - le prestazioni sono migliori
 - un disco virtuale implementato come un insieme di file dell'host – *file immagine (disk image files)*
 - la flessibilità è maggiore
 - in ogni caso, le VM vedono dei dischi virtuali



Virtualizzazione dello storage

- La virtualizzazione dello storage può essere applicata
 - a unità direttamente collegate al computer host
 - unità DAS, Direct Attached Storage
 - a unità collegate in rete
 - unità SAN (Storage Area Network) – forniscono l'accesso a blocchi in unità remote
 - unità NAS (Network Attached Storage) – forniscono l'accesso a file in unità remote
 - la virtualizzazione basata su unità SAN/NAS aumenta la flessibilità



Virtualizzazione dello storage

- Le **cartelle condivise** (*shared folder*) sono una funzionalità tipica degli hypervisor di tipo 2
 - una o più cartelle condivise risiedono fisicamente nel file system dell'host – e vengono condivise tra l'OS host e una o più VM guest



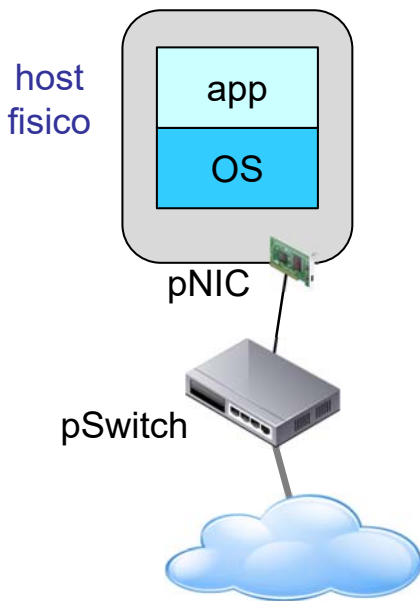
- Virtualizzazione della rete

- Una rete fisica
 - un insieme di host fisici – ciascuno con una o più schede di rete fisiche (pNIC)
 - uno o più switch fisici (pSwitch), per connettere più segmenti di rete fisici
- Una rete virtuale (in prima approssimazione)
 - un insieme di VM – ciascuna con una o più schede di rete virtuali (vNIC)
 - uno o più switch virtuali (vSwitch), per connettere le schede di rete virtuali (vNIC) tra loro e con le schede di rete fisiche (pNIC)
 - per collegare le VM tra loro e con la rete a cui appartiene l'host, in modo opportuno

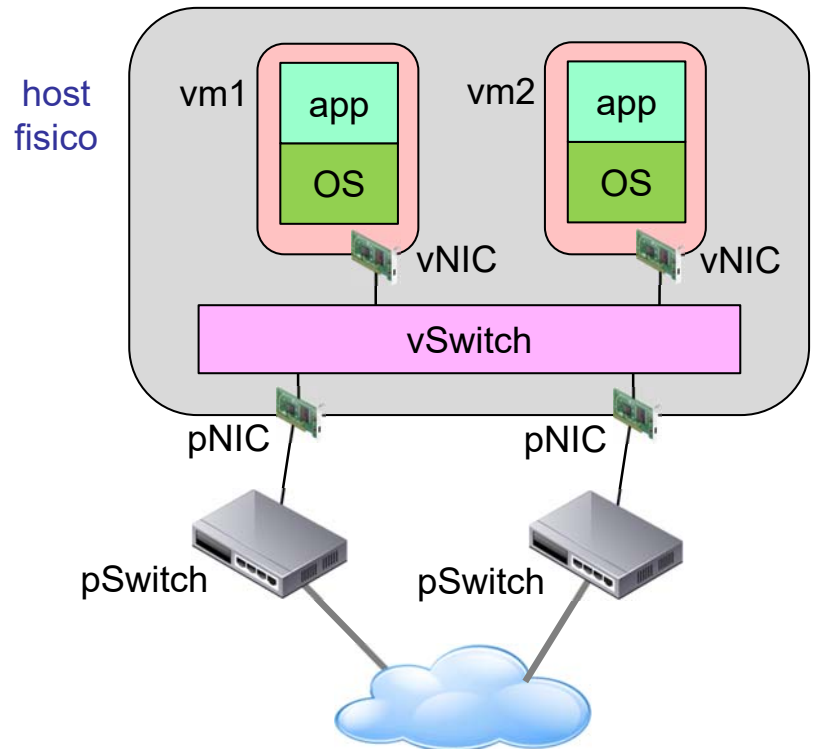


Virtualizzazione della rete

□ Una rete fisica



□ Una rete virtuale (con un hypervisor di tipo 1)



