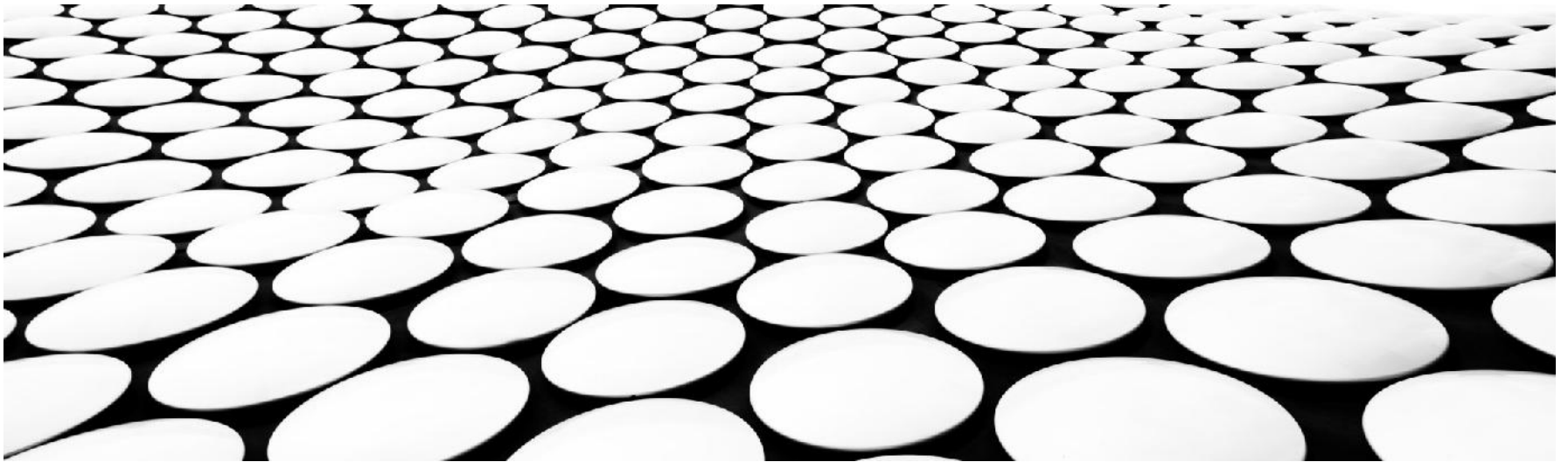

CLOUD COMPUTING

VINCENZO CALABRÒ



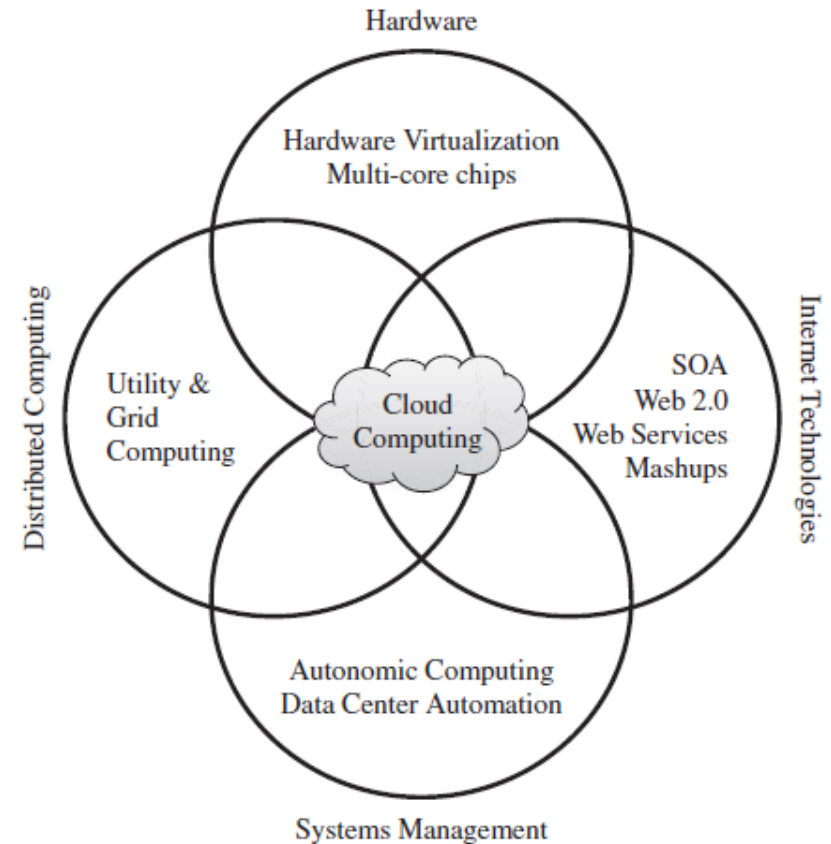
Hansel e Gretel nella foresta delle definizioni

- ▶ Distributed system
- ▶ Parallel system
- ▶ Cluster computing
- ▶ Meta-computing
- ▶ Grid computing
- ▶ Peer-to-peer computing
- ▶ Global computing
- ▶ Internet computing
- ▶ Network computing
- ▶ Cloud computing



Dai mainframe alla Cloud

- ▶ Radici del cloud computing
 - ▶ Hardware: virtualization, multi-core
 - ▶ Tecnologie Internet: Web service, SOA, Web 2.0
 - ▶ Sistemi distribuiti: cluster, grid
 - ▶ System management: autonomic computing, data center automation



Rajkumar Buyya, Andrzej M. Goscinski, Cloud Computing: Principles and Paradigms

Sistemi distribuiti

- ▶ Sistema distribuito
 - ▶ N processori autonomi (siti): n amministratori, n sistemi operativi, n flussi di dati/controllo
 - ▶ Una rete d'interconnessione
 - ▶ Visione utente: un solo sistema (virtuale)
 - ▶ «A distributed system is a collection of independent computers that appear to the users of the system as a single computer» Distributed Operating Systems, A. Tanenbaum, Prentice Hall, 1994
 - ▶ Visione sviluppatore: client-server

SOA, Web Service, Web 2.0

- ▶ Open standard per integrazione del software
- ▶ Web service compongono applicazioni eseguite su diverse piattaforme di messaging
 - ▶ Informazioni scambiate tra diverse applicazioni
 - ▶ Applicazioni interne ora distribuite all'esterno
- ▶ Web service software stack standardizzato
 - ▶ Meccanismi di ricerca, selezione e composizione
 - ▶ Messaging e packaging
 - ▶ Sicurezza, QoS
 - ▶ Basati su HTTP e XML

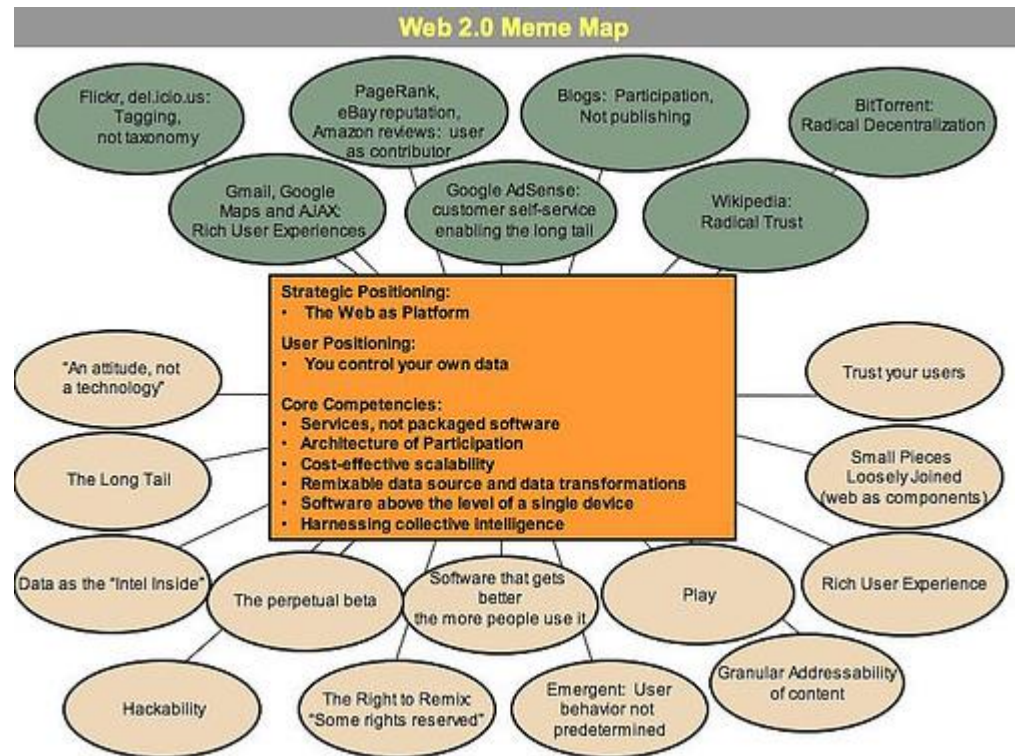
SOA, Web Service, Web 2.0

- ▶ Service-Oriented Architecture (SOA)
 - ▶ Sfruttano la soluzione di delivery dei Web service
 - ▶ Implementano il concetto di sistema e computing distribuito fornendo un sistema debolmente accoppiato, standard e indipendente dal protocollo
 - ▶ Forniscono risorse software come servizi con interfacce pubbliche

- ▶ Applicazione enterprise nelle SOA
 - ▶ Collezione di servizi che creano business logic complesse
 - ▶ Utilizzata oggi anche per i consumatori e non solo per le enterprise

SOA, Web Service, Web 2.0

- ▶ Web 2.0
 - ▶ Termine reso popolare da Tim O'Reilly e Dale Dougherty alla O'Reilly Media Web 2.0 Conference a fine 2004
 - ▶ Termine coniato da Darcy DiNucci nel 1999
- ▶ L'utente diventa creatore di contenuto
- ▶ Include web dinamico, blog, forum, social network, web service...