33

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Virtualizzazione della rete

- Ogni VM può essere dotata di una o più schede di rete virtuali
 - ciascuna vNIC può emulare una certa scheda di rete reale comune – ma per favorire le prestazioni vengono spesso usate delle vNIC paravirtualizzate (ad es., virtio-net)
 - ciascuna vNIC può operare in una modalità di virtualizzazione differente (descritte dopo)
 - l'indirizzo IP di una vNIC può essere configurato in modo statico oppure in modo dinamico tramite DHCP (che potrebbe essere fornito dell'hypervisor)
 - è possibile creare delle configurazioni complesse di rete

34

Macchine virtuali e virtualizzazione di sistema

Luca Cabibbo ASW



Modalità di virtualizzazione della rete



- Le principali modalità in cui può operare una vNIC – ogni vNIC può operare in una modalità differente dalle altre
 - **NAT** (Network Address Translation)
 - la VM guest vede la rete esterna tramite la vNIC
 - **Bridged Networking**
 - la vNIC è collegata a una pNIC, e scambia pacchetti con rete esterna (ad es., Internet) direttamente tramite di essa
 - **Internal Networking**
 - per collegare un gruppo di VM guest tra di loro e creare una rete di VM
 - **Host-only Networking**
 - per definire una rete che contiene l'host e un insieme di VM guest



Virtualizzazione della rete

- Il **port forwarding** mette in corrispondenza una porta di una VM guest con una porta dell'host
 - ad es., la porta 80 (HTTP) di un guest viene collegata con la porta 8080 dell'host – in modo che tramite la porta 8080 dell'host sia possibile accedere alla porta 80 di quel guest
 - è un modo comune per rendere accessibili i servizi in esecuzione in una VM guest all'host oppure alla rete esterna



- Immagini e istanze di macchine virtuali

- Un'*istanza* di macchina virtuale (*VM instance*) è un'entità **dinamica**, che ha un proprio stato, che può cambiare nel tempo
 - un'istanza di VM può essere effettivamente in esecuzione in un certo host
 - lo stato di un'istanza di VM comprende lo stato di tutte le sue risorse, in un certo istante di tempo – ad es., lo stato dei suoi dischi, della memoria e dei registri delle sue vCPU

- Un'*immagine* di VM (*VM image*) è invece un'entità **statica**
 - un'immagine di VM non può essere in esecuzione
 - un'immagine di VM è formata dai metadati della VM (ad es., numero di vCPU, quantità di memoria e MAC address delle schede di rete), insieme al contenuto dei volumi/dischi della VM
 - un'immagine di VM può essere rappresentata mediante uno o più file, in un formato opportuno



Immagini e istanze di macchine virtuali

- Che relazione c'è tra immagini di VM e istanze di VM?
 - un'istanza di VM può essere creata facilmente a partire da un'immagine di VM
 - ad es., su Amazon EC2, si può creare una VM selezionando un tipo di istanza (ad es., A1.large) e un'immagine di VM (chiamata un'AMI, Amazon Machine Images, ad es., l'AMI Linux Ubuntu 22.04 per x64)
 - lo stato di un'istanza di VM può essere salvato come immagine di VM – con diverse finalità
 - ad es., per poter creare facilmente nuove VM a partire da quell'immagine



- Clonazione di VM

- La **clonazione** di una VM è la creazione di una nuova istanza di VM a partire da un'immagine di VM
 - per evitare di installare “da zero” l'OS e i servizi e le applicazioni di interesse di una VM
 - non è una semplice copia dell'immagine di una VM
 - da un'immagine di VM è possibile creare molte istanze di VM



Virtual appliance

- Una **virtual appliance** è un'immagine di VM pre-configurata (in genere da terzi) da cui è possibile creare istanze di VM con quella configurazione
 - queste immagini vengono in genere rese accessibili in un repository pubblico o privato, in un formato opportuno (ad es., VMDK di VMware oppure VDI di VirtualBox)
 - la disponibilità di virtual appliance può ridurre in modo significativo i tempi di creazione delle VM
 - “installare un'applicazione, un server o una piattaforma complessa è semplice come scaricare un'app nel proprio smartphone”