<http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>

SOA, Web Service, Web 2.0

- ▶ Web 2.0 si basa su composizione di servizi (Web Mashup)
 - ▶ Esempi sono siti di prenotazione viaggi che includono informazioni da compagnie aeree e alberghi
- ▶ Pezzi di servizi messi insieme attraverso protocolli standard come SOAP e REST (li vedremo nelle ultime lezioni!)
- ▶ Cloud application sono costruite come composizione di servizi base a diversi livelli

Sistemi paralleli

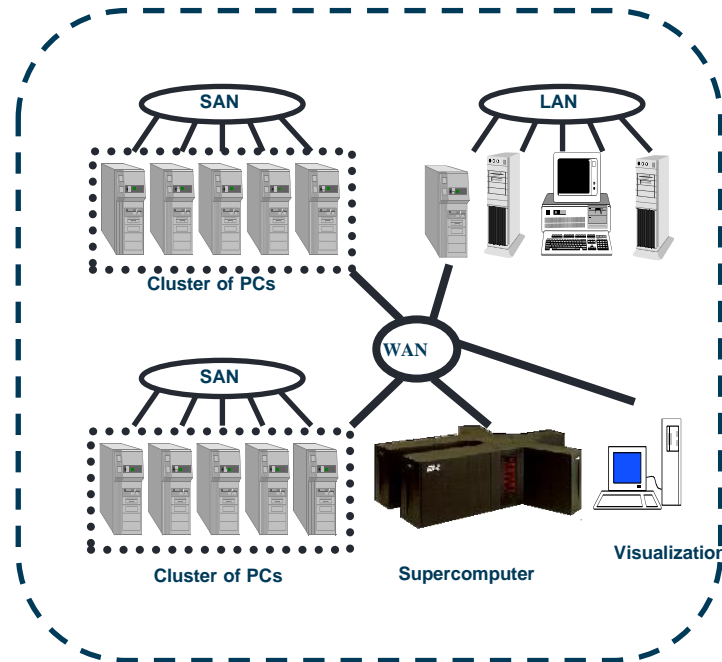
- ▶ Sistema parallelo
 - ▶ 1 computer, n nodi: un solo amministratore, un solo sistema operativo
 - ▶ Memoria: dipende (distributed vs shared)
 - ▶ Visione sviluppatore: una sola macchina che esegue codice parallelo
 - ▶ Vari modelli di programmazione (message passing, distributed shared memory, data parallelism...)

Cluster e network computing

- ▶ Cluster computing
 - ▶ Uso di PC interconnessi da una rete ad alte prestazioni come macchina parallela
 - ▶ Approcci principali:
 - ▶ Rete dedicata (Myrinet, SCI, Infiniband, Fiber Channel...)
 - ▶ Rete general-purpose (LAN veloce)
- ▶ Network computing
 - ▶ Estensione del cluster computing alle WAN
 - ▶ Insieme di macchine distribuite su una MAN/WAN che eseguono codice parallelo
 - ▶ Varianti: Internet computing (SETI@HOME), P2P, Grid computing...

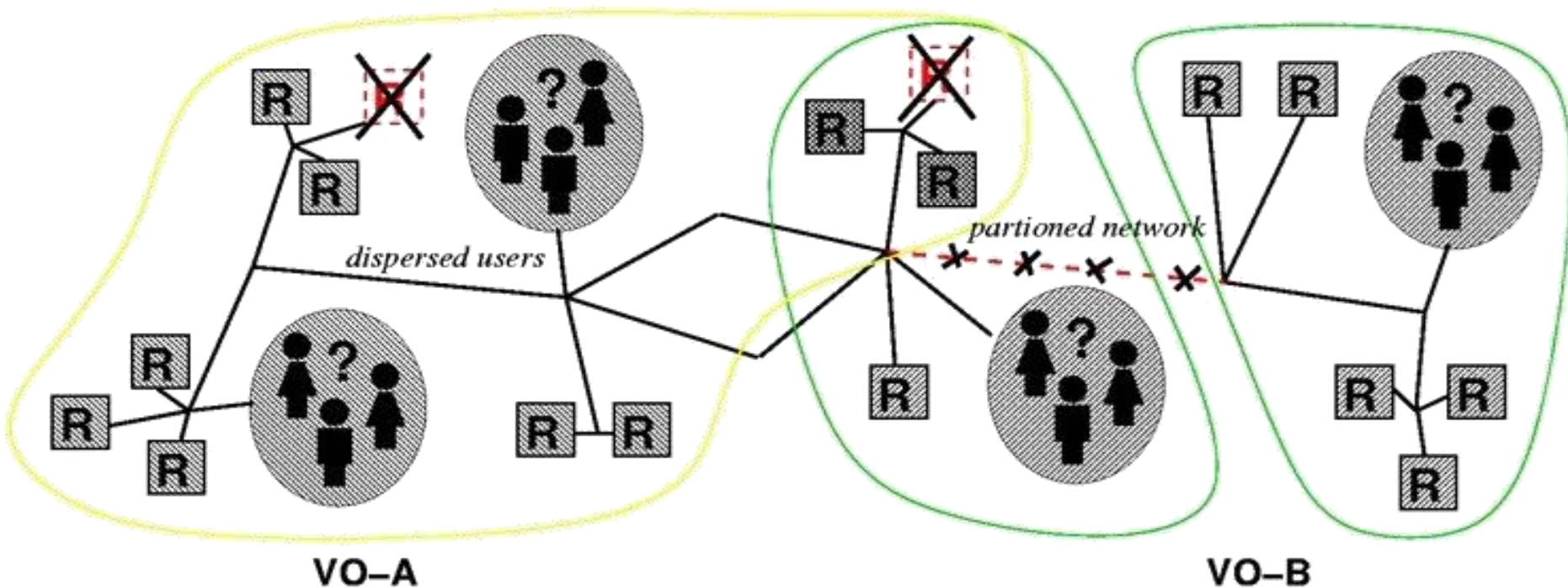
Meta computing (inizio anni '90)

- ▶ Meta computer = insieme di risorse distribuite in grado di eseguire collaborativamente codice
- ▶ Una *macchina virtuale* eseguita su un sistema distribuito



Grid computing

- ▶ «Coordinated resource sharing and problem solving in dynamic, multi-institutional virtual organisations» (I. Foster)



Grid computing

- ▶ Permette aggregazione di risorse distribuite e accesso trasparente (ad es. TeraGrid, EGEE)
 - ▶ Condivide storage e compute con obiettivo di eseguire applicazioni scientifiche molto complesse (ad es., modellazione del clima)
- ▶ Si basa su protocolli standard dei web service
- ▶ Risorse distribuite accedute, allocate, monitorate e gestite come un singolo sistema virtualizzato
 - ▶ Delivery on demand di servizi di computazione
- ▶ Problematiche
 - ▶ Mancanza di isolamento e QoS
 - ▶ Configurazioni software eterogenee (OS, librerie, compilatori...)
 - ▶ Richiedono ambienti configurati ad hoc
 - ▶ Portabilità
- ▶ Possibile soluzione: Virtualizzazione

Utility Computing

- ▶ Cambiamento radicale nel mondo IT
 - ▶ Da accesso a risorse computazionali e servizi in-house ad accesso tramite la rete Internet
 - ▶ Processo simile a quello avvenuto per l'elettricità nelle aziende
- ▶ Utility computing definito come: «on demand delivery of infrastructure, applications, and business processes in a security-rich, shared, scalable, and standard-based computer environment over the Internet for a fee»
- ▶ In utility computing
 - ▶ Utenti definiscono requisiti in termini di QoS e prezzo per cui sono disposti a pagare
 - ▶ Service provider definiscono la loro utility in termini di profitto

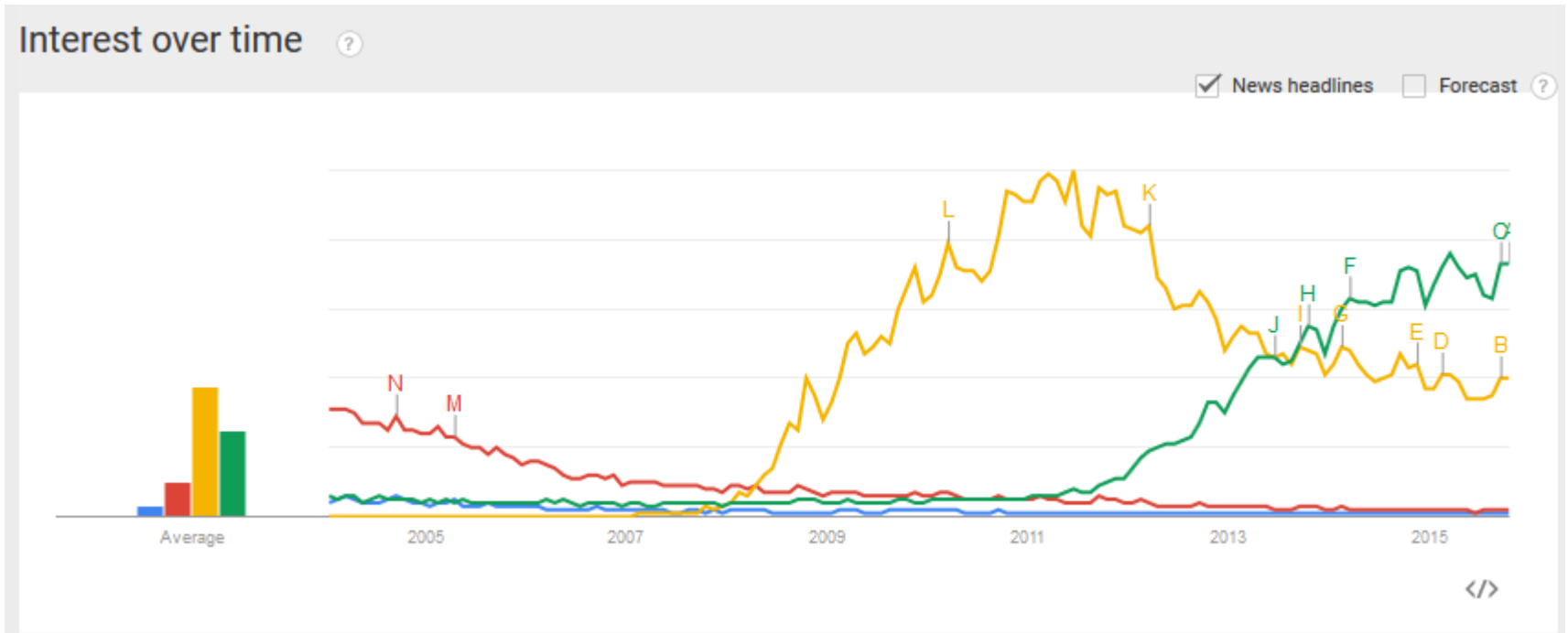
Autonomic Computing

- ▶ Sistemi autonomi con self-management
- ▶ Forniscono meccanismi di adaptation
- ▶ Riducono il coinvolgimento degli utenti
- ▶ Automazione dei data center
 - ▶ Gestione SLA applicazioni
 - ▶ Gestione della capacità dei data center
 - ▶ Disaster recovery proattivo
 - ▶ Fornitura di macchine virtuali automatica

Cosa è una cloud?

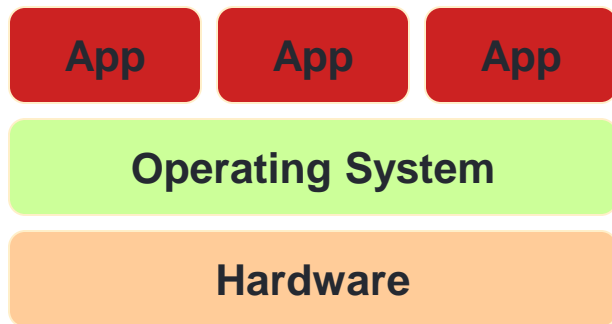
- ▶ Paradigma che si basa sui concetti di utility computing, autonomic computing, sistemi distribuiti
- ▶ IT come servizio
 - ▶ Storage, data processing e altri servizi IT forniti da appositi centri servizi
 - ▶ Applicazioni come “computing utilities”, senza necessità di conoscere l’infrastruttura di calcolo sottostante
 - ▶ Pay as you go
- ▶ Cosa c’è sotto?
 - ▶ La struttura base della Cloud è trasparente agli utenti
 - ▶ Indipendente dall’hardware
 - ▶ In generale, si usano cluster di server con sistema operativo open source

Tutti ne parlano

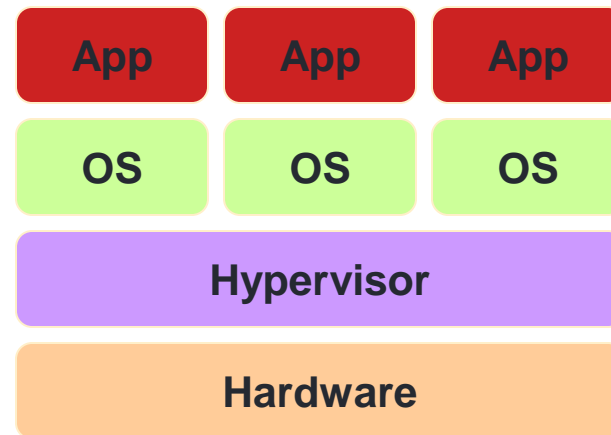


- cluster computing
- grid computing
- cloud computing
- big data

La tecnologia chiave: virtualizzazione



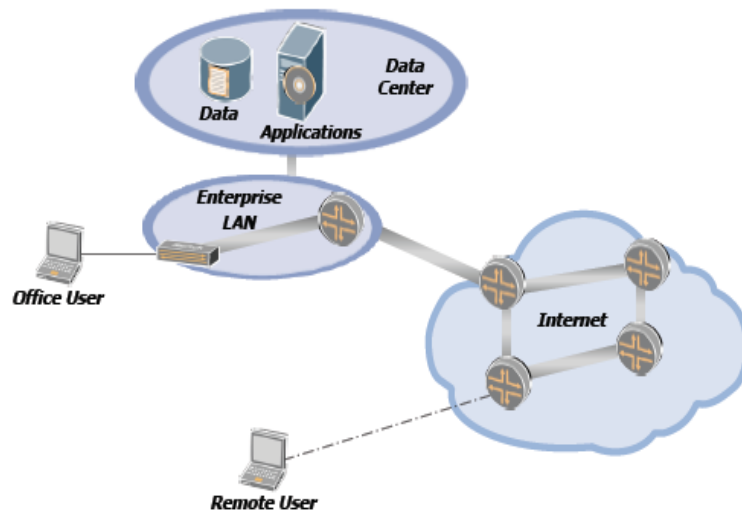
Stack tradizionale



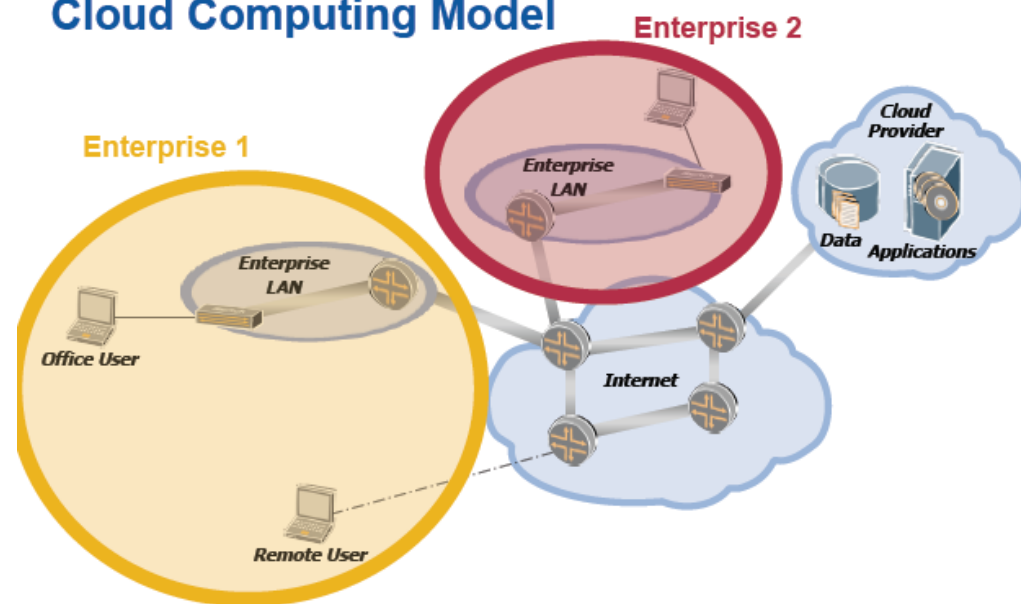
Stack virtualizzato

Dal data-center privato alla cloud

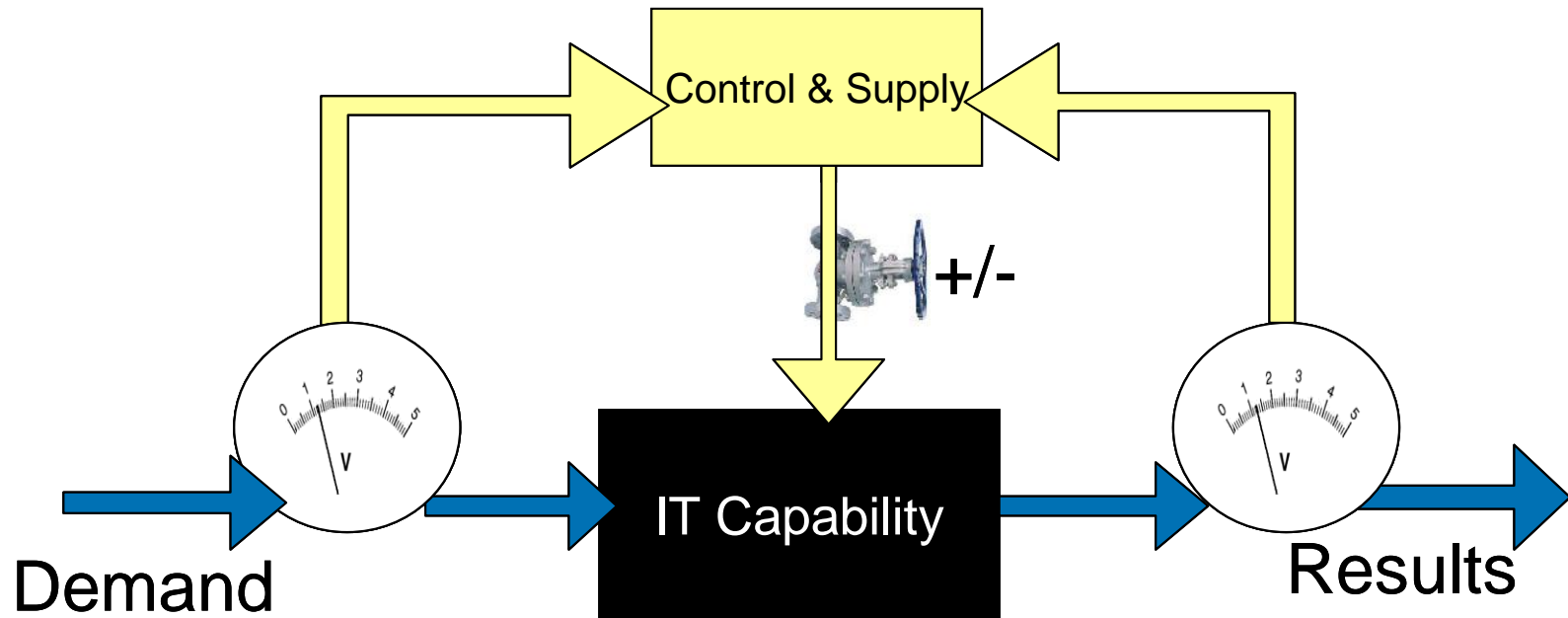
Conventional Data Center



Cloud Computing Model



IT Capability = Commodity

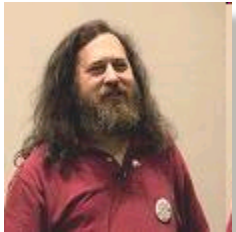


Una buona idea?



The interesting thing about Cloud Computing is that we've redefined Cloud Computing to include everything that we already do. . . . I don't understand what we would do differently in the light of Cloud Computing other than change the wording of some of our ads.

Larry Ellison, *Wall Street Journal*, 26/9/2008



It's stupidity. It's worse than stupidity: it's a marketing hype campaign. Somebody is saying this is inevitable — and whenever you hear somebody saying that, it's very likely to be a set of businesses campaigning to make it true.