- Snapshot/checkpoint



- Una VM può essere avviata e arrestata – ma anche messa in pausa e riavviata
 - lo stato di una VM arrestata o in pausa può essere salvato come *snapshot* (o *checkpoint*) per un uso futuro
 - questo stato comprende lo stato del disco, lo stato della memoria e lo stato dei registri dei processori
 - è anche possibile avviare una VM a partire da uno snapshot – per ridurre i tempi di avviamento di una VM



- Migrazione di VM



- La *migrazione* ha lo scopo di spostare un'istanza di VM in esecuzione da un host fisico a un altro
 - non sempre è accettabile spegnere la VM nel primo host e riavviarla nel secondo host
 - può essere meglio mettere in pausa la VM, prenderne uno snapshot, copiarlo sul secondo host e riavviare la VM sul secondo host a partire dallo snapshot
 - si può anche evitare la copia, se lo snapshot viene salvato su un'unità SAN/NAS condivisa dagli host
 - se lo storage della VM è gestito in un'unità SAN/NAS condivisa tra gli host, lo snapshot può limitarsi al solo stato della memoria – e la migrazione può essere estremamente veloce (*live migration*)



- Interfacce per la gestione di VM

- Le operazioni per la gestione delle VM – come creazione, configurazione, avvio e arresto – possono essere gestite
 - tramite una GUI o una console web – in modo manuale
 - tramite un'interfaccia di tipo CLI o REST – anche mediante degli script
 - questo sostiene la gestione automatizzata delle VM



- Discussione

- Alcune conseguenze della virtualizzazione di sistema
 - è possibile eseguire in modo fedele un'applicazione o servizio in una VM
 - la virtualizzazione può sostenere alcune qualità
 - flessibilità – per il rilascio flessibile di sistemi software distribuiti in ambienti virtuali
 - sicurezza – le VM sono isolate tra loro e dall'host
 - disponibilità – ad es., la creazione e l'avvio rapido di VM
 - la virtualizzazione ha anche degli inconvenienti
 - c'è un overhead sulle prestazioni – ma può essere mantenuto basso



* Sistemi di virtualizzazione



- Descriviamo brevemente alcuni sistemi di virtualizzazione per la piattaforma x86
 - Xen
 - KVM
 - la famiglia di prodotti VMware
 - Oracle VM VirtualBox