Richard Stallman, *The Guardian*, 29/9/2008

Cloud Computing in a nutshell

- ▶ Approccio simile all'approvvigionamento di energia
 - ▶ Usiamo corrente elettrica senza sapere come funzionano le stazioni di generazione e la rete di distribuzione
- ▶ Concetto esteso all'IT
 - ▶ Rilascio di funzionalità nascondendo il funzionamento interno
 - ▶ Computer integrano componenti distribuiti che forniscono processing, storage, data, software resource
- ▶ Cloud computing
 - ▶ Accesso on-demand a risorse
 - ▶ Paradigma pay-as-you-go
 - ▶ Infrastruttura vista come una nuvola, che rende disponibili risorse a utenti e aziende
 - ▶ Fornisce computing, storage, software «as a service»

Cloud Computing: Definizioni

- ▶ Moltissime definizioni di cloud computing
 - ▶ R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal, J. Broberg, and I. Brandic, Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, *Future Generation Computer Systems*, 25:599-616, 2009.
 - ▶ L. M. Vaquero, L. Rodero-Merino, J. Caceres, and M. Lindner, A break in the clouds: Towards a cloud definition, *SIGCOMM Computer Communications Review*, 39:50-55, 2009.
 - ▶ McKinsey & Co., *Clearing the Air on Cloud Computing*, Technical Report, 2009.
 - ▶ M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, and R. Katz, *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*, UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory White Paper, 2009
 - ▶ P. Mell and T. Grance, *The NIST Definition of Cloud Computing*, National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory, Technical Report Version 15, 2009

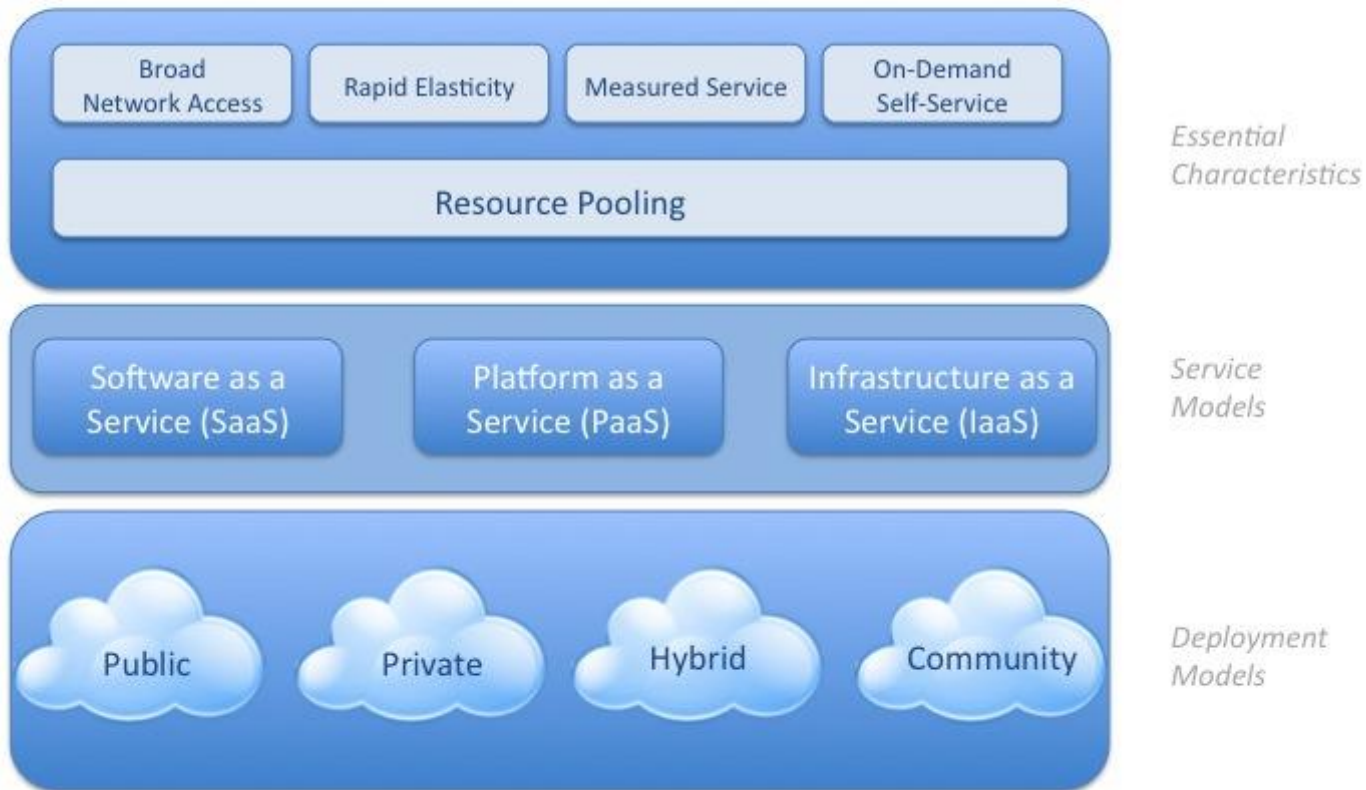
Cloud Computing: La Definizione

- ▶ National Institute of Standards and Technology (NIST) Special Publication 800-145, The NIST Definition of Cloud Computing, Peter Mell and Timothy Grance
- ▶ «Cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.

Cloud Computing: La Definizione

Visual Model Of NIST Working Definition Of Cloud Computing

<http://www.csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/index.html>



Cloud Computing: Caratteristiche Essenziali

- ▶ *On-demand self-service*
 - ▶ Un cliente può procurarsi risorse, server time e network storage automaticamente a secondo del bisogno senza interazione «umana» con il service provider

- ▶ *Broad network access*
 - ▶ Risorse disponibili attraverso la rete
 - ▶ Accesso tramite protocolli standard
 - ▶ Supporto per tutti i tipi di device e piattaforme (ad es., mobile phone, tablet, laptop, workstation)

Cloud Computing: Caratteristiche Essenziali

▶ *Rapid elasticity*

- ▶ Capacità di scalare le risorse elasticamente in base ai reali bisogni
- ▶ Scale out, scale in, scale down
- ▶ La sensazione del cliente è di avere risorse infinite, anche se non è assolutamente vero
- ▶ Nessuno spreco di risorse tipiche dei sistemi on premises

▶ *Measured service*

- ▶ La cloud controlla e ottimizza le risorse dinamicamente usando funzionalità di metering (paghi solo per quello che consumi)
- ▶ Utilizzo di risorse viene monitorato, controllato, loggato fornendo trasparenza per il provider e il cliente dei servizi cloud

Cloud Computing: Caratteristiche Essenziali

▶ *Resource pooling*

- ▶ Le risorse sono ripartite per servire i clienti tramite un modello multi-tenant
- ▶ Risorse fisiche e virtuali (ri-)assegnate dinamicamente a seconda del bisogno
- ▶ Indipendenza dalla locazione: client non ha controllo sulla locazione delle risorse, anche se potrebbe richiedere una locazione specifica a diversi livelli di granularità (nazione, stato...)
- ▶ Risorse includono storage, processing, memory, e network bandwidth

Cloud Computing: Caratteristiche Aggiuntive

- ▶ *Lower cost*
 - ▶ Dovuto a un utilizzo maggiore e più efficiente delle risorse
- ▶ *Ease of utilization*
 - ▶ Nessuna necessità di licenze hardware e software
- ▶ *Quality of Service (QoS)*
 - ▶ Rispetta il contratto con il provider
- ▶ *Reliability*
 - ▶ Fornisce scalabilità, load balancing, failover
 - ▶ Spesso più affidabili di infrastrutture sotto il controllo diretto
- ▶ *Outsourced IT management*
 - ▶ Utente gestisce il business, qualcun altro la computing infrastructure

Cloud Computing: Caratteristiche Aggiuntive

► Availability

Availability %	Annual Downtime	Monthly Downtime	Weekly Downtime	Daily Downtime
99% ("two nines")	3.65 days	7.31 hours	1.68 hours	14.4 minutes
99.9% ("three nines")	8.77 hours	43.8 minutes	10.1 minutes	1.44 minutes
99.99% ("four nines")	52.6 minutes	4.38 minutes	1.01 minutes	8.64 seconds
99.999% ("five nines")	5.25 minutes	26.3 seconds	6 seconds	864 milliseconds
99.9999% ("six nines")	31.56 seconds	2.63 seconds	605 milliseconds	86.4 milliseconds
99.99999% ("seven nines")	3.16 seconds	263 milliseconds	60.5 milliseconds	8.64 milliseconds

Cloud Computing: Multi-Tenancy

- ▶ Capacità di condivisione di una singola istanza condivisa di un software tra più organizzazioni/client (tenant)
- ▶ Aspetto fondamentale del cloud computing
- ▶ Dati degli utenti sono separati virtualmente, non fisicamente

Cloud Computing: Multi-Tenancy

▶ Vantaggi

- ▶ Costi ridotti per il cloud provider
- ▶ Dinamicità di accesso a risorse condivise

▶ Svantaggi

- ▶ Utenti potrebbero essere in grado di accedere a dati di altri utenti
 - ▶ Nessuna separazione fisica
- ▶ Backup e restore dei dati difficoltoso

Cloud Computing: Modelli di Servizio

SaaS

Software as a Service

PaaS

Platform as a Service

IaaS

Infrastructure as a Service



IaaS
Infrastructure as a Service

Cloud Computing: IaaS

- ▶ Utente gestisce interamente processing (CPU), memoria, storage, rete, e risorse di computazione aggiuntive
 - ▶ Amazon, Google, Nuvola Italiana
- ▶ Utente in grado di installare ed eseguire codice generico incluso sistemi operativi e applicazioni
- ▶ Utente non gestisce o controlla l'infrastruttura cloud, mentre controlla sistemi operativi, storage, e applicazioni installate
 - ▶ Nessuna necessità di controllare hw con tutte le problematiche di obsolescenza, rotture...
- ▶ Utente ha controllo limitato di componenti di rete (ad es., host firewall)

Cloud Computing: IaaS

- ▶ Offre risorse virtualizzate on demand
- ▶ Fornisce diversi server con diversi sistemi operativi e uno stack software ad hoc
- ▶ Amazon offre macchine virtuali con diverse combinazioni di sistemi operativi
 - ▶ EC2 Service
 - ▶ È come gestire un server fisico
 - ▶ Utenti possono far partire e bloccare una VM, installare software, collegare dischi virtuali

Fornitura di dispositivi di calcolo virtuali

- ▶ Accesso alle funzioni di amministrazione
 - ▶ Mix di sistemi operativi
 - ▶ Controllo accesso
 - ▶ Controllo perimetrale
 - ▶ Instradamento
 - ▶ Load balancing



Vantaggi percepiti

- ▶ Pay per use
- ▶ Scalabilità modulabile
- ▶ Sicurezza
- ▶ Affidabilità
- ▶ APIs



Esempio

- ▶ Problema: eseguire periodicamente un job batch senza avere la macchina su cui farlo girare
 - ▶ Soluzione: usare una macchina virtuale su Amazon EC2
- ▶ Problema: attivare un sito Web temporaneo per qualche giorno
 - ▶ Soluzione: usare un web server virtuale su FlexiScale
- ▶ Problema: fornire uno storage remoto a tutti i dipendenti senza avere la capacità disco sufficiente in azienda
 - ▶ Soluzione: usare Amazon S3



PaaS
Platform as a Service

Cloud Computing: PaaS

- ▶ Utente installa e crea applicazioni sviluppate tramite linguaggi di programmazione, librerie, servizi e tool supportati dal provider
 - ▶ Cloud Foundry, GoogleAppEngine, Heroku, OpenShift
- ▶ Utente mantiene il controllo sulla piattaforma installata
 - ▶ Ad es., LAMP (Linux, Apache, MySQL), OwnCloud
- ▶ Utente non gestisce o controlla l'infrastruttura sottostante che include rete, sistemi operativi, server o storage
 - ▶ Non si preoccupa di installare il DB o Apache, o di avere abbastanza memoria
- ▶ Utente mantiene il controllo delle applicazioni installate e delle configurazioni dell'ambiente per hosting di applicazioni

Cloud Computing: PaaS

- ▶ Livello di astrazione più alto che rende la cloud programmabile
- ▶ Piattaforma installata sull'infrastruttura
 - ▶ Piattaforma offre un ambiente dove sviluppatori installano e creano applicazioni
 - ▶ Nessuna necessità di conoscere l'infrastruttura sottostante
 - ▶ Modelli di programmazione multipli e servizi specializzati (ad es., autenticazione, pagamenti) offerti come building block
- ▶ GoogleAppEngine offre un ambiente per lo sviluppo e hosting di applicazioni web
 - ▶ Supporta diversi linguaggi come Python o Java
 - ▶ Building block: mail service, instant messaging service (XMPP) e molti altri

Fornitura di servizi “orizzontali” virtuali

- ▶ Servizi attivabili su richiesta
- ▶ Niente stima a priori della domanda, procurement, ...
- ▶ Nessun overhead di gestione



I servizi più diffusi

- ▶ Librerie, tool e piattaforme per sviluppo web
- ▶ Computing platform
- ▶ Soprattutto per sviluppatori



Linux
Aapache
MySQL
PHP
yum
yellowdog updater modified

Vantaggi percepiti

- ▶ Pay per use
- ▶ Scalabilità modulabile
- ▶ Sicurezza
- ▶ Affidabilità
- ▶ APIs



Esempio

- ▶ Problema: devo sviluppare un'applicazione web e/o un servizio cloud e non voglio/posso installare tutto lo stack di software, librerie, tool
- ▶ Soluzione: usare Amazon Elastic Beanstalk, Google App Engine, Microsoft Azure...



SaaS

Software as a Service

Cloud Computing: SaaS

- ▶ Utente utilizza le applicazioni di un cloud provider che sono eseguite sull'infrastruttura cloud
 - ▶ Ad es., Gmail, Googledocs, Dropbox, Office365, molti altri...
- ▶ Applicazioni accessibili attraverso diversi device del client
 - ▶ Ad es., web browser (e.g., web-based email) o una program interface
- ▶ Il cliente non gestisce o controlla l'infrastruttura cloud, incluso rete, server, sistema operativo, storage, o anche funzionalità specifiche dell'applicazione
- ▶ Unica eccezione il cliente controlla un numero limitato di configurazioni specifiche per gli utenti
 - ▶ Utilizza solo strumenti utili per il suo lavoro

Cloud Computing: SaaS

- ▶ Applicazioni risiedono al top del cloud stack
- ▶ Servizi accessibili attraverso il browser
- ▶ Cambio di paradigma da sw installato in locale a sw remoto
- ▶ Riduce lo sforzo degli utenti nella gestione delle applicazioni e semplifica sviluppo e testing per i provider
- ▶ Salesforce.com
 - ▶ Online CRM, accesso e customizzazione di applicazioni on demand

Fornitura di accessi a software applicativo

- ▶ Adatto alle PMI
- ▶ Nessuna gestione di hardware/software
- ▶ Accesso via browser



Vantaggi percepiti

- ▶ Pay per use
- ▶ Scalabilità modulabile
- ▶ Sicurezza
- ▶ Affidabilità
- ▶ APIs



Esempio

- ▶ Problema: La gestione del CRM (Customer relationship management) è troppo onerosa
 - ▶ Soluzione: usare una versione cloud del programma come Salesforce.com
- ▶ Problema: Il server di posta è lento e ha frequenti crash
 - ▶ Soluzione: usa un servizio mail su cloud come Hosted Exchange



SaaS
Software as a Service

PaaS
Platform as a Service

IaaS
Infrastructure as a Service

Caratteristiche comuni

SaaS

- ▶ Remotely hosted: dati e servizi sono su un'infrastruttura remota

PaaS

- ▶ Ubiquitous: dati e servizi disponibili ovunque

IaaS

- ▶ Commodified: modello di fornitura simile a quello delle utility – elettricità, gas

Altri Vantaggi

SaaS

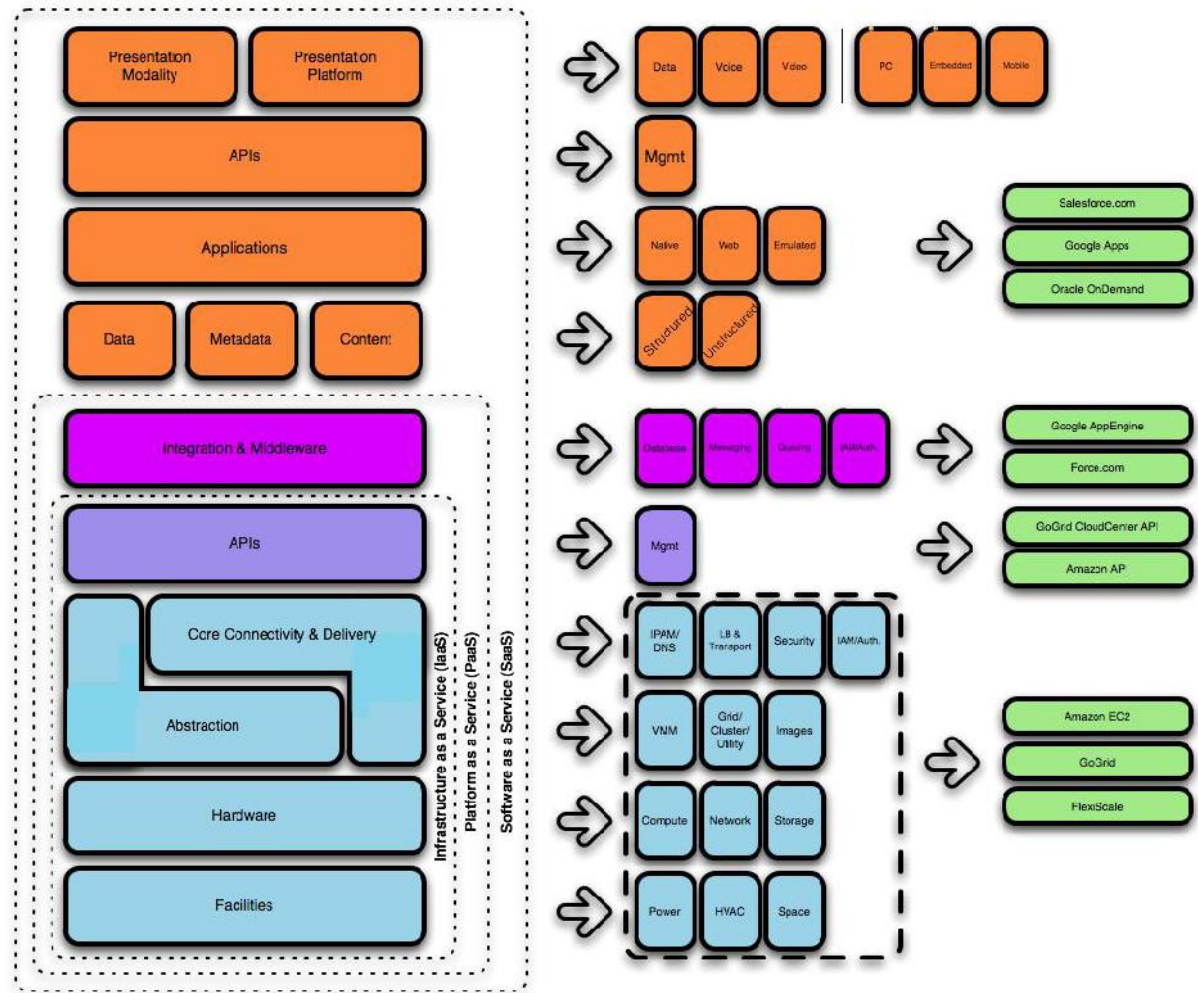
PaaS

IaaS

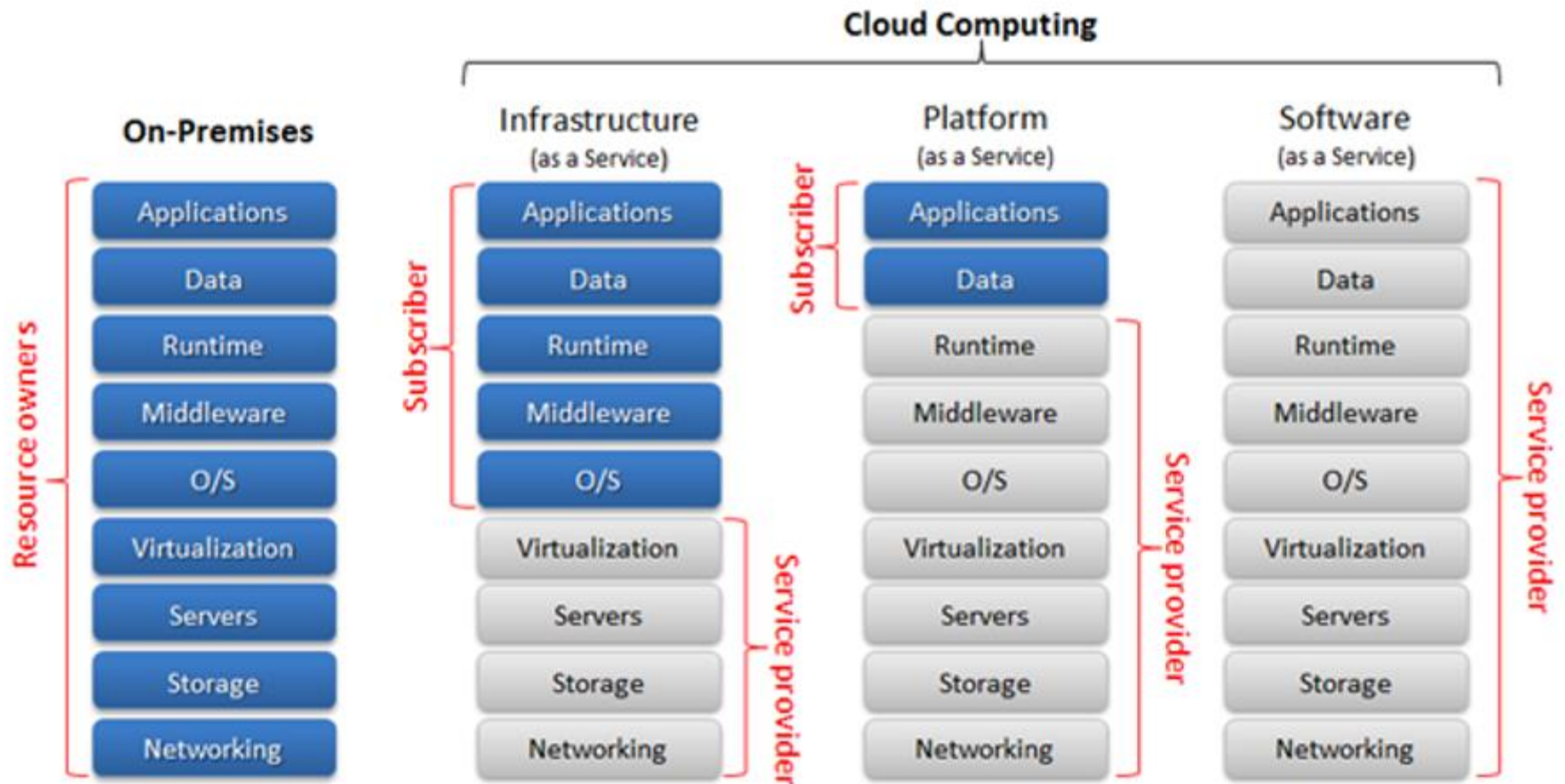
- ▶ Bassi costi di mantenimento (ownership)
- ▶ Gestione carichi imprevisti
- ▶ Application rollout veloce