- Xen

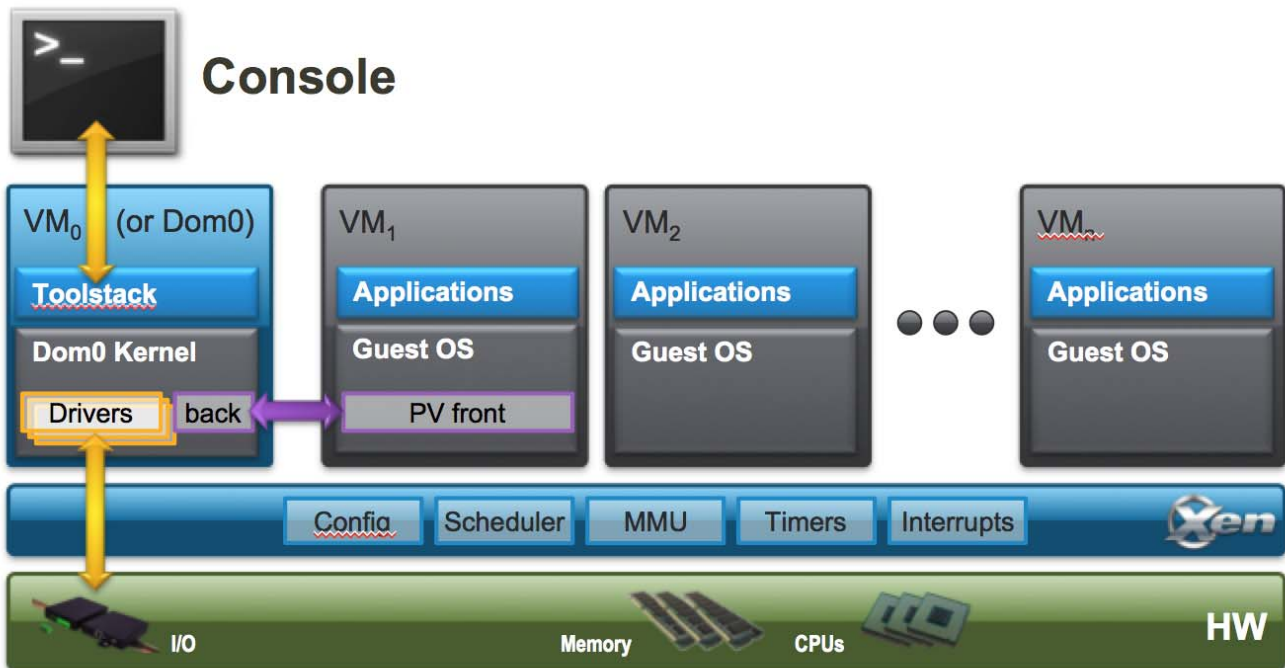


- Xen è un hypervisor di tipo 1 open source per sistemi x86
 - supporto per più OS guest, soprattutto Linux (e altri OS Unix) ma anche Windows
 - supporta sia la paravirtualizzazione (PV) che la virtualizzazione assistita dall'hardware (HVM)
 - un progetto di ricerca alla fine degli anni novanta, poi diventato un progetto open source nel 2002
 - dal 2013, un “collaborative project” della Linux Foundation – i membri comprendono Amazon, Google, Oracle, Intel e AMD
 - secondo Wikipedia, è usato come hypervisor primario in molti sistemi – tra cui Amazon EC2





Architettura di Xen

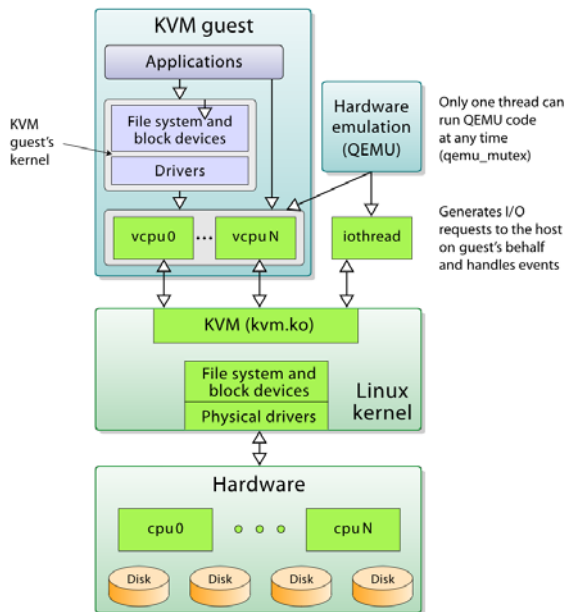


Architettura di Xen

- basata su un hypervisor sottile – questo sostiene robustezza e sicurezza
- ogni VM è chiamata un guest o dominio
- il dominio 0 (o dominio di controllo) è un dominio speciale (con privilegi speciali)
 - contiene i driver per l'hardware fisico, e supporta l'hypervisor nell'accesso all'hardware
 - contiene uno stack software di controllo (toolstack) per gestire la creazione, configurazione e distruzione delle altre VM – che può essere acceduto dalla linea di comando, da un'interfaccia grafica o da altri stack per l'orchestrazione di VM
- XenServer è una piattaforma di virtualizzazione per il cloud basata sull'hypervisor Xen



- KVM (Kernel Virtual Machine) è una soluzione di virtualizzazione open source per sistemi x86 (con estensioni per la virtualizzazione) integrata nei kernel Linux – può essere considerato un hypervisor di tipo 1
 - supporto per OS guest Linux e Windows non modificati



- Architettura di KVM
 - basata su un modulo del kernel Linux (kvm.ko) che fornisce il nucleo dell'infrastruttura di virtualizzazione
 - inoltre QEMU – che è un hosted hypervisor per la virtualizzazione dell'hardware (da non confondere con la virtualizzazione assistita dall'hardware) basato su traduzione binaria – viene usato come ambiente per l'esecuzione dei guest KVM
 - ove possibile, il codice guest viene eseguito direttamente dall'host
 - ogni vCPU delle VM guest è gestita come un thread dell'OS host
 - è possibile interagire con le capacità di virtualizzazione di KVM mediante libvirt – una API comune per Linux per gestire e controllare VM in modo sicuro e anche remoto