Cloud Computing: Stack Overview

- ▶ Cloud Reference Model
- ▶ Parte sottostante include hardware e infrastruttura (più rete)
- ▶ Ogni modello eredita le capacità del modello superiore



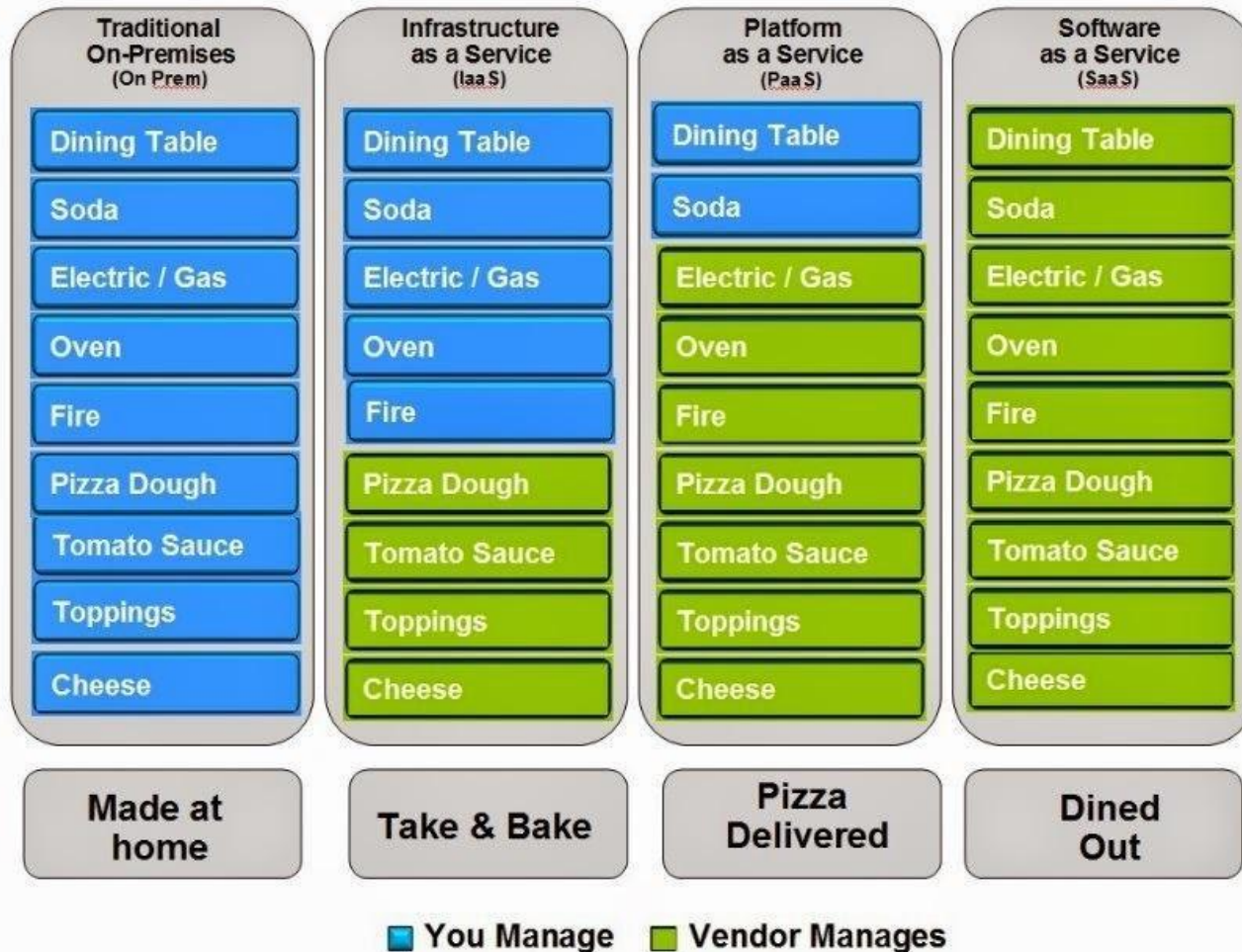
Cloud Computing: Delivery Models



<http://blogs.technet.com/b/yungchou/archive/2010/12/17/cloud-computing-concepts-for-it-pros-2-3.aspx>

Cloud Computing: Vita Reale

Pizza as a Service



<https://www.linkedin.com/pulse/20140730172610-9679881-pizza-as-a-service>

Everything-as-a-Service

- ▶ Storage-as-a-service
- ▶ Database-as-a-service
- ▶ Information-as-a-service
- ▶ Process-as-a-service
- ▶ Application-as-a-service
- ▶ Platform-as-a-service
- ▶ Integration-as-a-service
- ▶ Security-as-a-service
- ▶ Management-as-a-service
- ▶ Governance-as-a-service
- ▶ Testing-as-a-service
- ▶ Infrastructure-as-a-service

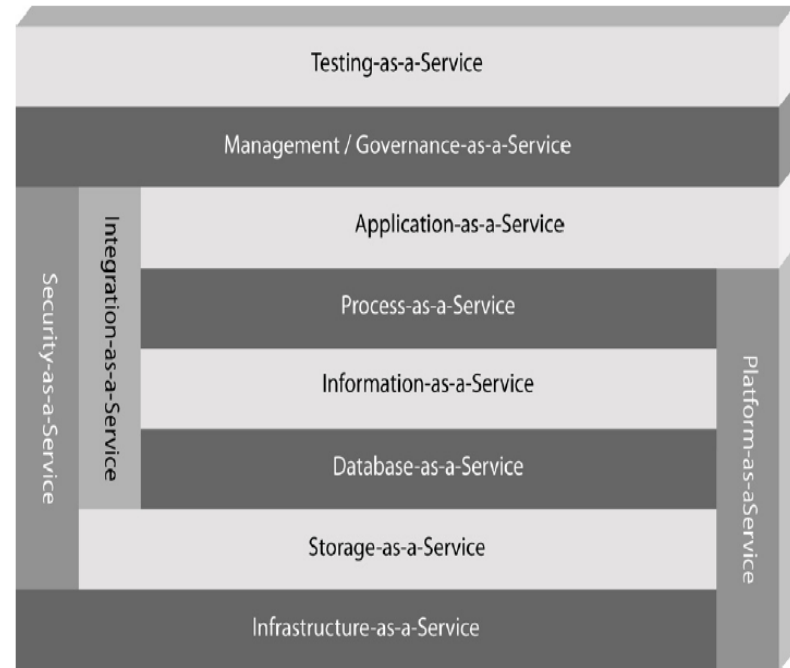


Figure 1: The patterns or categories of cloud computing providers allow you to use a discrete set of services within your architecture.

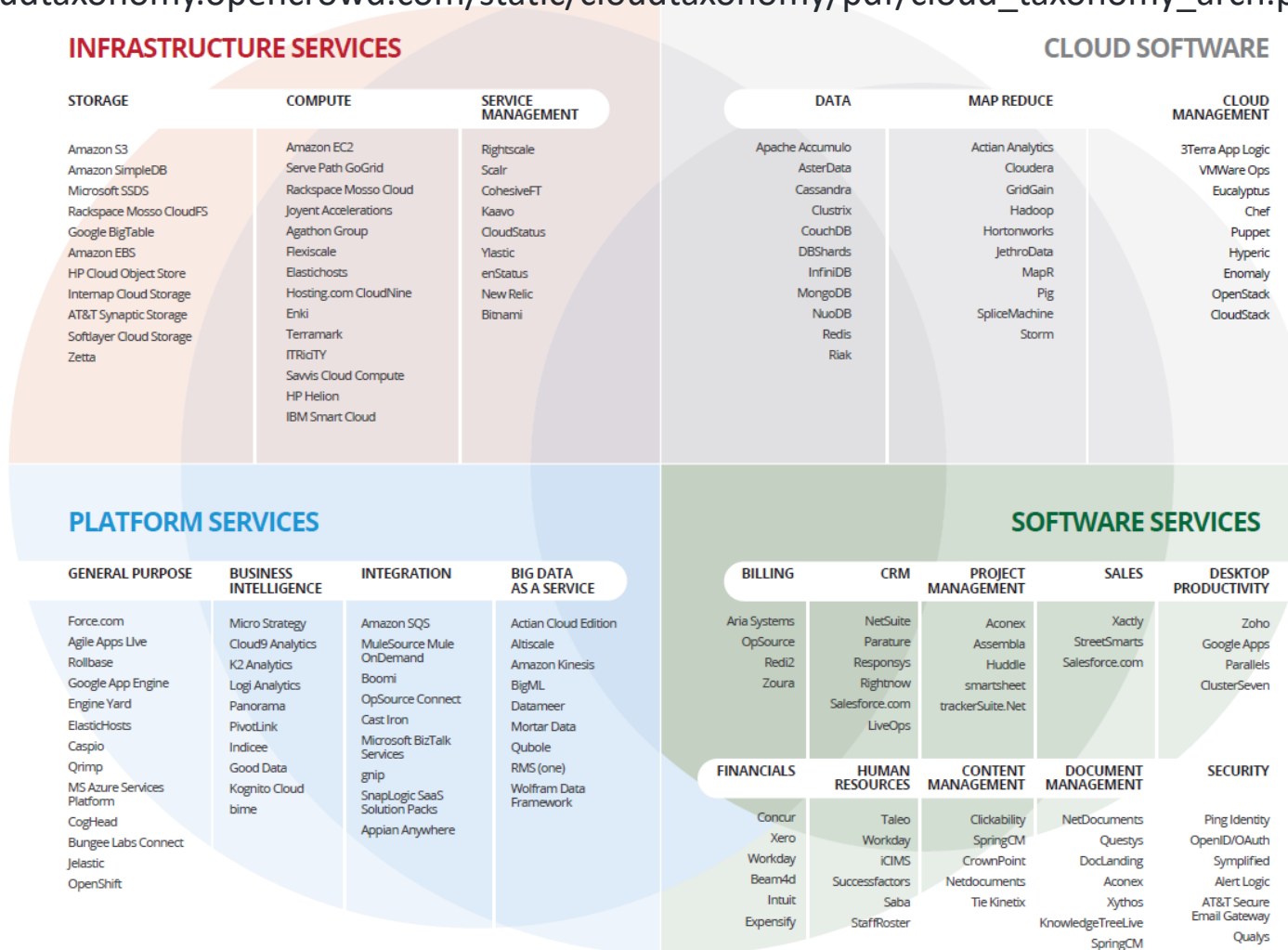
InfoWorld Cloud Computing Deep Dive

Everything as a Service

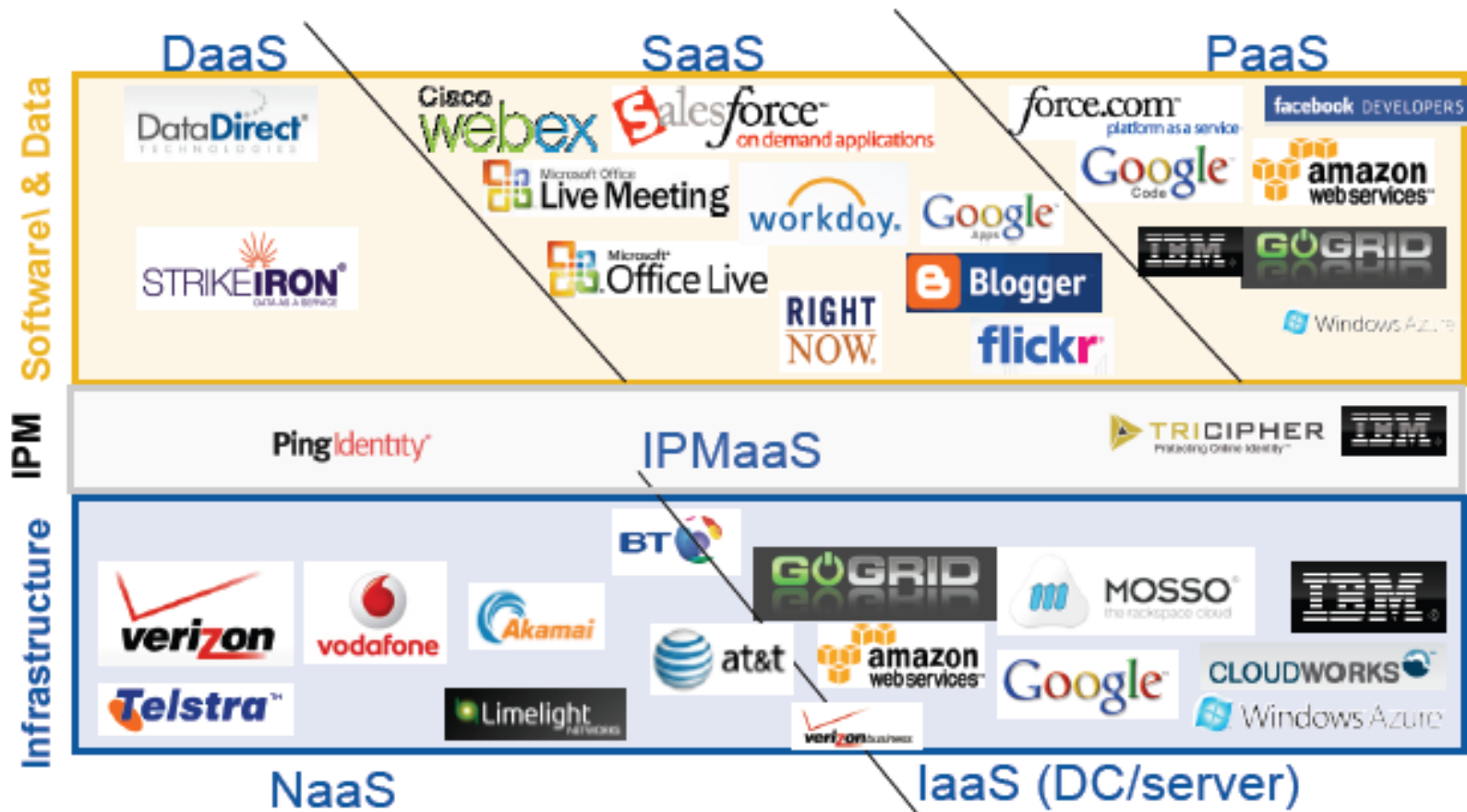
- ▶ Utility computing = Infrastructure as a Service (IaaS)
 - ▶ Perché comprare una macchina quando si possono affittare cicli macchina?
 - ▶ Esempi: Amazon's EC2, Rackspace
- ▶ Platform as a Service (PaaS)
 - ▶ Fornisci un'API e occupati di maintenance, aggiornamenti, ...
 - ▶ Esempio: Google App Engine
- ▶ Software as a Service (SaaS)
 - ▶ Just run it for me!
 - ▶ Esempio: Gmail, Salesforce

Cloud Computing: Taxonomy

► http://cloudtaxonomy.opencrowd.com/static/cloudtaxonomy/pdf/cloud_taxonomy_arch.pdf



Il panorama



Il panorama

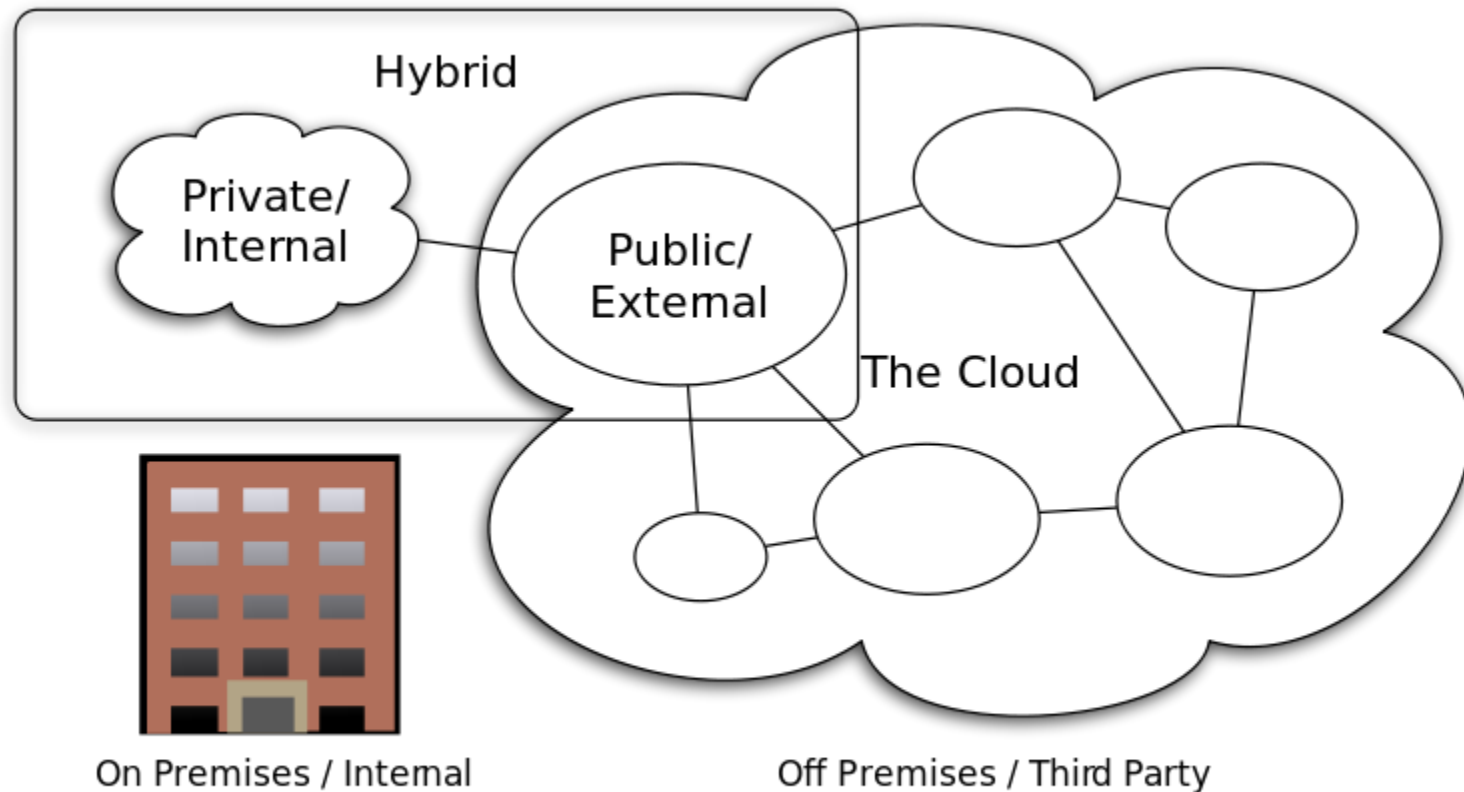
- ▶ <http://www.ashwinirath.com/cloud/>



Cloud Computing: Deployment Model

- ▶ Private cloud
- ▶ Community cloud
- ▶ Public cloud
- ▶ Hybrid cloud

Cloud Computing: Deployment Model



Cloud Computing Types

CC-BY-SA 3.0 by Sam Johnston

Cloud Computing: Private Cloud

- ▶ Cloud infrastructure fornita per uso esclusivo di una singola organizzazione che comprende utenti multipli
- ▶ Di proprietà, gestita e operata da una singola organizzazione, terza parte, o combinazione delle due
- ▶ Esiste in modalità on premise e off premise