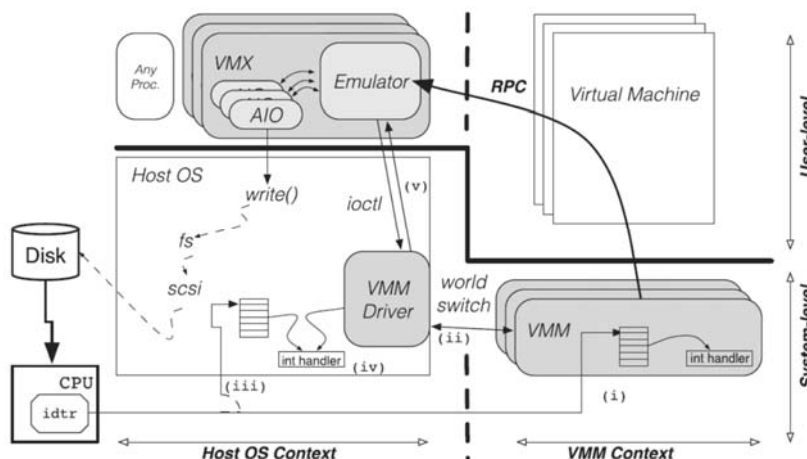
- VMware è una società (sussidiaria di EMC) con una ricca offerta di tecnologie per la virtualizzazione per piccole, medie e grandi aziende, che comprende
 - prodotti per la virtualizzazione di singoli computer – come gli hypervisor di tipo 2 VMware Workstation e Fusion (Pro e Player)
 - prodotti per la virtualizzazione dei data center e di gestione del cloud – come vSphere (una suite di prodotti, con l'hypervisor di tipo 1 ESXi e il control plane vCenter) e vCloud Suite (comprende funzioni per la disponibilità, l'automazione e la gestione di VM, per fornire un cloud privato)
 - prodotti per la virtualizzazione del desktop – come Horizon
 - la prima versione di VMware Workstation è stata rilasciata nel 1999, la prima versione di ESX server nel 2001



VMware Workstation



- L'architettura di VMware Workstation è basata su tre componenti principali (la figura mostra a sinistra il contesto dell'OS host e a destra il contesto dell'hypervisor)
 - VMM (virtual machine monitor) è l'hosted hypervisor
 - VMX è l'interfaccia utente nel sistema host
 - il VMM driver viene installato come driver nell'OS host – ma in realtà guida il VMM e lo nasconde all'OS host





- ❑ Oracle VM VirtualBox è un prodotto di virtualizzazione per sistemi x86 per uso enterprise oppure personale (dal 2007)
 - un hypervisor di tipo 2, per OS host Windows, Linux e MacOS, e per OS guest Windows e Linux
 - un progetto open source controllato dalla Oracle
 - supporta numerose tecniche e opzioni di virtualizzazione
 - le VM possono essere create mediante una GUI oppure mediante una interfaccia dalla linea di comando (VBoxManage)
 - le VM possono essere accedute localmente o remotamente
 - un uso comune è quello delle VM pre-costruite per sviluppatori
 - è possibile sperimentare stack software complessi installando solo VirtualBox e scaricando una singola virtual appliance pre-definita



* Applicazioni e benefici della virtualizzazione di sistema

- ❑ Discutiamo brevemente le applicazioni della virtualizzazione di sistema e i suoi benefici



Applicazioni della virtualizzazione

□ Server consolidation

- si consideri un sistema software distribuito composto da più servizi e server – ciascun server è in esecuzione su un computer (fisico) differente
 - ci sono buoni motivi per usare più computer separati
 - è una soluzione costosa e difficile da gestire – ad es., è difficile il dimensionamento dei singoli computer
- nella **server consolidation** i diversi server vengono eseguiti in VM differenti – in uno o più computer fisici virtualizzati
 - la virtualizzazione di sistema realizza un'infrastruttura dinamica basata su un pool di risorse computazionali
 - l'hypervisor garantisce l'isolamento tra le diverse VM
 - questo porta a un utilizzo maggiore delle risorse e a una flessibilità maggiore – ma anche a risparmi significativi
 - l'affidabilità dell'hardware può peggiorare