Cloud Computing: Community Cloud

- ▶ Cloud infrastructure fornita per un uso esclusivo da parte di specifiche comunità di utenti
 - ▶ Utenti includono organizzazioni che hanno obiettivi comuni (ad es., mission, security requirement, policy, e compliance consideration)
- ▶ Di proprietà, gestita e operata da una o più organizzazioni nella comunità, terza parte, o combinazione delle due
- ▶ Esiste in modalità on premise e off premise

Cloud Computing: Public Cloud

- ▶ Cloud infrastructure fornita per uso comune e al pubblico
- ▶ Di proprietà, gestita e operata da una organizzazione di business, accademica, governativa, o combinazioni
- ▶ Esiste in modalità on premise del cloud provider, off premise per l'utente

Cloud Computing: Hybrid Cloud

- ▶ Cloud infrastructure è una combinazione di due o più cloud infrastructure distinte (private, community, o public)
- ▶ Cloud infrastructure distinte rimangono entità uniche, ma composte tramite tecnologie standard o proprietarie
- ▶ Permettono portabilità di dati e applicazioni (ad es., cloud bursting for load balancing between clouds)

Conclusioni

Programmare la cloud

- ▶ I programmatori vedono la cloud come un insieme di servizi “semi-lavorati” su cui sviluppare applicazioni e processi
- ▶ Engine applicativa può essere fuori o dentro i confini della cloud
- ▶ Il cloud provider mette a disposizione API per vari linguaggi e ambienti di programmazione

L'offerta



Grandi **datacenter**

Infrastruttura software
scalabile

Competenza sistemistica



- ▶ Ingredienti: CPU, banda, storage
- ▶ Illusione di risorse infinite
- ▶ Nessun obbligo di acquisto/utilizzo minimo



“Why do it yourself if you can pay someone to do it for you?”



Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) - Beta



Esempio: Amazon Web Services

Products ▾

Solutions ▾

Resources ▾

Infrastructure Services

- » Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)
- » Amazon SimpleDB
- » Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)
- » Amazon CloudFront
- » Amazon Simple Queue Service (Amazon SQS)
- » AWS Premium Support

Payments & Billing Services

- » Amazon Flexible Payments Service (Amazon FPS)
- » Amazon DevPay

On-Demand Workforce

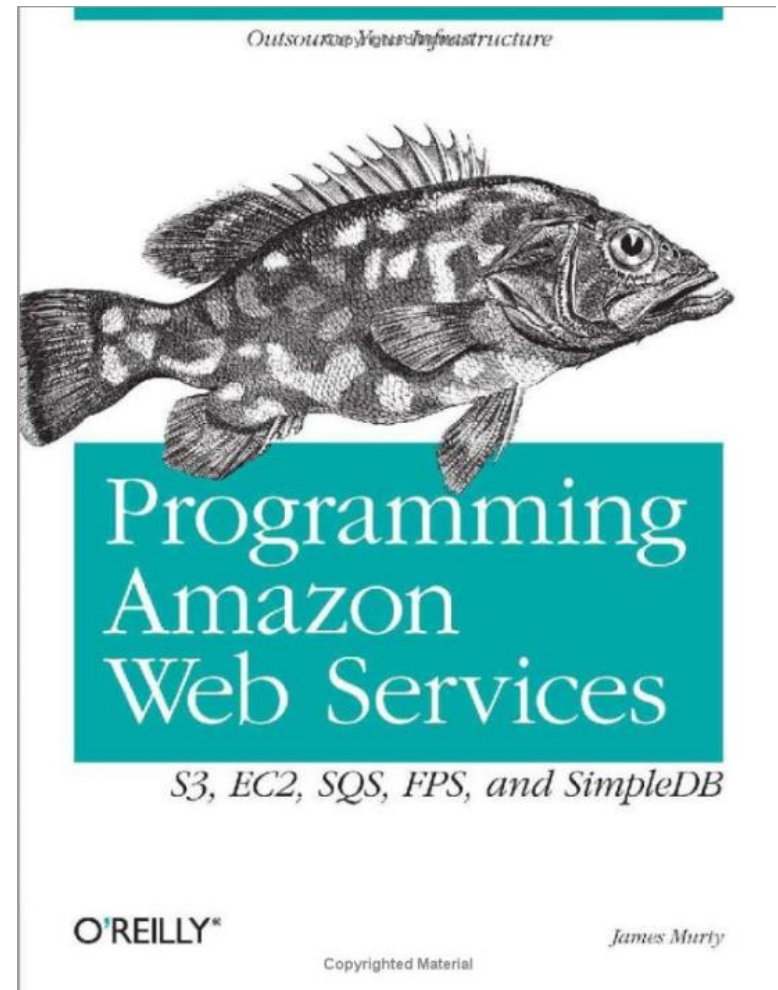
- » Amazon Mechanical Turk

Alexa Web Services

- » Alexa Web Information Service
- » Alexa Top Sites
- » Alexa Site Thumbnail

Amazon Fulfillment & Associates

- » Amazon Fulfillment Web Service (Amazon FWS)
- » Amazon Associates Web Service



Esempio: Amazon Web Services

- ▶ Elastic Compute Cloud (EC2)
 - ▶ Affitto orario di macchine virtuali
 - ▶ Addebito = istanza di macchina virtuale/ora
 - ▶ Supplementi per banda da/verso istanze
- ▶ Simple Storage Service (S3)
 - ▶ Object storage
 - ▶ Addebito = GB/mese
 - ▶ Supplementi per banda da/verso storage

Amazon EC2

▶ Istanze Amazon EC2

▶ <https://aws.amazon.com/it/ec2/instance-types/>

A1 T3 T3a T2 M6g **M5** M5a M5n M4

M5 instances are the latest generation of General Purpose Instances powered by Intel Xeon® Platinum 8175 processors. This family provides a balance of compute, memory, and network resources, and is a good choice for many applications.

Features:

- Up to 3.1 GHz Intel Xeon® Platinum 8175 processors with new Intel Advanced Vector Extension (AVX-512) instruction set
- New larger instance size, m5.24xlarge, offering 96 vCPUs and 384 GiB of memory
- Up to 25 Gbps network bandwidth using Enhanced Networking
- Requires HVM AMIs that include drivers for ENA and NVMe
- Powered by the [AWS Nitro System](#), a combination of dedicated hardware and lightweight hypervisor
- Instance storage offered via EBS or NVMe SSDs that are physically attached to the host server
- With M5d instances, local NVMe-based SSDs are physically connected to the host server and provide block coupled to the lifetime of the M5 instance
- New 8xlarge and 16xlarge sizes now available.

Instance Size	vCPU	Memory (GiB)	Instance Storage (GiB)	Network Bandwidth (Gbps)	EBS Bandwidth (Mbps)
m5.large	2	8	EBS-Only	Up to 10	Up to 4,750
m5.xlarge	4	16	EBS-Only	Up to 10	Up to 4,750
m5.2xlarge	8	32	EBS-Only	Up to 10	Up to 4,750
m5.4xlarge	16	64	EBS-Only	Up to 10	4,750
m5.8xlarge	32	128	EBS-Only	10	6,800
m5.12xlarge	48	192	EBS-Only	10	9,500
m5.16xlarge	64	256	EBS-Only	20	13,600
m5.24xlarge	96	384	EBS-Only	25	19,000
m5.metal	96*	384	EBS-Only	25	19,000
m5d.large	2	8	1 x 75 NVMe SSD	Up to 10	Up to 4,750
m5d.xlarge	4	16	1 x 150 NVMe SSD	Up to 10	Up to 4,750
m5d.2xlarge	8	32	1 x 300 NVMe SSD	Up to 10	Up to 4,750
m5d.4xlarge	16	64	2 x 300 NVMe SSD	Up to 10	4,750

Amazon EC2

► Listino Prezzi

► <https://aws.amazon.com/it/ec2/pricing/>

Region: US East (Ohio) ▾

	Linux	RHEL	SLES	Windows	Windows with SQL Standard	Windows with SQL Web
	Windows with SQL Enterprise	Linux with SQL Standard	Linux with SQL Web	Linux with SQL Enterprise		
Region:	US East (Ohio) ▾					
	vCPU	ECU	Memory (GiB)	Instance Storage (GB)	Linux/UNIX Usage	
General Purpose - Current Generation						
a1.medium	1	N/A	2 GiB	EBS Only	\$0.0255 per Hour	
a1.large	2	N/A	4 GiB	EBS Only	\$0.051 per Hour	
a1.xlarge	4	N/A	8 GiB	EBS Only	\$0.102 per Hour	
a1.2xlarge	8	N/A	16 GiB	EBS Only	\$0.204 per Hour	
a1.4xlarge	16	N/A	32 GiB	EBS Only	\$0.408 per Hour	
a1.metal	16	N/A	32 GiB	EBS Only	\$0.408 per Hour	
t3.nano	2	Variable	0.5 GiB	EBS Only	\$0.0052 per Hour	
t3.micro	2	Variable	1 GiB	EBS Only	\$0.0104 per Hour	

Data Transfer IN To Amazon EC2 From Internet

All data transfer in \$0.00 per GB

Data Transfer OUT From Amazon EC2 To Internet

Up to 1 GB / Month \$0.00 per GB

Next 9.999 TB / Month \$0.09 per GB

Next 40 TB / Month \$0.085 per GB

Next 100 TB / Month \$0.07 per GB

Greater than 150 TB / Month \$0.05 per GB

Le promesse del cloud computing

- ▶ Full network reliability
- ▶ Zero network latency
- ▶ Infinite bandwidth
- ▶ Secure network
- ▶ No topology change
- ▶ Centralized administration
- ▶ Zero transport cost
- ▶ Homogeneous network and system

Open challenge

- ▶ Security and privacy
- ▶ Performance monitoring
- ▶ Data governance and protection
- ▶ Consistent and robust service abstraction
- ▶ Meta scheduling
- ▶ Energy-efficient load balancing
- ▶ Scale management
- ▶ SLA & QoS architectures
- ▶ Interoperability and portability
- ▶ Green IT

Conclusioni

- ▶ Storia dei sistemi distribuiti
- ▶ Cloud computing
 - ▶ Service model
 - ▶ Deployment model