Applicazioni della virtualizzazione



□ Altre applicazioni comuni della virtualizzazione

- fornire un ambiente di esecuzione a un'applicazione legacy (application consolidation) – ad es., a seguito della migrazione a una nuova piattaforma hardware/software
- creare ambienti di esecuzione multipli, ciascuno con il proprio OS e un proprio stack software
 - per supportare lo sviluppo di sistemi software distribuiti
 - per supportare il testing e la QA (quality assurance), in ambienti multipli e separati
- eseguire applicazioni non sicure (sandboxing)
- desktop (client) virtualization
 - consente agli utenti di accedere al proprio desktop virtuale da un computer (client) qualunque
- nell'hosting di servizi web
- nel contesto del cloud computing



- Ecco i principali benefici offerti dalla virtualizzazione
 - riduzione dei costi
 - miglioramento delle qualità delle applicazioni
 - disponibilità e tolleranza ai guasti
 - efficienza, agilità, produttività e flessibilità dell'IT
 - isolamento e sicurezza
 - estendere la vita delle applicazioni
 - semplificazione della gestione dei datacenter
 - provisioning di risorse e VM semplificato e velocizzato
 - supporto alla scalabilità e all'elasticità
 - gestione centralizzata
 - datacenter definito tramite software
 - supporto allo sviluppo, al testing e alla QA
 - ridurre il vendor lock-in e favorire la migrazione al cloud



* Macchine virtuali e rilascio del software

- Le VM sono un'opzione di rilascio per i sistemi software distribuiti
 - ogni VM incapsula uno o più servizi software, insieme allo stack software necessario per quei servizi
- Ma come gestire queste VM?
 - approccio "tradizionale"
 - creare ciascuna VM in modo manuale, installandoci il software e i servizi di interesse sempre in modo manuale
 - le VM vengono considerate semplicemente la versione virtuale di computer fisici
 - un approccio moderno e migliore
 - costruire automaticamente le immagini di VM di interesse
 - creare le VM a partire da queste immagini – è anche possibile creare più VM a partire da ciascuna immagine, per replicare i servizi corrispondenti



Benefici

- Benefici nell'usare le VM per il rilascio del software
 - il rilascio è semplice e affidabile – il rilascio di un servizio viene gestito come la creazione di una VM a partire dall'immagine relativa a quel servizio
 - isolamento dei guasti e sicurezza – ogni VM (con i relativi servizi) viene eseguita in isolamento
 - le VM possono essere rilasciate sia nel cloud che on premises, in un data center privato
 - la creazione e l'avvio di una VM (a partire da un'immagine di VM) richiedono in genere da pochi secondi a pochi minuti (meno che un computer fisico)



Inconvenienti

- Inconvenienti nell'usare le VM per il rilascio del software
 - è possibile un uso poco efficiente delle risorse – ogni servizio o gruppo di servizi richiede un'intera VM
 - questa inefficienza aumenta se ogni VM viene usata per un singolo servizio leggero – ma rilasciare più servizi in una singola VM riduce l'isolamento dei guasti
 - overhead nell'amministrazione di sistema delle VM – chi crea la VM (o la sua immagine) è responsabile di effettuare anche gli aggiornamenti del software che vi è installato
 - la creazione e l'avvio di una VM (a partire da un'immagine di VM) richiedono in genere da pochi secondi a pochi minuti (più che un container)



* Discussione

- La virtualizzazione di sistema consente a un computer “reale” di ospitare più computer (macchine) “virtuali” – ciascuna VM può essere usata per eseguire un proprio OS e dei propri servizi e applicazioni
 - la virtualizzazione di sistema si basa su varie tecniche di virtualizzazione – per virtualizzare risorse computazionali diverse
 - la virtualizzazione di sistema ha numerose applicazioni, e consente diversi benefici
 - in particolare, favorisce la definizione e la gestione di ambienti di esecuzione virtuali – on premises e nel cloud – con l’obiettivo di ottimizzare l’utilizzazione delle risorse hardware, di fornire flessibilità operativa, nonché di isolare tra loro le applicazioni e gli ambienti